ISSN 2221-7975

ТРУДЫ

СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ»

РОСТОВ-НА-ДОНУ
2020

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного
Знамени федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Московский технический университет связи и информатики»

ТРУДЫ
СЕВЕРО-КАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА
МОСКОВСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ

Подготовлены по результатам
Международной научно-практической конференции
«ИНФОКОМ – 2020»

Ростов-на-Дону
2020

УДК 621.396.1

ББК 32

Т 78

Т 78 Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2020, 548с.

Сборник зарегистрирован в международном центре ISSN (ISSN 2221-7975) и включен в перечень журналов РИНЦ

Сборник размещен в открытом бесплатном доступе на сайте www.skf-mtusi.ru

В настоящий сборник включены статьи, подготовленные по результатам работы XIII-ой Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2020». Сборник объединяет статьи по актуальным научным направлениям создания, совершенствования, перспективного развития современных технологий обработки и передачи информации, а также инфокоммуникационных технологий в сфере менеджмента, экономики, и образования.

Материалы статей, представленных в сборнике, даны в авторской редакции.

Сборник рассчитан на научных сотрудников, аспирантов, студентов и специалистов, работающих в области современных технологий связи, информационных технологий обработки информации, инфокоммуникационных технологий в образовании и в сфере экономики предприятий связи.

Составление, дизайн, редакционная верстка сборника: Решетникова И.В., Рыбалко И.П. Головенко М.В.

© СКФ МТУСИ, 2020

Подписано в печать __.__.2020
Формат 60x84/8. Печать офсетная. Тираж 50 экз.
Полиграфический центр «Университет» СКФ МТУСИ,
Ростов-на-Дону, 344002, ул. Серафимовича, 62

СОДЕРЖАНИЕ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Манин А.А., Соколов С.В., Полякова М.В. Фильтр Калмана, адаптивный к возмущениям параметров наблюдателя..... 11
Манин А.А., Соколов С.В., Полякова М.В. Алгоритм адаптации дискретного фильтра Калмана к неопределенности параметров наблюдаемого объекта..... 19
Гадасин Д.В., Юдина А.А. Кластеризация в крупномасштабных сетях..... 26
Аванесов А.А., Копелиович М.В., Калинин К.Б., Щербань И.В. Анализ подходов к оценке частоты сердечных сокращений по видеозаписи..... 34
Елисеев А.В., Кундрюкова Н.И. Исследование факторов, влияющих на ослабление радиоизлучения цифровых радиорелейных станций..... 49
Елисеев А.В., Соколова О.О. Имитационное моделирование процедуры определения координат воздушного судна разностно-дальномерным методом..... 59
Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А., Пилипенко И.А. Аналитические зависимости для оценок отклонения частоты и длительности формируемых сигналов в информационно-телекоммуникационных системах..... 68
Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А., Пилипенко И.А. Оценивание параметров сигналов в распределенных информационно-измерительных системах с использованием трехмерной функции правдоподобия..... 72
Литвяков В.С., Орлов В.Г. Механизмы взаимодействия межсетевого трафика в сетях мобильной связи разных стандартов..... 77
Литвяков В.С., Орлов В.Г. Эволюция и тенденции совершенствования радиоинтерфейсов в сетях Geran/Utran/E/Utran..... 86
Герасимов Н.И., Герасимов И.Н., Моногаров О.В. Моделирование характеристик излучения и рассеяния перспективных антенных систем круговой поляризации..... 92
Гадасин Д.В., Кольцова А.В., Полякова А.Н. Модель построения кластера для пограничных вычислений..... 98
Чистяков И.Н. Перспективы развития IOT устройств с появлением 5G технологий..... 104
Батенков К.А. Формирование множеств состояний магистральной сети Ростелеком..... 112
Деремов М.В., Руденко Н.В., Ершов В.В., Гладыщук С.В. Анализ возможности использования вихревых ветроэнергетических установок для электроснабжения базовых станций сотовой связи..... 116
Усманова Н.Б., Кодиров А.А. О моделировании информационных процессов для межуровневой оптимизации в системах связи..... 123
Калмыков Н.С. Анализ рынка оборудования и решений ПКС..... 129
Харченко В.В., Рудый С.В., Козловский С.М., Харченко Д.В. Двухдиапазонная антенна комплекса радиосвязи..... 140
Черепанов Д.А., Кирюшкин В.К., Герасимов И.Н. Компенсационный алгоритм обнаружения и оценки радионавигационных параметров сигнала глобальной навигационной спутниковой системы Глонасс, рассеянного воздушной целью..... 144
Черепанов Д.А., Дисенов А.А., Нагаев Д.С., Герасимов И.Н. Алгоритм определения радиолокационных характеристик простых геометрических объектов для просветных ракурсов облучения на основе фацетных 3D моделей..... 149
Гадасин Д.В., Вакурин И.С. Кластерное проектирование сетей Wi – Fi с высокой плотностью абонентов..... 153

Руденко Н.В., Клименко И.С., Краснов К.Е. Расчёт аксиального генератора на постоянных магнитах для ветроэнергетической установки базовой станции сотовой связи..... 161
Руденко Н.В., Артюхов А.А., Серьянов Н.И. Выбор конструкции электрических генераторов для ветроэнергетических установок базовых станций сотовой связи..... 169
Когай В.Н., Усаров А.Б. Системные вопросы и процессы для задач интеграции и совместимости информационных систем..... 179
Ибрагимов Б.Г., Гулиев М.Н. Исследование и анализ качества функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей на базе архитектурной концепции NGN и FN..... 189
Борисов Б.П., Борзенко А.С. Особенности развития сетей 5G в Российской Федерации..... 198
Герасимов Н.И., Герасимов И.Н. Особенности расчета переотраженных электромагнитных полей при облучении трёхплечевых электрических вибраторов... 200
Володин В.В. Проблемы при реализации VPN..... 204
Павлов С.В., Медведев М.С. Сравнение DMVPN и GRE..... 208
Евстафьев В.В., Руденко Н.В., Орлова А.С. Обоснование требований к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций..... 212
Пан В.В., Руденко Н.В. Исследование возможности создания инфокоммуникационных систем на базе низкоорбитальных летательных аппаратов 219
Енгибарян И.А., Юхнов В.И., Федяев И.А. Оценка влияния смещения частоты на прием фазоманипулированных сигналов..... 226
Аль-Обайди А.Т., Болдырихин Н.В., Решетникова И.В., Рыбалко И.П. Принципы построения IOT-сетей..... 230
Кобак В.Г., Липченко Ю.П., Пешкевич А.А., Жуковский А.Г. Исследование решения задачи коммивояжера модифицированной моделью Гольдберга при различных алгоритмах формирования начального поколения..... 233
Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Шкабрий Р.С., Швидченко С.А. Исследование алгоритма Плотникова-Зверева и его модификаций при решении неоднородной минимаксной задачи..... 237
Кобак В.Г., Шевченко В.В., Жуковский А.Г., Колдынская Л.М. Анализ работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи с элитными особями..... 241
Кобак В.Г., Шкабрий Р.С., Жуковский А.Г., Колдынская Л.М. Исследование модификации алгоритма Плотникова-Зверева «С переменным барьером» при разных способах сортировки элементов..... 245
Кобак В.Г., Шевченко В.В., Жуковский А.Г., Швидченко С.А. Использование различных подходов к формированию начального поколения в генетическом алгоритме при решении однородной минимаксной задачи..... 249
Решетникова И.В. Корпоративные беспроводные сети..... 254
Гроздовский Н.О., Мелешин А.С. Пути совершенствования радионавигационнных систем воздушных судов..... 257
Батенков К.А., Кравченко В.Р., Красноус М.Ю. Реализация описаний лабораторных заданий в программной среде имитационного моделирования Riverbed..... 261
Фатхулин Т.Д., Пугачева М.А. Исследование влияния параметров клиентского трафика на возможность предоставления гарантированной скорости передачи данных в ПКОС..... 264

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Бречко А.А., Вершенник А.В., Никитин В.В. Моделирование сетей связи с учетом динамически возникающих угроз безопасности..... 275
Бречко А.А., Вершенник Е.В., Вершенник А.В. Способ контроля логической структуры информационно-телекоммуникационной сети..... 280
Алашеев В.В., Вершенник А.В., Никитин В.В. Мониторинг качества предоставляемых сетью связи услуг внешними спецпотребителями..... 291
Никитин В.В., Бречко А.А., Вершенник Е.В. Моделирование информационно-телекоммуникационных сетей в условиях функционирования антагонистических систем управления..... 295
Юхнов В.И., Бородина А.А. Выбор средств CISCO для решения проблем безопасности..... 300
Петров Г.В. Обоснование методов и рекомендации по настройке удалённого доступа на узле коммутации организации..... 303
Вершенник Е.В., Вершенник А.В., Никитин В.В. Практика подготовки военных специалистов в области информационной безопасности в США..... 308
Гусейнов Р.Р., Маршаков Д.В. Обеспечение сохранности почтовых отправлений с применением технологии Блокчейн..... 318
Файсханов И.Ф., Комарова А.Н. Анализ и обзор преступлений, совершенных с использованием информационных технологий..... 322
Файсханов И.Ф., Скупкина Я.Н. Исследование ресурсов закрытого сегмента сети интернет..... 328
Файсханов И.Ф., Молчанова А.М. Обзор систем по распознаванию лиц: опыт России и иностранных государств в правоохранительной деятельности..... 334
Земляная Д.А., Болдырихин Н.В., Шипшова Е.М. Анализ методов обнаружения вирусных сигнатур..... 336

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ, ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

Мержвинский А.А. Статус и соотнесение физических и информационных объектов действительного мира..... 343
Мержвинский А.А., Нерсесянц А.А. Информация – «Химера» или фундаментальная научная категория?..... 360
Коршун А.М., Коломиец Е.А. Организация самостоятельной работы бакалавров при изучении естественно-научных дисциплин с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий..... 386
Чикалов А.Н., Цветков Д.С., Рыбалко И.П., Зверев А.П. Разработка симулятора телетайпа TELCO F2500 для упрощения учебного процесса..... 391
Боярчук А.Э., Юхнов В.И. Проблемы и перспективы реформирования таможенной службы в части внедрения передовых информационных технологий..... 396
Боярчук А.Э., Юхнов В.И. Развитие электронных сервисов взаимодействия участников внешнеэкономической деятельности с таможенными органами..... 405
Борисов Б.П., Зубишин Д.А. Технологии системы умного дома..... 416
Зехцер В.О., Ревякина Е.А. Разработка системы поддержки принятия решений при мониторинге научной деятельности ВУЗа..... 424
Ведерникова О.Г., Игнатьева О.В. Алгоритм метода Pivoted Query Synthesis для тестирования баз данных..... 426

Богатырева Е.В., Сокиренко Л.В., Бинеев Э.А. Роль технических регламентов в механизме отзыва продукции..... 435
Головина И.В., Александрова Т.Я. О новых подходах в антимонопольном регулировании сферы инфокоммуникаций..... 438
Игнатьева О.В., Игнатьев О.Л., Лященко З.В. Анализ подхода «Синтез сводных запросов» для тестирования реляционных баз данных..... 443
Легостаев М.А., Чикалов А.Н. Учебная автоматизированная многоканальная система полива растений для архитектуры "Умный дом"..... 452
Руденко Н.В., Антонов А.В., Елесютиков И.И. Анализ платформ дистанционного обучения..... 458
Гладыщук С.В., Чикалов А.Н. Многофункциональное устройство проверки параметров обитаемости помещений..... 464
Ромашко С.С., Чикалов А.Н. Программное обеспечение для информационного терминала предприятия на базе ВЕБ-интерфейса на языке XHTML..... 469
Фатхулин Т.Д., Фатхулина Г.Г. Применение инфокоммуникационных технологий в сфере высшего образования на примере электронного университета..... 473
Заварыкина Ю.В., Севрюкова М.В. Совмещенный ABC- И XYZ-анализ − эффективный инструмент маркетинга и логистики..... 480
Карпиленя Н.В. О состоянии и задачах геополитики в эпоху постмодерна: краткий анализ этапов развития методологии научных исследований..... 489
Гаевская Л.А., Сабинина Е.Р. Студенческий спорт как вид физической активности..... 496
Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О., Колдынская Л.М. Использование интерактивных презентаций в преподавании общенаучных дисциплин для бакалавров в области инфокоммуникаций..... 498
Юхнова В.В. Организация обучения с использованием дистанционных технологий. 501

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

Attila Kerekes, András Zöld Effect of passive solar gain on the heating energy consumption and peak load of the system..... 507
Gladyshchuk S.V., Konkin B.B., Soprantsova J.S. Testing in the education process..... 522
Monogarov O.V., Konstantinova Ya.B., Svetlichnaya N.O. To the question of modern inkject technologies..... 525
Madinsky F.V., Meleshin A.S., Svetlichnaya N.O. Organization of aviation radio communication of a group of unmanned aerial vehicles based on network-centric self-organizing networks..... 527
Grozdovsky N.O., Meleshin A.S., Koroleva L.P. Main approaches to modeling radio channels for UAV data transmission based on MIMO – COFDM technologies..... 531
Strelchyuk S.S., Neplyuev N.I., Kolesina A.V. Directions of development of onboard information measuring networks of aircraft engines..... 534

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 539
AUTHOR INDEX..... 547

CONTENTS

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

Manin A.A., Sokolov S.V., Polyakova M.V. Kalman filter adaptive to observer parameter perturbations..... 11
Manin A.A., Sokolov S.V., Polyakova M.V. Algorithm for adaptation of discrete kalman filter to uncertainty of parameters of observed object..... 20
Gadasin D.V., Yudina A.A. Clustering in large – scale networks..... 26
Avanesov A.A., Kopeliovich M.V., Kalinin K.B., Shcherban I.V. Approaches to evaluating the frequency of heart reductions by video recording analysis..... 34
Eliseev A.V., Kundryukova N.I. Research of factors influencing decay of radio radiation of digital radio relay stations..... 49
Eliseev A.V., Sokolova O.O. Imitation modeling of the procedure for determining the airships coordinates by range-difference method..... 59
Yukhnov V.I., Engibaryan I.A., Safar'yan O.A., Pilipenko I.A. Analytical dependencies for estimating of the deviation of frequency and duration of generated signals in information and telecommunications systems..... 68
Yukhnov V.I., Engibaryan I.A., Safar'yan O.A., Pilipenko I.A. Evaluation of signal parameters in distributed information-measuring systems on base of three-dimensional likelihood function..... 73
Litvyakov V.S., Orlov V.G. Mechanisms of interaction of internet network traffic in mobile communications networks of different standards..... 77
Litvyakov V.S., Orlov V.G. Evolution and development prospects of radio interfaces on Geran / Utran / E - Utran networks..... 86
Gerasimov N.I., Gerasimov I.N., Monogarov O.V. Modeling of radiation and scattering characteristics advanced circular polarization antenna systems..... 92
Gadasin D.V., Koltsova A.V., Polyakova A.N. luster construction model for edge computing..... 98
Chistyakov I.N. IOT development prospects with the appearance of 5G technologies..... 105
Batenkov K.A. State set formation of Rostelecom backbone network..... 112
Deremov M.V., Rudenko N.V., Ershov V.V., Gladishuk S.V. Possibility analysis vortex wind turbines for electrical supply of basic stations of cellular communication..... 116
Usmanova N.B., Kodirov A.A. On modeling information processes for cross-layer optimization in communication systems..... 123
Kalmykov N.S. SDN equipment and solutions market analysis..... 130
Kharchenko V.V., Rudyy S.V., Kozlovsky S.M., Kharchenko D.V. Two-band antenna of the radio communication complex..... 140
Cherepanov D.A., Kiryushkin V.K., Gerasimov I.N. Compensation algorithm for detecting and evaluating radio navigation signal parameters global navigation satellite system Glonass, scattered aerial target..... 144
Cherepanov D.A., Dianov A.A., Nagaev D.S., Gerasimov I.N. Algorithm for determining radar characteristics of simple geometric objects for the forward-scattering angles of radiation on the basis of the faceted 3D models..... 150
Gadasin D.V., Vakurin I.S. Cluster Wi – Fi network design with high density of subscribers..... 154
Rudenko N.V., Klimenko I.S., Krasnov K.E. Calculation of an axial generator with permanent magnets for wind power installation of a cellular base station..... 161
Rudenko N.V., Artyukhov A.A., Seryanov N.I. Selection of design of electric generators for wind power plants of basic stations cellular communication..... 170

Kogay V.N., Usarov A.B. System issues and processes for tasks of integration and compatibility of information systems..... 179
Ibrahimov B.G., Guliyev M.N. Research and analysis of the quality of functioning multiservice telecommunication networks based on the architectural concept NGN and FN..... 190
Borisov B.P., Borzenko A.S. Features of the development of 5G networks in the Russian Federation..... 198
Gerasimov N.I., Gerasimov I.N. Features of calculation of re-reflected images electromagnetic fields during irradiation three-arm electric vibrators..... 201
Volodin V.V. Problems with implementing a VPN..... 204
Pavlov S.V., Medvedev M.S. Comparison of VPN and GRE..... 208
Evstafiev V.V., Rudenko N.V., Orlova A.S. Substantiation of requirements to definition algorithms narrow places of telecommunications networks..... 212
Pan V.V., Rudenko N.V. Research of the possibility of creating infocommunication systems on the basis of low-orbital aircraft..... 219
Engibaryan I.A., Yukhnov V.I., Fediaev I.A. Evaluation of the effect of frequency offset on the reception of phase-manipulated signals..... 226
Al-Obaydi A.T., Boldyrikhin N.V., Reshetnikovф I.V., Rybalko I.P. Principles of building IOT-network..... 230
Kobak V.G., Lipchenko Yu.P., Peshkevich A.A., Zhukovskiy A.G. Investigation of the solution of the traveling salesman problem by the modified Goldberg model with various algorithms for the formation of the initial generation..... 233
Kobak V.G., Porksheyan V.M., Shkabriy R.S., Shvidchenko S.A. Investigation of the Plotnikov-Zverev algorithm and its modifications in solving an inhomogeneous minimax problem..... 237
Kobak V.G., Shevchenko V.V., Zhukovskiy A.G., Koldynskaya L.M. Analysis of the genetic algorithm for solving a homogeneous minimax problem with elite individuals..... 241
Kobak V.G., Shcabriy R.S., Zhukovskiy A.G., Kadynskaya L.M. Investigation of modification of the Plotnikov-Zverev algorithm "With a variable barrier" for different methods of sorting elements..... 246
Kobak V.G., Shevchenko V.V., Zhukovskiy A.G., Shvidchenko S.A. Using different approaches to the formation of the initial generation in a genetic algorithm for solving a homogeneous minimax problem..... 249
Reshetnikova I.V. Corporate wireless networks..... 255
Grothdovsky N.O., Meleshin A.S. Ways of improving radionavigation systems of aircrafts..... 258
Batenkov K.A., Kravchenko V.R., Krasnous M.Yu. Implementation of laboratory task descriptions in the Riverbed simulation software environment..... 262
Fatkhulin T.D., Pugacheva M.A. Research of the influence of client traffic parameters on the possibility of providing a guaranteed data transfer rate in SDON..... 265

INFORMATION SECURITY

Brechko A.A., Vershennik A.V., Nikitin V.V. Modeling communication networks based on dynamically emerging security threats..... 275
Brechko A.A., Vershennik E.V., Vershenik A.V. A way of monitoring the logical structure information and telecommunications network..... 281
Alasheev V.V., Vershennik A.V., Nikitin V.V. Monitoring the quality of services provided by the communication network by external special consumers..... 291

Nikitin V.V., Brechko A.A., Vershennik A.V. Modeling information and telecommunication networks in the conditions of functioning of antagonistic control systems..... 296
Yukhnov V.I., Borodina A.A. The development of the ICT industry in Russia..... 300
Petrov G.V. Substantiation of methods and recommendations for configuring remote access on the organization commutation node..... 304
Vershennik E.V., Vershennik A.V., Nikitin V.V. Practice of training military specialists in the field of information security in the united states..... 308
Guseinov R.R., Marshakov D.V. Ensuring postal conservation using blockchain technology..... 319
Fayskhanov I.F., Komarova A.N. Analysis and review of crimes committed with the use of information technologies..... 323
Fayskhanov I.F., Skupkina Y.N. Resource research of a closed internet network segment..... 329
Fayskhanov I.F., Molchanova A.M. Overview of face recognition systems: experience of Russia and foreign states in law enforcement..... 334
Zemlyanaya D.A., Boldyrikhin N.V., Shipshova E.M. Analysis of methods for detecting virus signatures..... 338

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGYIN EDUCATION, ECONOMICS AND MANAGEMENT

Mierzvinskyi A.A. Status and relationship of physical and information objects of a real world..... 343
Mierzvinskyi A.A., Nersesyants A.A. Information – «Chimera» or fundamental scientific category..... 360
Korshun A.M., Kolomiets E.A. Organization of independent work of bachelor 's degrees in study of natural and scientific disciplines using e-learning and remote educational technologies..... 386
Chikalov A.N., Tsvetkov D.S., Rybalko I.P., Zverev A.P. Development of the TELCO F2500 teletype simulator to simplify the educational process..... 392
Boyarchuk E.A., Yukhnov I.V. Problems and prospects of customs service reform in terms of introduction of advanced information technologies..... 396
Boyarchuk E.A., Yukhnov I.V. Development of electronic services for interaction of participants in foreign economic activity with customs authorities..... 406
Borisov B.P., Zubishin D.A. Technologies of system "Smart house"..... 416
Zehcer V.O., Revyakina E.A. Development of decision support system for monitoring of university's scientific activity..... 424
Vedernikova O.G., Ignateva O.V. Algorithm for method pivoted query synthesis for testing databases..... 426
Bogatyreva E.V., Sokirenko L.V., Bineev E.A. The role of technical regulations in the product recall procedure..... 436
Golovina I.V., Alexandrova T.Ya. On new approaches to antitrust regulation in the sphere of infocommunications..... 438
Ignateva O.V., Ignatiev O.L., Lyashchenko Z.V. Analysis of the "Pivoted query synthesis" approach for testing relative databases..... 443
Legostaev M.A., Chicalov A.N. Training automated multichannel plant watering system for smart house architecture..... 452
Rudenko N.V., Antonov A.V., Elesyutikov I.I. Analysis of distance learning platforms 459

Gladyshchuk S.V., Chikalov A.N. Multi-functional device for checking the residence of the rooms..... 464
Romashko S.S., Chikalov A.N. Software for WEB-based information terminal in programming language XHTML..... 469
Fatkhulin T.D., Fatkhulina G.G. Use of infocommunication technologies in the sphere of higher education on the example of electronic university..... 473
Zavarykina Y.V., Sevryukova M.V. Combined ABC- and XYZ-analysis – efficient the tool of marketing and logistics..... 480
Karpilenya N.V. About the state and challenges of geopolitics in the postmodern era: a brief analysis of the stages of development of research methodology..... 489
Gaevskaya L.A., Sabinina E.R. Students sports as a kind of physical activity..... 496
Dokuchaev S.A., Kostetskaya G.S., Svetlichnaya N.O., Koldinskaya L.M. Use of interactive presentations in teaching general scientific disciplines for bachelors in infocommunications..... 499
Yukhnova V.V. Organization of learning using remote technologies..... 501

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

Attila Kerekes, András Zöld Effect of passive solar gain on the heating energy consumption and peak load of the system..... 507
Gladyshchuk S.V., Konkin B.B., Soprantsova J.S. Testing in the education process..... 522
Monogarov O.V., Konstantinova Ya.B., Svetlichnaya N.O. To the question of modern inkject technologies..... 525
Madinsky F.V., Meleshin A.S., Svetlichnaya N.O. Organization of aviation radio communication of a group of unmanned aerial vehicles based on network-centric self-organizing networks..... 527
Grozdovsky N.O., Meleshin A.S., Koroleva L.P. Main approaches to modeling radio channels for UAV data transmission based on MIMO – COFDM technologies..... 531
Strelchyuk S.S., Neplyuev N.I., Kolesina A.V. Directions of development of onboard information measuring networks of aircraft engines..... 534

BRIEF INFORMATION ABOUT THE AUTHORS..... 539
AUTHOR INDEX..... 547

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

STATE AND PROSPECTS OF IFOCOMMUNICATION DEVELOPMENT

А.А. Манин[1], С.В. Соколов[1], М.В. Полякова[2]

ФИЛЬТР КАЛМАНА, АДАПТИВНЫЙ К ВОЗМУЩЕНИЯМ ПАРАМЕТРОВ НАБЛЮДАТЕЛЯ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия[2]

Ключевые слова: фильтр Калмана, оценка вектора состояния, адаптивные методы оценивания, комплексированные измерительные системы.

Применение фильтра Калмана обеспечивает оптимальность оценки вектора состояния динамической системы только при условии точного задания как параметров системы, так и параметров измерителя ее состояния. Но в реальных условиях параметры измерителя часто известны неточно, что приводит к расходимости процесса оценивания. На сегодняшний день эта проблема решается различными путями: использованием расширенного за счет неизвестных параметров фильтра Калмана, проектированием интервальных наблюдателей, использованием дополнительного оценивающего наблюдателя на основе методов нелинейного программирования, масштабированием коэффициента усиления наблюдателя и др. Применение этих подходов дает эффект, как правило, для какой-либо конкретной системы, что объясняется сложностью динамики оцениваемых параметров состояния. Таким образом опыт применения адаптивных методов оценивания показывает целесообразность их разработки для конкретного класса информационно-управляющих систем, среди которых выделяется класс широко используемых комплексированных измерительных систем. Особенностью данных систем является обработка измерений на основе показаний как датчиков средней (или низкой) точности, формирующих первичные измерения, так и высокоточных датчиков, по показаниям которых первичные измерения корректируются. Коррекция обычно производится через некоторые интервалы времени, превышающие такт первичных измерений и зачастую случайные, в основном, непосредственной заменой текущих оценок соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Но при таком подходе, во-первых, не уменьшается рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, а во-вторых, принципиально невозможно оценить ошибки определения параметров самого измерителя. В связи с этим в статье рассматривается возможность использования точных наблюдений, поступающих в комплексированную систему измерения (например, навигационную), для построения адаптивного алгоритма оценки реальных параметров измерителя вектора

состояния наблюдаемой системы. В основу разработки данного алгоритма положена аналитическая зависимость вариации калмановской оценки от возмущений параметров измерителя, полученная с использованием математического аппарата исследования возмущенных многомерных динамических систем. Синтезированный алгоритм адаптивной оценки параметров измерителя, в свою очередь, позволяет на временных интервалах между точными наблюдениями существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания калмановским фильтром в целом, что иллюстрируется приведенным численным примером.

A.A. Manin[1], S.V. Sokolov[1], M.V. Polyakova[2]

KALMAN FILTER ADAPTIVE TO OBSERVER PARAMETER PERTURBATIONS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]
Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia[2]

Keywords: Kalman filter, state vector evaluation, adaptive evaluation methods, integrated measurement systems.

Application of Kalman filter ensures optimality of dynamic system state vector estimation only if both system parameters and parameters of its state meter are specified accurately. But under real-world conditions, meter parameters are often not known accurately, resulting in divergence of the evaluation process. Today, this problem is solved in various ways: using an extended Kalman filter due to unknown parameters, designing interval observers, using an additional estimating observer based on non-linear programming methods, scaling of strengthening coefficient of the observer, etc. These approaches generally have an effect on a particular system because of the complexity of the dynamics of the estimated state parameters. Thus, the experience of adaptive methods of estimation shows the expediency of their development for a specific class of information and control systems, among which the class of widely used integrated measurement systems is allocated. A feature of these systems is the processing of measurements on the basis of readings of both medium (or low) accuracy sensors forming primary measurements and high-precision sensors, from the readings of which primary measurements are corrected. Correction is usually done at some time intervals that exceed the primary measurement stroke and are often random, mostly by directly replacing current estimates with their respective accurate measurements without changing the parameters of the estimation algorithm. But with this approach, first, the growth of estimation errors at the time interval determined by the moment of the next accurate measurement is not reduced, and second, it is fundamentally impossible to estimate errors in determining the parameters of the meter itself. In this regard, the article considers the possibility of using accurate observations coming to an integrated measurement system (for example, navigation) to build an adaptive algorithm for estimating the real parameters of the state vector meter of the observed system. The development of this algorithm is based on analytical dependence of Kalman estimation variation on perturbations of meter parameters, obtained using mathematical apparatus for studying perturbated multivariate dynamic systems. The synthesized algorithm of adaptive estimation of meter parameters, in turn, allows to significantly increase accuracy and stability of the assessment process by the Kalman filter as a whole at time intervals between accurate observations, as illustrated by the given numerical example.

Введение. Среди известных на сегодняшний день методов обработки измерительной информации одним из наиболее эффективных является подход к оценке состояния стохастических систем на основе фильтра Калмана, обеспечивающего оптимальную в среднеквадратическом ошибку оценивания состояния системы [1]. Но при использовании фильтра Калмана строгая оптимальность достигается только при условии точного задания как параметров системы («объекта»), так и параметров измерителя («наблюдателя») вектора состояния системы. В то же время, в реальных условиях эксплуатации параметры измерителя зачастую известны неточно, что приводит к расходимости процесса оценивания. Подобное обстоятельство приводит к необходимости разработки специальных мер, обеспечивающих требуемую точность оценивания в условиях неопределенности параметров измерителя. В настоящее время решение этой проблемы осуществляется в следующих направлениях:

1. Использованием расширенного за счет неизвестных параметров фильтра Калмана [2] и его многоступенчатых модификаций [3],
2. Разработкой схем наблюдателей, инвариантных к возмущениям параметров [2],
3. Применением алгоритмов нечеткой логики для подавления неопределенных возмущений [4],
4. Проектированием интервальных наблюдателей для систем с переменными неопределенными параметрами, вариации которых ограничены известными интервалами [5, 6],
5. Использованием дополнительного оценивающего наблюдателя, построенного на основе методов нелинейного программирования [7],
6. Масштабированием коэффициента усиления наблюдателя, обеспечивающим робастность процесса оценивания [8],
7. Применением интегрированных нейронных сетей, обеспечивающих нечувствительность фильтра Калмана к неопределенностям параметров измерителя [9] и др.

Применение каждого из перечисленных подходов дает эффект, как правило, для какой-либо конкретной технической системы, что вполне объяснимо их существенно нелинейным характером и сложностью динамики оцениваемых параметров состояния. Таким образом практика применения адаптивных методов оценивания показывает целесообразность их разработки для конкретного класса информационно-управляющих систем, среди которых можно выделить широко используемый на практике класс комплексированных измерительных систем. Характерной особенностью данных систем является обработка измерений на основе показаний как датчиков средней (или низкой) точности, формирующих текущие первичные измерения, так и высокоточных датчиков, по показаниям которых осуществляется коррекция первичных измерений. Коррекция при этом производится, как правило, через некоторые интервалы времени, превышающие такт первичных измерений и не всегда одинаковые (зачастую случайные). В качестве примера можно привести такие системы, как: инерциально-спутниковые навигационные системы (НС), где осуществляется коррекция измерений инерциальной НС, погрешности которых растут со временем, по измерениям спутниковой НС, которые выступают в качестве эталонных [10–13]; НС различных роботов, в которых коррекция навигационных параметров робота (или человека) осуществляется с учетом нулевой скорости его ступни (или нижней точки колеса) в момент касания поверхности земли [14], информационно-измерительные системы различных транспортных систем (морских, железнодорожных и т.д.), где коррекция

параметров ориентации и навигации осуществляется в момент прохождения ими базовых (реперных) точек с точно известными координатами (например, светофоры, радиочастотные метки, буи и др.) [15–20], комбинированные навигационные системы на базе инерциальных датчиков обеспечивающие навигацию внутри помещений и замкнутых пространств [21, 22] и т.д.

Но на сегодняшний день подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок навигационных (или других) переменных соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Очевидно, что при таком подходе, во-первых, не уменьшается рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, (что и происходит в вышеупомянутых измерительных системах) [10-15], а во-вторых, принципиально невозможно оценить погрешности определения параметров самого измерителя.

В связи с изложенным, рассмотрим далее возможность использования точных наблюдений, поступающих в комплексированную систему измерения, для построения адаптивного алгоритма оценки реальных параметров измерителя вектора состояния наблюдаемого объекта. Что, в свою очередь, позволит на временных интервалах между точными наблюдениями существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания вектора состояния системы калмановским фильтром в целом [22].

Постановка задачи. Т.к. точные наблюдения производятся в дискретные моменты времени, то далее рассмотрим адаптацию процесса оценивания вектора состояния стохастической системы для дискретного случая

$$\xi_{i+1} = \Phi_{i+1/i} \cdot \xi_i + W_{i+1}, \qquad \xi(0) = \xi_0 \ , \tag{1}$$

где ξ_i – N-мерный вектор состояния в дискретный момент времени i;

$\Phi_{i+1/i}$ – переходная матрица состояний размерности $N \times N$,

W_{i+1} – N-мерный вектор белых гауссовских центрированных шумов объекта с известной матрицей интенсивностей $G_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$ ($\delta_{i,j}$ – дельта-функция Кронекера),

когда вектор выходных сигналов измерителя описывается уравнением

$$z_{i+1} = H_{i+1}\xi_{i+1} + V_{i+1}, \tag{2}$$

где z_{i+1} – M-мерный вектор измерений,

H_{i+1} – матрица измерений размерности $M \times N$,

V_{i+1} – M-мерный вектор белых гауссовских центрированных помех измерения с матрицей интенсивностей $R_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$.

В этом случае оценка вектора состояния осуществляется оптимальным дискретным фильтром Калмана [1, 18, 22]:

$$\hat{\xi}_{i+1} = \Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i + K_{i+1}\left(z_{i+1} - H_{i+1}\Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i\right), \tag{3}$$

$$K_{i+1} = P_{i+1/i} \cdot H_{i+1}^T \left(H_{i+1} \cdot P_{i+1/i} H_{i+1}^T + R_{i+1}\right)^{-1},$$

$$P_{i+1/i} = \Phi_{i+1/i} P_i \Phi_{i+1/i}^T + G_{i+1},$$

$$P_{i+1} = \left(E - K_{i+1}H_{i+1}\right)P_{i+1/i},$$

$$\hat{\xi}_0 = M\left(\xi_0\right), \qquad P_0 = M\left\{\left(\xi_0 - \hat{\xi}_0\right)\left(\xi_0 - \hat{\xi}_0\right)^T\right\}.$$

Как видно из уравнений (3), ошибка δH в определении матрицы измерений H_i существенно нелинейно влияет на погрешность формирования апостериорной матрицы, а также, как следствие, на погрешность коэффициента усиления, и на ошибку определения невязки в уравнении оценки. По существу, поиск истинных значений матрицы H_i по точным наблюдениям вектора состояния системы представляет собой решение обратной задачи динамики, которая в силу существенно нелинейной зависимости вектора калмановской оценки от матрицы измерения при использовании существующих итеративных процедур решения систем нелинейных уравнений приводит к вычислительным затратам, нереализуемым в реальном времени. Для возможности разработки эффективного вычислительного адаптивного алгоритма оценки состояния системы в условиях неопределенности матрицы измерения сделаем два допущения – полагаем, что на интервале между точными измерениями ошибка δH в определении матрицы измерений постоянна и ее вариациями второго порядка малости $\delta^{(2)}H$ можно пренебречь. Это позволяет использовать для дальнейших построений аппарат исследования возмущенных многомерных линейных систем, разработанный в [23] и дополненный в [24]. Перед началом решения определим также, следуя [23], для произвольной матрицы A размерности $m\times n$ вектор-столбец $A(\nu)$, формируемый из ее элементов следующим образом:

$$A^{(\nu)} = \left| a_{11}a_{21}\ldots a_{m1}a_{12}a_{22}\ldots a_{m2}\ldots a_{1n}a_{2n}\ldots a_{mn} \right|^{T}.$$

Данное преобразование используем далее для ответствующей трансформации матриц, входящих в (3), с целью векторной записи ошибки оценки возмущенной системы.

Решение задачи. На первом шаге запишем предварительно уравнение ошибки фильтра (3), вызванной возмущением δH. В общем виде уравнение возмущенного фильтра Калмана было получено ранее в [23, 24], поэтому трансформируем его для исследуемого случая с учетом только возмущения δH:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta H^{(\nu)} + A_{(3)i+1}\delta P_i^{(\nu)}, \tag{4}$$

где

$$A_{(1)i+1} = \left(E - K_{i+1}H_{i+1}\right)\Phi_{i+1/i};$$

$$A_{(2)i+1} = P_i \otimes r^T S^{-1} - \hat{\xi}_{i+1}^T \otimes K_{i+1} = P_i \otimes r^T S^{-1} - \left(\Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i + K_{i+1}r\right)^T \otimes K_{i+1};$$

$$A_{(3)i+1} = r^T S^{-1} H_{i+1}\Phi_{i+1/i} \otimes \left(E - K_{i+1}H_{i+1}\right)\Phi_{i+1/i};$$

$$S = H_{i+1}P_{i+1/i}H^T{}_{i+1} + R_{i+1},\ r = z_{i+1} - H_{i+1}\Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i,$$

$\otimes$ – символ блочного произведения, E – единичная матрица.

Векторная случайная составляющая $\delta P_i^{(\nu)}$, входящая в правую часть (4), в свою очередь, также зависит от флюктуаций матрицы измерений, в связи с чем, опираясь на результаты, полученные в [24], запишем уравнение, описывающее вектор $\delta P_i^{(\nu)}$, для рассматриваемого случая (с учетом только возмущения δH):

$$\delta P_i^{(\nu)} = B_{(1)i}\delta P_{i-1}^{(\nu)} + B_{(2)i}\delta H^{(\nu)}, \tag{5}$$

где $\delta P_0{}^{(\nu)}$ – вектор ошибок определения элементов матрицы априорной ковариации (равен 0);

$$B_{(1)i} = [\left(E - K_iH_i\right)\Phi_{i/i-1}E_{V1} \otimes \left(E - K_iH_i\right)\Phi_{i/i-1}] \hat{\otimes} E^{(\nu)};$$

$$B_{(2)i} = -(K_iE_{V2} \otimes P_i) \hat{\otimes} E^{(\nu)} - (P_iE_{V1} \otimes K_i) \hat{\otimes} E^{(\nu)};$$

$$E_{V1} = \left| E_n^{(1)} \otimes E_{m(1)} \;\vdots\; E_n^{(2)} \otimes E_{m(1)} \;\vdots\; \ldots\ldots \;\vdots\; E_n^{(n)} \otimes E_{m(m)} \right|$$

$E_K^{(j)}$ – j-я строка единичной матрицы E размерности $k \times k$;

$E_{K(j)}$ – j-й столбец;

$$E_{V2} = \left| E_{n(1)} \otimes E_m^{(1)} \;\vdots\; E_{n(2)} \otimes E_m^{(1)} \;\vdots\; \ldots\ldots \;\vdots\; E_{n(n)} \otimes E_m^{(1)} \;\vdots\; E_{n(1)} \otimes E_m^{(2)} \;\vdots\; \ldots\ldots \;\vdots\; E_{n(n)} \otimes E_m^{(m)} \right|.$$

Учитывая очевидные рекуррентные соотношения, которые вытекают из (5), выражения вектора $\delta P_i^{(v)}$ для каждого момента времени i, начиная с начального, можно записать как:

$$\delta P_1^{(v)} = B_{(1)1}\delta P_0^{(v)} + B_{(2)1}\delta H^{(v)} = B_{(2)1}\delta H^{(v)};$$

$$\delta P_2^{(v)} = B_{(1)2}\delta P_1^{(v)} + B_{(2)2}\delta H^{(v)} = B_{(1)2}B_{(2)1}\delta H^{(v)} + B_{(2)2}\delta H^{(v)};$$

$$\delta P_3^{(v)} = B_{(1)3}\delta P_2^{(v)} + B_{(2)3}\delta H^{(v)} = B_{(1)3}B_{(1)2}B_{(2)1}\delta H^{(v)} + B_{(1)3}B_{(2)2}\delta H^{(v)} + B_{(2)3}\delta H^{(v)}; \quad (6)$$

.....

$$\delta P_i^{(v)} = \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} B_{(1)\kappa}\Big)B_{(2)j}\cdot\delta H^{(v)} = B_{iH}\cdot\delta H^{(v)},$$

где $B_{iH} = \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} B_{(1)\kappa}\Big)B_{(2)j}$.

Аналогично может быть представлено выражение текущего вектора $\delta\hat{\xi}_{i+1}$, которое с учетом полученного выше выражения (6) предварительно может быть записано следующим образом:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta H^{(v)} + A_{(3)i+1}\delta P_i^{(v)} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta H^{(v)} + A_{(3)i+1}B_{iH}\delta H^{(v)} = \\ = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + (A_{(2)i+1} + A_{(3)i+1}B_{iH})\delta H^{(v)}. \quad (7)$$

Представление (7) позволяет, опираясь на приведенные ниже рекуррентные соотношения, из него вытекающие:

$$\delta\hat{\xi}_1 = A_{(1)1}\delta\hat{\xi}_0 + (A_{(2)1} + A_{(3)1}B_{0H})\delta H^{(v)} = A_{(2)1}\cdot\delta H^{(v)};$$

$$\delta\hat{\xi}_2 = A_{(1)2}\delta\hat{\xi}_1 + (A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta H^{(v)} = A_{(1)2}A_{(2)1}\cdot\delta H^{(v)} + (A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta H^{(v)} = \\ = (A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta H^{(v)};$$

$$\delta\hat{\xi}_3 = A_{(1)3}\delta\hat{\xi}_2 + (A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta H^{(v)} = A_{(1)3}(A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta H^{(v)} + \\ + (A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta H^{(v)} = (A_{(1)3}(A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H}) + A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta H^{(v)};$$

.....

$$\delta\hat{\xi}_i = \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} A_{(1)\kappa}\Big)A_{2j}\cdot\delta H^{(v)} + \sum_{j=1}^{i-1}\Big(\prod_{k=j+2}^{i} A_{(1)\kappa}\Big)A_{3(j+1)}\cdot B_{jH}\delta H^{(v)} = \\ = \Big(\sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} A_{(1)\kappa}\Big)A_{2j} + \sum_{j=1}^{i-1}\Big(\prod_{k=j+2}^{i} A_{(1)\kappa}\Big)A_{3(j+1)}\cdot B_{jH}\Big)\delta H^{(v)},$$

выразить по индукции текущее значение искомого вектора ошибки оценки $\delta\hat{\xi}_{i+1}$:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = \Big(\sum_{j=1}^{i+1}\Big(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)\kappa}\Big)A_{2j} + \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)\kappa}\Big)A_{3(j+1)}\cdot B_{jH}\Big)\delta H^{(v)} = A_{(i+1)H}\,\delta H^{(v)}, \quad (8)$$

где $A_{(i+1)H} = \sum_{j=1}^{i+1}(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{2j} + \sum_{j=1}^{i}(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{3(j+1)} \cdot B_{jH}$.

Полученная связь ошибки (возмущения) оценки с породившими ее флюктуациями матрицы измерений

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(i+1)H}\,\delta H^{(\nu)} \tag{9}$$

является линейной, что позволяет после получения точного измерения вектора состояния ξ_{i+1} с учетом равенства $\delta\hat{\xi}_{i+1} = \xi_{i+1} - \hat{\xi}_{i+1}$ легко найти вектор ошибок определения (вариаций) компонентов матрицы измерений $\delta H^{(\nu)}$ с использованием стандартной процедуры обращения матриц. Но здесь следует иметь в виду, что для возможности корректного применения данной процедуры размерности векторов $\delta\hat{\xi}_{i+1}, \delta H^{(\nu)}$ должны совпадать, что при наличии единичного точного измерения вектора состояния возможно только в случае скалярного наблюдателя (2) – когда матрица измерений имеет размерность $1\times N$. В этом случае вектор $\delta H^{(\nu)}$ определяется непосредственно из (9):

$$\delta H^{(\nu)} = A^{-1}{}_{(i+1)H}\,(\xi_{i+1} - \hat{\xi}_{i+1}).$$

В более общем случае, когда матрица измерений имеет размерность $M\times N$, число точных измерений должно быть увеличено до M – в общем случае в случайные моменты времени: $i+1+s_1$, $i+1+s_2$, $i+1+s_3$, …, $i+1+s_M$, где s_i – случайные интервалы времени. Тогда система уравнений (9) трансформируется к виду:

$$\begin{vmatrix} \delta\hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_M} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_M)H} \end{vmatrix} \delta H^{(\nu)},$$

который уже для матрицы измерений общего вида позволяет корректно применить процедуру обращения матриц:

$$\delta H^{(\nu)} = \begin{vmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_M)H} \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} \delta\hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_M} \end{vmatrix},$$

окончательно решив поставленную задачу в общем случае.

Полученное таким образом значение вектора $\delta H^{(\nu)}$ позволяет скорректировать матрицу измерений, что, в свою очередь, повышает точность и устойчивость процесса оценивания калмановским фильтром (3) в целом.

Резюмируя изложенное, следует заметить, что несмотря на некоторую громоздкость итоговых формул (6) и (8), при последовательном выполнении приведенных в них рекуррентных соотношений – на каждом шаге измерения, алгоритмы вычисления как матрицы $A_{(i+1)H}$, так и матрицы B_{iH}, требуют всего лишь

двух матричных умножений и двух сложений матриц, что для современных вычислителей (в том числе, и бортовых) никаких трудностей не представляет.

Заключение. Простота и точность предложенного алгоритма обеспечивают возможность его эффективного применения для самого широкого класса информационно-измерительных систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00126.

Литература:

1. *Синицын И.Н.* Фильтры Калмана и Пугачева. – М.: Логос, 2006. – 640 с.

2. *Hartley, R., Ghaffari, M., Eustice, R.M., Grizzle, J.W.* Contact-aided invariant extended Kalman filtering for robot state estimation // International Journal of Robotics Research. – 2020, doi: 10.1177/0278364919894385.

3. *Zhong, Y., Zhang, W., Zhang, Y., Zuo, J., Zhan, H.* Sensor fault detection and diagnosis for an unmanned quadrotor helicopter // Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications. – 2019, 96(3-4), p. 555-572, doi: 10.1007/s10846-019-01002-4.

4. *Oveisi, A., Nestorović, T.* Mixed Kalman-fuzzy sliding mode state observer in disturbance rejection control of a vibrating smart structure // International Journal of Acoustics and Vibrations. – 2019, 24(4), p. 677-686, doi: 10.20855/ijav.2019.24.41365.

5. *Li, J., Wang, Z., Zhang, W., Raïssi, T., Shen, Y.* Interval observer design for continuous-time linear parameter-varying systems // Systems and Control Letters. – 2019, 134,104541, doi: 10.1016/j.sysconle.2019.104541.

6. *Tan, J., Xu, F., Wang, X., Yang, J., Liang, B.* Invariant set-based robust fault detection and optimal fault estimation for discrete-time LPV systems with bounded uncertainties // International Journal of Systems Science. – 2019, 50(16), p. 2962-2978, doi: 10.1080/00207721.2019.1691283.

7. *Wan, Y., Keviczky, T.* Real-time nonlinear moving horizon observer with pre-estimation for aircraft sensor fault detection and estimation // International Journal of Robust and Nonlinear Control. – 2019, 29(16), p. 5394-5411, doi: 10.1002/rnc.4011.

8. *Minowa, A., Toda, M.* A high-gain observer-based approach to robust motion control of towed underwater vehicles // IEEE Journal of Oceanic Engineering. – 2019, 44(4),8436001, p. 997-1010, doi: 10.1109/JOE.2018.2859458.

9. *Novi, T., Capitani, R., Annicchiarico, C.* An integrated artificial neural network–unscented Kalman filter vehicle sideslip angle estimation based on inertial measurement unit measurements // Journal of Automobile Engineering. – 2019, 233(7), p. 1864-1878, doi: 10.1177/0954407018790646.

10. *Sasiadek J.Z., Wang Q.* Low cost automation using INS/GPS data fusion for accurate positioning // Robotica. – 2003, vol. 21-3, p. 255-260.

11. *Hide C., Moore T., Smith M.* Adaptive Kalman filtering algorithms for integrating GPS and low cost INS // Symposium of Position Location and Navigation PLANS, 2004, p. 227-233.

12. *Pulido Herrera E., Kaufmann H.* Adaptive Methods of Kalman Filtering for Personal Positioning Systems // 23rd International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation, Portland, OR, September 21-24, 2010. p.584-589.

13. *Mohamed A.H., Schwarz K.P.* Adaptive Kalman Filtering for INS/GPS // Journal of Geodesy. – 1999, vol. 73-4, p. 193-203.

14. *Луни М.* Оптимизация навигационных характеристик мобильного робота // Компоненты и технологии – 2012, № 1, с. 48-50.

15. *Литвин А.М., Малюгина А.А., Миллер А.Б., Степанов А.Н., Чиркин Д.Е.* Типы ошибок в инерциальных навигационных системах и методы их аппроксимации // Информационные процессы. – 2014, Т. 14, № 4, с. 326-339.

16. *Hu C., Chen W., Chen Y., Liu D.* Adaptive Kalman filtering for vehicle navigation // Journal of Global Positioning Systems. – 2003, vol. 2-1, p. 42-47.

17. *Резниченко В.И., Малеев П.И., Смирнов М.Ю.* Спутниковая коррекция параметров ориентации морских объектов // Навигация и гидрография. – 2008, Т. 27, с. 25-32.

18. *Цыплаков А.А.* Введение в моделирование в пространстве состояний // Квантиль. – 2011, № 9, с. 1-24.

19. *Mehra R.K.* On the identification of variances and adaptive Kalman filtering // IEEE Trans. Automat. Contr. – 1970, vol. AC-15, 2, p. 175-184.

20. *Великанова Е.П., Ворошилин Е.П.* Адаптивная фильтрация координат маневрирующего объекта при изменениях условий передачи в радиолокационном канале // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012, № 2 (26), Ч. 1, с. 29-35.

21. *Шилина В.А.* Система инерциальных датчиков для навигации внутри помещений // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал, 2015, № 4. Режим доступа: http://sntbul.bmstu.ru/doc/778220.html.

22. *Sokolov S.V., Polyakova M.V., Kucherenko P.A.* Analytic synthesis of a Kalman adaptive filter on the basis of irregular precise measurements // Measurement Techniquesю – 2018, vol. 61, issue 3, p. 232-237.

23. *Чернов А.А., Ястребов В.Д.* Возмущения процесса калмановской фильтрации // Космические исследования. – 1984, Т. 22, № 4.

24. *Соколов С.В., Ковалев С.М., Кучеренко П.А., Смирнов Ю.А.* Методы идентификации нечетких и стохастических систем. М.: Физматлит, 2018. – 432 с.

А.А. Манин[1], С.В. Соколов[1], М.В. Полякова[2]

АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ ДИСКРЕТНОГО ФИЛЬТРА КАЛМАНА К НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПАРАМЕТРОВ НАБЛЮДАЕМОГО ОБЪЕКТА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия[1]

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия[2]

Ключевые слова: фильтр Калмана, оценка вектора состояния, адаптивные методы оценивания, комплексированные измерительные системы.

В статье рассматривается возможность использования точных наблюдений, поступающих в комплексированную систему измерения, для построения адаптивного алгоритма оценки реальных параметров наблюдаемой системы. В основу разработки данного алгоритма положена аналитическая зависимость

вариации калмановской оценки от возмущений параметров объекта наблюдения, полученная с использованием математического аппарата исследования возмущенных многомерных динамических систем. Синтезированный алгоритм адаптивной оценки параметров объекта, в свою очередь, позволяет на временных интервалах между точными наблюдениями существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания калмановским фильтром в целом, что иллюстрируется приведенным численным примером.

A.A. Manin[1], S.V. Sokolov[1], M.V. Polyakova[2]

ALGORITHM FOR ADAPTATION OF DISCRETE KALMAN FILTER TO UNCERTAINTY OF PARAMETERS OF OBSERVED OBJECT

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia[1]
Rostov State Transport University, Rostov-on-Don, Russia[2]

Keywords: Kalman filter, state vector evaluation, adaptive evaluation methods, integrated measurement systems.

The article considers the possibility of using accurate observations coming to the integrated measurement system to build an adaptive algorithm for estimating the real parameters of the observed system. The development of this algorithm is based on the analytical dependence of Kalman estimation variation on perturbations of parameters of the object of observation, obtained using a mathematical apparatus for studying perturbated multidimensional dynamic systems. The synthesized algorithm of adaptive estimation of object parameters, in turn, allows to significantly increase accuracy and stability of the assessment process by the Kalman filter as a whole at time intervals between accurate observations, as illustrated by the given numerical example.

Введение. Сегодня одним из наиболее эффективных методов обработки измерительной информации является подход к оценке состояния стохастических систем на основе фильтра Калмана, который обеспечивает оптимальную ошибку оценивания состояния системы [1]. При использовании фильтра Калмана строгая оптимальность достигается только при условии точного задания параметров системы (наблюдаемого объекта). В реальных условиях эксплуатации параметры наблюдаемого объекта зачастую известны неточно, что приводит к расходимости процесса оценивания и требует обеспечения необходимой точности оценивания. В настоящее время решение этой проблемы осуществляется в следующих направлениях:

1. Использованием расширенного за счет неизвестных параметров фильтра Калмана [2, 3];
2. Применением алгоритмов нечеткой логики для подавления неопределенных возмущений параметров системы [4];
3. Проектированием интервальных наблюдателей для систем с переменными неопределенными параметрами, вариации которых ограничены известными интервалами [5, 6];
4. Использованием дополнительного оценивающего наблюдателя, построенного на основе методов нелинейного программирования [7];
5. Масштабированием коэффициента усиления наблюдателя, обеспечивающим робастность процесса оценивания [8];

6. Применением интегрированных нейронных сетей, обеспечивающих нечувствительность фильтра Калмана к неопределенностям параметров системы [3, 9] и др.

Применение данных подходов дает эффект, как правило, для какой-либо конкретной технической системы, что вполне объяснимо их существенно нелинейным характером и сложностью динамики оцениваемых параметров состояния. Поэтому целесообразна их разработка для конкретного класса информационно-управляющих систем, например, класс комплексированных измерительных систем. Обработка измерений в данных системах производится на основе показаний датчиков средней (или низкой) точности, которые формируют текущие первичные измерения, а также высокоточных датчиков, показания которых необходимы для коррекции первичных измерений.

Сегодня подобная коррекция производится, в основном, непосредственной заменой текущих оценок навигационных (или других) переменных соответствующими их точными измерениями без изменения параметров алгоритма оценивания. Очевидно, что при таком подходе рост ошибок оценивания на временном интервале, определенном моментом следующего точного измерения, не уменьшается, а оценить погрешности определения параметров самого объекта принципиально невозможно.

В связи с изложенным, рассмотрим далее возможность использования точных наблюдений, поступающих в комплексированную систему измерения, для построения адаптивного алгоритма оценки реальных параметров наблюдаемого объекта. Что, в свою очередь, позволит на временных интервалах между точными наблюдениями существенно повысить точность и устойчивость процесса оценивания вектора состояния системы калмановским фильтром в целом [10].

Постановка задачи. Т.к. точные наблюдения производятся в дискретные моменты времени, то далее рассмотрим адаптацию процесса оценивания вектора состояния стохастической системы для дискретного случая

$$\xi_{i+1} = \Phi_{i+1/i} \cdot \xi_i + W_{i+1}, \qquad \xi(0) = \xi_0 \ , \tag{1}$$

где ξ_i – N-мерный вектор состояния в дискретный момент времени i;

$\Phi_{i+1/i}$ – переходная матрица состояний размерности $N \times N$;

W_{i+1} – N-мерный вектор белых гауссовских центрированных шумов объекта с известной матрицей интенсивностей $G_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$ ($\delta_{i,j}$ – дельта-функция Кронекера), когда вектор выходных сигналов измерителя описывается уравнением

$$z_{i+1} = H_{i+1}\xi_{i+1} + V_{i+1}\,, \tag{2}$$

где z_{i+1} – M-мерный вектор измерений,

H_{i+1} – матрица измерений размерности $M \times N$,

V_{i+1} – M-мерный вектор белых гауссовских центрированных помех измерения с матрицей интенсивностей $R_{i+1} \cdot \delta_{i+1,j+1}$.

В этом случае оценка вектора состояния осуществляется оптимальным дискретным фильтром Калмана [1, 10, 11]:

$$\hat{\xi}_{i+1} = \Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i + K_{i+1}\left(z_{i+1} - H_{i+1}\Phi_{i+1/i}\hat{\xi}_i\right), \tag{3}$$

$$K_{i+1} = P_{i+1/i} \cdot H_{i+1}^T \left(H_{i+1} \cdot P_{i+1/i} H_{i+1}^T + R_{i+1} \right)^{-1},$$

$$P_{i+1/i} = \Phi_{i+1/i} P_i \Phi_{i+1/i}^T + G_{i+1},$$

$$P_{i+1} = \left(E - K_{i+1} H_{i+1} \right) P_{i+1/i},$$

$$\hat{\xi}_0 = M\left(\xi_0\right), \qquad P_0 = M\left\{ \left(\xi_0 - \hat{\xi}_0 \right) \left(\xi_0 - \hat{\xi}_0 \right)^T \right\}.$$

Как видно из уравнений (3), ошибка δΦ в определении матрицы состояний $\Phi_{i+1/i}$ существенно нелинейно влияет на погрешность формирования апостериорной матрицы, а также, как следствие, на погрешность коэффициента усиления, и на ошибку определения невязки в уравнении оценки. По существу, поиск истинных значений матрицы $\Phi_{i+1/i}$ по точным наблюдениям вектора состояния системы представляет собой решение обратной задачи динамики, которая в силу существенно нелинейной зависимости вектора калмановской оценки от матрицы состояний при использовании существующих итеративных процедур решения систем нелинейных уравнений приводит к вычислительным затратам, нереализуемым в реальном времени. Для возможности разработки эффективного вычислительного адаптивного алгоритма оценки состояния системы в условиях неопределенности матрицы состояний сделаем два допущения – полагаем, что на интервале между точными измерениями ошибка δΦ в определении матрицы состояний постоянна и ее вариациями второго порядка малости $\delta^{(2)}\Phi$ можно пренебречь. Это позволяет использовать для дальнейших построений аппарат исследования возмущенных многомерных линейных систем, разработанный в [12] и дополненный в [13]. Перед началом решения определим также, следуя [12], для произвольной матрицы A размерности $m \times n$ вектор-столбец $A^{(\nu)}$, формируемый из ее элементов следующим образом:

$$A^{(\nu)} = \left| a_{11} a_{21} \ldots a_{m1} a_{12} a_{22} \ldots a_{m2} \ldots a_{1n} a_{2n} \ldots a_{mn} \right|^T.$$

Данное преобразование используем далее для ответствующей трансформации матриц, входящих в (3), с целью векторной записи ошибки оценки возмущенной системы.

Решение задачи. На первом шаге запишем предварительно уравнение ошибки фильтра (3), вызванной возмущением δΦ. В общем виде уравнение возмущенного фильтра Калмана было получено ранее в [12, 13], поэтому трансформируем его для исследуемого случая с учетом только возмущения δΦ:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1} \delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1} \delta H^{(\nu)} + A_{(3)i+1} \delta P_i^{(\nu)}, \tag{4}$$

где

$$A_{(1)i+1} = \left(E - K_{i+1} H_{i+1} \right) \Phi_{i+1/i};$$

$$A_{(2)i+1} = \left(\hat{\xi}_i + P_i \Phi_{i+1/i}^T H_{i+1}^T S^{-1} r \right)^T \otimes \left(E - K_{i+1} H_{i+1} \right) + \left(E - K_{i+1} H_{i+1} \right) \Phi_{i+1/i} P_i \otimes r^T S^{-1} H_{i+1};$$

$$A_{(3)i+1} = r^T S^{-1} H_{i+1} \Phi_{i+1/i} \otimes \left(E - K_{i+1} H_{i+1} \right) \Phi_{i+1/i};$$

$$S = H_{i+1} P_{i+1/i} H^T{}_{i+1} + R_{i+1}, \; r = z_{i+1} - H_{i+1} \Phi_{i+1/i} \hat{\xi}_i,$$

$\otimes$ – символ блочного произведения, E – единичная матрица.

Векторная случайная составляющая $\delta P_i^{(\nu)}$, входящая в правую часть (4), в свою очередь, также зависит от флюктуаций матрицы состояний, в связи с чем, опираясь на результаты, полученные в [13], запишем уравнение, описывающее вектор $\delta P_i^{(\nu)}$, для рассматриваемого случая (с учетом только возмущения $\delta\Phi$):

$$\delta P_i^{(\nu)} = B_{(1)i}\delta P_{i-1}^{(\nu)} + B_{(2)i}\delta\Phi^{(\nu)}, \tag{5}$$

где $\delta P_0^{(\nu)}$ – вектор ошибок определения элементов матрицы априорной ковариации (равен 0);

$$B_{(1)i} = [\left(E - K_i H_i\right)\Phi_{i/i-1}E_{V1} \otimes \left(E - K_i H_i\right)\Phi_{i/i-1}]\,\hat{\otimes}\, E^{(\nu)};$$

$$B_{(2)i} = [\left(E - K_i H_i\right)\Phi_{i/i-1}P_{i-1}E_{V1} \otimes \left(E - K_i H_i\right)]\,\hat{\otimes}\, E^{(\nu)} +$$

$$+[\left(E - K_i H_i\right)E_{V2} \otimes \left(E - K_i H_i\right)\Phi_{i/i-1}P_{i-1}]\,\hat{\otimes}\, E^{(\nu)};$$

$$E_{V1} = \left| E_n^{(1)} \otimes E_{m(1)} \ \vdots\ E_n^{(2)} \otimes E_{m(1)} \ \vdots\ \ldots.. \ \vdots\ E_n^{(n)} \otimes E_{m(m)} \right|$$

$E_K^{(j)}$ – j-я строка единичной матрицы E размерности $k\times k$;
$E_{K(j)}$ – j-й столбец;

$$E_{V2} = \left| E_{n(1)} \otimes E_m^{(1)} \ \vdots\ E_{n(2)} \otimes E_m^{(1)} \ \vdots\ \ldots.. \ \vdots\ E_{n(n)} \otimes E_m^{(1)} \ \vdots \right.$$

$$\left. \vdots\ E_{n(1)} \otimes E_m^{(2)} \ \vdots\ \ldots... \ \vdots\ E_{n(n)} \otimes E_m^{(m)} \right|.$$

Учитывая очевидные рекуррентные соотношения, которые вытекают из (5), выражения вектора $\delta P_i^{(\nu)}$ для каждого момента времени i, начиная с начального, можно записать как:

$$\delta P_1^{(\nu)} = B_{(1)1}\delta P_0^{(\nu)} + B_{(2)1}\delta\mathit{\Phi}^{(\nu)} = B_{(2)1}\delta\mathit{\Phi}^{(\nu)};$$

$$\delta P_2^{(\nu)} = B_{(1)2}\delta P_1^{(\nu)} + B_{(2)2}\delta\Phi^{(\nu)} = B_{(1)2}B_{(2)1}\delta\Phi^{(\nu)} + B_{(2)2}\delta\Phi^{(\nu)};$$

$$\delta P_3^{(\nu)} = B_{(1)3}\delta P_2^{(\nu)} + B_{(2)3}\delta\Phi^{(\nu)} = B_{(1)3}B_{(1)2}B_{(2)1}\delta\Phi^{(\nu)} + B_{(1)3}B_{(2)2}\delta\Phi^{(\nu)} + B_{(2)3}\delta\Phi^{(\nu)}; \tag{6}$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\delta P_i^{(\nu)} = \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} B_{(1)\kappa}\Big)B_{(2)j}\cdot\delta\Phi^{(\nu)} = B_{iH}\cdot\delta\Phi^{(\nu)},$$

где $B_{iH} = \sum_{j=1}^{i}\Big(\prod_{k=j+1}^{i} B_{(1)\kappa}\Big)B_{(2)j}$.

Аналогично может быть представлено выражение текущего вектора $\delta\hat{\xi}_{i+1}$, которое с учетом полученного выше выражения (6) предварительно может быть записано следующим образом:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta\Phi^{(\nu)} + A_{(3)i+1}\delta P_i^{(\nu)} = A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + A_{(2)i+1}\delta\Phi^{(\nu)} + A_{(3)i+1}B_{iH}\delta\Phi^{(\nu)} =$$
$$= A_{(1)i+1}\delta\hat{\xi}_i + (A_{(2)i+1} + A_{(3)i+1}B_{iH})\delta\Phi^{(\nu)}. \tag{7}$$

Представление (7) позволяет, опираясь на приведенные ниже рекуррентные соотношения, из него вытекающие:

$$\delta\hat{\xi}_1 = A_{(1)1}\delta\hat{\xi}_0 + (A_{(2)1} + A_{(3)1}B_{0H})\delta\Phi^{(\nu)} = A_{(2)1}\cdot\delta\Phi^{(\nu)};$$

$$\delta\hat{\xi}_2 = A_{(1)2}\delta\hat{\xi}_1 + (A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta\Phi^{(\nu)} = A_{(1)2}A_{(2)1}\cdot\delta\Phi^{(\nu)} + (A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta\Phi^{(\nu)} = (A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta\Phi^{(\nu)};$$

$$\delta\hat{\xi}_3 = A_{(1)3}\delta\hat{\xi}_2 + (A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta\Phi^{(\nu)} = A_{(1)3}(A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H})\delta\Phi^{(\nu)} + (A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta\Phi^{(\nu)} =$$

$$= (A_{(1)3}(A_{(1)2}A_{(2)1} + A_{(2)2} + A_{(3)2}B_{1H}) + A_{(2)3} + A_{(3)3}B_{2H})\delta\Phi^{(\nu)};$$

.....

$$\delta\hat{\xi}_i = \sum_{j=1}^{i}(\prod_{k=j+1}^{i} A_{(1)\kappa})A_{2j}\cdot\delta\Phi^{(\nu)} + \sum_{j=1}^{i-1}(\prod_{k=j+2}^{i} A_{(1)\kappa})A_{3(j+1)}\cdot B_{jH}\delta\Phi^{(\nu)} = (\sum_{j=1}^{i}(\prod_{k=j+1}^{i} A_{(1)\kappa})A_{2j} + \sum_{j=1}^{i-1}(\prod_{k=j+2}^{i} A_{(1)\kappa})A_{3(j+1)}\cdot B_{jH})\delta\Phi^{(\nu)},$$

выразить по индукции текущее значение искомого вектора ошибки оценки $\delta\hat{\xi}_{i+1}$:

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = (\sum_{j=1}^{i+1}(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{2j} + \sum_{j=1}^{i}(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{3(j+1)}\cdot B_{jH})\delta\Phi^{(\nu)} = A_{(i+1)H}\,\delta\Phi^{(\nu)}, \qquad (8)$$

где $A_{(i+1)H} = \sum_{j=1}^{i+1}(\prod_{k=j+1}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{2j} + \sum_{j=1}^{i}(\prod_{k=j+2}^{i+1} A_{(1)\kappa})A_{3(j+1)}\cdot B_{jH}$.

Полученная связь ошибки (возмущения) оценки с породившими ее флюктуациями матрицы состояний

$$\delta\hat{\xi}_{i+1} = A_{(i+1)H}\,\delta\Phi^{(\nu)} \qquad (9)$$

является линейной, что позволяет после получения точного измерения вектора состояния ξ_{i+1} с учетом равенства $\delta\hat{\xi}_{i+1} = \xi_{i+1} - \hat{\xi}_{i+1}$ легко найти вектор ошибок определения (вариаций) компонентов матрицы измерений $\delta\Phi^{(\nu)}$ с использованием стандартной процедуры обращения матриц. Но здесь следует иметь в виду, что для возможности корректного применения данной процедуры размерности векторов $\delta\hat{\xi}_{i+1}, \delta\Phi^{(\nu)}$ должны совпадать, что при наличии единичного точного измерения вектора состояния возможно только в случае диагональной матрицы состояний (т.е. при несвязанных уравнениях объекта) или скалярного уравнения объекта наблюдения.

В более общем случае, когда матрица состояний имеет размерность $N\times N$, число точных измерений должно быть увеличено до N – в общем случае в случайные моменты времени: $i+1+s_1$, $i+1+s_2$, $i+1+s_3$, …., $i+1+s_N$, где s_i – случайные интервалы времени. Тогда система уравнений (9) трансформируется к виду:

$$\begin{vmatrix} \delta\hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_N} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_N)H} \end{vmatrix} \delta\Phi^{(\nu)},$$

который уже для матрицы состояний общего вида позволяет корректно применить процедуру обращения матриц:

$$\delta\Phi^{(\nu)} = \begin{vmatrix} A_{(i+1+s_1)H} \\ A_{(i+1+s_2)H} \\ A_{(i+1+s_3)H} \\ \vdots \\ A_{(i+1+s_N)H} \end{vmatrix}^{-1} \begin{vmatrix} \delta\hat{\xi}_{i+1+s_1} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_2} \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_3} \\ \vdots \\ \delta\hat{\xi}_{i+1+s_N} \end{vmatrix},$$

окончательно решив поставленную задачу в общем случае.

Полученное таким образом значение вектора $\delta\Phi^{(\nu)}$ позволяет скорректировать матрицу состояний, что, в свою очередь, повышает точность и устойчивость процесса оценивания калмановским фильтром (3) в целом.

Заключение. Простота и точность предложенного алгоритма обеспечивают возможность его эффективного применения для самого широкого класса информационно-измерительных систем.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ №18-07-00126.

Литература:

1. *Синицын И.Н.* Фильтры Калмана и Пугачева. – М.: Логос, 2006. – 640 с.

2. *Hartley, R., Ghaffari, M., Eustice, R.M., Grizzle, J.W.* Contact-aided invariant extended Kalman filtering for robot state estimation // International Journal of Robotics Research. – 2020, doi: 10.1177/0278364919894385.

3. *Zhong, Y., Zhang, W., Zhang, Y., Zuo, J., Zhan, H.* Sensor fault detection and diagnosis for an unmanned quadrotor helicopter // Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications. – 2019, 96(3-4), p. 555-572, doi: 10.1007/s10846-019-01002-4.

4. *Oveisi, A., Nestorović, T.* Mixed Kalman-fuzzy sliding mode state observer in disturbance rejection control of a vibrating smart structure // International Journal of Acoustics and Vibrations. – 2019, 24(4), p. 677-686, doi: 10.20855/ijav.2019.24.41365.

5. *Li, J., Wang, Z., Zhang, W., Raïssi, T., Shen, Y.* Interval observer design for continuous-time linear parameter-varying systems // Systems and Control Letters. – 2019, 134,104541, doi: 10.1016/j.sysconle.2019.104541.

6. *Tan, J., Xu, F., Wang, X., Yang, J., Liang, B.* Invariant set-based robust fault detection and optimal fault estimation for discrete-time LPV systems with bounded uncertainties // International Journal of Systems Science. – 2019, 50(16), p. 2962-2978, doi: 10.1080/00207721.2019.1691283.

7. *Wan, Y., Keviczky, T.* Real-time nonlinear moving horizon observer with pre-estimation for aircraft sensor fault detection and estimation // International Journal of Robust and Nonlinear Control. – 2019, 29(16), p. 5394-5411, doi: 10.1002/rnc.4011.

8. *Minowa, A., Toda, M.* A high-gain observer-based approach to robust motion control of towed underwater vehicles // IEEE Journal of Oceanic Engineering. – 2019, 44(4),8436001, p. 997-1010, doi: 10.1109/JOE.2018.2859458.

9. *Novi, T., Capitani, R., Annicchiarico, C.* An integrated artificial neural network–unscented Kalman filter vehicle sideslip angle estimation based on inertial measurement unit measurements // Journal of Automobile Engineering. – 2019, 233(7), p. 1864-1878, doi: 10.1177/0954407018790646.

10. *Sokolov S.V., Polyakova M.V., Kucherenko P.A.* Analytic synthesis of a Kalman adaptive filter on the basis of irregular precise measurements // Measurement Techniquesю – 2018, vol. 61, issue 3, p. 232-237.

11. *Цыплаков А.А.* Введение в моделирование в пространстве состояний // Квантиль. – 2011, № 9, с. 1-24.

12. *Чернов А.А., Ястребов В.Д.* Возмущения процесса калмановской фильтрации // Космические исследования. – 1984, Т. 22, № 4.

13. *Соколов С.В., Ковалев С.М., Кучеренко П.А., Смирнов Ю.А.* Методы идентификации нечетких и стохастических систем. М.: Физматлит, 2018. – 432 с.

Д.В. Гадасин, А.А. Юдина

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ СЕТЯХ

Федеральное агентство связи ордена Трудового Красного Знамени
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»,
Москва, Россия

Ключевые слова: сложные сети, внедрение сети, технология, узел, связь, сеть, искусственный интеллект, алгоритм, характеристики, кластеризация, загруженность, обучение, алгоритм, анализ, решение, задача.

Представлено определение сложных сетей. Рассмотрены основные характеристики сложных сетей, такие как кластеризация и загруженность. Рассмотрена популярная социальная сеть в качестве сложной сети. Произведён расчёт узлов и связей, рассмотренной социальной сети. Выделены основные типы при разработке и обучении ИИ.

D.V. Gadasin, A.A. Yudina

CLUSTERING IN LARGE – SCALE NETWORKS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow,
Russia

Keywords: complex networks, network implementation, technology, node, communication, network, artificial intelligence, algorithm, characteristics, clustering, workload, training, algorithm, analysis, solution, problem.

The definition of complex networks is presented. The main characteristics of complex networks, such as clustering and congestion, are considered. A popular social network is considered as a complex network. The calculation of nodes and connections considered social network. The main types in the development and training of AI are highlighted.

Введение.

Часто на практике взаимодействие между различными объектами и/ или субъектами выражается в виде установленных связей или ассоциаций, которые показывают, каким образом отношения элементов системы соотносятся или взаимодействуют. Любое из этих взаимодействий можно представить в виде <Вопрос – Ответ>, что определяется, как бинарные связи, в которых каждый объект

представляет собой определённую точку, которая связывается с другим объектом с помощью линии или дуги. Таким образом, взаимодействия между людьми, организациями, кланами, группами, биологическими клетками, носят характер взаимоотношения, который можно представить в виде сети. Системные свойства таких сетей, которые рассматриваются, не зависимо от их физической природы, но явно определяющие работоспособность сетей, и создают совокупность действительного мира и главную идею данной работы – сложные сети. Сложные сети (комплексные сети) — это существующие в природе сети (графы), обладающие непростыми топологическими свойствами. Исследователи, которые принимают участие, а также производят открытия в этой области пришли из различных наук, таких как математика, компьютерные науки, физика, социология, инженерия. Поэтому результаты исследований несут в себе как теоретические знания, так и практические применения в этих науках.

Основная часть.

Изо дня в день человек «делает прочными отношения» со своими цифровыми устройствами. Иногда мы забываем, что реальный, окружающий мир, ждёт нас в надежде, когда мы совершим новые открытия, готовя для нас прекрасные моменты и открывая для нас всю красоту своего мира. Мы забываем об этом, потому что живём в виртуальном мире. В мире интернета, приложений, социальных сетей. Порой мы даже забываем о близких, которые находятся рядом с нами. Каждый раз виртуальность поглощает нас всё сильнее и сильнее, затягивая всё глубже в свои сети, поглощая нас и делая нас обособленными узлами этой сети. Наши гаджеты подавляют в нас чувства человечности, расширяя свои возможности и связывая нас в одну цифровую, масштабную и сложную социальную сеть.

Социальная сеть представляет собой ресурс, платформу, в которой обеспечивается взаимоотношение между людьми. Свой профиль используют для общения и создания офлайн – связи или связи по общим интересам. В профиль социальных сетей выкладывают свои фото, информацию о себе и таким образом личная информация становится публичной, а интенсивное развитие информационных технологий существенно усилило интерес и внимание к проблеме неприкосновенности частной жизни и безопасности персональных данных (ПДн), в том числе при их автоматизированной обработке[1]. Таким образом, личные данные могут оказаться в использовании у других пользователей, в том числе в неблагоприятных целях.

Определённое количество связей имеет каждый из этих узлов сети, убъединяясь с другими такими же узлами. Если связь между узлами имеет направление, то сеть ориентированная, а если связь симметрична для всех связанных ею узлов, то полученная такими связями сеть называется неориентированной. Например, взять взаимоотношения между людьми. Если считать что связь существует, если две персоны являются близкими друзьями, то сеть будет неориентированной. Если считать что связь существует, если одна персона считает себя другом другой, то образованная сеть будет ориентированной. Количество связей узла определяют его степенью. В ориентированных сетях существует исходящая и входящая степень узла. Распределение степеней узлов является важной характеристикой сложной сети. Основная часть всех сложных сетей носит близкое к степенному закону распределение степеней узлов с показателем степени между 2 и 3. Расстоянием между узлами называется минимальное число связей, необходимое преодолеть, для того чтобы попасть из узла в узел. Для всех пар сети существует усредненное расстояние между ними при переходе из одного узла в другой, такое

расстояние называется средним расстоянием между узлами d. Для большинства комплексных сетей d ~ log(N) , где N — количество узлов в сети [2].

Определение расстояния между узлами тесно связано с таким понятием, как кластеризация, которая является одной из локальных характеристик сети. Она представляет характеристику уровня взаимодействия ближайших соседей узла между собой. Задача кластеризации заключается во фрагментации объектов из Y на несколько подмножеств (кластеров), в которых объекты имеют большую схожесть между собой, чем объекты из других кластеров. Существует несколько основных известных методов кластеризации. В большинстве случаев для правильного выбора метода нужно определить вид связи между объектами сети.

Метод ближнего соседа или одиночная связь. В данном методе расстояние между двумя кластерами (рисунок 1) определяется наименьшим расстоянием между двумя близкими объектами в различных кластерах (формула 1).

$$R^{б}(W,S) = \min_{w \in W, s \in S} \rho(w,s)$$
$$\alpha_U = \alpha_V = \frac{1}{2}, \beta = 0, \gamma = -\frac{1}{2} \quad (1)$$

где W, S – это кластеры.

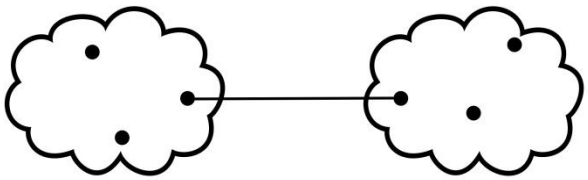


Рисунок 1.

Если различные части таких кластеров соединены цепочками близких друг к другу элементов, то этот метод позволяет выделять кластеры сколь угодно сложной формы. Результатом работы этого метода являются кластеры, представленные длинными "цепочками", "сцепленными вместе" только отдельными элементами, которые случайно оказались ближе остальных друг к другу.

Метод наиболее удаленных соседей или полная связь. В данном методе расстояние между кластерами (рисунок 2) определяется наибольшим расстоянием между любыми двумя объектами в различных кластерах (формула 2).

$$R^{Д}(W,S) = \max_{w \in W, s \in S} \rho(w,s)$$
$$\alpha_U = \alpha_V = \frac{1}{2}, \beta = 0, \gamma = \frac{1}{2} \quad (2)$$

где W, S – это кластеры.

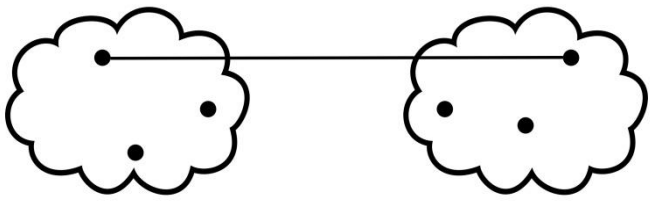


Рисунок 2.

Метод хорошо использовать, когда объекты действительно происходят из различных структур.

Метод Варда (Ward's method). Одним из основных методов кластеризации является метод Варда, который построен таким образом, чтобы оптимизировать минимальную дисперсию внутри кластеров. Эта целевая функция известна, как внутригрупповая сумма квадратов или сумма квадратов отклонений (СКО) (формула 3).

$$СКО = x_j^2 - \frac{1}{n \cdot (-x_j)^2} \tag{3}$$

где x_j - значение признака j – го объекта. На первом шаге СКО равна 0. Этот метод направлен на объединение близко расположенных кластеров и "стремится" создавать кластеры малого размера.

Метод невзвешенного попарного среднего (UPGMA). В качестве расстояния между двумя кластерами (рисунок 3) берется среднее расстояние между всеми парами объектов в них.

Расстояние между этими кластерами определяется по формуле (формула 4):

$$D\big((u,\upsilon),\omega\big) = \frac{T_u D_{u,\omega} + T_\upsilon D_{\upsilon,\omega}}{T_u + T_\upsilon} \tag{4}$$

где u,ω - это кластеры, содержащие T_u, T_ω объектов.

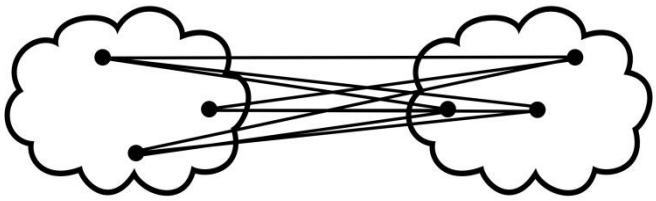


Рисунок 3.

Этот метод следует использовать, если объекты действительно происходят из различных структур. В случаях присутствия кластеров "цепочного" типа, при предположении неравных размеров кластеров.

Метод взвешенного попарного среднего (WPGMA). В данном методе в качестве весового коэффициента используется размер кластера (число объектов, содержащихся в кластере). Расстояние между кластерами определяется согласно формуле (формула 5):

$$D\big((u,\upsilon),\omega\big) = \frac{D_{u,\omega} + D_{\upsilon,\omega}}{2} \tag{5}$$

Этот метод рекомендуется использовать именно при наличии предположения о кластерах разных размеров.

Невзвешенный центроидный (UPGMC). В качестве расстояния между двумя кластерами (рисунок 4) в этом методе берется расстояние между их центрами тяжести. Расстояние между центрами определяется формулой (формула 6):

$$R^{Ц}(W,S) = \rho^2(\sum_{w \in W} \frac{w}{|W|}, \sum_{s \in S} \frac{s}{|S|})$$
$$\alpha_U = \frac{|U|}{|W|}, \alpha_V = \frac{|V|}{|W|}, \beta = -\alpha_U \alpha_V, \gamma = 0 \quad (6)$$

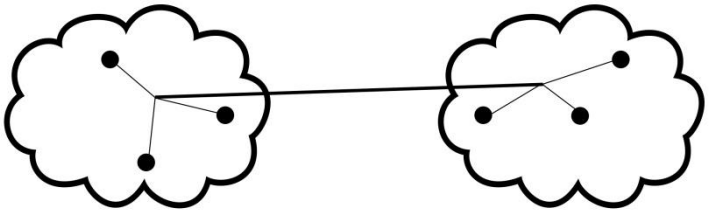


Рисунок 4.

Взвешенный центроидный метод (WPGMC). Этот метод похож на метод невзвешенный центроидный, разница состоит лишь в том, что для учета разницы между размерами кластеров (числе объектов в них), используются веса. Этот метод предпочтительно использовать в случаях, если имеются предположения относительно существенных отличий в размерах кластеров.

Коэффициент кластеризации узла – это вероятность того, что два ближайших соседа этого узла сами есть ближайшие соседи. Например, как мы дружим со своим другом, так мы и дружим с его друзьями. Понятие друзья друзей можно встретить и в социальных сетях. Связи через друзей друзей или друзей в степени неоднозначного числа могут представиться изначальным узлом. Т.е. пройдя через огромное количество связей, мы можем вернуться в исходную точку, в исходный узел, так как все узлы в сети взаимосвязаны. Каждый узел должен подвергаться обработке и анализу, что является очень трудоёмкой работой.

На примере одной из популярных сетей, такой как «Вконтакте», которая уже несколько лет входит в топ – 10 популярнейших сайтов России, рассмотрим с какой задачей приходится сталкиваться сети. Месячная аудитория популярного сайта составляет 71 млн. человек, именно такое количество узлов задействовано при работе социальной сети. Связей между этими узлами намного больше. Предположим, что текстовая информация об одном участнике, соответствует объему, который помещается на стандартный лист А4. В среднем на листе помещается 25 строк, в каждой строке 75 символов по 8 бит каждый, т.е. объем одной страницы приблизительно равен 1,5 Кб, а объем информации активных пользователей составляет порядка 105 Гб. Исходя из того, что данная информация представлена в виде машинописного текста и в ней содержатся определенные позиции (ФИО, адрес, места учебы и т.п.), то она является структурированной и наиболее простой для анализа. Поимо текстовой информации присутствует также и информация в виде рисунков, фото, видео и аудио, которая более сложна для структуризации и в рамках данной работы не рассматривается. Можно предположить, что если мы социальную сеть рассматриваем, как информационную сеть, состоящую из узлов и каналов связи, то она содержит в себе 71 млн. узлов. Каналы связи определяют взаимодействие пользователей, т.е. их знакомство, и с большей долей вероятности можно предположить, что все пользователи сети знакомы друг с другом через своих друзей. Таким образом, нам необходимо определить такие связи, т.е. найти маршрут от одного узла до другого, а потом

провести анализ. Известно, что число маршрутов будет равно n!, где n – узлов, т.е. в нашем случае число маршрутов равно 71000000!. Исходя из приближенной формулы Стирлинга (7):

$$n! \approx \sqrt{2\pi n}(\frac{n}{e})^n \quad (7)$$

Произведя подсчёты, значение количества маршрутов равно $10^{284000000}$. Следовательно, общий объем анализа информации составляет 1,5 Кб * $10^{284000000}$, что много больше исходных 105 Гб.

Данный объем необходимо анализировать каждый раз, как только происходит изменение. Задача представляется сложной для понимания и её решение под силу только ИИ. Чем большее количество раз ИИ применяется при решении однотипной задачи, тем быстрее он обучается, а чем сложнее эта задача, тем выше интеллект. При обучении используется большой объём данных, что позволяет ИИ самостоятельно выбирать метод и подход к обучению, а для сложных сетевых технологий является основой для развития.

Самой популярной задачей для интеллектуального анализа данных сегментации необходимо, чтобы данная группа была фрагментирована на внутренние однородные кластеры, чтобы лучше идентифицировать различные группы людей, обладающих общим набором признаков.

Классические подходы моделируют эту задачу на реляционных данных, каждый индивид (точка данных) описывается структурированным списком атрибутов. Действительно, в нескольких сценариях этот выбор моделирования представляет собой отличный прокси-сервер для решения контекстно-зависимых вопросов. Однако такие методологии сами по себе не в состоянии ответить на естественный, но нетривиальный вопрос: Что значит сегментировать население, для которого социальная структура известна заранее? Первый способ решения такой проблемы может быть определен в сложном сетевом аналоге проблемы кластеризации интеллектуального анализа данных-Community Discovery. Кластеризация узлов, также известная как обнаружение сообществ, является одним из наиболее продуктивных подполей комплексной площадки сетевого анализа. До сих пор было предложено много алгоритмов для эффективного и эффективного разбиения графов на связанные кластеры, часто максимизируя специально адаптированные функции качества. Одной из причин, по которой эта задача считается одной из самых сложных и интригующих, является ее несостоятельность: не существует единого, общепринятого определения того, как должно выглядеть сообщество.

При существующих на сегодняшний день большого количества данных, которые образуются сетями нового поколения, и эволюцией вычислений, включающей координацию между периферийными и основными платформами, потребность в эволюции центров обработки данных будет иметь первостепенное значение. Возможности следующего поколения подвижной связи в области зондирования, визуализации и определения местоположения будут генерировать огромные объемы данных, которые должны управляться от имени владельцев сети, поставщиков услуг и владельцев данных [3].

При разработке и исследовании ИИ выделяют несколько различных систем и методов: поиск в пространстве состояний; обработка естественного языка; представление знаний; экспертные системы и системы поддержки принятия решений; машинное обучение и искусственные нейронные сети; генетические алгоритмы; многоагентные системы [4].

Поиск в пространстве состояний – это, когда один из вариантов поиска всегда находится в центре внимания других технологий искусственного интеллекта. Этот метод является методом, в котором существует потребность и необходимость познания, какие из методов существуют, чтобы совершить поиск и понять, почему все основано на поиске в пространстве состояний системы искусственного интеллекта, а также каким образом и как системы искусственного интеллекта могут использовать различные виды эвристики.

Обработка естественного языка — с помощью этого метода ИИ-системы имеют возможность общаться с пользователями на понятном им языке, не только вводя команды, но и при помощи голоса.

В системах искусственного интеллекта, основанных на знаниях, используются различные формализации, представляющие знания. До сих пор существует несколько таких методов, которые абсолютно универсальны и в какой-то мере отражают способность людей описывать свои знания. Кроме того, с момента создания первых систем, основанных на знаниях, было разработано множество математических методов для решения так называемых факторов незнания-полноты, ненадежности, неопределенности, нечеткости, затухания и многих других, что делает системы искусственного интеллекта способными работать и принимать решения в условиях неопределенности, как это делает человек.

Таким образом, наиболее важным классом систем, основанных на знаниях, являются экспертные системы, которые, в свою очередь, часто составляют ядро различных систем поддержки принятия решений. Экспертные системы включают расширенную базу знаний любой проблемной области, которая собирает и интегрирует экспертные знания (динамические системы постоянно обновляются) и позволяет принимать решения на их основе. Такие решения основаны на логической последовательности в универсальных машинах вывода, основанным на имеющихся знаниях и фактах. Используйте систему поддержки принятия решений, когда вы решаете сложные задачи сегодня и принимаете решения в тех случаях, когда вы хотите действовать быстро, и человек не может управлять большим количеством данных.

Искусственному интеллекту ещё далеко для самостоятельной генерации алгоритмов, ему всё ещё помогает человек. Для улучшения качества работы алгоритм нужно постоянно расширять, закрепляя уже существующие методы. Например, для социальных сетей используется метод экспертных систем, который позволяет обрабатывать большое количество информации, и в результате выдаёт какое-либо заключение. Для функциональной работы требуется быстрый отклик системы анализа и обработки, который поможет своевременно сформировать кластеры данных для упрощения решения задач в целях реализации поставленных задач социальных сетей.

Одна из главных задач это формирование социальных, целевых групп. Формирование данных групп, кластеров происходит поэтапно и занимает миллисекунды времени. Так же в социальных сетях пользуется популярностью ИИ, снабжённый следующими функциями: видеомонтаж и фоторедактор, телефонист, дизайнер и защитник от спама, консультант, психолог в маркетинге, ассистент – диагност.

Алгоритмы могут быть разрушительными, когда они дают неточные или предвзятые результаты, присущее беспокойство усиливается черным ящиком, стоящим перед любым лидером, который хочет быть уверенным в их использовании. Вот почему существует нерешительность в передаче решений

машинам, не будучи уверенным в том, как принимаются решения и являются ли они справедливыми и точными. Это разрыв в доверии ИИ.

Эффективная структура поможет организациям обрести уверенность в своей технологии искусственного интеллекта. Такой подход должен глубоко проникнуть в ИИ на предприятии и в индивидуальной модели, чтобы помочь гарантировать, что ключевые императивы доверия интегрированы и контролируются на всем протяжении. Он должен постоянно оценивать и поддерживать контроль над сложными, эволюционирующими алгоритмами, устанавливая методы, средства управления и инструменты, которые обеспечивают якоря доверия на протяжении всего жизненного цикла, от стратегии до эволюции. Он также должен обеспечивать четкое руководство для организаций, заинтересованных сторон в рамках различных функций управления и надзора [5].

Вывод.

Выполнение задач, с которыми обычно справляется человек – главное свойство ИИ. Эти задачи приводят к тому, что наша жизнь значительно упрощается. Каждое появление новых устройств, сводится к тому, что их габариты становятся минимальны, а производительность увеличивается в разы. Многие такие устройства оснащены специальными датчиками, которые позволяют «общаться» с сетью, с человеком и с другими устройствами, передавая информацию по каналам связи по различным маршрутам. В таком случае, требуется производить большой анализ данных, на что способен ИИ. Ведь задача статистики, сбора информации, а также хранении информации о выборке объектов, о её упорядочивании задача не из лёгких даже для ИИ, но всё же возможна для решения. Чтобы помочь, ИИ применяется кластеризация, выбор метода которой зависит от поставленных целей и задач. ИИ интеллект в свою очередь может обеспечить надёжность, быстродействие и умение самостоятельно принимать решения по ряду задач. Однако с повышением уровня интеграции новых технологических архитектур также растут и риски нарушения безопасности и приватности.

Литература:

1. Докучаев, В.А. АНАЛИЗ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ:учеб. пособие / В. В. Маклачкова, В. Ю. Статьев, // ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА Сборник трудов XII Международной отраслевой научно-технической конференции – Москва, 2018. – С. 106-109.

2. А. Т. Терехин, Е. В. Будилова, М. П. Карпенко, Л. М. Качалова, Е. В. Чмыхова. Функция Ляпунова как инструмент исследования когнитивных и регуляторных процессов организма. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЕ – 2009 Т. 1 № 4 – С. 449–456.

3. Н. В. Максимов, И. И. Попов / Компьютерные сети. – Москва: Изд-во ФОРУМ, 2010. – 47 с.

4. Душкин, Р. В./Искусственный интеллект / Р. В. Душкин, Д. А.Мовчан. – Москва: Изд-во ДМК – Пресс, 2019. – 160 с.

5. ГРЕЧНИКОВ, Ф. В. Основы научных исследований: учеб. пособие / Ф.В. Гречников, В.Р. Каргин. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 111 с

А.А. Аванесов, М.В. Копелиович, К.Б. Калинин, И.В. Щербань

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЧАСТОТЫ СЕРДЕЧНЫХ СОКРАЩЕНИЙ ПО ВИДЕОЗАПИСИ

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: дистанционная фотоплетизмография, вейвлет анализ, фурье анализ, межпиковый анализ

Рассмотрена задача оценки частоты сердечных сокращений человека по видеозаписи, сделанной с помощью цифровой камеры в видимом спектре методом дистанционной фотоплетизмографии. Приведены наиболее распространенные алгоритмы, используемые при решении задачи: алгоритмы выделения квазипериодического одномерного сигнала из многомерного (CHROM [6], ICA [7], POS [8]) и алгоритмы оценки частоты одномерного сигнала (анализ спектральной плотности мощности, вейвлет-анализ [15]-[16] и анализ межпиковых интервалов [14]). Всевозможные комбинации алгоритмов протестированы на публично доступной базе данных. Вопреки декларируемым авторами низких ошибок алгоритмов на собственных, закрытых базах данных, тестируемые комбинации алгоритмов показали высокие средние абсолютные ошибки (выше 3 ударов в минуту) при схожих условиях формирования базы.

A.A. Avanesov, M.V. Kopeliovich, K.B. Kalinin, I.V. Shcherban

APPROACHES TO EVALUATING THE FREQUENCY OF HEART REDUCTIONS BY VIDEO RECORDING ANALYSIS

Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: remote photoplethysmography, wavelet analysis, fourier analysis, interbeat analysis

The task of estimating a person’s heart rate from a video made using a digital camera in the visible spectrum by remote photoplethysmography is considered. The most common algorithms used to solve the problem are given: algorithms for extracting a quasiperiodic one-dimensional signal from a multidimensional (CHROM [6], ICA [7], POS [8]) and algorithms for estimating the frequency of a one-dimensional signal (power spectral density analysis, wavelet analysis [15]-[16] and interbeat analysis [14]). All kinds of combinations of algorithms are tested on a publicly available dataset. Contrary to the authors' declared low errors of algorithms on their own, closed databases, the tested combinations of algorithms showed high mean absolute errors (above 3 beats per minute) under similar conditions for the formation of the dataset.

Введение.

Дистанционная фотоплетизмография (ДФПГ) – развивающаяся область знаний, направленная на выявление физиологических характеристик путем анализа динамики кровенаполнения в тканях на основе видеоряда [1]. Периодические изменения кровяного объема приводят к цикличным изменениям цвета кожных покровов, которые, в свою очередь, формируют фотоплетизмографический сигнал (ФПГ-сигнал). По ФПГ-сигналу можно выявить характеристики пульса, такие как RR-интервал, вариабельность пульса, наличие аритмии. Наиболее информативной

характеристикой является частота сердечных сокращений (ЧСС), усредненная во временном интервале анализа. Методы ДФПГ направлены, как правило, на оценку ЧСС по видеоизображению лица. Методы состоят из следующих этапов: детектирование лица в каждом кадре, выделение области анализа, генерация цветового сигнала путём независимого усреднения красной (R, red), зеленой (G, green) и синей (B, blue) цветовых компонент внутри области анализа, выделения ФПГ-сигнала из цветового сигнала; оценки ЧСС по ФПГ-сигналу. Такая постановка задачи ДФПГ открывает широкий спектр практического применения: в системах контроля состояния человека-оператора, долговременного мониторинга состояния человека в домашних условиях и в больнице, оценки эмоционального состояния [2], [3].

Несмотря на современные тренды использования методов глубокого обучения в задачах компьютерного зрения, в задаче ДФПГ остаются актуальными методы на основе последовательного применения алгоритмов извлечения и обработки сигналов. Это обусловлено, в первую очередь, отсутствием баз данных с достаточным количеством видеозаписей, покрывающих все возможные реалистичные условия работы метода.

Также, существующие эмпирические алгоритмы ДФПГ с известной точностью могут быть использованы для формирования приближенных референтных данных. Так как методы ДФПГ основаны на регистрации ФПГ-сигнала, то в идеальном случае референтные данные должны содержать ФПГ-сигнал. Для регистрации ФПГ-сигнала используются пульсометры, реализующие методы контактной ФПГ. Поэтому ФПГ-сигнал не может быть записан синхронно с видеорядом, так как в момент записи контактный сенсор перекрывает кожные покровы. Кроме того, контактные пульсометры, как правило, предназначены для закрепления на пальце или мочке уха, но не на лице, где ФПГ-сигнал может отличаться от других частей тела [4]. Вместо этого для обучения и валидации алгоритма оценки ФПГ-сигнала референтные данные могут быть сгенерированы с помощью существующих алгоритмов обработки сигналов, применённых к тем же областям, что и обучаемый алгоритм.

Актуальность методов без глубокого обучения подтверждается результатами прошедшего в 2020 г. соревнования по оценке ЧСС на 10-секундных видеозаписях [5], где из 25 отправленных решений I место занял метод на основе глубокого обучения со средней абсолютной ошибкой (MAE, mean absolute error) 7 ударов в минуту, а II место – метод без применения глубокого обучения с MAE, равным 8 ударам в минуту, основанный на классическом алгоритме преобразования сигнала CHROM (chrominance-based, основанный на цветности) [6]. Кроме того, результаты проведенного соревнования продемонстрировали несовершенство методов ДФПГ, так как для практического применения значение MAE не должно превышать 5 ударов в минуту. Столь высокие ошибки у лидирующих методов вызывают вопрос, почему методы CHROM (без модификаций), ICA (Independent component analysis, метод анализа независимых компонент) [7], POS (Plane-Orthogonal-to-Skin, плоскость в цветовом пространстве, ортогональная цвету кожных покровов) [8] для выделения ФПГ-сигнала, методы периодограммы и Уэлча [9] для оценки ЧСС по ФПГ-сигналу, предложенные ведущими коллективами исследователей, не представлены среди победителей. При этом авторами реализаций перечисленных методов декларировались низкие значения ошибок и высокий уровень отношений «сигнал/шум», получаемые на собственных, закрытых базах данных в схожих условиях с условиями на видеозаписях конкурса.

Ставится задача воспроизведения результатов, полученных исследователями, предложившими наиболее часто используемые методы ДФПГ, на открытых базах данных. Авторы методов для тестирования использовали различные временные окна обработки, разные видеорегистраторы с разной частотой кадров. С целью создания одинаковых условий работы для тестируемых реализаций методов частота кадров и размер временного окна обработки были зафиксированы в одинаковых константных значениях.

Обзор литературы.

Работа Ming-Zher Poh, «Advancements in Noncontact, Multiparameter Physiological Measurements Using a Webcam» (Достижения методов бесконтактного, многопараметрического, физиологического измерения с использованием веб-камеры) была опубликована в 2011 году. В ней предложено применение метода ICA [7] в задаче дистанционной фотоплетизмографии. Автор отмечает, что метод ICA превосходит существующие на тот момент методы оценки ЧСС (частоты сердечных сокращений) с использованием видеокамеры, поскольку они ограничены требованием наличия инфракрасной подсветки кожных покровов. Представленный же метод не так требователен к освещению и способен работать с видеозаписями, снятыми на веб-камеру при естественном освещении. Такое преимущество достигается за счет того, что метод использует все цветовые сигналы (одномерные сигналы, отражающие динамику изменения цвета кожных покровов в процессе сердечного цикла). В статье было использовано сглаживание методом скользящего среднего с использованием 5 опорных точек и произведена полосовая фильтрация входных данных в полосе частот 0,7–4 Гц. Для выявления пиков в полученном в результате работы метода ФПГ-сигнале (фотоплетизмографическом сигнале) автор использует собственный метод межпикового анализа. Для тестирования метода авторами был сформирован собственный датасет с участием 12 добровольцев. Параллельно видеорегистрации производилась запись эталонного ФПГ-сигнала с использованием датчика Flexcomp sensor. Используемый датасет не является публичным. Проверка результатов метода осуществлялась путем расчета коэффициента корреляции Пирсона между оценкой ФПГ-сигнала и его эталоном. Данный подход показал высокий уровень корреляции — 1,0. Значение RMSE (root-mean-square error, среднеквадратическая ошибка), вычисленное между фактическим и рассчитанным с помощью метода ICA количеством сердечных сокращений в минуту — 1,24 удара в минуту. Высокая точность обеспечена, в том числе, отсутствием движений испытуемых.

Вторая, не менее важная работа в области ДФПГ, — работа Gerard de Haan «Robust pulse-rate from chrominance-based rPPG» (Надежное извлечение пульса с помощью ДФПГ, основанной на цветности), опубликованная в 2013 году [6]. В ней рассмотрена физическая природа возможности работы методов ДФПГ, а именно особенности явлений отражения и поглощения света кожными покровами. На основе построенной модели отражения света от кожных покровов авторы разработали метод CHROM для оценки ФПГ-сигнала. Метод разрабатывался с целью повышения робастности рассчитываемого ФПГ-сигнала к движению человека относительно камеры, что считается основным фактором, влияющим на точность методов ДФПГ [10]. Решение этой задачи возможно благодаря тому, что движение человека относительно камеры по-разному влияет на разные цветовые каналы. Автор представил проблему как задачу поиска соответствующих коэффициентов, компенсирующих влияние сигналов, сильно зависимых от движения. Так автор предложил решение, которое заключалось в расчете промежуточных цветовых

сигналов, состоящих из комбинаций исходных сигналов, умноженных на коэффициенты, подобранные опытным путем. В работе используется закрытый датасет, представляющий из себя 117 видеозаписей длительностью по 60 секунд, записанных с использованием камеры IDS UI-2230SE. Была использована нормализация цветовых. Частотная фильтрация производится аналогично методу ICA. В методе CHROM для компенсации возможных аномалий в ФПГ-сигнале применяется сглаживание окном Хеннинга с шириной окна равной 32, что соответствует 1,6 секунды. Также автор произвел сравнение методов CHROM и ICA (метода представляющего фундаментально иной подход к решению задачи выявления ФПГ-сигнала). В результате сравнения на используемом датасете автор получил значения среднеквадратичной ошибки RMSE равные 0,5 и 1,1 ударов в минуту для CHROM и ICA соответственно. Полученные автором результаты говорят о возможной подстройке параметров методов к тестовому датасету, так как многочисленные последующие работы и открытые соревнования по ДФПГ показывают недостижимость ошибок менее 5 ударов в минуту современными методами [5], [11].

В 2017 году Wenjin Wang в статье «Algorithmic principles of remote-PPG» (Алгоритмические принципы удаленной фотоплетизмографии) описал метод POS [8], который является схожим с методом CHROM, но требует меньше вычислительных мощностей. В данной работе представлено подробное описание алгоритма POS, а также приведено сравнение с алгоритмами 2SR (Spatial subspace rotation, пространственное вращение подпространства) [11], CHROM, PBV (pulse blood volume, пульсовое изменение объема крови) [12] и алгоритмами, использующими технологию слепого разделения источников, такими как ICA и PCA (Principal Component Analysis, метод главных компонент) [13]. POS позволяет исключить недостаток предыдущего метода, заключающийся в том, что CHROM не адаптивен к зеркальной составляющей отраженного от кожи света. В данной работе для повышения робастности ФПГ-сигнала предлагают отразить пространственное распределение исходных данных на плоскость, ортогональную цвету кожных покровов. Автор представил результаты тестирования метода на данных, содержащих 60 видеозаписей с представителями разных полов и национальностей. Результаты показали преимущество POS в сравнении с другими методами при оценке предложенной метрикой на основе SNR (Signal-to-Noise-Ratio, соотношение сигнал/шум). Значения SNR для методов CHROM и POS равны соответственно 6,47 и 7,69.

Следующая группа работ представляет алгоритмы вычисления значений ЧСС на основе полученных ФПГ-сигналов.

Одной из таких работ является статья «Simple Algorithms for Peak Detection in Time-Series» (Простые алгоритмы обнаружения пиков во временных рядах) [14], представленная Girish Palshikar в 2009 году. В ней описываются основные алгоритмы, позволяющие детектировать пики в сигнале, в случае ФПГ-сигнала такие пики являются отражением ударов сердца.

Другая работа, «Pulse rate estimation using imaging photoplethysmography: generic framework and comparison of methods on a publicly available dataset» (Оценка частоты пульса с помощью фотоплетизмографии: основные достижения и сравнительный анализ методов на общедоступных наборах данных) [15], была представлена в 2017 году. Авторы приводят пример применения вейвлет-анализа в области фотоплетизмографии, описаны основные значения параметров, используемых при расчетах, и предложены наиболее успешно применимые виды вейвлет-функций. Так автор предложил вейвлет-функции —Морле и «Мексиканская

шляпа». В расчетах автор использовал Matlab-функцию *cwtft*, с параметром *scales*, соответствующим $2^{0.03125}$. Автор отмечает, что при данном подходе охватываются частоты исходного сигнала в диапазоне 0,65 - 4 Гц.

Методы.

Разрабатываемый программный комплекс включает в себя две группы методов ДФПГ: методы, позволяющие по входной последовательности изображений, усредненной по яркостным каналам, сгенерировать цветовой сигнал, и методы, позволяющие по выявленному ранее цветовому сигналу рассчитать значение ЧСС.

1. Методы извлечения ФПГ-сигнала

В рамках первой группы методов были рассмотрены следующие: CHROM, POS, ICA. Данная группа методов получает на вход усредненные по цветовым каналам значения пикселей. На выходе данные методы возвращают новый одномерный сигнал, который отражает динамику изменения цвета кожных покровов в процессе сердечного цикла.

1.1 CHROM — метод определения цветового сигнала, основанный на детектировании цвета отраженного света. Отраженный от поверхности кожи свет рассматривается как совокупность трех компонент (рис. 1.): компоненты рассеяния света кожей (P_{Cdc}), компоненты зеркального отражения света от кожи (S_i) и компоненты пульсации крови (P_{C_i}). Также принимается во внимание аспект освещенности участка кожи, для этого вводится коэффициент интенсивности источника света (I_{Ci}). Таким образом, входной сигнал, содержащий информацию об отраженном от кожи свете, можно представить следующим образом:

$$C_i = I_{C_i} \times (P_{Cdc} + P_{C_i} + S_i),$$

где C_i — это трехмерный вектор, отражающий усредненные по отдельным компонентам (красному, синему и зеленому каналу) значения пикселей.

В данном методе большее внимание уделяется красной и зеленой компонентам, поскольку они позволяют наилучшим образом детектировать изменения цвета кожи, вызванные сердечным циклом. Однако синяя компонента не исключается из рассмотрения, поскольку без нее метод становится не робастным к движениям человека относительно камеры.

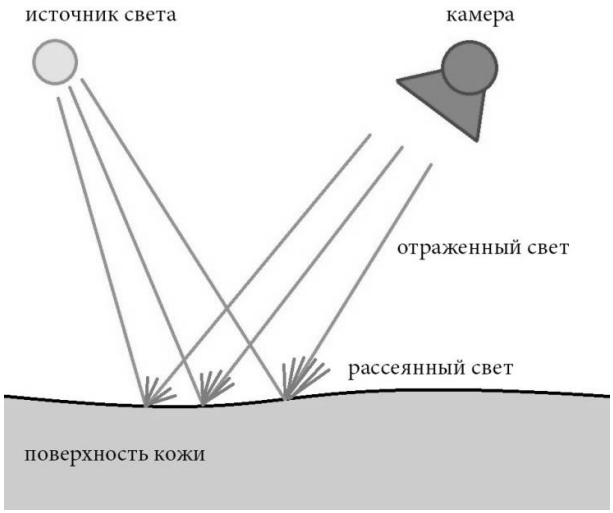


Рисунок 1. Состав отраженного кожей света

В алгоритме метода CHROM используются нормализованные значения RGB (красного, зеленого, синего каналов, что необходимо для получения сигнала, который не зависит от уровня освещенности. Нормализация производится путем деления каждого значения пикселей на среднее значение пикселей в рассматриваемом канале:

$$\mathrm{C}_{\mathrm{n}_i} = C_i/\mu\,(C_i),$$

где $\mu(C_i)$ — среднее значение C_i, $\mathrm{C}_{\mathrm{n_i}}$=$\{R_{n_i}$,$G_{\mathrm{n_i}}$,$B_{\mathrm{n_i}}\}$

Для повышения робастности итогового ФПГ-сигнала к движению человека относительно камеры в данном методе вводятся промежуточные CHROM-сигналы X и Y:

$$X_n = 3R_n - 2G_n,\ Y_n = 1.5R_n + G_n - 1.5B_n,$$

где R_n,G_n,B_n — нормализованные каналы RGB.

Для уменьшения количества неинформативного сигнала применяется полосовая фильтрация, позволяющая извлечь сигнал в полосе частот 0.5 - 4 Гц, что соответствует диапазону возможной ЧСС для человека (30–240 ударов/мин). В качестве значения частоты дискретизации было использовано значение частоты кадров исходных данных. Итоговый ФПГ-сигнал S вычисляется как разность отфильтрованных CHROM-сигналов X_f и Y_f, для учета возможной разницы в амплитуде сигналов добавляют коэффициент α:

$$S = X_f - \alpha Y_f,\ \alpha = \sigma\,(X_f)/\sigma\,(Y_f),$$

где σ — стандартное отклонение.

Так как вычисленный сигнал хорошо повторяет выбросы в исходных данных, к нему применяется сглаживание окном Хеннинга. Функция окна Хеннинга вычисляется по следующей формуле:

$$wh_{\mathrm{N_i}} = 0.5 - \cos(2\,\pi/interval),$$

где *interval* — ширина окна Хеннинга, значение которого обычно берется равное 32 (рис. 2.).

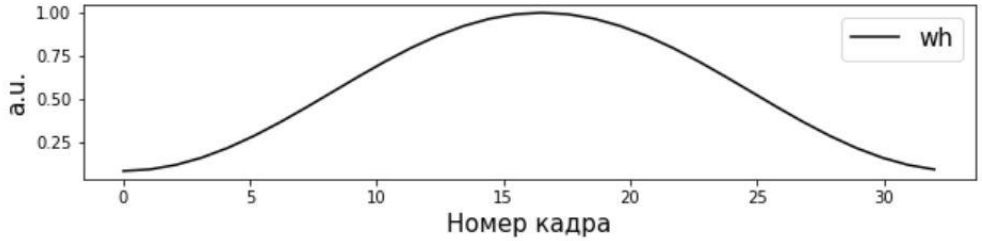


Рисунок 2. Функция Хеннинга с шириной окна равной 32

Вычисление итогового ФПГ-сигнала со сглаживанием окном Хеннинга при этом выглядит следующим образом:

$$S_i = \Sigma_N wh_{N_i} \cdot S_{\mathrm{N_i}},$$

где $S_{\mathrm{N_i}}$ — сигнал, вычисленный на интервале $[(N-1)\,interval/2 + 1; (N + 1)interval]$.

Количество интервалов при этом рассчитывается как $N = 2\,i/interval$ с округлением вниз до целого. Вычисленные интервалы попеременно пересекаются с наложением, равным половине ширине окна Хеннинга. Сглаживание достигается за счет суммирования сигнала, вычисленного на пересекающихся четных и нечетных интервалах. На рисунке 3 представлен график, иллюстрирующий процесс сглаживания (сигнал, вычисленный на четных и нечетных интервалах, а также финальный CHROM-сигнал).

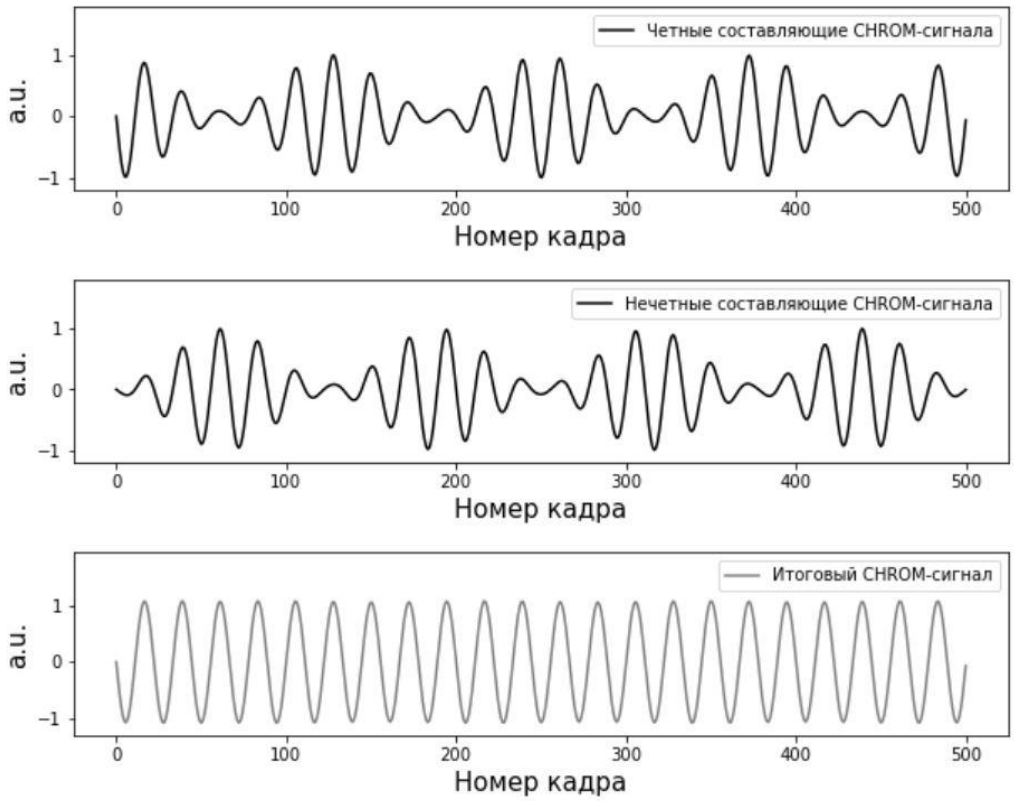


Рисунок 3. Получение итогового ФПГ-сигнала, обработанного окном Хеннинга

1.2. Метод POS — метод извлечения пульса, в котором используется проецирование исходных RGB данных на ортогональную плоскость в цветовом пространстве (Orthogonal-to-Skin, ортогональная поверхности кожи).

В методе POS используется дихроматическая модель обработки RGB сигнала.

Существенное различие методов POS и CHROM заключается в порядке преобразования сигнала. В алгоритме метода CHROM на первом этапе преобразования сигнала учитывается зеркальная компонента исходного сигнала, на втором — компонента, отвечающая за интенсивность света. В свою очередь, в методе POS порядок преобразования обратный.

Исходные данные представляют в виде матрицы C:

$$C(n) = [R(n), G(n), B(n)]^T.$$

Полученная матрица входных данных нормализуется путем деления на среднее значение пикселей в рассматриваемом цветовом канале подобно нормализации в методе CHROM:

$$C_i^n = C_{m \to n}^n / \mu\,(C_{m \to n}^n),$$

где $m = n - l + 1 > 0$ и l — параметр метода, отвечающий за длину нахлеста при вычислении.

На следующем этапе подобно методу CHROM вычисляется сигнал S:

$$S = \begin{pmatrix} 0 & 1 & -1 \\ -2 & 1 & 1 \end{pmatrix} \cdot \mathrm{C}_n,$$

где C_n — нормализованная матрица исходных данных.

Далее производится вычисление смещения h:

$$h = S_1 + \frac{\sigma(S_1)}{\sigma(S_2)} \cdot S_2,$$

где S_1 — первая строка матрицы S, S_2 — вторая.

Последний этап заключается в вычислении итогового сигнала путем суммирования с перекрытием:

$$H_{m\to n} = H_{m\to n} + (h - \mu(h)),$$

где $\mu(h)$ — среднее значение смещения.

Избавиться от нежелательных выбросов в сигнале позволяет деление полученного на каждом шаге сигнала на стандартное отклонение $\sigma(h)$.

$$H_{m\to n} = H_{m\to n} + (h - \mu(h))/\sigma\,(h).$$

1.3. Метод анализа независимых компонент — метод определения пульса, основанный на алгоритме BSS (Blind source separation, слепое разделение источников). В сравнении с методами CHROM и POS это фундаментально иной подход к решению задачи.

В рамках метода ICA исходные данные можно представить в виде:

$$y(t) = Ax(t),$$

где $y(t) = [y_1(t), y_2(t), y_3(t)]^T$ и $x(t) = [x_1(t), x_2(t), x_3(t)]^T$являются вектор-столбцами, *A* — квадратная матрица размера 3x3, состоящая из коэффициентов a_{ij}, t – номер кадра.

Цель метода ICA сводится к нахождению матрицы *W,* которая является обратной матрицей для матрицы *A*, при этом:

$$\hat{x}(t) = Wy(t),$$

где $\hat{x}(t)$ — оценка вектора $x(t)$.

Таким образом, в рамках метода независимо рассматриваются RGB составляющие исходного сигнала (рис. 4.). В результате выбирается ФПГ-сигнал, который наилучшим образом отражает пульс. Для этого выбирают сигнал, спектральная плотность мощности которого содержит наибольший пик. Подробнее о реализации алгоритма описано в [7].

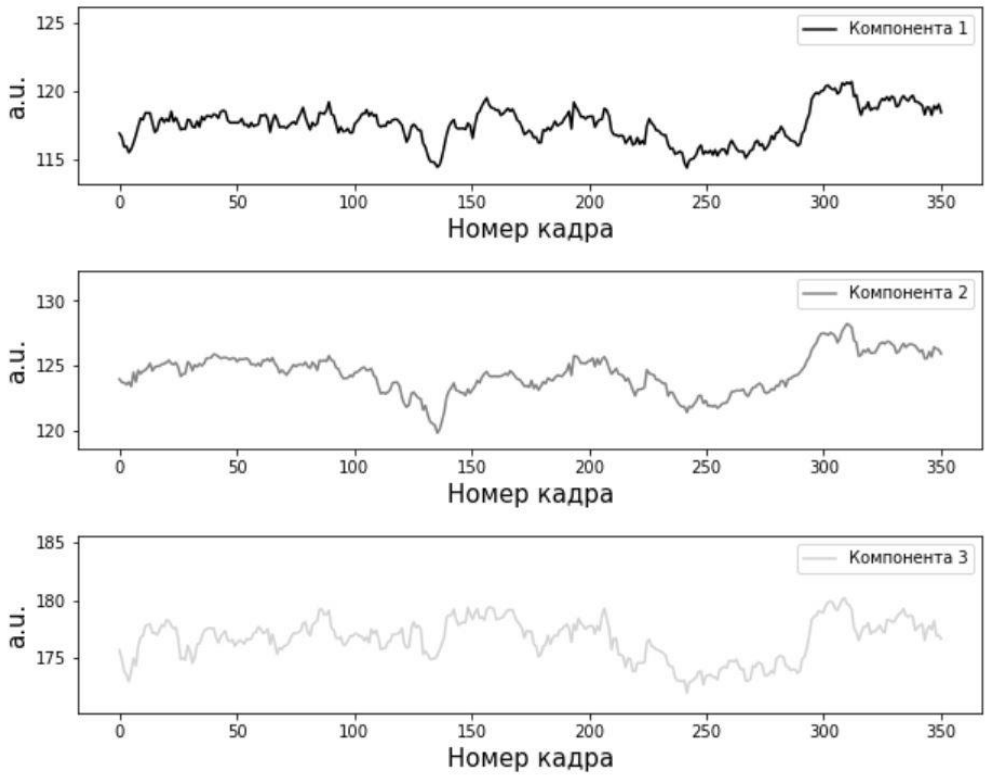


Рисунок 4. Независимые компоненты входного сигнала

Перед применением метода анализа независимых компонент проводится нормализация исходных данных:

$$y_i'(t) = (y_i(t) - \mu_i)/\sigma_i,$$

где $i = 1,2,3$ — номер канала в исходных данных (R, G и B соответственно), μ_i — среднее значение пикселей в рассматриваемой компоненте, σ_i — стандартное отклонение в рассматриваемой компоненте.

2. Вторая группа находящихся в составе программного комплекса методов включает в себя: межпиковый анализ, анализ Фурье, непрерывное вейвлет преобразование [15]-[16].

2.1. Межпиковый анализ (Interbeat analysis) — метод анализа непрерывного сигнала, основанный на выявлении пиков (локальных экстремумов) заданного сигнала.

В рассматриваемой области межпиковый анализ позволяет вычислить ЧСС на основании пульс-содержащего сигнала.

Для этой цели на первом этапе выявляются пики в сигнале. Подробнее об алгоритмах выявления пиков в [14]. Пример выявления пиков в исследуемом сигнале показан на рисунке 5.

После нахождения пиков ФПГ-сигнала рассчитываются межпиковые интервалы RR_i, которые в общем виде можно представить как:

$$RR_i = p_{i+1} - p_i,$$

где p_i — координата пика, i — номер пика.

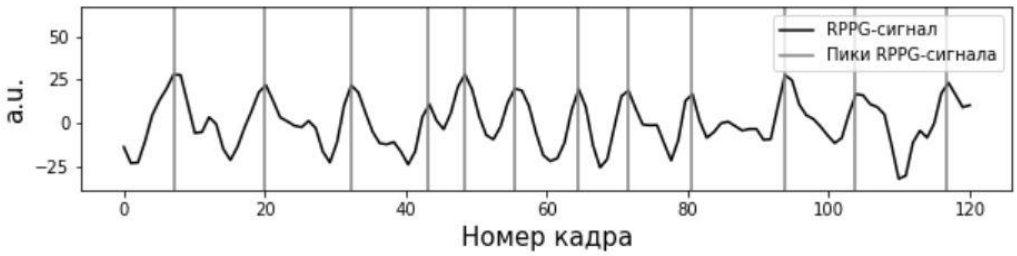


Рисунок 5. Пример выявления пиков в исследуемом сигнале

Далее необходимо рассчитать количество кадров, которое в среднем занимает одно сердечное сокращение, которое фактически совпадает со средним межпиковым интервалом:

$$RR = (\Sigma RR_i)/N,$$

где N — количество интервалов.

Для отбрасывания возможных выбросов в сигнале используется усреднение с учетом медианы набора интервалов.

Для получения значения ЧСС требуется получить время одного сердечного сокращения в секундах:

$$RR' = RR/fps,$$

где fps – частота кадров исходной видеозаписи.

Далее необходимо получить обратную величину, которая и будет являться искомым ЧСС, выраженным в герцах:

$$HR = 1/RR'.$$

2.2 Анализ Фурье (Fourier analysis) одно из базовых преобразований, которое используется для спектрального анализа исследуемых сигналов. Преобразование Фурье позволяет разложить исходный сигнал на гармонические составляющие. Применение анализа Фурье к ФПГ-сигналу позволяет получить массив частот и оценку спектральной мощности.

Далее из массива частот можно выделить диапазон интересующих частот с учетом минимального и максимального значений количества сокращений сердца в минуту (45 и 100 соответственно). Выбранный диапазон соответствует нормальной ЧСС взрослого здорового человека в состоянии покоя и покрывает диапазон референтных ЧСС из используемого в данной работе набора данных. Частота, которая соответствует наибольшему значению спектральной мощности, является искомым значением ЧСС.

2.3. Непрерывное вейвлет-преобразование (CWT, Continuous Wavelet Transform) применяется для получения частотно-временного представления сигнала. Данное преобразование в рассматриваемой задаче используется для шумоподавления ФПГ-сигнала. В отличие от преобразования Фурье, особенностью вейвлет-преобразования является возможность обнаружения частотных аномалий в сигнале (рис. 6.), что может быть полезно при выявлении болезней сердечно-сосудистой системы. При определении величины ЧСС участки сигнала с аномалиями не рассматриваются. Подробная информация по использованию вейвлет анализа при вычислении ЧСС представлена в [15].

Применение вейвлет-преобразования для решения задачи определения ЧСС подразумевает расчет вейвлет-коэффициентов и выбор того набора коэффициентов, сумма которых максимальна. Далее к сигналу, построенному из отобранных вейвлет-коэффициентов применяется межпиковый анализ.

Наиболее часто используемыми в ДФПГ вейвлет-функциями являются вейвлеты Морле и «Мексиканская шляпа».

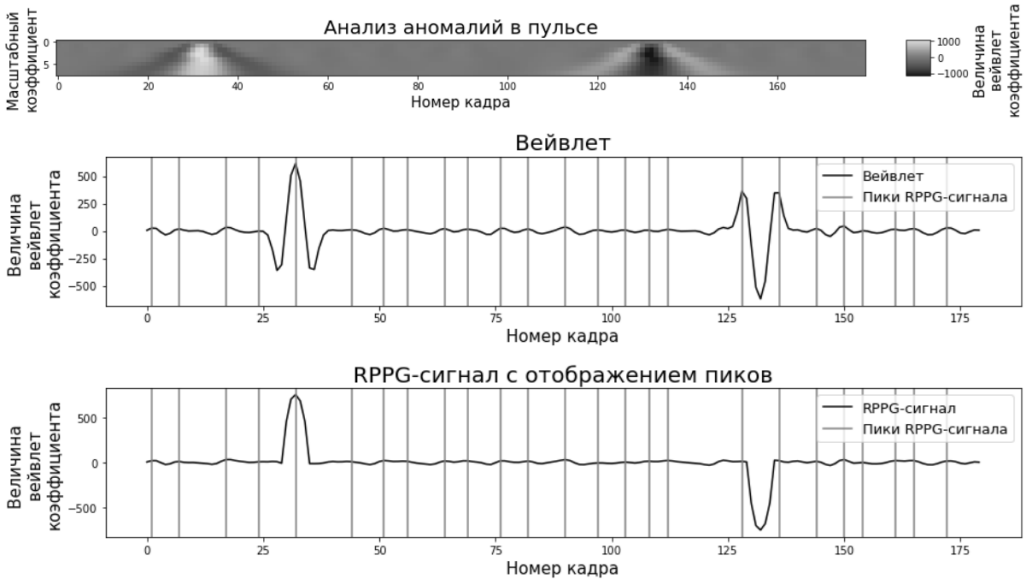


Рисунок 6. Пример применения вейвлет-анализа для выявления аномалий в цветовом сигнале

3. Для оценки качества работы моделей оценки ЧСС используют различные метрики, которые позволяют оценить ошибку прогнозирования используемой модели.

3.1 Метрика MAE (Mean Absolute Error, средняя абсолютная ошибка):

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i - \hat{y}_i|,$$

где $y = (y_i)_{i=1}^{n}$ — массив фактических значений ЧСС, $\hat{y} = (\hat{y}_i)_{i=1}^{n}$ — массив спрогнозированных значений ЧСС и n — количество предсказаний.

3.2 Метрикой, позволяющей лучше оценить влияние больших ошибок модели, является RMSE (root mean square error, среднеквадратичная ошибка):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y}_i)^2}.$$

3.3 Другая метрика, используемая в задаче ДФПГ — коэффициент корреляции Пирсона (R):

$$R = \frac{cov(y,\hat{y})}{\sigma_y \sigma_{\hat{y}}} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu_y)(\hat{y}_i - \mu_{\hat{y}})}{\sigma_y \sigma_{\hat{y}}},$$

где μ_y — среднее значение y:

$\mu_y = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$,

и σ_y — стандартное отклонение y:

$\sigma_y = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu_y)}$.

3.4 Метрика MAE часто встречается в работах по ДФПГ, что обусловлено простотой понимания оценки. Однако в некоторых работах указывают несколько значений MAE для разных диапазонов ЧСС. С этой позиции метрика CoverT выглядит более подходящей оценкой. CoverT представляет собой показатель абсолютных ошибок, которые меньше порогового значения T_{bpm}:

$$CoverT = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} c_i,$$

$$c_i = \begin{cases} 1, \text{для } |y_i - \hat{y}_i| < T_{bpm} \\ 0, \text{в остальных случаях} \end{cases}.$$

3.5 Другой интуитивно понятной метрикой является оценка Бленд-Альтмана LoA (limits of agreement, пределы согласия), которая часто используется при визуализации графика Бленд-Альтмана:

$$LoA = a * std(y - \hat{y}),$$

где a — коэффициент, влияющий на размер области соглашения, std — стандартное отклонение. Обычно $a = 0.96$, это означает, что область соглашения содержит 95% всех ошибок.

Метрики MAE и CoverT имеют общий недостаток — в обеих метриках используются абсолютные расстояния, которые увеличиваются с увеличением частоты сердечных сокращений. Так, спрогнозированная ЧСС равная 52 при фактическом ЧСС — 50 ударов в минуту приведет к MAE = 2, то же самое значение можно получить при спрогнозированной ЧСС равной 150 и фактической — 152. Однако второй прогноз будет являться более точным.

3.6 В отличие от средней ошибки MAE, метрика MAPE (mean absolute percentage error, средняя абсолютная процентная ошибка) использует относительные расстояния, что позволяет сравнивать прогнозы, лежащие в разных диапазонах ЧСС:

$$MAPE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{|y_i - \hat{y}_i|}{y_i}.$$

При сравнении разных ФПГ моделей рекомендуется использование метрики MAPE вместо MAE.

3.7 Альтернативной оценкой может быть коэффициент корреляции R_c (CCC – concordance correlation coefficient, коэффициент корреляции Лина), который вычисляется следующим образом:

$$R_c = \frac{2cov(y,\hat{y})}{\sigma_y^2 + \sigma_{\hat{y}}^2 + (\mu_y - \mu_{\hat{y}})^2},$$

где μ_y — среднее значение y:

$\mu_y = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i$,

σ_y^2 — дисперсия переменной y:

$\sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu_y)^2$,

$cov(y, \hat{y})$ — ковариационная матрица y и $\hat{y}$:

$cov(y, \hat{y}) = = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i - \mu_y)(\hat{y}_i - \mu_{\hat{y}})$.

В этой работе при оценке моделей ДФПГ используются метрики MAE, MAPE, RMSE, R_c и LOA.

Результаты исследований.

Для реализации методов ДФПГ был использован язык программирования Python и библиотеки с открытым исходным кодом, такие как Sklearn [17] и Scipy [18], предоставляющие средства для выполнения научных, инженерных расчётов, а также инструменты для визуализации. Также в работе использована открытая библиотека PyWavelets [19], позволяющая вычислять вейвлет-преобразования с использованием различных вейвлет-функций. Так, при воспроизведении ICA была использована предложенная в Sklearn реализация метода анализа независимых компонент (sklearn.decomposition.FastICA) с последующей адаптацией под задачу ДФПГ. При реализации метода межпикового анализа использовались предложенные в Scipy инструменты для детектирования пиков в сигнале (scipy.signal.find_peaks).

В качестве данных для тестирования методов использован датасет UBFC-RPPG [20], находящийся в открытом доступе. Набор данных содержит 43 видеозаписи, соответствующих 43 испытуемым, сделанных с помощью веб-камеры Logitech C920 HD Pro с максимальной частотой кадров 30 кадров/сек. и разрешением 640x480. Фон на видеозаписи константный, человек в кадре сидит неподвижно. В каждом кадре видеозаписи детектировался прямоугольник лица человека известным алгоритмом MTCNN [21]. Относительно координат лица в кадре вычислялись координаты области анализа: отступы левого верхнего угла области – 20% от высоты и 20% от ширины прямоугольника лица вниз и вправо, ширина и высота области – 60% и 80% соответственно. Внутри области в каждом кадре независимо усреднялись интенсивности красной, зеленой и синий цветовых компонент. Таким образом, по видеозаписи генерировался цветовой сигнал из трех одномерных временных сигналов. Частота кадров видеозаписей различается, поэтому временные сигналы интерполированы B-сплайнами до частоты 15 кадров в секунду. Цветовой сигнал каждой видеозаписи разбивался на перекрывающиеся отрезки длиной 150 кадров (10 сек) с шагом 5 кадров. Всего сгенерировано 2040 таких отрезков. Каждый отрезок содержит цветовой сигнал, независимо обрабатываемый рассмотренными моделями ДФПГ.

В процессе тестирования были рассмотрены все возможные комбинации приведенных выше методов извлечения пульса и методов вычисления ЧСС. Вычисленные метрики представлены в таблицах 1-3.

Таблица 1. Результаты оценки метода POS

	Фурье анализ	Межпиковый анализ	Вейвлет анализ
MAE, ударов/мин	3,34	8,12	4,60
MAPE	0,03	0,08	0,05
CCC	0,92	0,61	0,84
LOA, ударов/мин	11	19	14
RMSE, ударов/мин	5,33	11,14	7,08

Таблица 2. Результаты оценки метода CHROM

	Фурье анализ	Межпиковый анализ	Вейвлет анализ
MAE, ударов/мин	4,65	6,40	5,90
MAPE	0,05	0,06	0,06
CCC	0,81	0,71	0,73
LOA, ударов/мин	16	18	18
RMSE, ударов/мин	8,61	10,15	9,09

Таблица 3. Результаты оценки метода ICA

	Фурье анализ	Межпиковый анализ	Вейвлет анализ
MAE, ударов/мин	9,86	9,16	6,14
MAPE	0,10	0,09	0,06
CCC	0,45	0,51	0,73
LOA, ударов/мин	35	25	18
RMSE, ударов/мин	19,58	14,47	9,23

Таким образом, наиболее точными получились комбинации методов POS, CHROM с Фурье анализом и комбинация POS с вейвлет анализом, подтверждением чего служит низкое значение метрики MAPE.

Для визуального отображения результатов работы методов были построены диаграммы Блэнда-Альтмана (рис. 7). Диаграмма Блэнд-Альтмана является информативным инструментом визуализации, поскольку позволяет сравнить результаты измерений, выполненных двумя методами, ни один из которых не является абсолютно надежным (в рассматриваемом случае измерения с помощью контактного пульсоксиметра и оценки с помощью ДФПГ-метода).

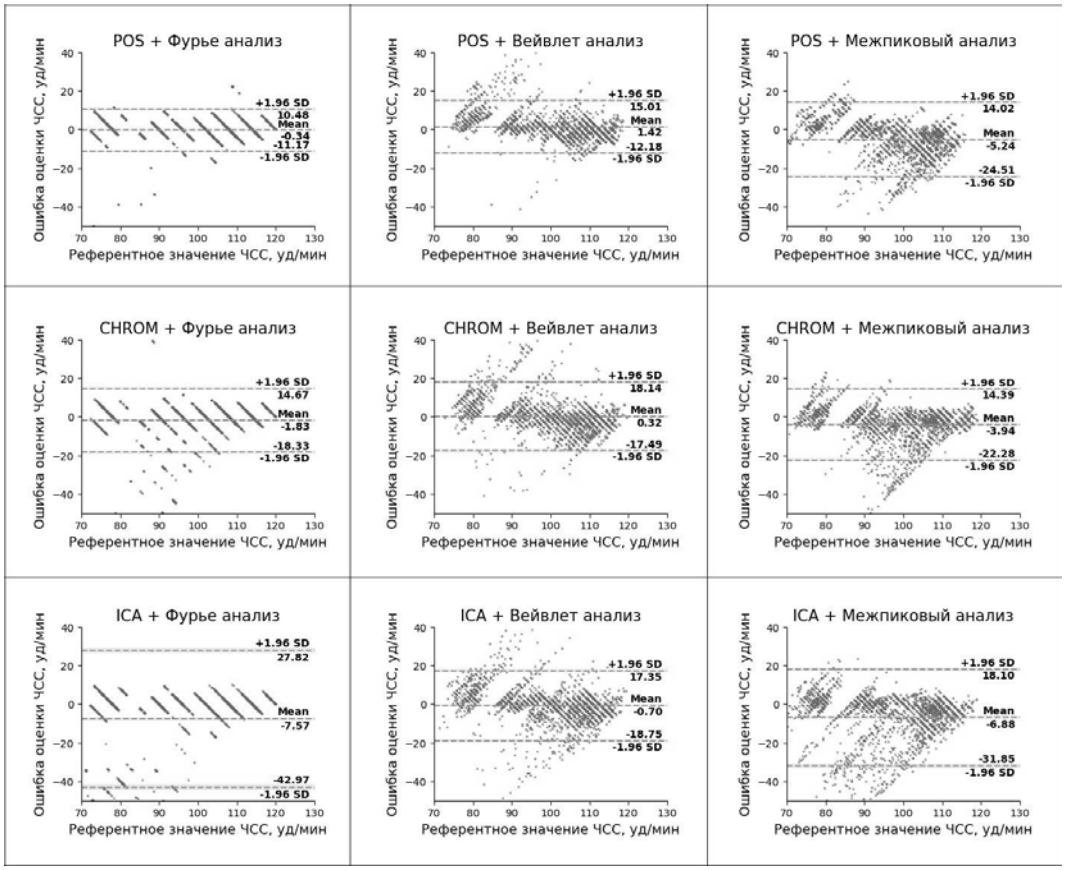


Рисунок 7. Диаграммы Блэнда-Альтмана для реализаций ДФПГ методов (Mean Error - средняя ошибка, SD - стандартное отклонение ошибки)

Для сравнения полученных оценок с оценками, указанными авторами в статьях были взяты наиболее точные комбинации методов, а именно: POS, CHROM с последующим Фурье анализом и ICA с последующим вейвлет анализом.

В случае с CHROM, автором обозначена ошибка RMSE = 0,5 ударов/мин, в воспроизведенном в данной работе методе удалось достичь лишь ошибки RMSE = 8,61 ударов/мин. Аналогично, получена существенная разница оценок метода ICA: 1,24 ударов/мин — в оригинальной статье, 9,23 ударов/мин — в воспроизведенном по статье методе. Полученные авторами методов низкие оценки ошибок можно объяснить настройкой методов под собственные, закрытые, наборы данных.

При сравнении полученных в данной работе оценок с оценками, предложенными автором набора данных UBFC-RPPG, разница оценок менее значительна, что можно объяснить заинтересованностью автора показать фактическую точность методов. В этом случае оценка для метода POS равна 6,78 ударов/мин у автора набора данных и 5,33 ударов/мин в воспроизведенном методе. Для CHROM значение RMSE: 2,39 и 8,61 ударов/мин — в статье и в данной работе соответственно.

Стоит отметить, что разница в полученных результатах может быть обусловлена неучтенными факторами наборов данных, используемых авторами методов и тестового в данной статье. Несмотря на формальное соответствие декларируемых условий получения данных, различные характеристики, такие как используемый кодек записи видеоданных, могут оказывать существенное влияние на сохранность ФПГ-сигнала на видеоряде. Выявление и оценка значимости таких факторов требуют дальнейшего исследования.

Выводы.

Реализованы и протестированы распространенные алгоритмы, применяющиеся в решении задачи ДФПГ для оценки ЧСС по видеозаписи с лицом человека. Получены следующие результаты:

1. По всем используемым в работе метрикам наиболее точной оказалась комбинация алгоритма POS выделения ФПГ-сигнала и Фурье-анализа для оценки ЧСС.
2. Средняя абсолютная ошибка всех протестированных комбинаций составляет более 3 ударов в минуту, что не соответствует результатам авторов алгоритмов, полученных ими на собственных закрытых базах данных.
3. Авторы рассмотренных алгоритмов, как правило, использовали различные базы данных, способы генерации входных данных и метрики для тестирования. Из этого следует, что несоответствие результатов может быть обусловлено различными методиками оценки качества. Таким образом, подтверждается заявляемая другими авторами необходимость стандартизации подходов к сравнению решений ДФПГ.

Литература:

1. *Verkruysse W., Svaasand L.O., Nelson J.S*. Remote plethysmographic imaging using ambient light. // Opt. Express. – 2008, v. 16, №26, p.21434-21445.
2. *Li X., Chen J., Zhao G., Pietik M.* Remote Heart Rate Measurement From Face Videos Under Realistic Situations // in Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2014, p. 4264-4271.
3. *Sabokrou M., Pourreza M., Li X., Fathy M., Zhao G.* Deep-HR: Fast heart rate estimation from face video under realistic conditions // arXiv:2002.04821, 2020.
4. *Volkov, M.V., Margaryants, N.B., Potemkin, A.V*. Video capillaroscopy clarifies mechanism of the photoplethysmographic waveform appearance // Scientific Reports. – 2017, v. 7, №1, p. 13298.
5. *Li X., Han H., Lu H., Niu X., Yu Z., Dantcheva A., Zhao G., Shan S.* The 1st Challenge on Remote Physiological Signal Sensing // arXiv:2003.11756, 2020.
6. *de Haan G., Jeanne V.* Robust Pulse Rate From Chrominance-Based rPPG // IEEE Trans. on Biomed. Eng. – 2013, v. 60, №10, p. 2878-2886.
7. *Poh M., McDuff D. J., Picard R. W.* Advancements in Noncontact, Multiparameter Physiological Measurements Using a Webcam // IEEE Trans. on Biomed. Eng. – 2011, v. 58, №1, p. 7-11.
8. *Wang W., den Brinker A. C., Stuijk S., de Haan G.* Algorithmic Principles of Remote PPG // IEEE Trans. on Biomed. Eng. – 2017, v. 64, №7, p. 1479-1491.
9. *Тихонов В.И., Харисов В.Н*. Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем // М.: Радио и связь – 1991, с. 608.
10. *Antink C.H., Lyra S., Paul M., Yu X., Leonhardt S.* A Broader Look: Camera-Based Vital Sign Estimation across the Spectrum. // Yearbook of medical informatics – 2019, v. 28, №1, p. 102-114.
11. *Wang W., Stuijk S., de Haan G.* A Novel Algorithm for Remote Photoplethysmography: Spatial Subspace Rotation. // IEEE Trans. on Biomed. Eng. – 2016, v. 63, № 9, p. 1974-1984.
12. *de Haan G., van Leest A.* Improved motion robustness of remote PPG by using the blood volume pulse signature. // Physiol. Meas. – 2014, v. 35, №. 9, p. 1913-1922.
13. *Lewandowska M*. Measuring pulse rate with a webcam – a noncontact method for evaluating cardiac activity // Federated Conf. Comput. Sci. Inform. Syst. (FedCSIS), Szczecin, Poland. – 2011, p. 405-410.

14. *Palshikar G.* Simple Algorithms for Peak Detection in Time-Series // ResearchGate. – 2009, № 228853276.

15. *Unakafov A.M.* Pulse Rate Estimation Using Imaging Photoplethysmography: Generic Framework and Comparison of Methods on a Publicly Available Dataset // Biomed. Phys. Eng. Express – 2018, v.4, № 4.

16. *Huang R.Y., Dung L.R.* Measurement of Heart Rate Variability Using Off-the-shelf Smart Phones // BioMed. Eng. OnLine. – 2016, v.15, № 11.

17. Scikit-learn: machine learning in Python: [Электронный ресурс]. URL: https://scikit-learn.org. (Дата обращения: 13.04.2020).

18. Numpy and Scipy Documentation: [Электронный ресурс]. URL: https://docs.scipy.org. (Дата обращения: 13.04.2020).

19. PyWavelets – Wavelet Transforms in Python: [Электронный ресурс]. URL: https://pywavelets.readthedocs.io. (Дата обращения: 13.04.2020).

20. *Bobbia S., Macwan R., Benezeth Y., Mansouri A., Dubois J*. Unsupervised skin tissue segmentation for remote photoplethysmography // Pattern Recognit. Lett. – 2019.

21. Zhang K., Zhang Z., Li Z., Qiao Y. Joint face detection and alignment using multitask cascaded convolutional networks // IEEE Signal Processing Letters. – 2016, v. 23, №10, p. 1499-1503.

А.В. Елисеев, Н.И. Кундрюкова

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОСЛАБЛЕНИЕ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ ЦИФРОВЫХ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ СТАНЦИЙ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: радиорелейная система, ослабление сигнала, расчет затухания.

Рассмотрены частные задачи синтеза цифровых радиорелейных систем. Приведена упрощенная методика расчета уровней ослаблений радиосигнала, обусловленных рельефом местности, влиянием атмосферы, а также дальностью распространения сигнала в свободном пространстве. Рассмотрена блок-схема алгоритма расчета радиолинии. Приведен пример применения методики расчета характеристик цифровой радиолинии.

A.V. Eliseev, N.I. Kundryukova

RESEARCH OF FACTORS INFLUENCING DECAY OF RADIO RADIATION OF DIGITAL RADIO RELAY STATIONS

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: radio relay system, signal attenuation, attenuation calculation.

Particular problems of the synthesis of digital radio relay systems are considered. A simplified method for calculating the levels of attenuation of a radio signal due to the terrain, the influence of the atmosphere, and the range of signal propagation in free space is given. The block diagram of the algorithm for calculating the radio link is considered.

An example of applying the methodology for calculating the characteristics of a digital radio link is given.

Радиорелейные станции (РРС) в настоящее время занимают особое место среди технических средств для построения телекоммуникационных сетей. Очень часто их использование остается единственным способом обеспечения построения высокоскоростных сетей связи, где прокладка кабелей невозможна или нецелесообразна по экономическим причинам. В последнее время спрос на внедрение линий «последней мили» для предоставления услуг голосовой телефонии, Интернета и кабельного телевидения все чаще востребован. В пригородных и сельских районах с недостаточным проникновением современной телекоммуникационной инфраструктуры использование радиорелейных станций решает эту проблему благодаря скорости развертывания, относительно быстрой окупаемости и высокой пропускной способности. [1]

Таким образом, специалисты в области беспроводных телекоммуникационных технологий должны обладать знаниями, умениями и навыками, позволяющими им организовать и реализовать эффективные стратегии эксплуатации РРС.

Вопросы анализа и синтеза структуры и характеристик РРС подробно рассмотрены в [1-5], однако представленный в них материал рассчитан на узких специалистов, профессионально занимающихся вопросами проектирования РРС, что зачастую приводит к значительным затруднениям при его использовании студентами и лицами, связанными только с эксплуатацией РРС, но не с их проектированием.

Целью настоящей работы является рассмотрение частных задач синтеза цифровых РРС, посвященных исследованию факторов, влияющих на ослабление их радиоизлучения.

Эффективность эксплуатации РРС определяется многими факторами, одним из которых является корректное решение задачи обоснования и выбора эксплуатационно-технических характеристик оборудования. Данную задачу принято называть задачей синтеза. Общий алгоритм синтеза, представленный на рисунке 1, условно можно разделить на следующие этапы: выбор места развертывания РРС; построение высотного профиля рельефа местности; предварительный выбор оборудования РРС; расчет затухания сигнала; расчет показателей качества связи синтезируемой РРС и их сравнение с требуемыми значениями, то есть применение критерия пригодности РРС; корректировка выбранного оборудования в случае неудовлетворения полученных показателей качества РРС требуемым.

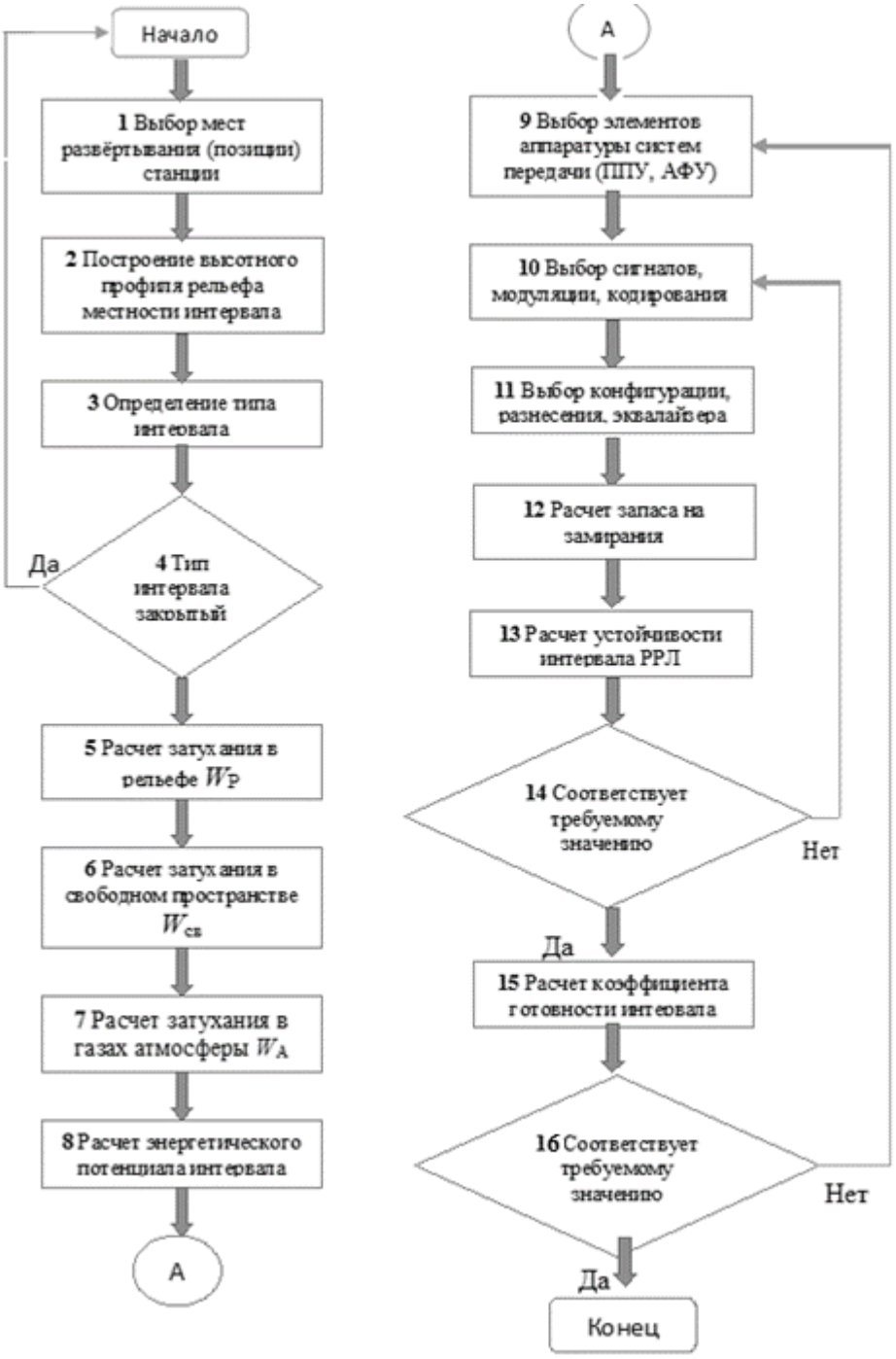


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма синтеза ЦРРС [5]

В настоящей работе будут кратко рассмотрены только блоки 5, 6, 7 и 8 алгоритма, представленного на рисунке 1. По этой причине целесообразно далее рассматривать упрощенную блок-схему расчета цифровой РРС, представленную на рисунке 2.

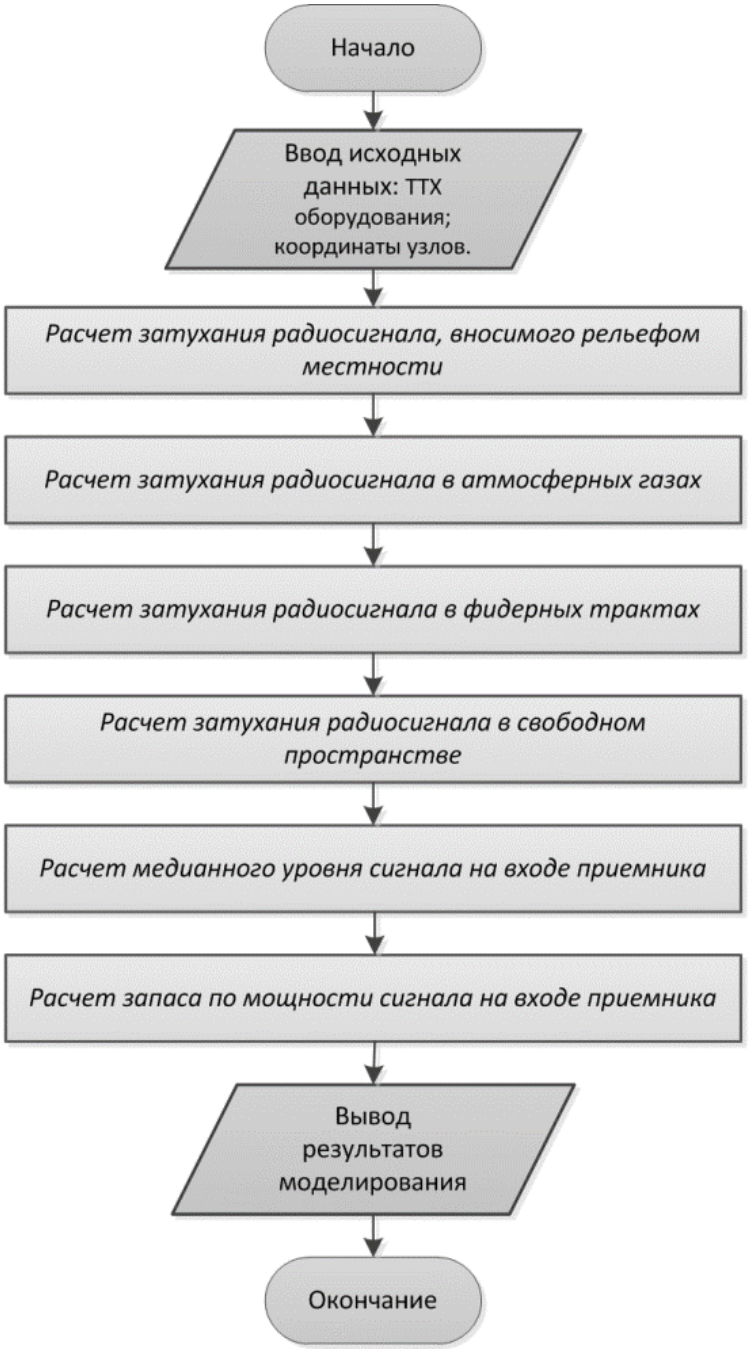


Рисунок 2. Упрощенная блок-схема расчета цифровой РРС

В соответствие с рисунком 1 расчет цифровой РРС необходимо начинать с выбора места расположения РРС и последующего построения высотного профиля рельефа местности. Для решения этих задач целесообразно использовать свободно распространяемую программу ProfEdit 4.0 [4]. Пример использования данной программы для расчета профиля рельефа местности между аэропортом «Платов» и г. Новочеркасском показан на рисунке 3.

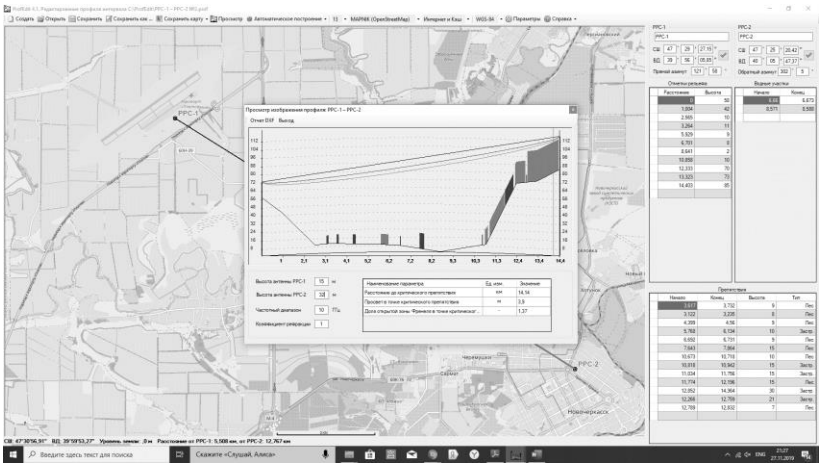


Рисунок 3. Результаты расчета профиля пролета цифровой РРЛ

Далее рассмотрим реализацию блоков алгоритма, представленного на рисунке 2.

Расчёт затухания радиосигнала, вносимого рельефом местности. Из анализа рисунка 3 следует, что исследуемый интервал является открытым [1, 5]. На отрытом интервале затухание радиоволн обусловлено интерференцией прямого и отражённого лучей в точке приёма (интерференционные замирания). Поэтому открытые интервалы обязательно исследуются на наличие точек отражения радиоволн.

Пример открытого интервала связи приведён на рисунке 4 [5]. Участок местности аппроксимируется плоскостью, если протяжённость плоских неровностей (шероховатости) рельефа местности $l_0 \leq 0{,}25R$, где R – длина интервала. Для определения затухания радиоволн на рельефе необходимо [1-3, 5]:

1. Построить дополнительные линии на профиле местности интервала: провести прямую ГД на уровне вершин неровностей исследуемого участка; найти точку зеркального отражения *А`* отложив отрезок $|BA`|=|AB|$; провести прямую *А`Б* и на пересечении ГД отметить точку отражения *О*; из чертежа определить расстояние *R*1 до точки *О*.
2. Найти протяжённость участка отражения

$$l_0 = R\sqrt{1+h_0^2}\left(1+h_0^2\left(4k(1-k)\right)^{-1}\right)^{-1}, \quad (1)$$

где $h_0(k) = H(k)/H_0(k)$ - относительные просвет; $H(k)$ – реальный просвет над точкой отражения; $H_0(k) = \sqrt{R\lambda k(1-k)/3}$ – величина критического просвета для любой точки зоны Френеля с относительной координатой $k = R_1 / R$; λ – длина волны.

Далее на чертеже от точки *О* в обе стороны откладывают отрезок $l_0/2$, затем от концов отрезка $l_0/2$ проводят перпендикуляр до пересечения с линией рельефа и находят границы участка отражения – точки *M* и *N*.

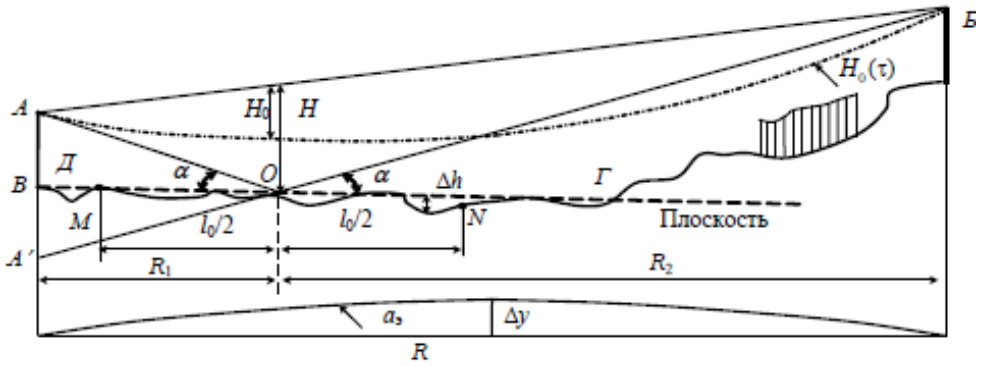


Рисунок 4. Открытый интервал с аппроксимацией рельефа плоскостью [5]

Результаты расчета для конкретной радиорелейной линии «аэропорт «Платов» – «Новочеркасск» представлены на рисунке 5.

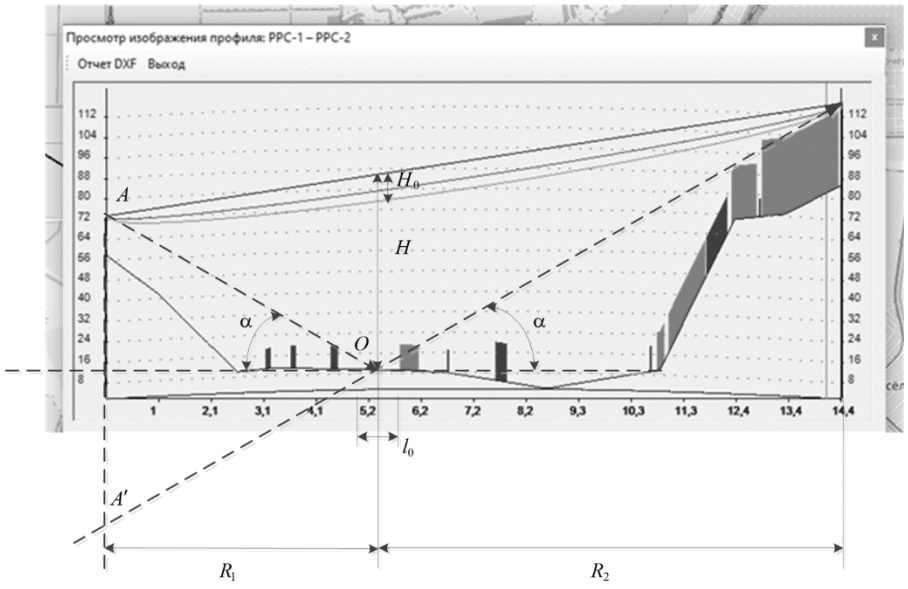


Рисунок 5. Открытый интервал с аппроксимацией рельефа плоскостью для радиорелейной линии «Платов» – «Новочеркасск»

3. Найти неровности рельефа местности Δh (с учётом леса, строений) в пределах отражающего участка l_0 и сравнить его с предельным – максимально допустимым значением неровности рельефа местности (критерий Рэлея):

$$\Delta h \le \Delta h_{\max} = \frac{\lambda}{(8 \div 16)\sin\alpha} \approx 0{,}75\frac{H_0}{h_0}, \qquad (2)$$

где α – угол встречи падающего луча с плоскостью поверхности отражения.

Тогда затухание за счёт интерференции радиоволн при аппроксимации отражающей поверхности плоскостью определяется по формуле

$$W_{p[\text{дБ}]} = -10\lg\left|1 + \Phi_0^2 - 2\Phi_0\cos\left(\frac{\pi}{3}h_0^2\right)\right|, \qquad (3)$$

где Φ_0 определяется из таблицы 1 [5].

4. Проверить условие неровности рельефа на участке отражения (от *M* и *N*):

а) если условие $\Delta h \le \Delta h_{\max}$ выполняется (гладкая поверхность l_0), то коэффициент отражения от плоского участка $\Phi_0 = 1$ и затухание радиоволн рассчитывается по формуле

$$W_{p[дБ]} = -10\lg\left| 2 - 2\cos\left(\frac{\pi}{3} h_0^2\right)\right|; \quad (4)$$

б) если $\Delta h_{\max} < \Delta h < H_0$ (малопересеченная местность, т.е. местность с малой шероховатостью) или $\Delta h > H_0$ (среднепересечённая местность, т. е. местность с большой шероховатостью), то величину Φ_0 необходимо найти по таблице 1 и использовать формулу (3).

Таблица 1. Величина коэффициента отражения Φ_0 для различной поверхности [1, 5]

Характер местности на участке отражения			Длина волны λ, см				
№ п/п	Вид подстилающей поверхности	Степень шероховатости	100…50	20	8	5	3…1,5
1	Малопересечённая открытая равнина, пойменные луга, солончаки	$\Delta h_{\max} < \Delta h < H_0$	0,95	0,9	0,8	0,7	0,45…0,2
2	Малопересечённая равнина, покрытая лесом	$\Delta h_{\max} < \Delta h < H_0$	0,9	0,7	0,6	0,5	0,3…0,1
3	Среднепересечённая открытая местность	$\Delta h > H_0$	0,7	0,5	0,4	0,2	<0,1
4	Среднепересеченная местность, покрытая лесом	$\Delta h > H_0$	0,6	0,3	0,2	0,1	<0,1
5	Водная поверхность	$h \approx 0$	0,95	0,9	0,85	0,8	0,6

Расчет затухания радиосигнала в атмосферных газах. Будем использовать упрощённую методику расчёта затухания радиосигнала в атмосферных газах.

В соответствии с [1-3, 5], суммарные потери в газах атмосферы (кислород O_2, водяной пар H_2O) при температуре внешней среды отличной от 15 ºС, дБ определяются как:

$$W_{атм} = R\left\{\left[1-(t-15)0,01\right]\gamma_{O_2} + \left[1-(t-15)0,06\right]\gamma_{H_2O}\right\}, \quad (5)$$

где $\gamma_O = \left[\frac{6,09}{f^2+0,227} + 7,19\cdot 10^{-3} + \frac{4,18}{(f-57)^2+1,5}\right] f^2 \cdot 10^{-3}$ - удельное затухание радиоволны в кислороде, дБ/км;

$$\gamma_{H_2O} = \left[0,05 + \frac{3,6}{(f-22,2)^2+8,5} + 0,0021\cdot\rho + \frac{10,6}{(f-188,3)^2+9} + \frac{8,9}{(f-325,4)^2+26,3}\right] f^2 \rho \cdot 10^{-4}$$

- удельное затухание радиоволны в водяных парах; R – длина интервала связи в км; ρ - концентрация водяных паров в атмосфере, г/м^3 (обычно ρ =7,5 г/м^3); f – рабочая

частота излучения радиосигнала РРЛ, ГГц; t – температура воздуха в месте размещения РРЛ, град. С.

Затухание в газах атмосферы зависит от их концентрации. Оно велико во влажном тёплом климате и доминирует на частотах от 6 до 45 ГГц [1].

Затухание радиосигнала в фидерных трактах.

Затухание радиосигнала в фидерных трактах при размещении приемо-передающего устройства (ППУ) в аппаратной определяется по формуле [5]

$$W_{ф} = \gamma\left(h_A + L_r\right), \text{ дБ} \quad (6)$$

где γ - погонное затухание волновода (справочная величина), дБ/м; h_A - высота антенны, м; L_r - длина горизонтального участка фидера, (5…20 м).

При установке ППУ на мачте потери в линиях электропередач $W_ф$ не превышают 0,5 дБ. При установке дополнительных устройств в антенно-фидерном тракте (АФТ) общие потери увеличиваются в среднем на 0,5 ... 3 дБ на устройство (фильтр 0,5 дБ, поляризатор 1 дБ, переключатель 2 дБ, разветвитель 3 дБ) [5].

Затухание радиосигнала в свободном пространстве. При распространении сигнала в свободном пространстве он подвергается затуханию, обусловленному преодолением определенного расстояния, которое принято называть $W_{св}$ – затухание в свободном пространстве [1, 5]

$$W_{\text{св}[\text{дБ}]} = 10 \cdot \lg\left(\frac{4\pi R}{\lambda}\right) = 122 + 20\lg\frac{R_{[\text{км}]}}{\lambda_{[\text{см}]}}$$

или

$$L_0 = 92{,}45 + 20\lg(f_{[\text{ГГц}]}) + 20\lg(R_{[\text{км}]}) \ , \quad (7)$$

где R – расстояние между станциями интервала связи; λ – длина волны.

Расчёт медианного уровня сигнала на входе приёмника. Расчёт медианного значения сигнала на входе приёмника проводится на основе классического уравнения радиосвязи, когда все входящие в него величины представлены в логарифмических единицах [3, 5]:

$$P_{\text{прм}} = P_2 = P_{\text{прд}} - W_{\text{фпрд}} + G_{\text{прд}} - W_{\Sigma} + G_{\text{прм}} - W_{\text{фпрм}}, \quad (8)$$

где $P_{прд}$ - уровень мощности радиосигнала на выходе передающего устройства; $G_{пер}$, $G_{пр}$ – коэффициент усиления передающей и приёмной антенн; $W_{\text{фпрд}}$, $W_{\text{фпрм}}$ – затухание в фидере на передачу и приём; $W_{\Sigma} = W_{св} + W_{р} + W_{атм}$ – суммарное затухание на трассе, где $W_{атм}$ – дополнительное затухание радиосигнала, вызываемое атмосферой; $W_{св}$ – затухание в свободном пространстве.

Расчет запаса по мощности сигнала на входе приемника. Имея информацию о чувствительности приемного устройства $P_{прм.пред.}$ определяют множитель ослабления (запас по мощности входного сигнала)

$$\Delta W = P_{\text{прм.пред}} - \left(P_{\text{прд}} - W_{\text{фпрд}} + G_{\text{прд}} - W_{\Sigma} + G_{\text{прм}} - W_{\text{фпрм}}\right), \text{ дБм}$$

Запас по мощности входного сигнала (запас на замирание) позволит устойчиво функционировать разработанной РРЛ даже при наличии на трассе распространения радиосигнала сильного дождя или снега.

Устойчивость к помехам радиорелейных станций может быть значительно повышена благодаря использованию цифровых антенных устройств (ЦАР) из-за возможности образования провалов в диаграмме направленности в направлениях к передатчикам помех.

С использованием данной упрощенной методики было выполнено обоснование основных характеристик цифровой РРС, предназначенной для организации доступа подсети авиационной электросвязи аэропорта «Платов» к сети общего пользования в г. Новочеркасске.

Для расчёта медианного значения сигнала на входе приёмника необходимо было задаться основными техническими характеристиками РРС, с этой целью было выбрано оборудование радиорелейной линии МИК-РЛ Н500 со следующими техническими характеристиками [6]: мощность передатчика $P_{прд} = 35$ дБм; чувствительность приемника $P_{прм.пред.} = -80$ дБм; коэффициент усиления передающей антенны $G_{прд} = 34$ дБ, коэффициент усиления приемной антенны $G_{прм} = 34$ дБ; скорость передачи информации $B = 156 \cdot 10^6$ Бис/с; вид модуляции *QAM*-16.

Результаты расчета представлены на рисунке 6 в виде диаграмма уровней радиосигнала на трассе цифровой РРЛ при использовании антенн диаметром 0,6 метра.

Из анализа результатов расчета следует, что выбранное оборудование на рассматриваемом интервале обеспечивает запас по мощности минус 41 дБм, что позволит обеспечить устойчивость связи в условиях замираний различной природы.

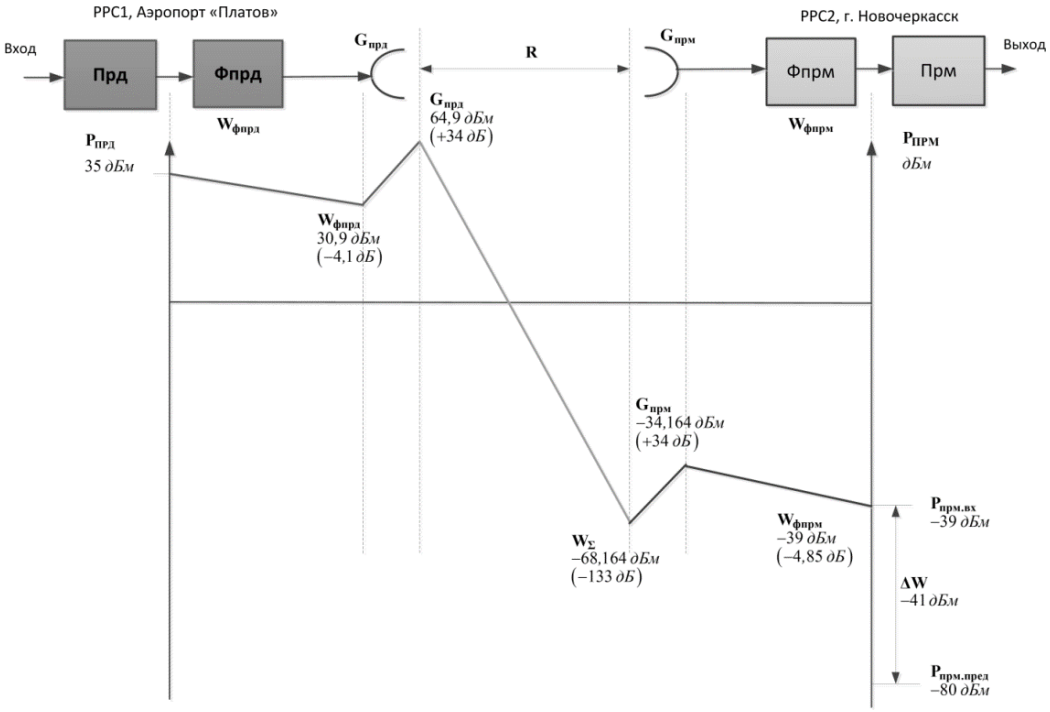


Рисунок 6. Диаграмма уровней радиосигнала на трассе РРЛ при использовании антенн диаметром 0,6 метра

Таким образом, рассчитанный с помощью программы ProfEdit 4.0 профиль местности позволил определить необходимые высоты подвеса антенн на левом и правом концах интервала связи. Рассчитанные затухания радиосигнала,

обусловленные рельефом местности, влиянием атмосферы, а также дальностью распространения сигнала в свободном пространстве, позволили определить уровень сигнала на входе приемного устройства радиолинии. Анализ результатов расчета показал, что радиолиния имеет запас по мощности, что позволит эффективно бороться с замираниями сигнала. Таким образом, проведенные расчеты подтвердили правильность и обоснованность выбора оборудования фирмы «Микран» МИК-РЛ H500 для построения радиолинии доступа подсети авиационной электросвязи аэропорта «Платов» к сети общего пользования в г. Новочеркасске.

Следует отметить, что данная методика также может быть использована при обосновании рабочей зоны бистатической просветной радиолокационной системы авиационного наблюдения [7], использующей в качестве сигнала подсвета излучения цифровых телекоммуникационных систем.

Литература:

1. Основы проектирования цифровых радиорелейных линий связи. Учебное пособие для вузов / М. А. Быховский, Ю. М. Кирик, В. И. Носов и др.; Под ред. профессора М. А. Быховского. –М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 332 с: ил.

2. Методика расчёта трасс цифровых РРЛ прямой видимости в диапазоне частот 2–20 ГГц. – М.: НИИР, 1997. – 180 с.

3. ГОСТ Р 53363-2009 Цифровые радиорелейные линии. Показатели качества. Методы расчёта. – М.: Стандартинформ, 2010. – 39 с.

4. Инструменты построения профиля РРЛ [Электронный ресурс] Официальный сайт компании Микран. [сайт]. [2016]. URL: http://www.micran.ru (дата обращения 10.03.2020).

5. Якушенко С.А., Бондаренко С.А., Жирнов А.И.. Проектирование цифровых радиолиний микроволнового диапазона // Военная академия связи. Спб. – 2015. С. 29-41.

6. Телекоммуникационное оборудование. // [Электронный ресурс] [сайт]. URL: http: //www.micran.ru/productions/telecommunication/ (дата обращения 06.02.2020).

7. Елисеев А.В., Жуковский А.Г., Дорохин И.В., Мамедов Э.Э. Оценка потенциальных характеристик бистатического радара для решения задачи мониторинга носителей источников радиоизлучения. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2018. №1. С. 115-122.

А.В. Елисеев, О.О. Соколова

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ВОЗДУШНОГО СУДНА РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНЫМ МЕТОДОМ

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: разностно-дальномерный метод, пассивная радиолокация, мультилатерация.

В статье описывается алгоритм определения координат объекта с помощью разностно-дальномерного метода, а также его моделирование в программной среде MatLab.

A.V. Eliseev, O.O. Sokolova

IMITATION MODELING OF THE PROCEDURE FOR DETERMINING THE AIRSHIPS COORDINATES BY RANGE-DIFFERENCE METHOD

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: range-difference method, passive radiolocation, multilateration.

The article describes the algorithm for determining the coordinates of an object using the range-difference method, as well as its modeling in the MatLab software environment.

При решении задач контроля использования радиочастотного спектра возникает необходимость определения координат источников радиоизлучения (ИРИ), работающих без соответствующего разрешения или нарушающих требования по электромагнитной совместимости радиосредств. Подобная задача возникает и при определении местоположения мобильных радиоизлучающих объектов, например воздушных объектов различного типа [1, 2], с целью решения задач обеспечения безопасности полетов. Одним из наиболее распространенных методов определения координат ИРИ в пассивных системах местоопределения является разностно-дальномерный метод (РДМ). В зависимости от задач, решаемых такой системой, минимальное число приемных пунктов (ПП), которые должны зафиксировать сигнал от ИРИ, составляет от трех до четырех при определении координат на плоскости и в пространстве, соответственно. Такая система, как правило, должна обеспечивать определение координат ИРИ, находящихся в заранее неизвестной точке пространства. Данное требование обусловливает применение антенн с круговой диаграммой направленности (с малым коэффициентом усиления). Реализация РДМ требует наличия шкалы единого времени на всех пунктах системы и точной привязки их координат [3].

РДМ основан на измерении разности расстояний от ИРИ до ПП. Для их определения необходимо определить временные задержки между моментами прихода сигналов от ИРИ на различные ПП. Для того, чтобы измерить временные задержки принятых сигналов применяют алгоритм, основанный на определении их взаимной корреляции.

Для обеспечения определения координат, в общем случае, при РДМ необходимо использовать не менее трех ПП на плоскости (определяется координатами x, y), обеспечивающих измерение не менее двух значений по задержкам прихода сигнала $\Delta R_{12} = |R_1 - R_2|, \Delta R_{13} = |R_1 - R_3|$, и не менее четырех ПП в пространстве (определяется координатами x, y, z). Точность РДМ возрастает по мере увеличения базы – расстояния между ПП.

Местоположение ИРИ представляет собой точку пересечения гипербол, т.к. гиперболой является место точек, разность расстояний которых до двух заданных точек есть величина постоянная [3]. При построении гипербол необходимо наличие не менее двух приемных пунктов (одна пара станций способна определить только линию положения, на которой располагается объект, поэтому необходимо использовать вторую), базы которых должны быть расположены под углом друг к другу (рисунок 1).

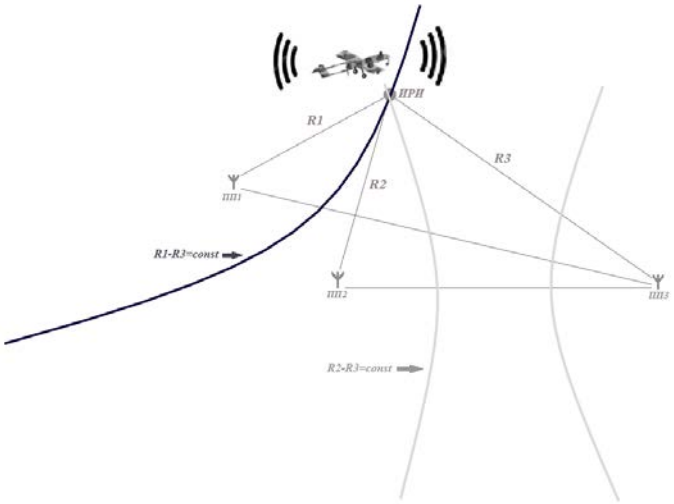


Рисунок 1. Разностно-дальномерный метод определения координат объекта

Определение местоположения источника радиоизлучения РДМ основано на формировании системы уравнений, связывающих координаты источника излучения с координатами приемников многопозиционной системы и временными задержками распространения сигналов:

$$\begin{cases} \sqrt{(x_2 - x_t)^2 + (y_2 - y_t)^2} - \sqrt{(x_1 - x_t)^2 + (y_1 - y_t)^2} = d_{21}; \\ \sqrt{(x_3 - x_t)^2 + (y_3 - y_t)^2} - \sqrt{(x_1 - x_t)^2 + (y_1 - x_t)^2} = d_{31}. \end{cases} \quad (1)$$

где d_{21},d_{31} - разность расстояний между ИРИ и каждым ПП; x_t,y_t – координаты ИРИ; x_i,y_i – координаты ПП.

Каждое из уравнений данной системы определяет линию положения, на которой расположен ИРИ.

Преимуществами РДМ являются [3-5]: простота антенной конструкции, высокая пропускная способность, т.к. наземные станции могут обслуживать значительное число ИРИ, находящихся в пределах дальности действия системы, а также высокая потенциальная точность оценки координат.

Недостатками РДМ являются: обязательное наличие нескольких ПП, шкалы времени которых должны быть синхронизированы с высокой точностью, необходимость иметь линии связи между каждым ПП и центром обработки, необходимость решения задачи идентификации сигналов.

Следует также отметить, что показатели качества многопозиционной системы наблюдения (МПСН), использующей РДМ, зависят от различных факторов, наиболее существенными из которых являются структура сигнала ИРИ, отношение сигнал/шум на входе приемного устройства и пространственное расположение ПП относительно расположения ИРИ, то есть топология системы. Первые два фактора определяют точность оценок разностей дальностей, определяемых на основе анализа сигналов корреляционным методом. Третий фактор, наряду с первыми двумя, определяет точность определения координат ИРИ. Таким образом, представляет интерес вопрос оценки влияния данных факторов на точность оценки местоположения. При этом возможны два направления: первое – использование приближенных аналитических выражений для оценки точности МПСН, второе – использование имитационного моделирования при исследовании качества МПСН. Достоинством первого направления является строгая формализация алгоритма расчета, однако при этом сложно учесть влияние на точность оценки местоположения структуры сигнала ИРИ, а также особенной алгоритма оценки разности дальностей на основе корреляционного метода. Достоинством второго метода является возможность преодоления указанных выше недостатков первого направления, но при обеспечении адекватности принятых моделей измерительных сигналов реальным физическим процессам, происходящим в МПСН.

В настоящей работе рассмотрено второе направление оценки качества МПСН – использование имитационного моделирования.

Для разработки имитационной модели был выбран алгоритм РДМ, основанный на избыточных измерениях, но позволяющий перейти к нахождению оценок координат на основе решения системы линейных уравнений [3, 5].

Рассмотрим алгоритм РДМ. Пусть местоположению ИРИ соответствует неизвестный вектор координат $A_t = [x_t, y_t, z_t]$. Расстояние от ИРИ до центра координат рассчитывается с помощью выражения:

$$R_t = \|x_t\| = \sqrt{x_t^2 + y_t^2 + z_t^2} \tag{2}$$

Тогда расстояние от ИРИ до i-ого пункта приема с координатами $A_i = [x_i, y_i, z_i]$ будет определяться:

$$R_{ti} = \|x_i - x_t\| = \sqrt{(x_i - x_t)^2 + (y_i - y_t)^2 + (z_i - z_t)^2}, i = 1,2,...,N, \tag{3}$$

где N – общее число ПП.

Разности расстояний рассчитывают относительно опорного ПП, выбираемого произвольно. В данном примере за опорный пункт берется первый приемник.

Таким образом, можно записать:

$$d_{i,1} = R_{ti} - R_{t1} \Rightarrow R_{ti} = d_{i,1} + R_{t1}, \tag{4}$$

где R_{ti} – расстояние между ИРИ и каким-либо ПП;

R_{t1} – расстояние между ИРИ и опорным (первым) ПП;

$d_{i,1}$ - разность расстояний между ИРИ и опорным (первым) ПП.

Временные задержки можно рассчитать [4]:

$$\Delta\tau_{i1} = \frac{d_{i1}}{c}, \tag{5}$$

где с – скорость света в вакууме (с=299792458 м/с).

Далее, подставив в (4) выражение (3), и возведя обе части в квадрат, получим:

$$(x_i - x_1)x_t + (y_i - y_1)y_t + (z_i - z_1)z_t + d_{i,1}R_{t1} = \frac{1}{2}\left(R_i^2 - R_1^2 - d_{i,1}^2\right), \quad i = \overline{2,N}, \quad (6)$$

где $R_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$ – расстояние от $i-$го приемника до начала декартовой системы координат, N – количество приемных пунктов.

Систему (6) представим в матричной форме:

$$\mathbf{AX} = \mathbf{B}, \quad (7)$$

где

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} x_2 - x_1 & y_2 - y_1 & z_2 - z_1 & d_{2,1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_N - x_1 & y_N - y_1 & z_N - z_1 & d_{N,1} \end{bmatrix}_{(N-1)*4}, \quad (8)$$

$$\mathbf{X} = [x_t \quad y_t \quad z_t \quad R_{t1}]^T, \quad (9)$$

$$\mathbf{B} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} R_2^2 - R_1^2 - d_{2,1}^2 \\ \vdots \\ R_N^2 - R_1^2 - d_{N,1}^2 \end{bmatrix}_{(N-1)*1}. \quad (10)$$

Из выражения (10) с использованием процедуры псевдообращения можно определить оценку вектора $\mathbf{X}^*$:

$$\widehat{\mathbf{X}}_{t,k}^* = \left(\mathbf{A}_k^T \mathbf{W} \mathbf{A}_k\right)^{-1} \mathbf{A}_k^T \mathbf{W} \mathbf{B}_k, \quad (11)$$

где $\mathbf{W}-$ матрица весовых коэффициентов.

После выбора математического алгоритма, реализующего РДМ, необходимо было задаться моделью сигнала ИРИ. Моделирование выполнялось с использованием пакета MatLab [6].

Для моделирования была выбрана модель сигнала режима S вторичного радиолокатора системы авиационного наблюдения [1, 2]. Данный сигнал представляет собой сообщение, информационное поле которого состоит из 56-битного блока данных (рисунок 2). Режим S предназначен минимизировать объем передач на частоте 1090 МГц. Только в этом режиме передаются координаты объекта [2].

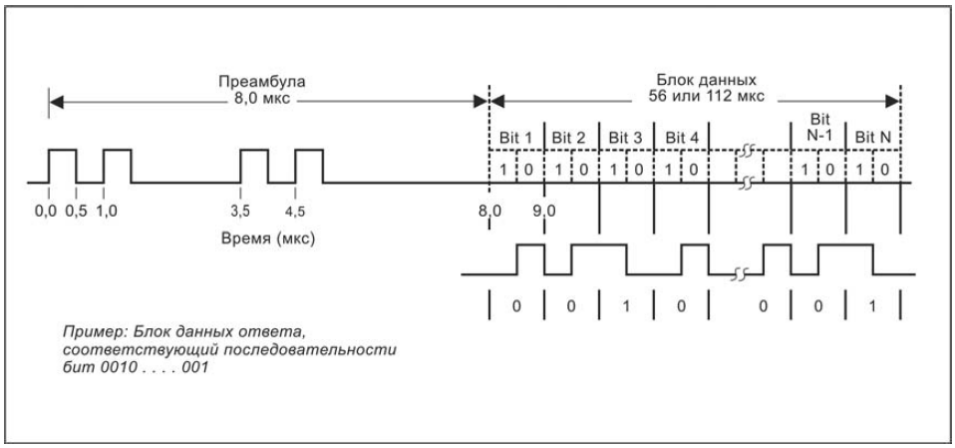


Рисунок 2. Структура сигнала ответа воздушного судна в режиме S

Блок-схема алгоритма моделирования применения РДМ для определения местоположения воздушного судна (ВС), выполняющего полет на фиксированной высоте, представлена на рисунке 3.

Рисунок 3. Блок-схема алгоритма моделирования

Моделирование осуществлялось для решения задачи оценки местоположения ВС в пространстве. Полагалось, что истинные координаты ВС известны. Наземная многопозиционная система авиационного наблюдения состояла из пяти приемных пунктов, один из которых был принят за опорный, относительно которого и вычислялись разности времен приема сигнала режима S с борта ВС.

Имитационная модель должна решать следующие частные задачи: моделирование сигнала режима S, моделирование пространственного положения ИРИ, моделирование топологии размещения ПП, моделирование задержек сигналов для различных ПП, моделирование помех в каналах измерений.

Первый блок программы обеспечивает задание маски сигнала режима S [2], в результате чего формируется имитационная модель сигнала на выходе бортового передатчика ВС. Сформированный видеосигнал модулирует гармоническое колебание заданной частоты, т.е. осуществляется моделирование принимаемого сигнала. Моделирование принимаемого сигнала показано на рисунке 4.

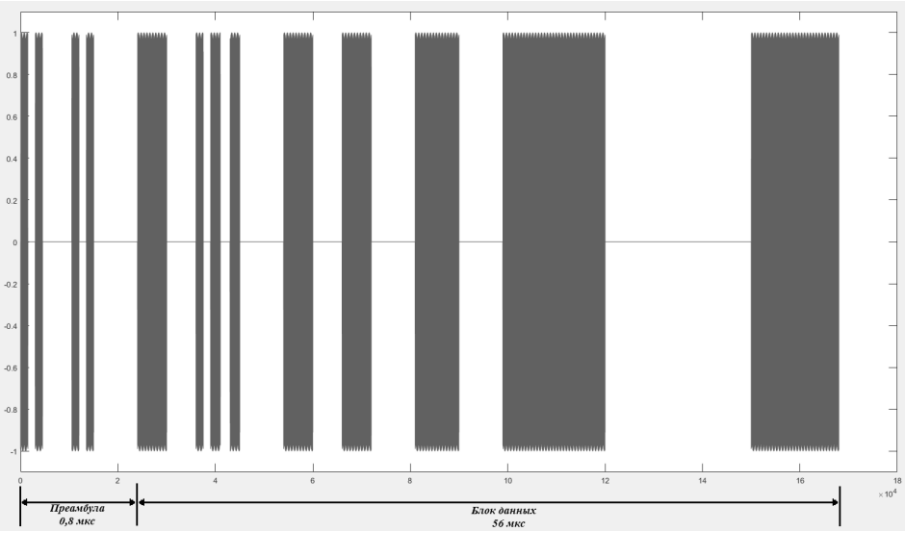


Рисунок 4. Результат моделирования сигнала на выходе первого блока программы

Второй блок программы обеспечивает создание пространственной структуры многопозиционной измерительной системы на основе задания координат каждого ПП. Также задаются координаты ИРИ (рисунок 5) [4].

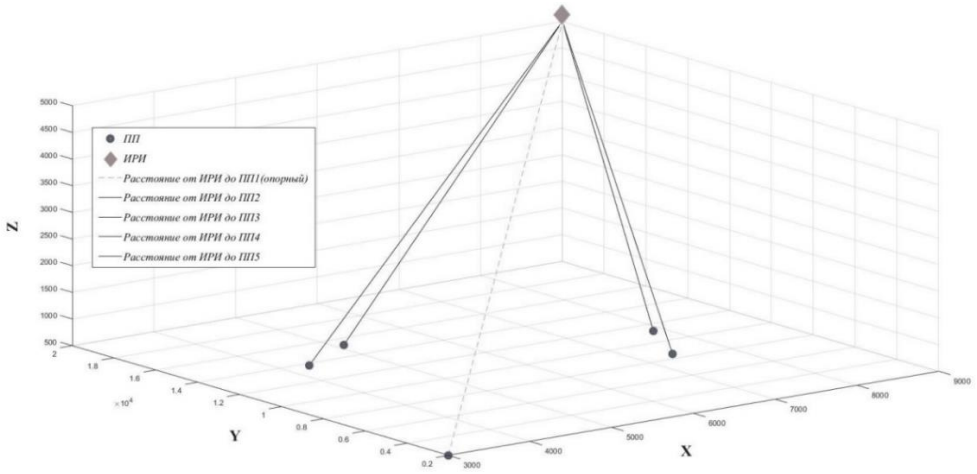


Рисунок 5. Модель РДМ в трехмерном пространстве

На рисунке 6 представлена программная реализация блока.

```
x1=3000; y1=2000; z1=500;
x2=2000; y2=6000; z2=2000;
x3=3000; y3=11000;z3=1000;    % Координаты
x4=6000; y4=3000; z4=1500;
x5=8000; y5=9000; z5=900;

xc=9000; yc=20000; zc=5000;   % Цель

F0=1090e6;       % Несущая частота
Fd=3000e6;       % Частота дискретизации
```

Рисунок 6. Фрагмент программы, реализующий задание ПП, ИРИ и модели сигнала

Третий и четвертый блоки моделируют алгоритм РДМ: они включают в себя вычисление разности расстояний, определяют задержки времени прихода сигнала на различные ПП. Время задержки прихода сигнала на ПП пассивного комплекса является основным информационным параметром для РДМ, а погрешность нахождения данного параметра прямо влияет на погрешность определения линий (поверхностей) положения [3]. Реализация блоков представлена на рисунке 7 [6].

```
D0=sqrt((xc-x1)^2+(yc-y1)^2+(zc-z1)^2); % Расстояние от ИРИ до опорного ПП
D1=sqrt((xc-x2)^2+(yc-y2)^2+(zc-z2)^2); % Расстояния между объектом и ПП
D2=sqrt((xc-x3)^2+(yc-y3)^2+(zc-z3)^2);
D3=sqrt((xc-x4)^2+(yc-y4)^2+(zc-z4)^2);
D4=sqrt((xc-x5)^2+(yc-y5)^2+(zc-z5)^2);

tau1=D0/299792458;
tau2=D1/299792458; % Расчет задержек
tau3=D2/299792458;
tau4=D3/299792458;
tau5=D4/299792458;
```

Рисунок 7. Фрагмент программы расчета разности расстояний и задержек

Пятый блок программы моделирует процесс формирования сигналов на входах приемников с различными временными задержками и шумами (рисунок 8).

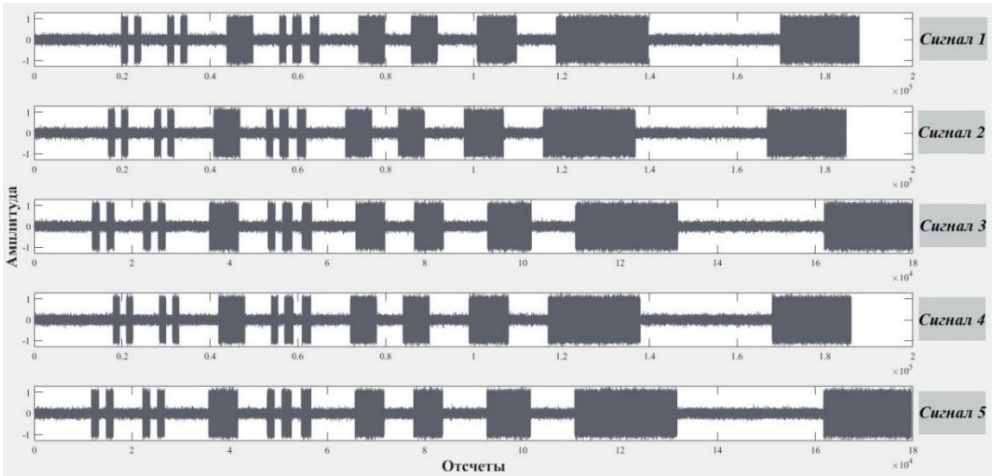


Рисунок 8. Эпюры принимаемых сигналов, имеющих различные временные задержки

Рисунок 9 представляет программную реализацию пятого блока.

```
w1 = awgn(sin_sig1,10);
w2 = awgn(sin_sig2,10);
w3 = awgn(sin_sig3,10);
w4 = awgn(sin_sig4,10);
w5 = awgn(sin_sig5,10);
```

Рисунок 9. Фрагмент программы, реализующий уровень шума

Шестой блок имитирует процесс оценки времени задержки сигналов на центральном пункте обработки измерений. Применяется алгоритм оценки задержки сигналов на основе вычисления корреляционной функции (рисунок 10).

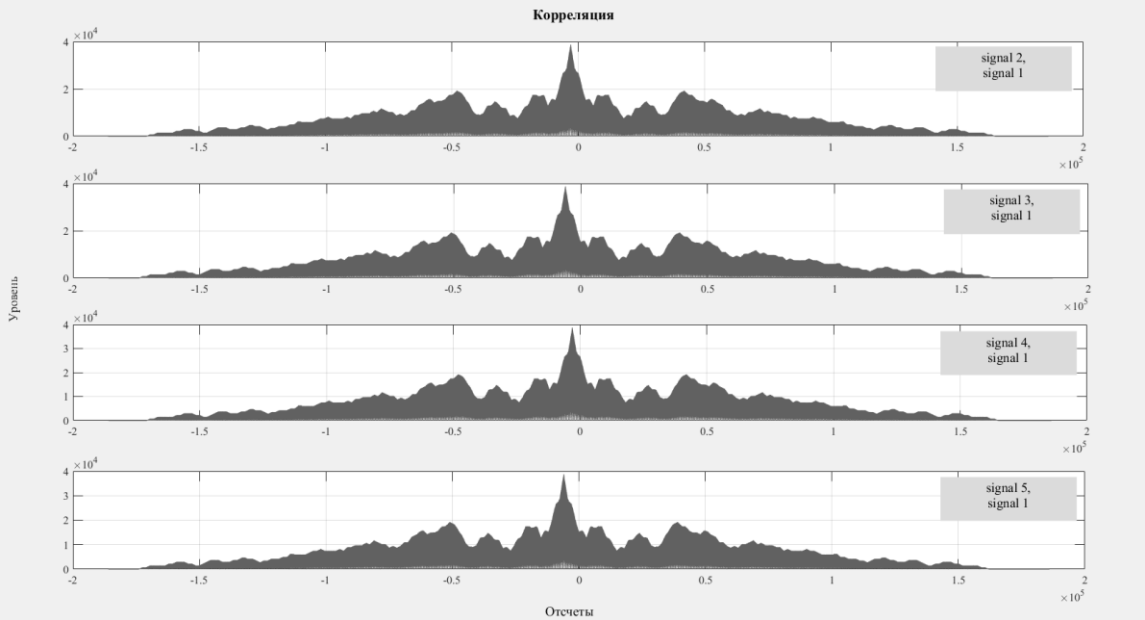


Рисунок 10. Вид корреляционных функций сигналов, принимаемых на различных ПП

Программа вычисления корреляционной функции представлена на рисунке 11 [4].

```
[Rxx1,lagRxx1] = xcorr(w2,w1);
figure
subplot(4,1,1)
plot(lagRxx1,abs(Rxx1));
[Rxx2,lagRxx2] = xcorr(w3,w1); % Корреляционная функция
subplot(4,1,2)
plot(lagRxx2,abs(Rxx2));
[Rxx3,lagRxx3] = xcorr(w4,w1);
subplot(4,1,3)
plot(lagRxx3,abs(Rxx3));
[Rxx4,lagRxx4] = xcorr(w5,w1);
subplot(4,1,4)
plot(lagRxx4,abs(Rxx4));
```

Рисунок 11. Фрагмент программы вычисления корреляционной функции

В седьмом блоке программы последовательно выполняются операции РДМ в виде алгоритма (7)-(11), по результатам которых определяются координаты ИРИ (рисунок 12).

```
A=[x2-x1 y2-y1 z2-z1 R1;
    x3-x1 y3-y1 z3-z1 R2; % Матрица с координатами и разностями расстояний
    x4-x1 y4-y1 z4-z1 R3;
    x5-x1 y5-y1 z5-z1 R4];
AT=A.';                    % Транспонирование матрицы
a=[(x2^2+y2^2+z2^2)-(x1^2+y1^2+z1^2)-R1^2;
    (x3^2+y3^2+z3^2)-(x1^2+y1^2+z1^2)-R2^2;
    (x4^2+y4^2+z4^2)-(x1^2+y1^2+z1^2)-R3^2;
    (x5^2+y5^2+z5^2)-(x1^2+y1^2+z1^2)-R4^2];
Otvet=0.5*(AT*A)^-1*AT*a) % Вектор,содержащий координаты объекта
```

Рисунок 12. Фрагмент программы вычисления координат ИРИ

Таким образом, в настоящей работе решена задача построения имитационной модели процедуры определения координат воздушного судна разностно-дальномерным методом, реализованная с использованием пакета MatLab. С помощью данной модели возможно выполнение исследований влияния на качество оценок местоположения ИРИ, формируемых на выходе МПСН, таких факторов как структура сигнала ИРИ, отношение сигнал/шум на входе приемного устройства и пространственное расположение ПП относительно расположения ИРИ, то есть топологии системы.

Следует отметить, что рассмотренный алгоритм РДМ и построенная на его основе имитационная модель, позволяют сформировать оценки координат ВС без учета модели его движения. Для повышения точности формируемых координат в дальнейшем целесообразно выполнить сглаживание оценок с использованием алгоритмов фильтрации, учитывающих возможные маневры ВС, например, рассмотренных в работах [7-9].

Литература:

1. Авиационная электросвязь. Том IV Системы наблюдения и предупреждения столкновений. Международная организация гражданской авиации. Июль 2007.

2. Руководство по авиационному наблюдению. Международная организация гражданской авиации. Издание первое – 2010.

3. Гришин Ю.П., Ипатов В.П., Казаринов Ю.М., Коломенский Ю.А., Ульяницкий Ю.Д. Радиотехнические системы / Под ред. Проф. Ю.М. Казаринова: Москва «Высшая школы». 1990.

4. Разработка алгоритмов разностно-дальномерной обработки сигналов управления воздушным движением. [Электронный ресурс] // URL: http://web.snauka.ru/issues/2016/04/66532.

5. Gillette M.D., Silverman. H.F. A Linear Closed-Form Algorithm for Source Localization From Time-Differences of Arrival // Signal Processing Letters. 2015. Vol 15, № 8. P. 1-4.

6. Солонина А.И, Клионский Д.М., Меркучева Т.В., Перов С.Н. Цифровая обработка сигналов и MATLAB. Санкт-Петербург «БХВ-Петербург». 2013.

7. Фарина А., Студер Ф. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320с.

8. A Eliseev and O Sokolova. Algorithm of linear discrete filtering with fuzzy modification of structure. XV International Scientific-Technical Conference "Dynamics of Technical Systems" 11–13 September 2019, Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation.

9. Елисеев А.В., Ануфриев К.В., Погорелов Р.А., Рубайло Д.Э Алгоритм адаптивной настройки параметров линейного дискретного фильтра с использованием нечеткой экспертной системы // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 7 (9). С. 89-102.

В.И. Юхнов[1], И.А.Енгибарян[1], О.А. Сафарьян[2], И.А. Пилипенко[2]

АНАЛИТИЧЕСКИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ ОЦЕНОК ОТКЛОНЕНИЯ ЧАСТОТЫ И ДЛИТЕЛЬНОСТИ ФОРМИРУЕМЫХ СИГНАЛОВ В ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

[1]Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система, стабилизация частоты, метод статистической стабилизации частоты, оценивание длительности временного интервала, стабильность частоты.

Рассматриваются вопросы, позволяющие уточнять текущие значения случайных процессов по результатам измерений на различных временных. Представлены соотношения, определяющие влияние отклонений предполагаемых параметров случайного процесса. Представлен анализ аналитических соотношений, связывающих параметры генераторов в информационно-телекоммуникационной системе и потенциально достижимой стабильности частоты.

V.I. Yukhnov[1], I.A. Engibaryan[1], O.A. Safar'yan[2], I.A. Pilipenko[2]

ANALYTICAL DEPENDENCIES FOR ESTIMATING OF THE DEVIATION OF FREQUENCY AND DURATION OF GENERATED SIGNALS IN INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS SYSTEMS

[1]Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
[2]Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information-measuring system, signal model, carrier frequency, frequency stability, method of statistical frequency stabilization

The questions of estimating of the current values of random processes based on the results of measurements at various time scales. The relations determing the influence of deviations of the assumed parameters of a random process are presented. The analysis of

analytical relations linking the parameters of generators in the information and telecommunications system and the potentially achievable frequency stability is presented.

Используемые в информационно-телекоммуникационных системах сигналы должны формироваться на основе несущих колебаний с высокой стабильностью частоты. При этом требования к стабильности частоты в настоящее время при переходе к системам 5G и в последующем все более повышаются, что связано как с расширением спектра используемых сигналов, так и необходимостью функционирования в более сложной сигнальной обстановке [1].

Одним из методов повышения стабильности частоты, который может находить применение в информационно- телекоммуникационных системах, включающих большое число одновременно и независимо работающих генераторов, является метод статистической стабилизации частоты [2-8].

Применение данного метода связано с получением оценки длительности временного интервала измерений, в течение которого проводится измерение фаз несущих сигналов, формируемых радиоэлектронными устройствами абонентов. На этапе проектирования для задания требований к генераторам радиоэлектронных устройств необходимо проводить оценивание ожидаемых значений стабильности частоты, что может быть проведено с использованием аналитических зависимостей между параметрами генераторов (числом, номинальными частотами и относительными нестабильностями генераторов) и потенциально достижимым значением стабильности частоты.

Целью доклада является представление и анализ аналитических соотношений, связывающих параметры генераторов в информационно-телекоммуникационной системе и потенциально достижимой стабильности частоты.

Рассмотрим информационно-телекоммуникационную систему, в составе которой функционируют N генераторов с номинальными значениями частоты $f_n^{(0)}$ и относительной нестабильности $\sigma_n^{(0)}$ ($n = 1,...,N$). Представим с учетом выполненной линеаризации измеряемое значение фазы сигнала n-го генератора на измерительном интервале длительностью t_0 следующим выражением

$$\Phi_n = \Phi_n^{(0)} + f_n^{(0)} \cdot \Delta t + \Delta f_n \cdot t_0, \quad (1)$$

где Φ_n - измеренное значение фазы сигнала, полученное для n-го генератора на измерительном интервале; $\Phi_n^{(0)} + f_n^{(0)} \cdot t_0$; $\Delta f_n = f_n^{(0)} - f_n$; Δt - отклонение длительности измерительного интервала от номинального значения, обусловленное нестабильностью генератора Γ_0, используемого в качестве устройства, задающего длительность измерительного интервала.

С учетом соотношения (1) отклонение частоты n-го генератора от номинального значения, с которым функционирует данный генератор, может быть представлено в виде

$$\Delta f_n = \frac{\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t}{t_0}, \quad (2)$$

где $\Delta\Phi_n = \Phi_n - \Phi_n^{(0)}$.

Плотность распределения отклонений частоты n-го генератора принимается подчиненной нормальному закону распределения [2-6] и определяется выражением

$$p\left(\Delta f_n\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n^{(0)}} \exp\left[-\frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t\right)^2}{2\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot t_0^2} \right]. \tag{3}$$

Соотношение (3) позволяет записать логарифмическую функцию правдоподобия, зависящую от параметра Δt.

$$\begin{aligned} L\left(\Delta t\right) &= \ln \prod_{n=1}^{N} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_n^{(0)}} \exp\left[-\frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t\right)^2}{2\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot t_0^2} \right] \right\} = \\ &= \sum_{n=1}^{N} \left\{ -\ln\left(\sqrt{2\pi}\sigma_n^{(0)}\right) - \frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t\right)^2}{2\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot t_0^2} \right\} \end{aligned}. \tag{4}$$

Оценка Δt определяется из условия максимума функции правдоподобия (4), что приводит к уравнению

$$\frac{dL\left(\Delta t\right)}{d\Delta t} = 0, \tag{5}$$

решение которого имеет вид

$$\Delta t = \frac{\sum_{n=1}^{N}\left(\Delta\Phi_n \cdot f_n^{(0)}\right)}{\sum_{n=1}^{N}\left(\sigma_{0,n}^2 \cdot t_0^2 \cdot \left(f_n^{(0)}\right)^2\right)}. \tag{6}$$

Полученное соотношение (6) позволяет проанализировать наиболее общие закономерности, связывающие параметры генераторов в информационно-телекоммуникационной системе и потенциально достижимое значение стабильности частоты. При этом найденная оценка стабильности будет относиться ко всем генераторам системы.

Наиболее простым случаем является система N генераторов с одинаковыми параметрами $f_n^{(0)} = f_0$, $\sigma_n^{(0)} = \sigma_0$, ($n = 1,...,N$). Соотношение (6) в этом случае преобразуется как

$$\Delta t = \frac{\sum_{n=1}^{N} \Delta\Phi_n}{N \cdot \sigma_0^2 \cdot t_0^2 \cdot f_0}, \quad (6)$$

откуда следует, совместная обработка фаз сигналов генераторов приводит к уменьшению дисперсии оценки длительности временного интервала измерений Δt

$$D\{\Delta t\} = \frac{\left(\sigma_0^{(0)}\right)^2}{N}. \quad (7)$$

Повышение точности оценивания Δt приводит в соответствии с (2) к повышению точности оценивания текущей частоты каждого из генераторов в составе информационно-телекоммуникационной системы.

Более общим случаем является совокупность генераторов, для которых выполняется условие $\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot \left(f_n^{(0)}\right)^2 = \left(\sigma_0^{(0)}\right)^2 \cdot f_0^2$, ($n = 1,\ldots,N$). Получаемая при этом оценка отклонения длительности временного интервала измерений определяется формулой

$$\Delta t = \frac{\sum_{n=1}^{N} \Delta\Phi_n \cdot f_n^{(0)}}{N \cdot \sigma_0^2 \cdot t_0^2 \cdot f_0^2}, \quad (8)$$

Последнее выражение показывает, что наиболее общей характеристикой, определяющей предельно достижимую стабильность частоты генераторов и длительности временного интервала, являются не значения частоты и нестабильности частоты генераторов, а их произведение. Таким образом, в методе статистической стабилизации частоты совокупность генераторов необходимо рассматривать как систему, характеризуемую собственно частотой генератора и обобщенной нестабильностью $\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot \left(f_n^{(0)}\right)^2$ ($n = 1,\ldots,N$).

Таким образом, можно отметить, что совместная обработка отклонений фаз сигналов в системе одновременно и независимо функционирующих при использовании статистического метода стабилизации частоты допускает простые, но достаточные для практического применения оценки потенциально достижимой нестабильности частоты в информационно-телекоммуникационной системе.

Работа выполнена при материальной поддержке РФФИ, грант №19-01-00151/20.

Литература:

1. *Алешин Л.И.* Защиты информации в системах управления. – М.: МГУК. – 2009.

2. *Сафарьян О.А.* Метод статистической стабилизации частоты независимо работающих генераторов в инфокоммуникационных системах: дис. канд. техн. наук: 05.12.04: защищена 23.04.15: утв. 6.10.15 № 1192/нк-6 / Сафарьян Ольга Александровна. – Ростов-на-Дону, 2014. – 151 с.

3. *Сафарьян О.А.* Метод оценки частоты генераторов в условиях непрогнозируемого изменения длительности интервала измерений // Вестник ДГТУ, 2014, № 4. Ч. 2. - С. 47-54.

4. *Габриэльян Д.Д., Прыгунов А.А., Прыгунов А.Г., Сафарьян О.А.* Метод оценки частот в системе генераторов // Физические основы приборостроения, 2012, Т. 1. № 2. - С. 72-77.

5. *Енгибарян И.А., Сафарьян О.А.* Использование свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть 1. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2016, С. 122-126.

6. *Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Пилипенко И.А., Сафарьян О.А.* Моделирование сигналов в распределенных информационно-измерительных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019, С. 152-155.

7. *Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А., Сахаров И.А.* Оценка вариации Аллана при использовании метода статистической стабилизации частоты генераторов // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть 1. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019, С. 156-159.

8. *Габриэльян Д.Д., Егорочкин О.Г., Михалин А.И., Сафарьян О.А.* Алгоритм оценки частот генераторов в системах телекоммуникаций // Современные проблемы радиоэлектроники материалы Третьей Международной научной конференции. – Ростов-на-Дону.: ЮРГУЭС, 2010, С. 29-32.

В.И. Юхнов[1], И.А. Енгибарян[1], О.А. Сафарьян[2], И.А. Пилипенко[2]

ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОЙ ФУНКЦИИ ПРАВДОПОДОБИЯ

[1]Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
[2]ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационно-измерительная система, модель сигнала, метод статистической стабилизации частоты, многомерная функция правдоподобия, частота несущего колебания, стабильность частоты.

Рассматриваются вопросы построения многомерной функции распределения для оценивания параметров сигнала в информационно-измерительной системе.

Показано, что переход от одномерной к многомерной функции распределения позволяет уменьшить дисперсию оценок частоты несущего колебания сигналов в информационно-измерительной системе. Проанализирована взаимосвязь получаемых оценок при различных сочетаниях значений параметров сигналов.

V.I. Yukhnov[1], I.A. Engibaryan[1], O.A. Safar'yan[2], I.A. Pilipenko[2]

EVALUATION OF SIGNAL PARAMETERS IN DISTRIBUTED INFORMATION-MEASURING SYSTEMS ON BASE OF THREE-DIMENSIONAL LIKELIHOOD FUNCTION

[1]Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
[2]Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information-measuring system, signal model, carrier frequency, frequency stability, method of statistical frequency stabilization.

The article deals with the construction of a multidimensional distribution function for evaluating signal parameters in an information and measurement system. It is shown that the transition from a one-dimensional to a multidimensional distribution function reduces the variance of estimates of the frequency of the carrier oscillation of signals in the information and measurement system. The relationship of the obtained estimates for different combinations of signal parameter values is analyzed.

Используемые в информационно-измерительных системах сигналы представляют собой многомерные случайные процессы. Многомерный характер случайных процессов, используемых для описания сигналов, определяется двумя основными факторами:

- изменением параметров сигнала в соответствии с передаваемым информационным сообщением;
- шумами в канале (линии) связи, обусловленными тепловыми шумами, приемом сигналов других абонентов и др.

В современных информационно-измерительных системах используется цифровые методы изменения информационных параметров сигналов, основой которых являются методы фазовой манипуляции [1]. Применение указанных методов связано с обеспечением высокой стабильности частоты в каналах связи, которая может достигаться путем управления параметрами генераторов, Однако поддержание требуемой стабильности определяется возможностью получения несмещенных и эффективных оценок параметров сигнала. К указанным процессам для сигналов с фазовой манипуляцией относятся:

- частота несущей, на основе которой формируется сигнал;
- относительная нестабильность частоты несущей сигнала.

Одним из методов повышения стабильности частоты, который может находить применение в информационно-измерительной системе, включающей большое число абонентов, является метод статистической стабилизации частоты [2-7].

Применение данного метода основано на оценивании длительности временного интервала измерений, в течение которого осуществляется измерение фаз несущих сигналов, формируемых радиоэлектронными устройствами абонентов. Таким образом, применение указанного метода в информационно-измерительных

системах для стабилизации частоты сигналов связано с использованием функции правдоподобия, аргументами которой являются длительность временного интервала измерений, частота несущего колебания, относительная нестабильность частоты.

Целью доклада является построение трехмерной функции правдоподобия и получение оценок параметров сигнала в информационно-измерительной системе.

Представим измеряемое значение фазы сигнала n-го генератора на измерительном интервале следующим выражением

$$\Phi_n^{(m)} = \Phi_n^{(0)} + f_n^{(0)} \cdot \Delta t + (\Delta f_n + 2\delta f_n) \cdot t_0 , \quad (1)$$

где Φ_n - измеренное значение фазы сигнала, полученное для n-го генератора на измерительном интервале; $\Phi_n^{(0)} = f_n^{(0)} \cdot t_0$; $\Delta f_n = f_n - f_{0,n}$; Δt - отклонение длительности измерительного интервала от номинального значения, обусловленное нестабильностью генератора Γ_0, используемого в качестве устройства, задающего длительность измерительного интервала.

С учетом соотношения (1) отклонение частоты n-го генератора от номинального значения может быть представлено в виде

$$\Delta f_n = \frac{\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t}{t_0} - 2\delta f_n , \quad (2)$$

где $\Delta\Phi_n = \Phi_n - \Phi_n^{(0)}$.

Плотность распределения отклонений частоты n-го генератора принимается подчиненной нормальному закону распределения [2-6] и определяется выражением

$$p(\Delta f_n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{0,n}} \exp\left[-\frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t - 2\delta f_n \cdot t_0\right)^2}{2\sigma_{0,n}^2 \cdot t_0^2} \right]. \quad (3)$$

Соотношение (3) позволяет записать логарифмическую функцию правдоподобия, зависящую от всех оцениваемых параметров Δt, δf_n и $\delta\sigma_n$.

$$\begin{aligned} & L(\mathbf{\Delta t}, \mathbf{\delta f}, \mathbf{\delta\sigma}) = \\ & = \ln \prod_{n=1}^{N} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{0,n}} \exp\left[-\frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t - 2\delta f_n \cdot t_0\right)^2}{2\sigma_{0,n}^2 \cdot t_0^2} \right] \right\} = \\ & = \sum_{n=1}^{N} \left\{ -\ln\left(\sqrt{2\pi}\sigma_{0,n}\right) - \frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t - 2\delta f_n \cdot t_0\right)^2}{2\sigma_{0,n}^2 \cdot t_0^2} \right\} \end{aligned} , \quad (4)$$

где Δt; $\boldsymbol{\delta \mathbf{f}} = \{\delta f_1, ..., \delta f_N\}$; $\boldsymbol{\delta\sigma} = \{\delta\sigma_1, ..., \delta\sigma_N\}$.

Дополнительно следует учесть, что современный уровень технологии производства радиоэлектронных устройств и их компонент позволяет для практического приложения считать $\delta\sigma_n = \sigma_{0,n} - \sigma_n^{(0)} \approx \sigma_n^{(0)}$. Это дает возможность выполнить преобразование, связанное с линеаризацией логарифмической функции правдоподобия и привести выражение (4) к виду

$$L(\boldsymbol{\Delta t}, \boldsymbol{\delta \mathbf{f}}, \boldsymbol{\delta\sigma}) = \\ = \sum_{n=1}^{N} \left\{ -\ln\left(\sqrt{2\pi}\sigma_{0,n}\right) - \frac{\delta\sigma_n}{\sigma_n^{(0)}} - \frac{\left(\Delta\Phi_n - f_n^{(0)} \cdot \Delta t - 2\delta f_n \cdot t_0\right)^2}{2\left(\sigma_n^{(0)}\right)^2 \cdot t_0^2} \left(1 - \frac{2\delta\sigma_n}{\sigma_n^{(0)}}\right) \right\}. \quad (5)$$

Оценки $\Delta\hat{t}_m$, определяются из условия максимума функции правдоподобия (5), что приводит к решению системы $2N+1$ уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{\partial L\left(\Delta t, \boldsymbol{\delta \mathbf{f}}, \boldsymbol{\delta\sigma}\right)}{\partial \Delta t_m} = 0, \\ \dfrac{\partial L\left(\boldsymbol{\Delta t}, \boldsymbol{\delta \mathbf{f}}, \boldsymbol{\delta\sigma}\right)}{\partial \delta f_n} = 0,\ n = 1, ..., N, \\ \dfrac{\partial L\left(\boldsymbol{\Delta t}, \boldsymbol{\delta \mathbf{f}}, \boldsymbol{\delta\sigma}\right)}{\partial \delta\sigma_n} = 0,\ n = 1, ..., N. \end{cases} \quad (6)$$

Общее число оцениваемых значений составляет $2N+1$. Для решения системы уравнений (6) необходимо выполнить количество измерений, большее $2N+1$. Полученная система уравнений определяет решение только в смысле минимизации квадратов невязок [8].

Возможность получения совместных оценок трех параметров (длительности интервала измерений, частоты несущего колебания на измерительном интервале и относительной нестабильности частоты для каждого из сигналов) представляют основное отличие использования трехмерной функции правдоподобия от ранее рассматриваемого метода статистической стабилизации частоты. Следствием расширения числа оцениваемых параметров сигнала является повышение точности получаемых оценок.

Использование многомерной функции правдоподобия, аргументами которой являются отклонения длительностей временных интервалов измерений от номинальных значений, а также для каждого из генераторов отклонения между истинными и предполагаемыми значениями номинальной частоты и отклонения между истинными и предполагаемыми значениями относительной нестабильности позволяет получить более точные оценки текущей частоты генераторов. Проведенный численный эксперимент показал, что уточнение значений относительной нестабильности генераторов не приводит к практически значимому

повышению точности оценивания текущих значений частоты генераторов. С учетом этого возможен переход к функции правдоподобия относительно только переменных отклонения длительностей временных интервалов измерений от номинальных значений и отклонения между истинными и предполагаемыми значениями номинальной частоты для каждого из генераторов.

Таким образом, можно отметить, что совместная обработка отклонений фаз сигналов в системе одновременно и независимо функционирующих при использовании предложенной трехмерной функции правдоподобия принципиально снимает ограничения на требования точного задания значений параметров генераторов, что соответственно расширяет возможности применения метода статистической стабилизации частоты в информационно-измерительных системах.

Работа выполнена при материальной поддержке РФФИ, грант № 19-01-00151/20.

Литература:

1. *Алешин Л.И.* Защиты информации в системах управления. – М.: МГУК. – 2009.

2. *Сафарьян О.А.* Метод статистической стабилизации частоты независимо работающих генераторов в инфокоммуникационных системах: дис. канд. техн. наук: 05.12.04: защищена 23.04.15: утв. 6.10.15 № 1192/нк-6 / Сафарьян Ольга Александровна. – Ростов-на-Дону, 2014. – 151с.

3. *Сафарьян О.А.* Метод оценки частоты генераторов в условиях непрогнозируемого изменения длительности интервала измерений // Вестник ДГТУ, 2014, № 4. Ч. 2. - С. 47-54.

4. *Габриэльян Д.Д., Прыгунов А.А., Прыгунов А.Г., Сафарьян О.А*. Метод оценки частот в системе генераторов // Физические основы приборостроения, 2012, Т. 1. № 2. - С. 72-77.

5. *Енгибарян И.А., Сафарьян О.А.* Использование свойств эмерджентности в инфокоммуникационных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть 1. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2016, С. 122-126.

6. *Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Пилипенко И.А., Сафарьян О.А.* Моделирование сигналов в распределенных информационно-измерительных системах // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019, С. 152-155.

7. *Юхнов В.И., Енгибарян И.А., Сафарьян О.А., Сахаров И.А.* Оценка вариации Аллана при использовании метода статистической стабилизации частоты генераторов // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть 1. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019, С. 156-159.

8. *Мазмишвили А.И.* Теория ошибок и метод наименьших квадратов. – М.: Недра, 1978. – 310 с.

В.С. Литвяков, В.Г. Орлов

МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖСЕТЕВОГО ТРАФИКА В СЕТЯХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ РАЗНЫХ СТАНДАРТОВ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»

Ключевые слова: сети мобильной связи, LTE, UMTS, GSM, интерфейсы межсетевого взаимодействия, гостевая и домашняя сеть.

Рассмотрены процедуры и механизмы межсетевого взаимодействия сетей мобильной связи разных поколений. Приведены характеристики и назначение интерфейсов, обеспечивающих межсетевой обмен данными и предоставление заявленных услуг в условиях динамической миграции абонентов в сетях разных поколений. Приведены схемы и описание взаимодействия структурных узлов сетей мобильной связи разных поколений в условиях роуминга и межсетевой мобильности абонентов.

V.S. Litvyakov, V.G. Orlov

MECHANISMS OF INTERACTION OF INTERNET NETWORK TRAFFIC IN MOBILE COMMUNICATIONS NETWORKS OF DIFFERENT STANDARDS

Order of the Red Banner of Labor Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow Technical University of Communications and Informatics, Russia

Key words: mobile communication networks, LTE, UMTS, GSM, internetworking interfaces, guest and home network.

The procedures and mechanisms of interconnection of mobile communication networks of different generations are considered. The characteristics and purpose of the interfaces providing the internetwork data exchange and the provision of the claimed services in the conditions of dynamic migration of subscribers in networks of different generations are given. Schemes and a description of the interaction of structural nodes of mobile communication networks of different generations in the conditions of roaming and interconnect mobility of subscribers are given.

Введение

Сети мобильной связи на протяжении последнего десятилетия динамично развиваются, обеспечивая абонентам постоянное повышение качества связи по передаче голосовой информации и данных, а также расширение номенклатуры предоставляемых сервисных услуг. Это достигается за счет разработки и внедрения новых технологий, оборудования и стандартов, используемых в системах мобильной связи. В настоящее время в эксплуатации отечественных операторов находятся сети разных поколений с различными технологиями и стандартами мобильной связи. Так по данным GSM Association (GSMA) во II квартале 2019 года в России из общего количества 261,6 млн. соединений в мобильных сетях, число соединений в сетях поколений 2G/3G/4G распределилось соответственно 135,2/ 91,9/ 34,5 млн. [7]. На

рисунке 1 приведено соотношение пользователей сетями разных поколений в России и в странах с развитой структурой мобильных услуг связи, включая широполосный доступа в Интернет (сети 3 и 4 G). Из **рисунка 1** следует, что покрытие сетями 4G в РФ на основании относительного количества сессий в общем числе сессий мобильной связи в РФ составляет около 14%. При этом уровень проникновения мобильной связи в нашей стране является одним из самых высоких в мире и составляет на начало 2020 г. 178 %. [7]

Эволюция и стандарты поколений современных сетей мобильной связи связаны с появлением новых радиотехнологий, обеспечивающих более эффективное использование канального ресурса и создания комфортной среды для взаимодействия с Интернет.

Прогресс технологий обусловил плавный характер эволюции сетей, характерной особенностью которой стало появление сетей переходных поколений, использующих базовую инфраструктуру сетей полноценных поколений и характеризующихся более высокими относительными показателями скорости обмена данными и подвижности абонентов: 2G/GSM; 2,5G/ GPRS; 2,75G/ EDGE; 3G/UMTS; 3,5G/HSDPA, HSUPA; 4G/LTE, LTE-Advanced.

Обширное покрытие регионов РФ сетями мобильной связи ранних поколений (2 и 3 G) при интенсивном развёртывание новых сетей с высокоскоростным мобильным доступом (4G, а в дальнейшем 5 G), а также огромная абонентская база пользователей телекоммуникационными услугами мобильной связи, определяют актуальность решения задач обеспечения межсетевого трафика в сетях разных поколений и стандартов.

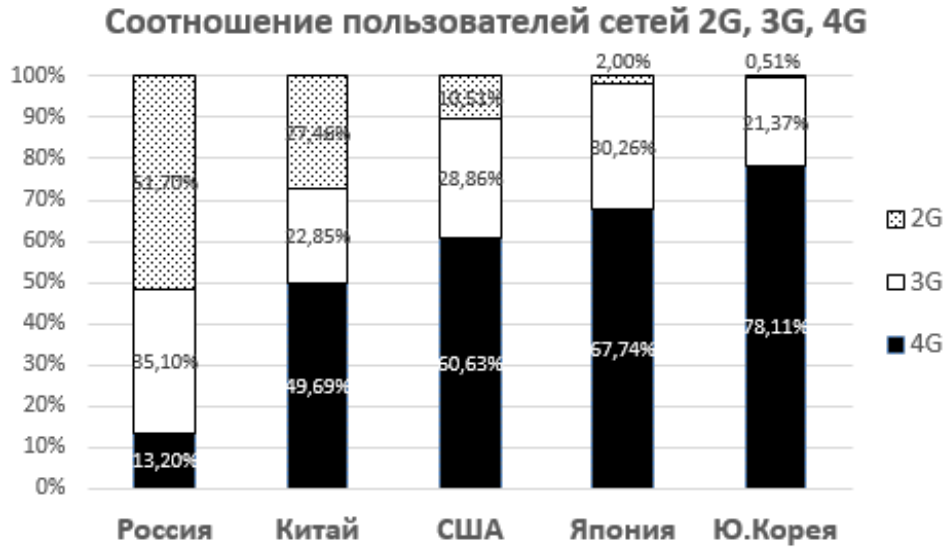


Рисунок 1. Соотношение пользователей сетями мобильной связи 2G, 3G и 4G

Структура конвергентной сети, использующей стандарты мобильной связи разных поколений.

Базовыми структурными элементами, конвергентной сети **рисунок 2**, обеспечивающей взаимодействие и обмен сетевым и сигнальным трафиком между сетями мобильной связи разных поколений являются, [1,6]:

Сеть радиодоступа:

- в GSM (2G) сеть радиодоступа представлена GERAN (GSM EDGE Radio Access Network);

- в UMTS (3G) - это UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network;
- в LTE (4G) сеть радиодоступа это E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network).

Опорная сеть:

- опорная сеть является ядром всех сетей сотовой связи. В GSM (2G) это ядро называют сетью коммутации, в UMTS — Core Network. Данная сеть делится на две части: CS CORE отвечает за голосовой трафик - все CS (Circuit Switch) соединения; PS CORE отвечает за пакетный трафик - PS (Packet Switch) соединения;
- ядро сети LTE (4G) именуется Evolved Packet Core (EPC) или усовершенствованное пакетное ядро. В LTE используется IP-протокол, обеспечивающий глобальное взаимодействие сетей разных стандартов.

HLR/HSS (Home Location Register, HSS *–усовершенствованная версия HLR*).

Представляет собой базу данных, с хранящейся в ней информацией о территориальном положении всех домашних абонентов. Так же там хранится информация об услугах (разрешения на использование) доступных подключенным абонентам, в том числе: на совершение исходящих вызовов, отправление/приём SMS, использование конференц-связи и др. Помимо этого в HLR хранится идентификатор MSC, который обслуживает мобильного абонентом.

MSC/VLR

MSC (Mobile Switching Center) - это центр коммутации абонентов, а VLR (Visitor Location Register) – совмещённый с ним регистр гостевых абонентов. VLR хранит данные только тех абонентов, которые находятся в данный момент в зоне действия соответствующего MSC. MSC выполняет функции коммутатора, обеспечивая для исходящих соединений определение их дальнейшего переключения в опорной сети, а для входящих – выбор и определение BSC на которую необходимо перенаправить соединение. Помимо этого, в MSC собираются и формируются данные для биллинга.

GMSC (Gateway MSC) - шлюзовой коммутатор, использующийся для входящих вызовов и передачи голосового трафика.

SGSN (Serving GPRS Support Node) - обслуживающий узел поддержки сетей GPRS. Определяет и обеспечивает предоставление услуг, на основе запрошенных данных APN (Access Point Name, точки доступа), а также собирает данные для биллинга трафика.

GGSN (Gateway GPRS Support Node) - шлюзовой узел поддержки сетей GPRS. Основная функция GGSN - это контроль за безошибочной доставкой пакетов.

S-GW (Serving Gateway) – обслуживающий шлюз в сети LTE. Является якорной точкой (точка объединения трафика) для хендоверов как внутри собственной, так и между сетями доступа стандартов LTE/UMTS и LTE/GSM. Осуществляет только пакетную коммутацию, буферизирует пакеты, взаимодействующих с ним UE и предоставляет учетные данные для тарификации и биллинга трафика. Помимо этого, *S-GW* обеспечивает поддержание качества предоставляемых услуг (QoS) у связанных с ним абонентов сети.

P-GW (Packet Data Network Gateway) - пакетный шлюз сети LTE, создающий точку доступа абонентов (UE) к внешним пакетным сетям. В состав шлюза входит узел PCEF (Policy and Charging Enforcement Function), который обеспечивает QoS предоставляемой абонентам услуги на внешнем сетевом соединении используя интерфейс SGi, а также отвечает за фильтрацию пакетов данных. В случае нахождения абонента в домашнем регионе шлюзы P-GW и S-GW являются единым

устройством. Туннельное соединение между ними обеспечивается по интерфейсу S5. В случае нахождения абонента в роуминге, S-GW гостевой сети связывается с P-GW домашней сети по интерфейсу S8.

MME (Mobility Management Entity) - управляющий блок функционально отвечает за выполнение процедур, входящих в протокол Mobility Management. При этом обеспечивается безопасность UE при подключении к сети и выбор соответствующих S-GW и P-GW. MME связан с HSS с помощью интерфейса S6a. Для соединения различных MME используется интерфейс S10, отвечающий за обслуживание UE при перемещениях абонентов, в том числе и в роуминге.

PCRF (Policy and Charging Resource Function) - управляющий сервер, обеспечивающий централизованное управление ресурсами сети, а также учет и тарификацию предоставляемых услуг.

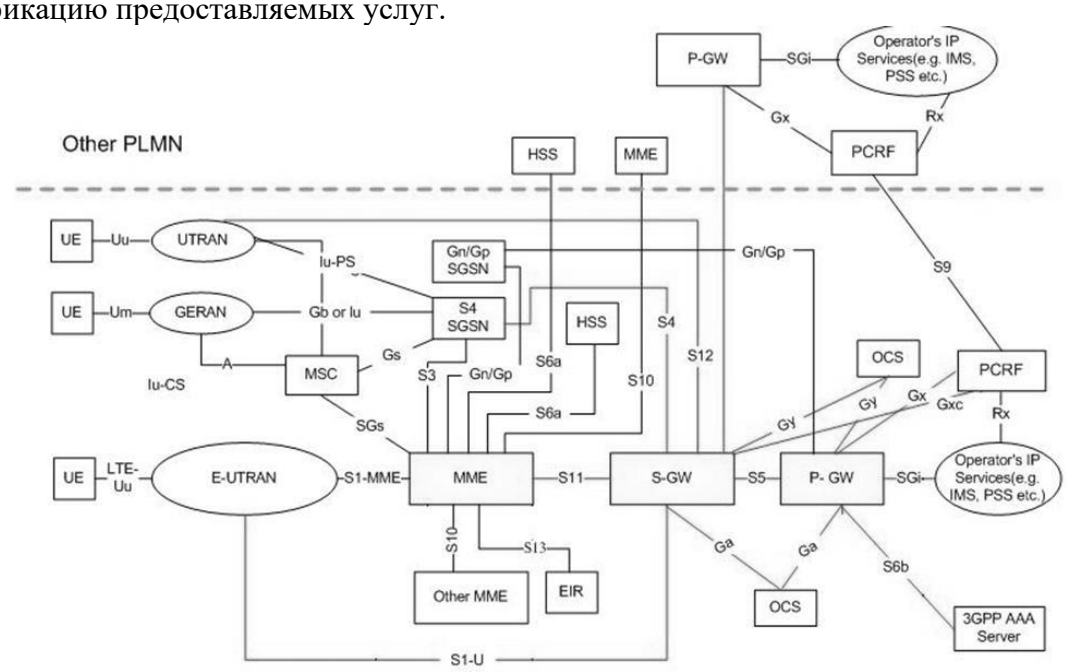


Рисунок 2. Обобщённая структура конвергентной сети, обеспечивающей взаимодействие мобильных сетей разных поколений

В **таблице 1** приведено назначение и функциональные характеристики интерфейсов, используемых для обмена информационным и сигнальным трафиком между структурными элементами конвергентной сети.

Особенности взаимодействия сети стандарта LTE (4G) с сетями предшествующих поколений (2G/3G)

Одной из основных проблем, возникающих при взаимодействии сети 4G с сетями более ранних поколений (стандартов) является необходимость поддержки обеспечения мобильности UE при перемещении абонента между зонами обслуживания разных сетей [1].

Существуют два типа алгоритмов используемых при взаимодействии сетей LTE (4G) с сетями 2G/3G:

- алгоритмы обеспечивающие дискретную мобильность (роуминг);
- алгоритмы обеспечивающие непрерывную мобильность (хэндовер).

Таблица 1. Интерфейсы, используемые в межсетевом взаимодействии и обмене данными между сетями мобильной связи поколений 2/3/4G

Интерфейс	**Назначение и функциональные характеристики**
S3	Необходим для взаимодействия и передачи данных управления между SGSN и MME с целью обеспечения мобильности абонентов между сетью LTE и сетями прошлых поколений.
S4	Интерфейс для взаимодействия S-GW и SGSN, необходим для обеспечения мобильности абонентов между сетью четвёртого и сетями прошлых поколений, осуществляет передачу данных пользователя
S5	Интерфейс между S-GW и P-GW. Обеспечивает сигнальный обмен и передачу данных пользователей с использованием туннелей на основе протоколов GTP или GRE
S6a	Обеспечивает взаимодействия HSS и MME для передачи данных профиля абонента, необходимых для проведения процедур аутентификации в сети 4G.
S8	Служит для взаимодействия P-GW и S-GW с целью передачи, данных пользователя, находящегося в гостевой сети на **рисунке 4**
S9	Интерфейс между H-PCRF и V-PCRF. PCRF необходим для отправки служебных данных (политик) управления качеством передачи данных. В гостевой сети посредством интерфейса S9 передаются данные о правилах тарификации.
S10	Обеспечивает взаимодействие разных MME для обслуживании UE при его перемещениях
S11	Интерфейс между MME и S-GW в сети стандарта LTE (4G). Используется для передачи служебных данных абонента, участвует в процедуре хендовера и др.
S12	Осуществляет взаимодействие между S-GW и MSC/VRL путём передачи данных пользователей. Необходим для обеспечения мобильности абонентов между сетью LTE и сетями предшествующих поколений.
Gx	Предназначен для отправки служебной информации (политик) управления качеством передачи данных и тарификации от PCRF к PCEF, конструктивно совмещённых с P-GW.
Gxc	Интерфейс между S-GW и PCRF, необходим для отправки служебных данных (политик) управления качеством передачи данных от модуля PCRF к S-GW
SGi	Интерфейс между P-GW и сетями передачи данных, например, сетью Интернет, корпоративной сетью передачи данных и др. С помощью интерфейса SGi сеть LTE взаимодействует с IMS платформой.
Rx	Обеспечивает взаимодействие сервисных платформ оператора (IMS) с PCRF. Используется для передачи информации о требуемых сервису ресурсах.

Обобщённая схема взаимодействия сети LTE с Packet Switch (PS-доменом) сетей 2G/3G согласно технической спецификации 2G/3G TS 23.401 приведена на **рисунке 3**. При этом, изображённые на рисунке сетевые элементы SGSN, S-GW и P-GW могут быть конструктивно совмещены. Основное взаимодействие сетей LTE с сетями GSM/UMTS осуществляется с использованием интерфейсов S12, S3 и S4. При этом S3 и S4 отвечают за взаимодействие MME и S-GW в сети LTE с узлом SGSN сетей 2G/3G с помощью протокола GTP (GPRS Tunnelling Protocol), [8]**.** Для опорной сети 4G (EPC) разработан протокол GTPv2. Упомянутый интерфейс S12 по своей функции аналогичен интерфейсу Gn, связывающему между собой SGSN и GGSN, **рисунок 2**. Особенностью протокола GTP является то, что он содержит две составляющие: составляющую плоскости управления (GTP-C) и составляющую плоскости пользователя (GTP-U) для передачи данных. Протокол GTPv2-C (техническая спецификация 2G/3G TS 29.274) применяется на интерфейсах S4 и S3 для осуществления поддержки мобильности UE в сетях второго, третьего и четвёртого поколений. Протокол GTPvl-U (3GPP TS 29.281) применяется на интерфейсах S12 и S4 для туннельной передачи данных пользователя. [3]

При взаимодействии с сетью LTE сервисный узел SGSN **рисунок 3** сети GSM/UMTS выполняет следующие функции:

- подбор соответствующего MME и взаимодействие с ним для поддержки UE (регистрация в сети GSM /UMTS и т.д.)
- выполнение процедур RAU (Routing Area Update), а также хэндовера со сменой SGSN и S-GW или со сменой технологии и доступа (Inter-RAT Handover))
- выбор S-GW и P-GW для поддержки UE и передача данных пользователей (выполнение функций MME).[2]

При взаимодействии с сетью GSM/UMTS (2G/3G) узел S-GW сети 4G выполняет следящие функции:

- поддержка мобильности терминала UE путём взаимодействия с SGSN;
- маршрутизация и передача и трафика между пользователем (UE) и узлом SGSN.

Узел MME сети LTE при взаимодействии с сетью 2G/3G обеспечивает выполнение следующих процедур:

- взаимодействие с узлом SGSN с целью поддержки мобильности терминала;
- авторизация и аутентификация UE. [3]

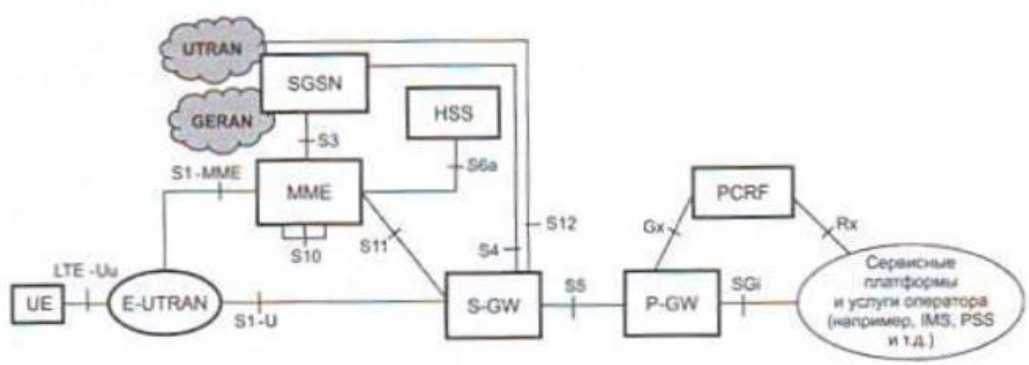


Рисунок 3. Схема взаимодействия сети LTE с PS-доменом сетей 2G/3G

На **рисунке 4** приведена упрощённая схема, поясняющая взаимодействие сети LTE с PS-доменом сетей 2G/3G при роуминге. Как показано на рисунке, в условиях роуминга шлюзы S-GW и P-GW взаимодействуют друг с другом по интерфейсу S8, а не по S5 как в схеме на **рисунке 3**.

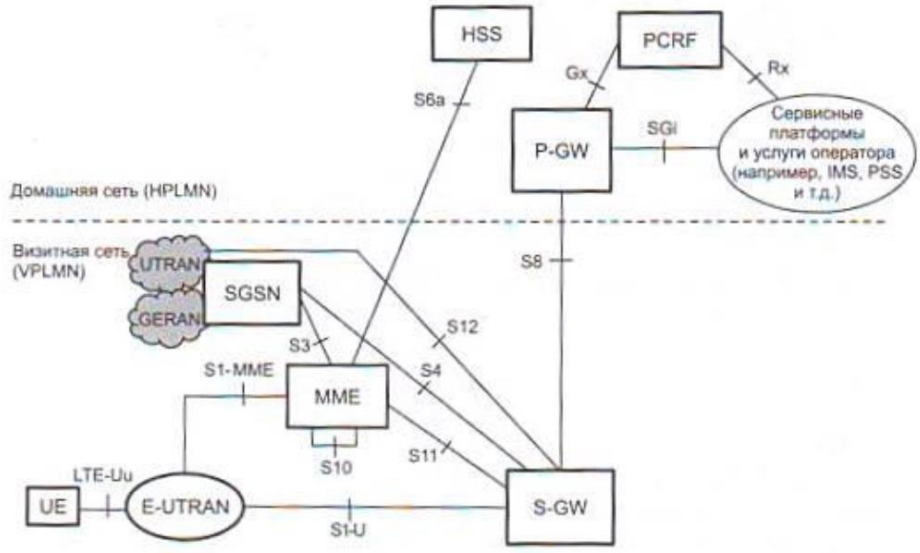


Рисунок 4. Схема взаимодействия сети LTE(4G) с PS-доменом сетей 2G/3G в условиях роуминга

На **рисунке 5** приведена схема перенаправления трафика абонента, находящегося в роуминге в домашнюю сеть с использованием интерфейса SGi.

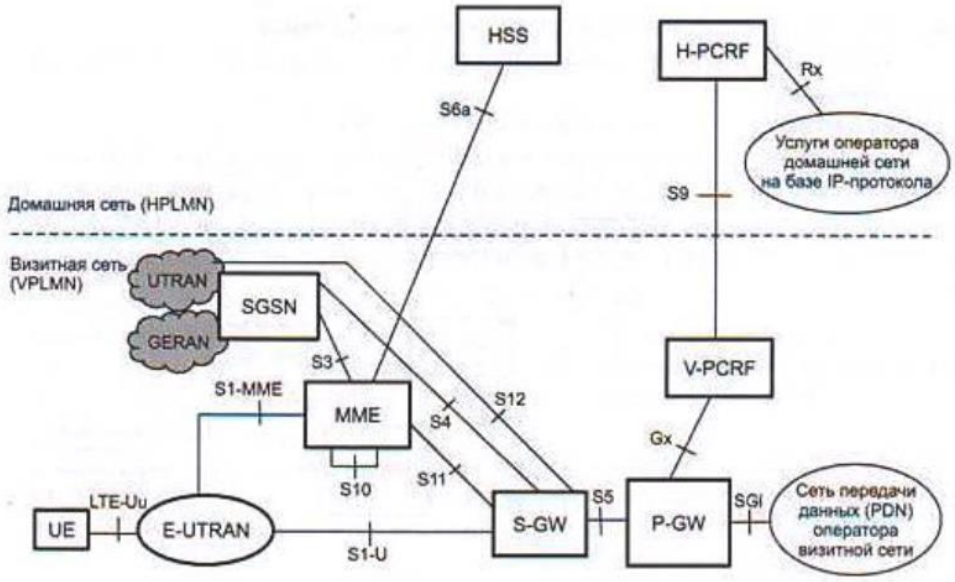


Рисунок 5. Схема взаимодействия сети LTE с PS-доменом сетей 2G/3G в условиях роуминга и нахождения абонента в гостевой сети

На **рисунке 6** представлена схема взаимодействие абонента сети 4G, находящегося в роуминге в сети того же поколения, с сервисными платформами оператора гостевой сети, например, подсистемой IMS. Для маршрутизации пользовательских данных абонента, находящегося в роуминге, используется шлюз P-GW гостевой сети. При этом управление доступом к услугам и их тарификация осуществляются согласно «политикам», хранящимся в модуле V-PCRF гостевой сети, который взаимодействует с аналогичным модулем H-PCRF домашней сети по

интерфейсу S9 при использовании IMS платформ операторов домашней и гостевой сетей, [3].

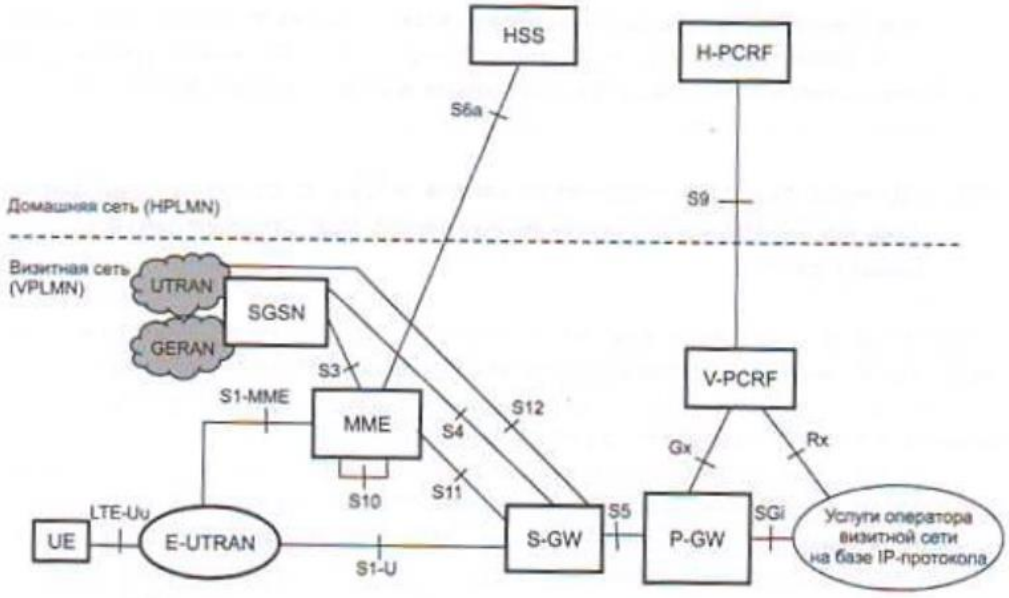


Рисунок 6. Схема взаимодействие абонента сети 4G, находящегося в роуминге в сети того же поколения с сервисными платформами оператора гостевой сети (например, подсистемой IMS*)*

Взаимодействие сетей 4G с сетями 3G и 2G для оказания услуг по оказанию голосовых вызовов выполняется в соответствии со схемой организации SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity), представленной в технической спецификации 2G/3G TS 23.216 **рисунок 7**. В соответствии с данной схемой голосовые вызовы могут осуществляться с помощью как с использованием технологии коммутации каналов, так с помощью IMS платформы мобильного оператора. [4,5]

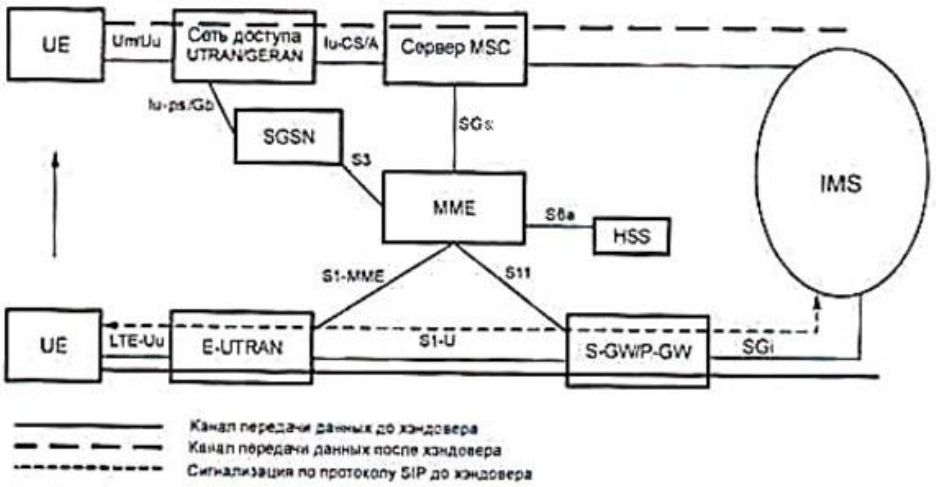


Рисунок 7. Схема взаимодействия сети LTE(4G) с PS-доменом сетей 2G/3G в условиях роуминга, терминации трафика и использования сервисной платформы в гостевой сети 4(4G)

При голосовом вызове взаимодействие MME с сервером MSC происходит при выполнении процедуры хэндовера из сети 4G в CS-домен другой сети 2G/3G с помощью интерфейса SGs, показанной в технической спецификации 3GPP TS 29.280. Взаимодействие логического элемента MME с узлом SGSN при осуществлении хэндовера голосовых вызовов из сети 4G в PS-домен сети 2G или 3G выполняется с помощью интерфейса S3 [2,3].

Заключение.

Интенсивное введение в строй сетей мобильной связи новых поколений (4G, а в дальнейшем 5G) в условиях наличия преобладающего количества в РФ пользователей сетей предыдущих поколений и стандартов (2G и 3G более 80%) определяет актуальность решения задач сохранения качества услуг для мультисетевых пользователей мобильной связью. Механизмы межсетевого обмена трафика и сигнальной информацией при взаимодействии сетей 2G/3G с сетями четвёртого поколения основаны на использовании базовых интерфейсов S4, S3, S12 и туннелей между узлами S-GW, MME, SGSN и MSC. В свою очередь для взаимодействия сетей поколения 4G с сетями предыдущих поколений может использоваться мультимедийная платформа IMS.

Литература:

1. М.С. Лохвицкий, Н.С. Мардер. Сотовая связь: от поколения к поколению. – М.: Издательство ИКАР, 2014. – 236 с.: ил.

2. Тихвинский, В.О. Сети мобильной связи LTE/LTE Advance технологии 4G, приложения и архитектура /В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, В.П. Высочин. — 1-е изд. — Москва: Media publisher, 2014. — 384с.

3. Скрынников, В.Г. Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика /В.Г. Скрынников. — Москва: Спорт и культура - 2000, 2012. — 864с.

4. 3GPP TS 24.301 v10.0.0; Non-Access-Stratum (NAS) protocol for Evolved Packet System (EPS); Stage 3.

5. Гепко, И.А. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития /И.А. Гепко, В.Ф. Олейник, Ю.Д. Чайка, А.В. Бондаренко; Редактор В.Ф. Олейник. — 1-е изд. — Киев: "ЭКМО", 2010. — 672с.

6. [Электронный ресурс].URL: https://www.3gpp.org/

7. [Электронный ресурс].URL: https://www.gsma.com/

8. 3. 3GPP TS 36.321 v9.3.0; Medium Access Control (MAC) protocol specification.

В.С. Литвяков, В.Г. Орлов

ЭВОЛЮЦИЯ И ТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАДИОИНТЕРФЕЙСОВ В СЕТЯХ GERAN/UTRAN/E/UTRAN

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики»

Ключевые слова: сети мобильной связи, MIMO, OFDM, LTE, UMTS.

Инфокоммуникационные технологии стремительно развивается, при этом один из драйверов их развития является мобильная связь. Это обусловлено увеличением объёма передаваемого трафика и расширением номенклатуры пользовательских услуг. В настоящее время широко используются множество стандартов и технологий мобильного радиодоступа, а также радиоинтерфейсы различных типов. В работе приведены ключевые особенности, функциональные характеристики и тенденции развития современных радиоинтерфейсов, используемых в системах мобильной связи.

V.S. Litvyakov, V.G. Orlov

EVOLUTION AND DEVELOPMENT PROSPECTS OF RADIO INTERFACES ON GERAN / UTRAN / E - UTRAN NETWORKS

Order of the Red Banner of Labor Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Moscow Technical University of Communications and Informatics, Russia

Keywords: mobile communication networks, MIMO, OFDM, LTE, UMTS. Infocommunication technologies are developing rapidly, while one of the drivers for their development is mobile communications. This is due to an increase in the volume of transmitted traffic and the expansion of the range of user services. Currently, many standards and technologies for mobile radio access are widely used, as well as various types of radio interfaces. The paper presents key features, functional characteristics and development trends of modern radio interfaces used in mobile communication systems.

Введение.

В настоящее время сети связи отечественных операторов включают различные сети радиодоступа в зависимости от используемых стандартов мобильной связи: GSM — GERAN (GSM EDGE Radio Access Network), UMTS — UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network) и LTE — E-UTRAN (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network). Обобщённая структурная схема современных сетей мобильной связи разных поколений приведена на **рисунке 1**.

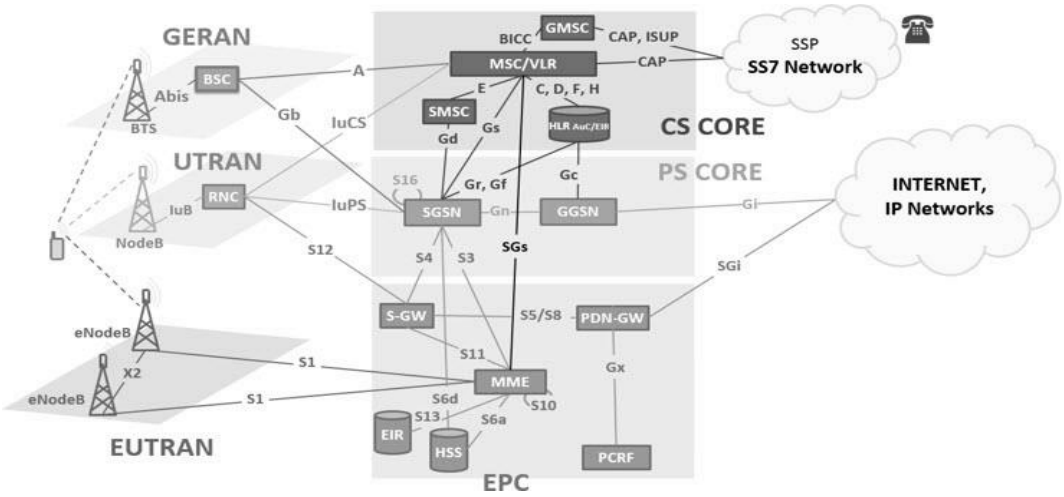


Рисунок 1. Обобщённая структурная схема сетей мобильной связи разных поколений

Сеть радиодоступа GERAN.

GERAN - это сеть радиодоступа мобильного стандарта GSM/EDGE, включающая базовые станции – BTS, а также контроллеры базовых станций – BSC. GERAN является опорной радиосетью систем GSM, через которую проходит как трафик голосовых сервисов, так и данные, направляемые в сети PSTN и Internet. Сеть операторов GSM обычно состоит из нескольких GERAN сегментов.

В GSM речевой трафик является симметричным, поэтому за основу построения сети радиодоступа выбран метод частотного дуплекса FDD. С увеличением пользователей этой системы ведущие вендоры стали использовать принцип коммутации каналов CS (Circuit Switching) и системы сигнализации SS7.

Позже, в следствие расширения дополнительных услуг связи, получили развитие другие асимметричные типы трафика: потоковый, фоновый и, в некоторых случаях, интерактивный.

Для протоколов радиоинтерфейса в модели системы OSI (Open Systems Interconnection) выделяют два важных уровня: физический и канальный. Данные уровни определяют характеристики канала связи (передатчик/модулятор – линия связи – приёмник/демодулятор).

Улучшение характеристик канала связи связанно с развитием следующих технологий: преобразование аналоговой (первичной) информации в цифровую (для данных процедур используют кодеры и вокодеры); повышение помехоустойчивости и спектральной эффективности при расширении спектра сигнала; помехозащищённое кодирование; изменение видов модуляции; управление приёмными и передающими антеннами и параметрами передаваемого сигнала.

Важными особенностями GSM являются: применение узкополосного сигнала с модуляцией MSK, использование каскадного помехоустойчивого кодирования и осуществление связи через подсистемы коммутации с требованиями к TDM и с сигнализацией SS7, а также распределение радиоресурсов между абонентами в режиме TDM.

Модуляция MSK происходит в полосе частот 200 кГц [3]. Особенностью этой технологии являются высокие корреляционные и спектральные характеристики.

В дальнейшем операторы связи увеличили пропускную способность и скорость передачи информации (используя технологию GPRS (General Packet Radio Service)) до 171 кбит/с. Такая скорость позволила абонентам просматривать интернет-страницы с малым информационным объёмом и обмениваться

небольшими файлами (0,1-1 МБ) в сети мобильной связи. Технология GPRS стимулировала развитие элементной базы и устройств в сетях сотовой связи. Одной из особенностей данной технологии стала задержка в несколько секунд между посылкой запроса на сайт и получением клиентами запрашиваемых данных. Это обусловило дальнейшего развития технологий, обеспечивающих сокращения задержек при пакетной передаче данных.

Следующей в технологическом ряду более совершенных технологий мобильной связи стала технология EDGE (Enhanced Data rates for GSM Evolution — «улучшенная технология передачи данных сетей стандарта GSM»). Её использование позволило увеличить скорость передачи данных по сравнению с GPRS в 2 раза, до 384 Кбит/с [2]. Такой результат в приросте скорости был достигнут благодаря использованию нового способа модуляции сигнала (8-PSK) на радиоинтерфейсе, что обеспечило повышение эффективности используемых в системе радиоресурсов. Однако отрицательной стороной использования данной технологии в сети радиодоступа стало снижение помехоустойчивости и чувствительности передаваемых сигналов в сети мобильной связи. Ещё одной отличительной особенностью EDGE является изменение скорости передачи в зависимости от качества канала связи. Это достигается за счёт использования избыточности кодов с целью адаптации под меняющиеся характеристики радио канала связи.

Таким образом, благодаря использованию технологии EDGE стало возможным, без существенных затрат значительно улучшить качество предоставляемых услуг (увеличение скорости и уменьшение задержки), что обусловило заинтересованность в этой технологии операторов мобильной связи. В частности, около 95% операторов, предоставляющих услуги Интернет - доступа в GERAN сетях, используют технологию EDGE.

Сеть радиодоступа UTRAN.

Сеть UMTS (Universal Mobile Telecommunications System*)* относится к сетям мобильной связи третьего поколения и была разработана с целью модификации сетей GSM. Этот стандарт распространился не только в Европе, но и во многих других регионах мира. В состав UMTS входит сеть радиодоступа UTRAN, представляющая собой домен сетевого доступа с соответствующими техническими и программными средствами. Принципиальное отличие сетей третьего поколения заключается в расширении полосы частот сигнала (изначально 5 МГц) и в использовании сложной модуляции, а также в применении множественного доступа с кодовым разделением каналов (CDMA), что позволило существенно увеличить скорость передачи данных.

Повышение спектральной эффективности в UMTS было достигнуто путём создания частотной избыточности. Это обеспечило высокую помехозащищённость и устойчивость к многолучевому распространению. Важной особенностью UTRAN является чувствительность к мощности принимаемых сигналов, поэтому в этой сети радиодоступа используется адаптивное регулирование мощности излучения радио сигнала. Следующими особенностями UMTS являются: управление качеством услуг абонента (QoS); введение транспортных каналов для увеличения использования физической среды; оптимизация различного трафика в опорной сети (использование протокола IP и медиа шлюзов MGW и т.д); применение разнообразных речевых кодеков.

Радиотехнология, используемая в сетях UMTS позволила повысить скорость передачи и минимизировать задержки информации за счёт применения более сложных вариантов модуляций (16 QAM и 64 QAM).

В целом, при переходе от GSM к UMTS полоса пропускания была увеличена в 50 раз (от 0,2 МГц до 10 МГц), что определило возрастание пропускной способности канала во столько же раз. В **таблице 1** приведены сравнительные характеристики стандартов и технологий, используемых в современных сетях мобильной связи [2].

Переход к использованию приведённых в **таблице 1** более совершенных и эффективных технологий радиодоступа позволил существенно снизить стоимость интернет трафика [1].

Таблица 1**.** Скорости передачи данных в сетях мобильной связи различных технологий

Стандарт сети	Технология	Модуляция	Скорость передачи данных (макс.) к абоненту/от абонента	Полоса сигнала, МГц
GSM	GPRS	GMSK	20/20 кбит/с	0,2
	EDGE	8PSK	59,2/59,2 кбит/с	0,2
UMTS	R99 WCDMA	QPSK	384/384 кбит/с	5
	HSDPA	16QAM/QPSK	14,4/5,76 Мбит/с	5
	HSPA+	64QAM/16QAM	21/11,5 Мбит/с	5
	DC HSPA+	64QAM/16QAM	42/23 Мбит/с	10
LTE	MIMO 2\2	64QAM	150/75 Мбит/с	20

Сеть радиодоступа E-UTRAN.

Следующим этапом развития сетей мобильной связи стало внедрение стандарта сетей четвёртого поколения LTE (Long Term Evolution). Этот стандарт был разработан для предоставления абонента доступа к мультимедийным сервисам с использованием протокола IP. Структура сетей четвёртого поколения предусматривает использование, как в сети радиодоступа E-UTRAN (UMTS Terrestrial Radio Access Network), так и в опорной сети (Core Network). При этом эффективность функционирования любой радиосети определяется используемыми алгоритмами и механизмами для передачи данных между мобильным терминалом (UE) и базовой станцией (BS).

Для осуществления одновременной передачи данных между BS и UE в технологии LTE поддерживаются два варианта дуплекса: частотный (FDD) и временной (TDD). Для FDD назначены 15 парных частотных диапазонов (от 0,8 ГГц до 3,5 ГГц), а для TDD - 8. Так же ширина радиоканала может принимать следующие значения: 1,4/3/5/10/15/20 МГц [3].

В радиосети E-UTRAN применяются системы множественного доступа OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) в нисходящем канале и SC-

FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) в восходящем. Технология OFDMA предусматривает использование спектра, который разбивается на ортогональные относительно друг друга поднесущие. В случае использования разной полосы пропускания канала количество поднесущих варьируется: 72, 180, 300, 600, 900 или 1200. Каждая из них имеет свой вид модуляции: QPSK, 16QAM, 64QAM [1].

Множественный доступ заключается в том, что разным абонентам базовой станцией могут выделяться разные поднесущие. Категории мобильных терминалов UE определятся в соответствии с документом 3GPP TS 36.306 [4]. В зависимости от категории, абонентам предоставляются максимальные скорости передачи в нисходящем и восходящем канале. В **таблице 2** приведены значения скорости передачи, а также тип модуляции с конфигурацией MIMO (Multiple Input Multiple Output) в зависимости от категорий абонентов.

Используя приведённые в **таблице 2** данные можно рассчитать максимальную скорость передачи для абонентов различных категорий. В частности, в нисходящем канале: 10, 50, 100, 150, 300, 300, 300 Мбит/с и 3 Гбит/с. В восходящем канале: 5, 25, 50, 50, 75, 50, 100 Мбит/с и 1,5 Гбит/с [2].

Используемые в сети E-UTRAN мобильные терминалы всех категорий имеют поддержку работы с каналом шириной до 20 МГц (кроме категории 0) и модуляцией 64QAM (кроме категории 0) в нисходящих каналах. Категория 0 используется только для устройств с очень низким энергопотреблением.

Основное преимущество технологии OFDMA в сетях E- UTRAN заключается в том в том, что её использование позволяет подавлять негативные эффекты, возникающие при многолучевом распространении. В тоже время, данной технологии свойственны некоторые недостатки: высокая чувствительность к синхронизации по частоте; значительный пик-фактор (PAPR, Peak to Average Ratio) OFDMA сигнала. В результате большого пик-фактора возможна ситуация, когда используемый усилитель сигнала будет работать с нелинейными искажениями. В связи с этим падает его эффективность, что чрезвычайно критично для устройств с ограниченным энергопитанием. С учётом этого в восходящем канале применяют технологию SC-FDMA с множественным доступом. Главное отличие SC-FDMA от OFDMA в том, что в SC-FDMA используют дополнительный метод быстрого преобразования Фурье с целью снижения PAPR.

Ещё одной особенностью сетей LTE является применение технологии передачи MIMO, которая позволяет увеличить скорость передачи данных и значение спектральной эффективности. Это достигается благодаря использованию на приёмной и передающей стороне нескольких антенн. При передаче несколькими антеннами одного потока данных повышается их надежность без увеличения скорости передачи. Помимо этого, используемые антенны могут передавать различные потоки данных, что позволяет увеличить скорость передаваемого трафика. Максимально поддерживаемая в LTE схема MIMO 4x4 предусматривает использование четырех антенн, а именно, четыре на BS и четыре на UE. При этом, теоретически скорость передачи может возврати в 4 раза (без учёта пилотных сигналов). При использовании технологии MIMO с сигналом с шириной полосы частот 20 МГц возможно достижение скорости до 300 Мбит/с в Downlink`e и 170 Мбит/с в Uplink`e [2].

В требованиях к E-UTRAN [4] указаны параметры спектральной эффективности: 5 бит/с/Гц для downlink канала и 2,5 бит/с/Гц для uplink канала. Эти параметры дают возможность обслуживания абонентских терминалов, которые перемещаются с скоростью свыше 300 км/ч.

Следующим этапом развития сетей LTE стало создания сетей с технологией LTE Advanced (LTE-A). Ключевое отличие данных сетей заключается в агрегации частот и повышении эффективности работы антенн, в том числе MIMO. Помимо этого в LTE-A предусматривается оптимизация работы гетерогенных сетей, в частности управление интерференциями и увеличение ёмкости сетей. Агрегация частот даёт возможность абонентам получать большую скорость передачи данных путём одновременного использования отдельных полос частот. Абонентский терминал в этом режиме принимает и комбинирует до 5-ти несущих шириной по 20 МГц каждая, получая широкий канал с полосой до 100 МГц. MIMO увеличивает суммарную скорость в результате многопотоковой передачи или большего числа антенн. Это позволяет повысить спектральную эффективность передачи информации [2].

Таблица 2. Распределение радиоресурсов в сетях E-UTRAN при использовании абонентских терминалов (UE) разных категорий с учетом режимов DL и UL.

UE категория	Downlink		Uplink		
	Максимальное количество бит в TTI	Максимальное количество бит в транспортном блоке	MIMO	Поддержка 64QAM	Максимальное количество бит в транспортном блоке
0	1000	1000	–	–	1000
1	10296	10296	–	–	5160
2	51024	51024	2×2	–	25456
3	102048	75376	2×2	–	51024
4	150752	75376	2×2	–	51024
5	299552	149776	2×2, 4×4	+	75376
6	301504	149776 (4×4) 75376 (2×2)	2×2, 4×4	–	51024
7	301504	149776 (4×4) 75376 (2×2)	2×2, 4×4	–	102048
8	2998560	299856	8×8	+	1497760
9	452256	149776 (4×4) 75376 (2×2)	2×2, 4×4	–	51024
10	452256	149776 (4×4) 75376 (2×2)	2×2, 4×4	–	102048
11	603008	149776 (4×4,64QAM)195816 (4×4, 256QAM) 75376 (2×2, 64QAM)97896 (2×2, 256QAM)	2×2, 4×4	–	51024
12	603008	149776 (4×4,64QAM)195816 (4×4, 256QAM) 75376 (2×2, 64QAM)97896 (2×2, 256QAM)	2×2, 4×4	–	102048
13	391632	195816 (4×4) 97896 (2×2)	2×2, 4×4	+	150752
14	3916560	391656	8×8	+	1497760
15	749856–798800	149776 (4×4,64QAM)195816 (4×4, 256QAM) 75376 (2×2, 64QAM)97896 (2×2, 256QAM)	2×2, 4×4	n/a	n/a
16	978960–1051360	149776 (4×4,64QAM)195816 (4×4, 256QAM) 97896 (2×2, 256QAM)	2×2, 4×4	n/a	n/a

Заключение.

Развитие технологий мобильной связи неразрывно связанно с развитием поколений сетей радиодоступа. При этом каждому следующему поколению свойственны принципиально новые технологические возможности, которые расширяют спектр услуг, скорость и объём передаваемой информации.

Литература:

1. *Гепко, И.А.* Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития /И.А. Гепко, В.Ф. Олейник, Ю.Д. Чайка, А.В. Бондаренко; Редактор В.Ф. Олейник. — 1-е изд. — Киев: "ЭКМО", 2010. — 672с.
2. *Тихвинский, В.О.* Сети мобильной связи LTE/LTE Advance технологии 4G, приложения и архитектура /В.О. Тихвинский, С.В. Терентьев, В.П. Высочин. — 1-е изд. — Москва: Media publisher, 2014. — 384с.
3. *Скрынников, В.Г.* Радиоподсистемы UMTS/LTE. Теория и практика /В.Г. Скрынников. — Москва: Спорт и культура - 2000, 2012. — 864с.
4. [Электронный ресурс].URL: https://www.3gpp.org/

Н.И. Герасимов, И.Н. Герасимов, О.В. Моногаров

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ И РАССЕЯНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ АНТЕННЫХ СИСТЕМ КРУГОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: характеристики излучения, электромагнитная совместимость**,** трехплечевой вибратор, минимизация мощности рассеяния.

Рассматривается способ обеспечения электромагнитной совместимости, основанный на изучении компенсаций рассеянных антеннами полей. Рассмотрен один из вариантов построения излучающей структуры, использующих электромагнитные волны круговой поляризации, обеспечивающий требование минимизации рассеянной антенной мощности при сохранении уровня принимаемого сигнала.

N.I. Gerasimov, I.N. Gerasimov, O.V. Monogarov

MODELING OF RADIATION AND SCATTERING CHARACTERISTICS ADVANCED CIRCULAR POLARIZATION ANTENNA SYSTEMS

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budget educational institution of higher education Moscow technical University of communications and Informatics, Rostov-on-don, Russia.

Keywords: radiation characteristics, electromagnetic compatibility, three-arm vibrator, minimization of scattering power.

A method for ensuring electromagnetic compatibility based on the study of compensation of fields scattered by antennas is considered. One of the options for constructing a radiating structure using electromagnetic waves of circular polarization, which provides the requirement to minimize the scattered antenna power while maintaining the level of the received signal, is considered.

1. Введение

На сегодняшний день антенна является неотъемлемой частью любой навигационной или связной системы. Очень часто возникает ситуация при которой на рассматриваемом объекте размещены в непосредственной близости ряд таких систем. В этой связи возникает проблема электромагнитной совместимости. Существуют различные способы решения данной проблемы, такие как частотный либо территориальный разнос. Однако их использование не всегда представляется возможным. В связи с этим возникает потребность разработки методов обеспечения электромагнитной совместимости основанных на изучении компенсаций рассеянных антеннами полей.

Необходимость повышения качества функционирования таких систем, использующих электромагнитные волны круговой поляризации, обуславливает требование минимизации рассеянной антенной мощности при сохранении уровня принимаемого сигнала. В [1] рассмотрен один из вариантов построения излучающей структуры, обеспечивающей возможность реализации данных требований. Рассматриваемая структура реализуется на основе крестообразного излучателя, дополненного ортогонально ориентированным (z-ориентированным) вибратором с подключенной нагрузкой.

2. Изложение способа

Рассмотрим систему из трёх взаимно ортогональных тонких электрических вибраторов с длиной плеча l, возбуждаемых плоской электромагнитной волной, приходящей с направления, определяемого углами θ и φ [1]. К крестообразному излучателю, образованному x- и y- ориентированными плечами, подключена полезная нагрузка W_{rec} известной величины. Ко входу z-плеча подключена нагрузка W, выбор величины которой обеспечивает минимизацию рассеянной антенной мощности при сохранении уровня принимаемого крестообразным излучателем сигнала.

При падении плоской электромагнитной волны в плечах трехплечевого вибратора наводятся электрические токи, в результате чего часть мощности выделяется в нагрузке, а оставшаяся определяет мощность рассеянного поля. Нахождение данных токов подробно описано в [1].

На основании теоремы Умова-Пойнтинга [2] запишем следующее соотношение

$$-P_{rec} = \oint_S \Pi(\theta,\varphi)\cdot r ds \quad , \tag{1}$$

в котором P_{rec} - принимаемая излучателем мощность; $\Pi(\theta,\varphi)$ - плотность потока мощности на поверхности сферы S бесконечно большого радиуса.

Вектор Пойнтинга в точках, лежащих на поверхности сферы S, может быть представлен в виде:

$$\Pi(\theta,\varphi)=\left(E^{in}\cdot E^{sc}\right)\times\left(H^{in}+H^{sc}\right). \tag{2}$$

С учетом несложных преобразований правую часть уравнения (1) запишем следующим образом:

$$\oint_S \Pi(\theta,\varphi)\cdot r ds=\frac{1}{W_0}\oint_S\left(E^{in}\cdot E^{sc}\right)\cdot r\cdot r ds+\frac{1}{W_0}\oint_S\left(E^{sc}\cdot E^{sc}\right)\cdot r\cdot r ds. \tag{3}$$

Второе слагаемое в правой части (3) и определяет мощность P_{sc}, рассеянную антенной. С учетом проделанных преобразований получим следующую форму для выражения (1):

$$-P_{rec}-\frac{1}{W_0}\oint_S\left(E^{sc}\cdot E^{sc}\right)\cdot r\cdot r ds=\frac{1}{W_0}\oint_S\left(E^{in}\cdot E^{sc}\right)\cdot r\cdot r ds. \tag{4}$$

где E^{in} - напряженность стороннего поля; $\cdot E^{sc}$ - напряженность поля рассеянного трехплечевым электрическим вибратором, аналитическое представление которой подробно описано в [1].

На основе результатов работы [1] слагаемые из правой части (3) определяются зависимостями

$$\frac{1}{W_0}\oint_S\left(E^{in}\cdot E^{sc}\right)\cdot r\cdot r ds=\frac{1}{W_0}\oint_S\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left[Z^{-1}\right]^T L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle ds+$$
$$+\frac{1}{W_0}\oint_S\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_\varphi(\theta_0,\varphi_0)\left[Z^{-1}\right]^T L_\varphi(\theta_0,\varphi_0)\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle ds, \tag{5}$$

$$P_{rec}=\frac{|E_0|^2}{2}\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left[Z^{-1}\right]^T R\left[Z^{-1}\right]L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle, \tag{6}$$

где

$$\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle=$$
$$=\left[Uc_x(\theta_0,\varphi_0)\quad Us_x(\theta_0,\varphi_0)\quad Uc_y(\theta_0,\varphi_0)\quad Us_y(\theta_0,\varphi_0)\quad Uc_z(\theta_0,\varphi_0)\quad Us_z(\theta_0,\varphi_0)\right]$$
$$Uc_\xi(\theta_0,\varphi_0)=\exp\left[ik\left(x_n\sin\theta_0\cos\varphi_0+y_n\sin\theta_0\sin\varphi_0+z_n\cos\theta_0\right)\right]\times$$

$$\times \int_{-l}^{l} \cos\left(\frac{\pi(m_\xi - 0.5)\xi'}{l}\right)\exp[ik\xi' \sin\theta_0 \cos\varphi_0]d\xi',$$

$$Us_\xi(\theta_0,\varphi_0) = \exp\left[ik\left(x_n \sin\theta_0 \cos\varphi_0 + y_n \sin\theta_0 \sin\varphi_0 + z_n \cos\theta_0\right)\right]\times$$

$$\times \int_{-l}^{l} \sin\left(\frac{\pi m_\xi \xi'}{l}\right)\exp[ik\xi' \sin\theta_0 \cos\varphi_0]d\xi',$$

$L_\theta(\theta,\varphi)$, $L_\varphi(\theta,\varphi)$ - матрицы, элементы которых соответственно определяют проекции ортов $\vec{\theta}$ и $\vec{\varphi}$ на оси Ox, Oy, Oz, $(\xi = x, y, z)$.

В формулах (5), (6) $L_\theta(\theta_0,\varphi_0)$, $L_\varphi(\theta_0,\varphi_0)$ - матрицы размерности $6M \times 6M$, элементы которых соответственно определяют проекции ортов θ и φ на оси Ox, Oy и Oz, M - число учитываемых гармоник при описании тока в плечах излучателя, определяемое в [1];

$$R = \int_\varphi \int_\theta \left[L_\theta(\theta,\varphi)\left|X(\theta,\varphi)\right\rangle\left|X(\theta,\varphi)\right\rangle^T L_\theta(\theta,\varphi) + \right.$$

$$\left. + L_\varphi(\theta,\varphi)\left|X(\theta,\varphi)\right\rangle\left|X(\theta,\varphi)\right\rangle^T L_\varphi(\theta,\varphi)\right]\sin\theta d\theta d\varphi,$$

В свою очередь, принятая антенной мощность, может быть представлена следующим выражением:

$$P_{rec} = \frac{|E_0|^2}{2}\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left[Z^{-1}\right]^T\left[W_{load}\right]\left[Z^{-1}\right]L_\theta(\theta_0,\varphi_0)\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle, \quad (7)$$

где W_{load} - диагональная матрица вида:

$$W_{load} = \begin{bmatrix} [W_{rec}] & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & [W_{rec}] & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & [W] & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Каждый ненулевой блок матриц W_{rec} и W является диагональной квадратной матрицей размерности M, элементы которых – значения нагрузок полезной и дополнительно включенной соответственно.

Уровень принятого антенной сигнала определяется мощностью выделяемой на полезной нагрузке в крестообразном вибраторе, которая описывается соотношением:

$$P_{rec}^{(1)} = \frac{|E_0|^2}{2}\left|X^{xy}(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_\theta^{xy}(\theta_0,\varphi_0)\left[Z_{xy}^{-1}\right]^T\left[W_{np}\right]\left[Z_{xy}^{-1}\right]L_\theta^{xy}(\theta_0,\varphi_0)\left|X^{xy}(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle. \quad (8)$$

где $L_{\theta}^{xy}(\theta_0,\varphi_0)$ - матрица $4M\times 4M$, элементы которой соответственно определяют проекции ортов θ и φ на оси Ox, Oy; W_{np} - диагональная матрица размерностью вида $4M\times 4M$,

$$\left|X^{xy}(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle=\left[Uc_x(\theta_0,\varphi_0)\quad Us_x(\theta_0,\varphi_0)\quad Uc_y(\theta_0,\varphi_0)\quad Us_y(\theta_0,\varphi_0)\right],$$

матрица $\left[Z_{xy}^{-1}\right]$ коэффициентов взаимной связи имеет размерность $4M\times 4M$, структура которой описана в [1].

Сформулированная в постановке задача минимизации мощности рассеяния при сохранении уровня принимаемого крестообразным излучателем сигнала соответствует нахождению условного экстремума функции:

$$\Omega(W)=\frac{\left|E_0\right|^2W_0}{2}\left[V^TRV+\lambda\left(P_{rec}^{(1)}-g\right)\right], \tag{9}$$

где $V^T=\left|X(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_{\theta}(\theta_0,\varphi_0)\left[Z^{-1}\right]^T$; g - уровень принимаемого сигнала.

Так как в соотношении (9) матричные элементы, зависящие от W, присутствуют только в z ориентированном плече, то при дифференцировании выражение (9) принимает вид:

$$V_z^TWV_z+V_{zxy}^TWV_{zxy}+V_{xyz}^TWV_{xyz}=0 \tag{10}$$

где $V_z^T=\left|X_z(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T L_z^{\theta}(\theta_0,\varphi_0)\left[Z_z^{-1}\right]^T$; $\left|X_z(\theta_0,\varphi_0)\right\rangle^T$, $L_z^{\theta}(\theta_0,\varphi_0)$ и $\left[Z_z^{-1}\right]^T$ - матрицы размерности $2M\times 2M$; причем, первое слагаемое выражения (10) имеет квадратичную форму элемента, содержащего нагрузку, и описывает рассеянную мощность поглощаемую z-плечом. Второе и третье слагаемое описывают взаимное влияние z ориентированного и крестообразного вибраторов.

Решение уравнения (10) определяет величину нагрузок, обеспечивающих минимум мощности рассеиваемого поля при сохранении уровня принимаемого сигнала. В частном случае, минимизация мощности рассеянной одним излучателем при учете одной гармоники тока $M=1$ сводится к решению уравнения вида:

$$\frac{K_1}{(Z+W)^3}-\frac{2K_2}{(Z+W)^2}=0, \tag{11}$$

где $C_{zz}=Z+W$, Z - входное сопротивление линейного вибратора,

$$K_1 = \sin^2(\theta_0)\int_{\varphi}\int_{\theta}\sin^2(\theta)Fc_z^2\sin(\theta)d\theta d\varphi$$

,

$$K_2 = 2\sin(\theta_0)\cos(\theta_0)\sin(\varphi_0)\int_{\varphi}\int_{\theta}\sin^2(\theta)Fc_xFc_z\sin(\theta)d\theta d\varphi +$$

$$+ 2\sin(\theta_0)\cos(\theta_0)\sin(\varphi_0)\int_{\varphi}\int_{\theta}\sin^2(\theta)Fc_yFc_z\sin(\theta)d\theta d\varphi$$

,

$$Fc_y = \frac{\cos(kl\sin\theta_0\sin\varphi_0)}{\left(\pi(m_y - 0.5)/l\right)^2 - \left(\sin\theta_0\sin\varphi_0\right)^2},$$

здесь

$$Fc_z = \frac{\cos(kl\cos\theta_0)}{\left(\pi(m_z - 0.5)/l\right)^2 - \left(\cos\theta_0\right)^2}, \quad Fc_x = \frac{\cos(kl\sin\theta_0\cos\varphi_0)}{\left(\pi(m_x - 0.5)/l\right)^2 - \left(\sin\theta_0\cos\varphi_0\right)^2}.$$

Решая уравнение (11) относительно неизвестной нагрузки W ,получаем:

$$W = \frac{K_1}{2K_2} - Z \tag{12}$$

3. Обсуждение результата

В статье приведены выражения, описывающие принятую и рассеянную антенной мощность, а также аналитическое решение задачи минимизации мощности рассеянной трехплечевым электрическим вибратором при сохранении уровня принимаемого сигнала. Приведено аналитическое решение задачи для частного случая (при учете одной гармоники распределения тока M=1[1]).

Литература:

1. Габриэльян Д.Д., Герасимов Н.И., Звездина Ю.А. Особенности рассеяния электромагнитных волн трехплечевым электрическим вибратором. Электромагнитные волны и электронные системы, 2007. №5 т.12. – с.5-7.

2. Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн– М.: Сов. радио, 1979. - 376 с.

3. Теория матриц / Ф.Р. Гантмахер – М.: «Наука»,1967. -576с.

Д.В. Гадасин, А.В. Кольцова, А.Н. Полякова

МОДЕЛЬ ПОСТРОЕНИЯ КЛАСТЕРА ДЛЯ ПОГРАНИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральноегосударственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: пограничные вычисления, облачные вычисления, кластеризация, комплексные числа.

В статье исследуются вопросы построения модели кластера, предназначенного для одного из видов пограничных вычислений - концепции вычислений росы. Она предполагает взаимодействие пользователя с электронным устройством, в том числе возникновение новой концепции, базирующейся на появлении среды, в которой существует возможность аренды памяти на устройстве, принадлежащем другому пользователю.

D.V. Gadasin, A.V. Koltsova, A.N. Polyakova

CLUSTER CONSTRUCTION MODEL FOR EDGE COMPUTING

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: edge computing, cloud computing, clustering, complex numbers.

The article describes the cluster model's building method, based on dew computing - type of edge computing. This conception involves user interaction with electronic device, including emergence of a new concept, in which appears the opportunity to lease the memory of device, belonging to another user.

Введение

Данные уже давно считаются одним из самых ценных ресурсов, именно поэтому хранение, защита и обеспечение целостности – одни из наиболее важных задач в современной ИТ-индустрии.

Хранение информации – та область знаний, которая была с человеком на протяжении всего его существования: от наскальных рисунков до электронных носителей. Последние появились в прошлом столетии и получили колоссальное развитие. Первым цифровым носителем стала магнитная лента, она записывала 7,5 тысяч символов в секунду, что в 56 раз быстрее устройства для считывания перфокарт, а одна лента диаметром 10,5 дюймов вмещала объем памяти 35 тысяч перфокарт, 50 лет спустя ленты стали в 1000 раз быстрее. Один ее дюйм мог вмещать объем информации с 500 фунтов старой ленты. Первые диски также начали производить 70 лет назад. Такое устройство хранения состояло из 50 дисков диаметром 24 дюйма, на котором можно было записать до 5 миллионов символов.

Отдельным вопросом является стоимость хранения информации. В 1981 году, когда электронные носители стали набирать популярность, цена хранения 1 гигабайта данных на жестком диске составляла 500 тысяч долларов, в наше время его стоимость – 0,25 долларов. Спад цены сопровождался ростом предложения. Если ранее 1 Гб стоил заоблачных денег, то сейчас жестким диском на 8 Тб уже никого не

удивишь. Ученые, изучающие вопрос роста данных, прогнозируют рост объема информации в 2020 году до 40 зеттабайт (или 40 000 000 000 гигабайт). Зависимость цены показана на рисунке 1.

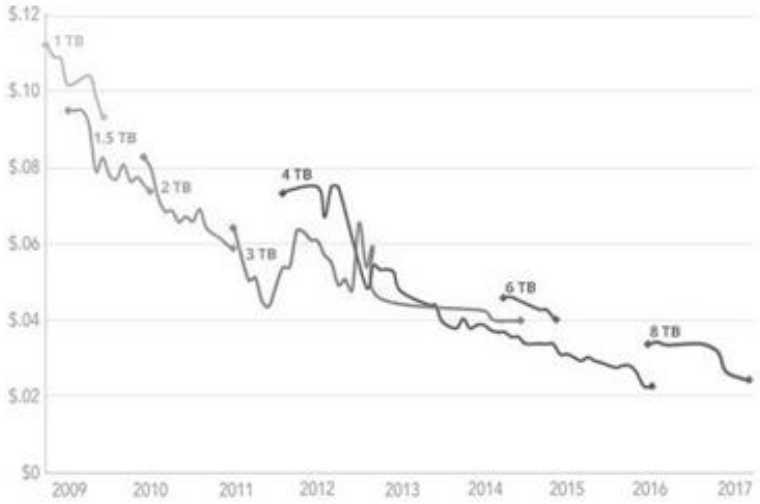


Рисунок 1. График зависимости стоимости информации от временного периода

Основным местом хранения данных сейчас являются центры обработки данных – огромные комплексы, содержащие в себе как вычислительные устройства, так и устройства хранения. Также суммарно большой объем данных хранится на пользовательских устройствах – персональных компьютерах и сетевых дисках. Но с 2010 года рынок мобильных устройств начали захватывать смартфоны. Когда они только появились, их рассматривали в основном как продвинутый вариант телефона. На данный момент они становятся полноценными карманными компьютерами: мощные процессоры, большой объем памяти, огромное количество приложений, выполняющих любые задачи. За последние 10 лет объем памяти вырос от 4 гигабайт до 256, что сопоставимо с объемом памяти ноутбуков, а с учетом использования карты памяти можно расширить до 3 терабайт [1].

Концепция «Память как сервис»

Количество используемых мобильных устройств растет с каждым днем, на сегодняшний день мобильными устройствами пользуется 86% населения земного шара, порядка 60% таких устройств тесно связаны со своими владельцами, таким образом буквально персонифицируясь. Одним из следствий использования информационных систем в сфере хранения и обработки данных является возникновение принципиально новой концепции взаимодействия человека с электронным устройством.

Концепция данной технологии - появление среды, в которой появляется возможность аренды памяти на устройстве, которое принадлежит другому пользователю. Данная среда представляет из себя разновидность облачных вычислений, которую можно отнести к вычислениям росы (один из видов пограничных вычислений), т.е. обработка данных предполагается на вычислительных устройствах конечных пользователей, а не в самом облаке. Под обработкой данных будем подразумевать сервис по их хранению, а пользователь данного сервиса должен получить беспрепятственный доступ к своим данным [2].

Такая концепция предполагает, что должны соблюдаться следующие условия:

1. Обеспечение QoS, требующее динамической адаптации приложений к состоянию сети;

2. Способность отслеживания и обнаружения доступных ресурсов поблизости, чтобы задействовать их в работе приложения

3. Способность отслеживания местоположения, чтобы поддерживать стабильность работы в заданной области.

Исходя из последних двух условий необходимо, чтобы проектируемая система, которая базируется на пограничных вычислениях, должна легко развертываться горизонтально и в то же время образовывать единое облачное пространство, а устройство, у которого берется в аренду часть его ресурсов, должно обладать неограниченными возможностями электропитания, что видится невыполнимым. Таким образом, одним из способов, позволяющих решить данную проблему, является кластеризация устройств с резервированием ресурсов, т.е. части памяти фиксированного объема устройств кластера образуют облако посредством программного обеспечения.

Для того, чтобы построить кластер, необходимо формализовать задачу кластеризации, обобщенная модель кластеризации показана на рисунке 2:

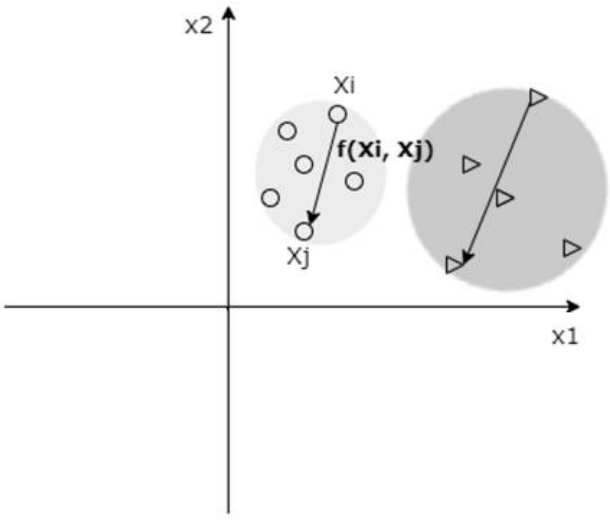


Рисунок 2. Обобщенная модель кластеризации

Пусть существует множество X = $\{x^1, x^2, ..., x^p\}$, размерность кластера характеризуется функцией расстояния между элементами кластера при следующих условиях:

f(X_i, X_j) >=0, для всех X_i, X_j

f(X_i, X_j) = 0, при X_i= X_j

f(X_i, X_j) = f(X_j, X_i).

Фактический смысл кластеризации представляет собой разбиение некоторого начального множества на группы на основе их схожести (наличие общих атрибутов). Охарактеризуем свойства кластеризации как разбиение из X множества на подмножества, в которых объекты более схожи друг с другом, чем с объектами из других кластеров при помощи комплексных чисел. Начальное множество X является ограниченным, при этом его размер можно задать функцией с изменяемым параметром для того, чтобы существовала возможность наращивания области разбиения на подмножества [3].

Так как комплексные числа подчиняются тем же алгебраическим операциям, что и действительные, они образуют такое же алгебраическое поле, как и вещественные числа. Помимо стандартного представления $z = a+b*i$ (1), они имеют еще 2 способа представления:

1. Тригонометрический $z = mod*(cos\ a+i*sin\ a)$ (2);
2. Экспоненциальный $z = mod*e^{ia}$.

Формула Эйлера устанавливает взаимосвязь между экспоненциальной функцией $e^{i\varphi}$ и тригонометрическими функциями $\sin\varphi$ и $\cos\varphi$ на множестве комплексных чисел: $e^{i\varphi} = cos\varphi + i*sin\varphi$.

Модель кластера пограничных вычислений

Кластер образуется из точек вокруг одной точки, которая является центром и к которому должны тяготеть другие точки кластера [3]. Однако данное утверждение не обозначает, что должны — значит тяготеют, отсюда возникает неопределенность. Необходимо также осуществить вычисление расстояния от одной точки кластера до другой с целью определения очередности перехода. При помещении начала координат в произвольную точку кластера она становится его центром: x_0 и расстояние по прямой от центра до любой точки x_n будет являться: $[x_0x_n] = mod = \sqrt{a^2 + b^2}$, где a и b соответствующие расстояния по оси абсцисс и ординат.

Исходя из того, что точное место точки, в которую осуществляется переход не известен, но она обязательно есть (является мнимой точкой), следует, что расстояние *mod* является длиной вектора, который изображает комплексное число, а x_n математически можно выразить комплексным числом, указанным в формуле (1).

В связи с тем, что вектор имеет угол наклона φ к оси абсцисс, исходя из определений тригонометрических функций:

$a = mod * cos\ \varphi;$

$b = mod * sin\ \varphi.$

Тогда нормальная тригонометрическая форма для любых $mod \geq 0$ представляется формулой (2).

Переход из точки x_1 в x_2 – геометрически является суммой векторов. Также данный переход можно представить функцией действительного аргумента t в том случае, если каждому из значений t соответствует определенное значение x_n.

Величина x_n может быть выражена как $f(x_n) = f(t) + i*d(t)$, где $a = f(t);\ b = d(t)$. Так как x_n- это комплексное число, то функция $f(x_n)$ представляет собой множество точек, которые либо обособлены, либо параметрически заполняют линию (область), образующуюся уравнениями $a = f(t)$ и $b = d(t)$. Данные точки стремятся к позиции, которая изображает предел, в том случае, если аргумент t стремится к данному значению, т.е. к x_0. Тогда функция $f(x_n)$ геометрически представляет собой логарифмическую спираль, описываемую уравнением, где k – коэффициент:

$$f(x_n) = e^{-kt}(cos\ t + i\ sin\ t),$$

где при $t \to \infty$ переменная точка комплексной плоскости двигается вдоль спирали по направлению к центру, который является пределом функции.

Другими словами, у кластера всегда есть центр.

Одна из задач кластеризации представляет собой постепенное наращивание диапазона расстояния от головного узла до конечного. Исходя из этого модель кластеризации представляется в виде периодической функции, где X – начальное множество, от которого будет идти дальнейшее наращивание области.

Образуем кластер, где l – множество точек, которые определяют границы расширения изначальной области:

$f(x_n) = X_0(1+l)^n$ (4),

где l – фактически комплексное число.

Так как его конченый вектор получается сложением векторов точек, определяющих множество, тогда: $l = a+bi$, здесь мы можем изменять и действительную и мнимую часть множителя l. Это отображено на рисунке 3.

Рисунок 3. Отображение наращивания области кластера с периодом l.

Особенность данной формулы заключается в том, что исходный кластер увеличивается с каждым периодом l. Таким образом происходит постепенное наращивание области кластеризации при каждой итерации.

Формула схожа с разложением экспоненциальной функции по приближенной формуле касательной $e^x \approx 1 + x$, при $|x| << 1$, что показано на рисунке 4.

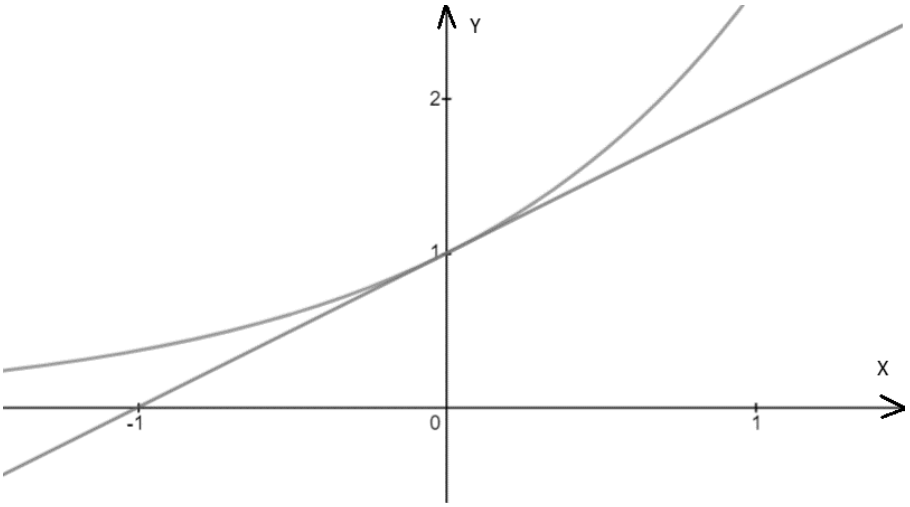


Рисунок 4. Соотношение функций $f(x) = 1 + x$ и $f(x) = e^x$

Ее можно использовать как приближенную модель, так как она представляет собой функцию касательной к графику экспоненты, и при малых значениях они практически совпадают друг с другом.

Тогда в случае предложенной модели (4), приближенная функция будет являться $e^x \approx (1 + x/n)^n$. Построение графика выглядит следующим образом:

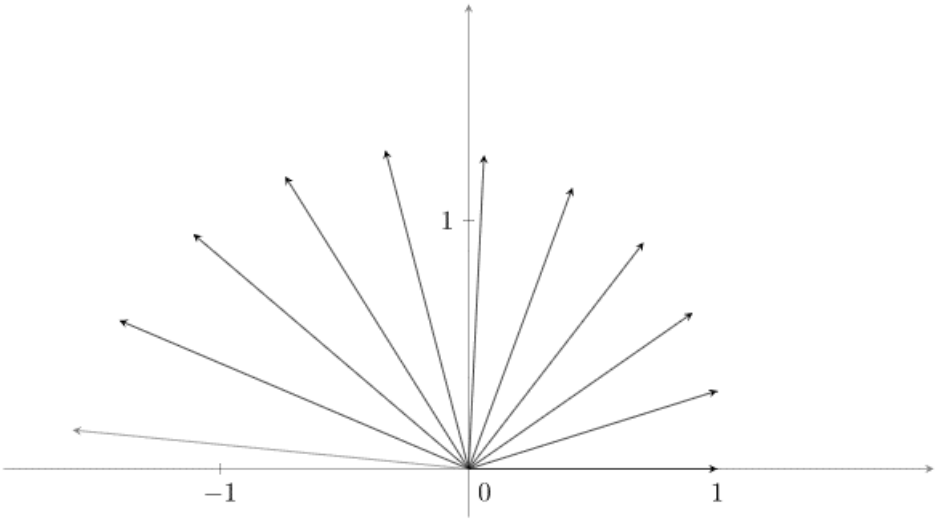


Рисунок 5. График построения кластера

В соответствии с правилом умножения, аргумент растет как арифметическая прогрессия, а модуль — как геометрическая.

Дальнейший расчет осуществляется следующим образом:

$f(x_n) = X_0(1+l)^n$, при $l = a+b*i$

$mod = \sqrt{(1+a)^2 + b^2}$

$\varphi = arctg(b/(1+a))$

Далее по формуле Муавра:

$f(Xn) = X_0*(mod(cos\varphi + i * sin\varphi))^n$

График данной функции будет выглядеть следующим образом:

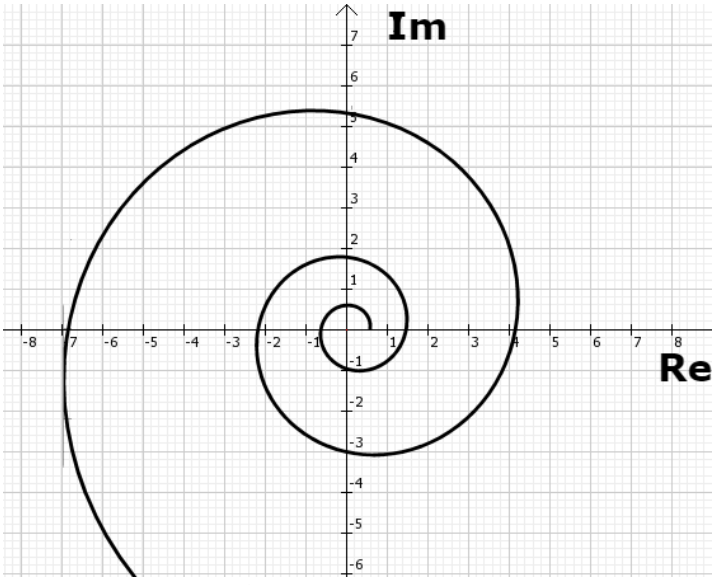


Рисунок 6. Функция кластеризации

Как видно по рисунку, график представляет из себя спираль, пересекающуюся с отрицательными и положительными значениями вещественной оси, где модуль комплексного числа представляет собой масштаб кластеризации, а его полярный угол скорость роста кластера.

Заключение

В основе модели лежит концепция пограничных вычислений, которая предполагает собой аренду вычислительной мощности телефона. При изменении начальной концепции облачных вычислений, которые сначала превращаются в туманные, а затем и в вычисления росы, в виде «капелек» выступает единое коммуникационное устройство, содержащие в себе как средство идентификации пользователя, так и средство вычисления и коммуникации. Предложенная модель позволяет построить кластер для любой произвольной точки, характеризующей абонента, который отправляет данные на хранение, и затем организовать вокруг него кластер из абонентов, которые хотят сдать часть неиспользованных ресурсов в аренду. В сформированном облаке, построенном по принципу вычислений росы, где действительные числа характеризуют положение точки кластера на плоскости, мнимая часть фактически является регулятором параметров кластеризации: масштаба кластеризации и скорости роста кластера.

Литература:

1. Стоимость хранения 1 ГБ данных [Электронный ресурс] - https://www.ixbt.com/news/2017/07/14/stoimost-hranenija-1-gb-dannyh-za-poslednie-paru-let-prakticheski-ne-izmenilas-.html. Дата обращения: 12.05.2020.

2. Dew Computing [Электронный ресурс] - https://en.wikipedia.org/wiki/Dew_computing. Дата обращения: 15.05.2020.

3. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике / м. Я. Выгодский. — М.: АСТ: Астрель, 2006. —. 991 с.

4. Кластеризация [Электронный ресурс] - https://neerc.ifmo.ru/wiki/index.php?title=Кластеризация. Дата обращения: 20.05.2020.

И.Н. Чистяков

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ IOT УСТРОЙСТВ С ПОЯВЛЕНИЕМ 5G ТЕХНОЛОГИЙ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, новые технологии, интернет вещей, технологии связи пятого поколения.

В статье рассмотрены особенности функционирования систем интернета вещей на базе технологий пятого поколения, а также основные тенденции их развития и совместного существования на базе имеющихся и будущих сетей фиксированной и подвижной связи.

I.N. Chistyakov

IOT DEVELOPMENT PROSPECTS WITH THE APPEARANCE OF 5G TECHNOLOGIES

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: information technology, new technologies, internet of things, fifth generation technologies.

The article discusses the features of the functioning of the Internet of things systems based on fifth-generation technologies, as well as the main trends in their development and coexistence based on existing and future fixed and mobile networks.

ВВЕДЕНИЕ.

Исследования сетей пятого поколения (5G) становятся все более интенсивными, и уже невозможно отрицать тот факт, что они серьезно расширяют возможности в области применения IoT-технологий. Согласно недавним статистическим данным, опубликованным Международной корпорацией данных (IDC), 5G заставит 70% компаний по всему миру потратить 1,2 миллиарда долларов на решения для развертывания и организации новых сетей. Новому бизнесу потребуется IoT с более качественными и значительно лучшими критериями производительности, такими как безопасность, надежность, плотность беспроводного покрытия, сверхнизкая задержка, массовая межмашинная связь. Однако следует упомянуть некоторые из них для устройств IoT. Чтобы соответствовать этим требованиям, технологии Long Term Evolution (LTE) и 5G представят новые интерфейсы подключения для будущих IoT приложений. Сети следующего поколения - 5G, которые все еще находятся на ранней стадии, будут внедрять новые технологии радиодоступа (RAT), новые интеллектуальные антенны с возможностями формирования луча (beamforming) и применением технологий на базе активных фазированных антенных решёток (АФАР). А также смогут использовать более высокие частоты и изменять или реорганизовывать сети. По данным Gartner, в 2020 году через соединение «машина-к-машине» (M2M) будет подключено в общей сложности 20,4 миллиарда устройств. IoT с поддержкой 5G поможет подключить огромное количество таких устройств, которые помогут удовлетворить рыночный спрос на беспроводные услуги, что, в свою очередь, приведет к быстрому экономическому и социальному развитию [1-2].

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧА РАБОТЫ.

Первые коммерческие сети мобильной сотовой связи 5G и доступность недорогих устройств вызывают спрос и интерес на рынке как среди потребителей, так и среди предприятий. В этом докладе рассматривается влияние 5G на IoT и рассматриваются некоторые уникальные функции и преимущества 5G по сравнению с другими технологиями. В нем также представлены варианты использования IoT, которые могут поддерживаться с использованием существующих технологий сотовой связи, таких как 3G и 4G, и обсуждаются случаи использования, в которых 5G имеет важное значение. Количество подключений IoT будет расти в течение следующих пяти лет. GSMA Intelligence прогнозирует, что к 2025 году общее количество IoT-соединений вырастет до 25,2 млрд. По оценкам, 3,1 млрд. Из них будут использовать сотовые технологии, в том числе маломощные мобильные IoT-

сети. Устройства IoT сегодня используют широкий спектр беспроводных технологий. К ним относятся технологии ближнего радиуса действия, обычно использующие нелицензированный спектр, такие как WiFi, Bluetooth, ZigBee и Z-wave, и глобальные сотовые технологии, использующие лицензированный спектр, такой как GSM, LTE и 5G. Также доступны альтернативные решения, такие как технологии с низким энергопотреблением, работающие в нелицензированном спектре, включая LoRa и Sigfox. Сотовые технологии, работающие в лицензированном спектре, предлагают ряд преимуществ для устройств IoT, включая расширенную инициализацию, управление устройствами и предоставление различных сервисов и услуг. Что еще более важно, сотовые сети предлагают глобальный охват и высокий уровень надежности, безопасности и производительности, необходимые для самых требовательных приложений IoT. Сегодняшние сети LTE или 4G будут продолжать сосуществовать с 5G, предлагая достаточное покрытие и пропускную способность для широкого спектра вариантов использования, поскольку в ближайшие годы покрытие 5G будет глобально расширяться. Тем не менее, 5G дает ряд преимуществ для IoT, которые недоступны для 4G или других технологий. К ним относится способность 5G поддерживать огромное количество фиксированных и мобильных устройств IoT, которые имеют широкий диапазон требований к скорости, пропускной способности и качеству обслуживания. Большинство из них можно сгруппировать по трем основным категориям - расширенная мобильная широкополосная связь (eMBB), масштабный IoT (известный как mMTC) и критически важные коммуникации. Развертываемые сегодня сети 5G построены на сетях 4G, в которых используются технологии LTE для машин (LTE-M) и Narrowband-IoT (NB-IoT), причем 5G обеспечивает функциональность, необходимую для поддержки как существующих, так и будущих вариантов использования.

1.1 ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ (IOT).

Интернет вещей, иначе известный как IoT, лучше всего можно описать как сеть гаджетов, приборов и других вещей, состоящих из электроники или установленного программного обеспечения, соединяющего друг друга для обмена данными. Каждое устройство может выполнять некую аппаратно заложенную функцию, но при этом оно может функционировать на основе программного обеспечения, загружаемого и управляемого по сети интернет. IoT обеспечивает взаимодействие между людьми и приборами путем работы в режиме сенсоров или в режиме дистанционного управления этими устройствами, что приводит к повышению эффективности, точности, снижению усилий человека и максимальному комфорту. Тем не менее, проблемы безопасности IoT были в последнее время предметом исследования, целью которого было сделать IoT еще более точным и эффективным, чем в настоящее время.[1]

1.2 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.

Взаимодействие систем или устройств с предоставленной интернет-инфраструктурой и меньшим вниманием к местоположению еще больше расширяет сферу его применения - от сельского хозяйства, здравоохранения и т. д. До производства и даже умного дома. Краткое описание некоторых областей применения приведено ниже;

1.2.1 Сельское хозяйство.

Условия окружающей среды, такие как влажность, температура, скорость ветра, питательные вещества почвы и т. д., очень важны в сельском хозяйстве и, что наиболее важно, в выращивании сельскохозяйственных культур, нежели в

животноводстве. IoT внедряет инновационные методы ведения сельского хозяйства, интегрируя беспроводные датчики с мобильными приложениями и облачными платформами, чтобы предоставлять экологическую информацию фермерам с целью сопоставления данных и точного принятия решений на основе предоставленной информации. Использование IoT в сельском хозяйстве способствует точному использованию сельскохозяйственных ресурсов, а также помогает снизить риски [3].

1.2.2 Здравоохранение.

В наши дни используется большое количество носимых устройств, взаимосвязанных машин и технологий облачных вычислений, позволяющих извлекать данные пациента без какого-либо прерывания, постоянно отслеживая состояние пациентов и инициируя оповещение о приёме лекарств при необходимости. В последнее время в некоторых больницах установлены умные кровати, которые распознают и указывают, занят ли он пациентом, а также обеспечивает соответствующее давление и поддержку, необходимую пациенту с учетом веса пациента [3].

1.2.3 Транспорт.

Электронная система сбора платы за проезд является наиболее популярным применением IoT в области транспорта, где датчики устанавливаются в стратегически важных местах для обнаружения приближения транспортного средства к платным дорогам [3]. Если транспортные средства были зарегистрированы, что предполагает предоставление реквизитов счета водителя для списания при каждом въезде, въезд будет разрешен, но, если оно не зарегистрировано, система предоставляет возможность для оплаты водителю для предоставления доступа.

1.2.4 Домашняя автоматизация.

Влияние Интернета вещей в наших домах, что наиболее важно, наши приборы с точным взаимодействием и максимальным откликом больше не являются новостями, так как теперь существует возможность реализации систем интеллектуального энергосбережения путем распознования ситуаций, при которых устройства не используются или в случае отсутствия дома его хозяев. В последнее время из любого места можно включать и выключать любое устройство или прибор в своем доме без присутствия, обеспечивая удобство, комфорт и гибкость работы [3].

1.3 5G - ТЕХНОЛОГИЯ, НА БАЗЕ КОТОРОЙ БУДЕТ ФУНКЦИОНИРОВАТЬ IOT.

Как указывает Годфри А. Акпакву, «Интернет вещей» (IoT) — это многообещающее новшество, которое имеет тенденцию изменять и связывать глобальный мир посредством разнородных гаджетов через постоянную доступность. Идея IoT привлекла внимание исследовательского сообщества к конечной цели - обеспечить связь носимых устройств, датчиков, интеллектуальных устройств, стиральных машин, планшетов, современных мобильных телефонов, а также различные устройства с единообразным интерфейсом и возможностью общаться по общим друг для друга протоколам.[4]

Тем не менее, тестирование всех потенциальных возможностей является средством, с помощью которого мобильная сеть пятого поколения (5G) сможет отвечать различным требованиям IoT. Мобильные сети 5G призваны гарантировать эффективное поддержание популярных устройств и новых услуг, например, расширенной мобильной широкополосной связи (eMBB), масштабных коммуникаций MachineType (mMTC), критических коммуникаций и сетевых операций. Хочется верить, что необходимые этапы по подготовке инфраструктуры, например, высокая пропускная способность, низкая задержка передачи информации,

высокая универсальность для расширения возможностей огромного количества гаджетов, система эффективного использования энергии и обеспечение повсеместного подключения конечных клиентов, будут эффективно поддерживаться с использованием мобильных систем 5G для IOT [7].

1.4. НОВШЕСТВА РАДИОПРОТОКОЛА 5G ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.

Исследования показали, что будущие мобильные системы 5G должны обеспечить массовое внедрение систем IoT с миллиардами подключенных интеллектуальных датчиков, которые будут формировать во всем мире новую реальность, и помочь в организации базовых задач IoT по решению ситуаций, которые потребуют постоянных ответов и автоматизации динамических процедур в различных задачах, включая модели поведения «автомобиль-к-окружению (V2I)», «автомобиль-к-автомобилю (V2V)» и в случае движения на больших скоростях. В свете этого, в настоящее время во взаимодействии «машина-к-машине» M2M и системе NB-IoT представлены дальнейшие обновления, как указано в текущей версии 3GPP-14 для сотового IoT, являющейся основной регулирующей ступенью для стандартов 5G. В настоящее время стандартизация 3GPP направлена на то, чтобы гарантировать, что дальнейшие обновления сетей будут внедрены в существующие системы 4G с гарантией того, что мобильная система 5G разработана с нуля с тем, чтобы расширить диапазон использования систем IoT используя для этого реальные потребности рынка, а также снизить стоимость интеграции новых сетей [8].

Потребность в мобильной сети 5G будет огромной, чтобы расширить возможности базовых услуг ориентир будет дан на программно определяемые радиосистемы (SDR), включая SDWSN, NFV и CR, для обеспечения динамического управления информацией, создания централизованной системы и расширения возможностей адаптации новых услуг [9]. Для дальнейшего развития IoT в данном направлении рекомендуется создать схему контекстного управления перегрузкой (CACC) для облегченной сети IoT на основе CoAP / UDP в качестве многоцелевой функции, которая поддержала бы модель экспоненциальной активности предполагаемых сетей. для применения MTC [10].

1.5 СЕТЕВАЯ БАЗА ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ.

Мобильные сети 5G рассматриваются в качестве многообещающей технологии следующего поколения, обеспечивающей массовое развертывание одновременно подключенных разнородных устройств с новыми требованиями к обслуживанию, основанными на носимых вещах, улучшенной границей покрытия, малой задержкой, высокой универсальностью и масштабируемостью для эффективного включения Massive to Critical IoT приложений.[5] Однако очевидно, что традиционная сетевая инфраструктура постоянно устаревает, чтобы поддерживать эти функции для архитектуры IoT с существующей традиционной сетевой системой. Следовательно, сложность управления сетью продолжает увеличиваться из-за ручного процесса, который используется в сетевых конфигурациях из-за ограничений обычной аппаратной сети. Кроме того, сетевая система должна быть способна обеспечить постоянно развивающиеся сетевые технологии для будущей сетевой инфраструктуры.[6] Кроме того, существующие традиционные сети не могут обеспечить постоянно растущий спрос на сетевые технологии для будущих сетей следующего поколения. Для достижения этих целей новые технологии, в том числе программно-определяемые беспроводные сенсорные сети (SDWSN), виртуализация сетевых функций и когнитивное радио (CR), являются одними из немногих сетевых средств, которые помогут преодолеть такие ограничения унаследованных сетей к пятому поколению мобильных сетей для Интернета вещей.

1.6 УЛУЧШЕНИЯ NB-IoT.

NB-IoT стал стандартом сотовой связи 3GPP в Выпуске 13 для улучшенного покрытия внутри помещений, низкой чувствительности к задержкам, поддержки большого количества устройств с низкой пропускной способностью, сверхнизкой стоимости устройств, низкого энергопотребления и оптимизированных сетевых систем, способных поддерживать передачу данных не в реальном времени и, следовательно, обеспечить сверхнизкую стоимость для текущих потребностей IoT. Распространенные случаи использования NB-IoT включают приложения, такие как отслеживание активов, интеллектуальные города и здания, а также системы управления средой и т. д. Это дальнейшее улучшение возможностей 3GPP-LTE для NB-IoT заключается в расширении поддержки определения местоположения, многоадресной передачи, улучшения мобильности и адаптации линии связи, а также новый класс (классы) мощности, которые, как ожидается, будут рассмотрены в Выпуске 14 для сети 5G New Radio (NR), чтобы обеспечить эффективное удовлетворение рыночного спроса MTC.

Многоадресная передача: точка-точка-многоточка (SC-PTM), которая рассматривалась в Выпуске 13, должна быть расширена, чтобы обеспечить возможность многоадресной передачи по нисходящей линии связи (либо обновление программного обеспечения, либо прошивка, доставка групповых сообщений) для расширенного NB-IoT (eNB-IoT).

Усовершенствования мобильности и непрерывности обслуживания. Эти усовершенствования NB-IoT обеспечивают мобильность в подключенном режиме, что в то же время повышает непрерывность обслуживания без ущерба для энергопотребления пользовательского оборудования (UE).

Новые классы мощности: необходимо оценить новые классы, которые могут привести к внедрению нового пользовательского оборудования с уровнем мощности 14 дБм (25мВт). На основе окончательной оценки будет разработана система сигнализации для снижения максимальной передаваемой мощности, которая будет удобна для небольших размеров батарей носимых устройств. Она также предназначена для увеличения максимальных размеров транспортного блока в размере 1352 битов для нисходящей линии связи и 1800 битов для восходящей линии связи, что позволит UE в этом выпуске поддерживать максимальные скорости передачи данных, уменьшенную задержку и энергопотребление.

В 3GPP Release-13 полосы с высоким приоритетом были официально распределены для NB-IoT, включая Band 1, 2, 3, 5, 8, 12, 13, 17, 18, 19, 20, 26, 28 и 66. Поскольку NB-IoT является перспективной технологией для будущих приложений, необходимо обеспечить предотвращение проблем, связанных с сосуществованием с другими развернутыми технологиями. Исходя из этого, особое внимание уделяется радиочастоте NB-IoT (RF). В настоящее время 3GPP рассмотрел структуру сосуществования между технологиями, такими как CDMA и IoT, чтобы гарантировать, что коэффициент утечки мощности в соседний канал (ACLR) около 49 дБ может быть достигнут с разнесением на границе 385 кГц, что является четким признаком сосуществования между системами CDMA и NB-IoT. UE. Это показывает, что не требуется никаких дополнительных требований для сосуществования с другими устаревшими технологиями, которые в настоящее время развернуты для будущих случаев использования NB-IoT. Кроме того, для улучшения приложений MTC, поддержка NB-IoT была введена в следующие полосы: Band25 (США), Band70 (США), Band11 (Япония) и Band31 (SA и Европа) для эффективного использования.[11]

1.7 БУДУЩЕЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IOT) В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ 5G.

Интернет вещей — это сеть подключенных устройств; электроника, механика, датчики и т. д. как аппаратное, так и программное обеспечение, которые взаимосвязаны, что позволяет им общаться друг с другом и обмениваться данными, не требуя взаимодействия человека с человеком или человека с компьютером.[12]

Со временем новое поколение беспроводных коммуникаций вводится примерно каждое десятилетие. Со времени введения 1G в 1982 году, это сменилось 2G, который предоставил возможность обмена сообщениями в 1992 году. После этого в 2001 году появились сети 3G, которые позволили телефонам выходить в Интернет на высоких скоростях. После этого, в 2012 году, появилась 4G, которая добавила функции потокового видео, еще более высокие скорости и сниженные задержки. 5G разрабатывается с гигабитными скоростями. Первые сети 5G будут представлены в 2020 году [13]

Беспроводная сеть 5-го поколения — это грядущая революция мобильных технологий. Модель 5G основана на IP-архитектуре и предназначена для мобильных и беспроводных сетей.

Преимущества 5G перед прежними беспроводными технологиями огромны; сверхвысокая скорость от 1 до 10 Гбит / с; Пропускная способность на единицу площади будет в 1000 раз больше, может подключаться больше устройств, Глобальное покрытие, Использование энергии сети будет снижено на 90%, Увеличенное время автономной работы и многое другое.

Новая технология, 5G, будет способствовать расширению Интернета вещей разными способами:

- Более высокая пропускная способность: 5G будет поддерживать в 1000 раз больше трафика, который обрабатывается существующими сетями. Это также дает скорость в диапазоне 10 Гбит / с [14].
- Меньшие размеры устройств: 5G должен работать на частотах до 80 ГГц, уменьшая размер, необходимый для антенн, до 1-10 мм [15].
- Задержка в миллисекундах. Задержка — это время, необходимое для передачи одного пакета данных. Сети 5G обеспечат задержку менее 1 миллисекунды, которая требуется для критически важных приложений, таких как автомобили с автоматическим управлением, а также для операций, выполняемых роботом [13].
- Сети с высокой пропускной способностью: сети с высокой эффективностью и эффективностью, соединяющие миллиарды физических объектов с молниеносной скоростью, будут ключевой особенностью технологии 5G.
- Прямая совместимость: технология 5G будет работать со всеми типами устройств, которые будут подключены в будущем. Поскольку в сеть IoT будут добавлены новые устройства, это является одним из ключевых требований для поддержки роста IoT.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Интернет вещей растет быстрыми темпами, а приложения огромны. Необходима беспроводная сеть, которая может соответствовать росту и применению IoT. Преимущества и особенности 5G удачно подходят для поддержки IoT. Поскольку IoT поможет упростить нашу жизнь за счет автоматизации физических объектов, появление 5G поможет IoT совершить большой скачок.

5G предоставляет ряд преимуществ, которых нет у других технологий. К ним относятся гибкость 5G для поддержки огромного количества фиксированных и мобильных устройств IoT, которые имеют широкий диапазон требований к скорости,

пропускной способности и качеству обслуживания. По мере развития IoT гибкость 5G станет еще более значимой для предприятий. 5G будет поддерживать критически важные коммуникации с еще более строгими требованиями к производительности. Сверхнадежность и низкая задержка 5G могут помочь воплотить в жизнь автомобили с автоматическим управлением, интеллектуальные энергосистемы, улучшенную автоматизацию производства и другие передовые приложения. Помимо возможности обслуживания очень широкого спектра устройств и их разнообразных требований к обслуживанию, сети 5G также могут безопасно обрабатывать огромный объем данных, которые будут генерироваться устройствами IoT. Облачные вычисления, искусственный интеллект и периферийные вычисления также помогут обрабатывать объемы данных, генерируемые IoT. Глобальная технология 5G внедряется последовательно с опорой международные стандарты 3GPP. Они были разработан для обеспечения поддержки IoT и продолжают развиваться с постоянным совершенствованием согласованных стандартов. Основываясь на поддержке 4G IoT, версии 15 и 16 спецификаций 3GPP обеспечат дальнейшую поддержку устройств IoT с функциями 5G, включая сверхнадежность и низкую задержку. Дальнейшие усовершенствования 5G, такие как нарезка сети, непубличные сети и ядро 5G, в конечном счете, призваны помочь реализовать концепцию глобальной сети IoT, поддерживающей огромное количество подключенных устройств с различными требованиями к мобильности и доступности.

Литература:

1. *Uzairue Stanley, Nsikan Nkordeh, Victor Matthews Olu, Ibinabo Bob-Manuel.* IOT AND 5G: THE INTERCONNECTION. // Electrical and Information Engineering, Covenant University, Ota Nigeria.

2. *L. D. X. S. Z. Shancang Li*. 5G Internet of Things: A survey. // Elsevier-Journal of Industrial Information Integration, 2018.

3. *J. B. a. s. B. Enida cero*. "IoT's Tiny Steps towards 5G: Telco's Perspective. // Symmetry, p. 38, 2017.

4. *Abhiruchi Passi, Deepak Batra.* Future of internet of things (IoT) in 5G wireless networks. // International Journal of Engineering & Technology, 7 (1.5) (2018) 245-248

5. *A.Gupta and R. K. Jha*. A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies. // IEEE Access, 2015.

6. *T. Padmapriya and V. Saminadan*. Improving Throughput for Downlink Multi user MIMOLTE Advanced Networks using SINR approximation and Hierarchical CSI feedback. // International Journal of Mobile Design Network and Innovation- Inderscience Publisher, ISSN : 1744-2850 vol. 6, no.1, pp. 14-23, May 2015

7. *Bao-Shuh Paul Lin, Fuchun Joseph Lin and Li-Ping Tung*. The Roles of 5G Mobile Broadband in the Development of IoT, Big Data, Cloud and SDN. // Communications and Network, 2016, Published Online February 2016 in Scientific Research Publishing, pages 1, 10 and 11.

8. *E. Khorov, A. Lyakhov, A. Krotov, and A. Guschin*. A survey on ieee 802.11 ah: An enabling networking technology for smart cities. // Computer Communications, vol. 58, pp. 53–69, 2015.

9. 3GPP TR 33.860, Study on Security aspect of cellular systems with support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things. Sept 2015.

10. *B. Soret, K. Pedersen, N. Jorgensen, and V. Fernandez-Lopez*, Interference coordination for dense wireless networks. // Communications Magazine, IEEE, vol. 53, no. 1, pp. 102–109, January 2015

11. *M. Condoluci, M. Dohler, G. Araniti, A. Molinaro, and K. Zheng*, Toward 5g densenets: architectural advances for effective machine-type communications over femtocells. // Communications Magazine, IEEE, vol. 53, no. 1, pp. 134–141, January 2015.

12. *F. Boccardi, J. Andrews, H. Elshaer, M. Dohler, S. Parkvall, P. Popovski, and S. Singh*, Why to decouple the uplink and downlink in cellular networks and how to do it. // arXiv preprint arXiv:1503.06746, 2015.

13. *F. Granelli, A. Gebremariam, M. Usman, F. Cugini, V. Stamati, M. Alitska, and P. Chatzimisios*. Software defined and virtualized wireless access in future wireless networks: scenarios and standards. // Communications Magazine, IEEE, vol. 53, no. 6, pp. 26–34, June 2015.

14. Крейнделин В.Б., Усачев В.А. LTE-Advanced Pro как основа для новых сценариев M2M / T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2017, Т.11, №3, с. 28-32.

15. Крейнделин В.Б., Смирнов А.Э, Бен Режеб Т.Б.К. Исследование радиоинтерфейса беспроводных систем межмашинного взаимодействия M2M / T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2014, Т.8, №6, с. 71-74.

16. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Панкратов Д.Ю. Технологии в системах радиосвязи на пути к 5G. - М.: Горячая линия - Телеком. 2018, 280 с.

17. Бакулин М.Г., Крейнделин В.Б., Шумов А.П. Повышение скорости передачи информации и спектральной эффективности беспроводных систем связи. // Цифровая обработка сигналов, 2006, № 1, с. 2-12.

К.А. Батенков

ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВ СОСТОЯНИЙ МАГИСТРАЛЬНОЙ СЕТИ РОСТЕЛЕКОМ

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: сеть связи, граф, структура, вероятность связности, двухполюсная связность, многополюсная связность, всеполюсная связность.

Модель телекоммуникационной сети представлена в виде обобщенной модели Эрдеша–Реньи. В контексте устойчивости телекоммуникационной сети под анализируемым свойством понимается связность сети в той или иной форме. Показано, что предложенные методы оказываются вычислительно более эффективными по сравнению с известными при различных исходных данных.

K.A. Batenkov

STATE SET FORMATION OF ROSTELECOM BACKBONE NETWORK

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Key words: network, graph structure, the probability of connectivity, connectivity is a double-pole, multipole connectivity, sefolosha connectivity.

Model of a telecommunication network is presented in the form of the generalized model of Erdos–Renyi. In the context of the stability of a telecommunications network, the analyzed property refers to the connectivity of the network in one form or another. It is

shown that the proposed methods are computationally more efficient than the known ones for different source data.

В настоящее время оценка устойчивости (надежности, живучести) немыслима без использования теории графов [1]. При подобном анализе практически невозможно рассмотреть сложную или большую систему во всей ее полноте и богатстве. Логический подход предполагает декомпозицию системы на ряд небольших функциональных элементов и в рамках телекоммуникационных сетей они обычно представляют собой отдельные сетевые устройства (коммутаторы, маршрутизаторы, терминалы и т. п.), а также линии связи между ними (медножильные, оптоволоконные, коаксиальные кабели, беспроводная среда и другие среды передачи). Функциональные взаимосвязи задают и логические соотношения между отказами отдельных элементов и отказом сети в целом. Отметим, что обычно считают отказы устройств сравнительно менее вероятными, чем отказы линий связи, что подразумевает использование предположения об абсолютной устойчивости (надежности, живучести) данных устройств.

Модель телекоммуникационной сети целесообразно представить в виде обобщенной модели Эрдеша–Реньи [2]. В ней рассматривается случайный граф G, в котором жестко задано множество вершин $V = \{1, \dots, v\}$ с мощностью v. Естественно, что случайными в нем являются только ребра, что вполне согласуется с предположением об абсолютной устойчивости сетевых устройств. В классическом подходе анализируются исключительно графы, в которых отсутствуют кратные ребра (мультиграфы), петли (псевдографы) и направленные ребра (орграфы). Всего потенциальных ребер в графе G $l = C_n^2$ штук. Вероятность существования ребра (работоспособности линии связи) между вершинами i и j обозначена через $p_{i,j} \in [0, 1]$ и не зависит от всех остальных $l - 1$ ребер. Отметим, что данная вероятность может рассматриваться и как коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности [3] и как другие показатели, характеризующие работоспособность элементов телекоммуникационной сети [4]. Предполагая, что L – случайное множество ребер, существующее после реализации отдельного опыта, случайный граф G приобретает форму обобщенной модели Эрдеша–Реньи, т. е. $G = (V, L)$. Заметим, что вероятность p_G существования конкретного графа G в результате опыта есть

$$p_G = \prod_{(i,j)\in L} p_{i,j} \prod_{(i,j)\notin L} (1 - p_{i,j}).$$

В подобной постановке вероятность $p(S)$ обладания случайным графом G некоторым свойством трактуется как сумма вероятностей p_G существования графов, принадлежащих множеству S, для которого этого свойство выполняется, т. е.

$$p(S) = \sum_{G\in \mathrm{S}} p_G.$$

В контексте устойчивости телекоммуникационной сети под рассматриваемым свойством обычно понимают связность сети в той или иной форме, а следовательно, вероятность $p(S)$ связности сети оценивается как сумма вероятностей p_G всех связных графов (на заданном множестве вершин), формирующих множество S. Отметим также, что аналогично ранее упомянутому вероятность связности сети

может трактоваться в рамках терминов коэффициента готовности, коэффициента оперативной готовности [3] и других показателей, характеризующих работоспособность телекоммуникационной сети [4].

В качестве тестовой сети связи используется магистральная сеть Ростелеком, развернутая с целью формирования потоков в направлении "Европа – Азия", помеченный граф которой представлен на рисунке 1. Исходная топологическая структура данной сети приведена в [5].

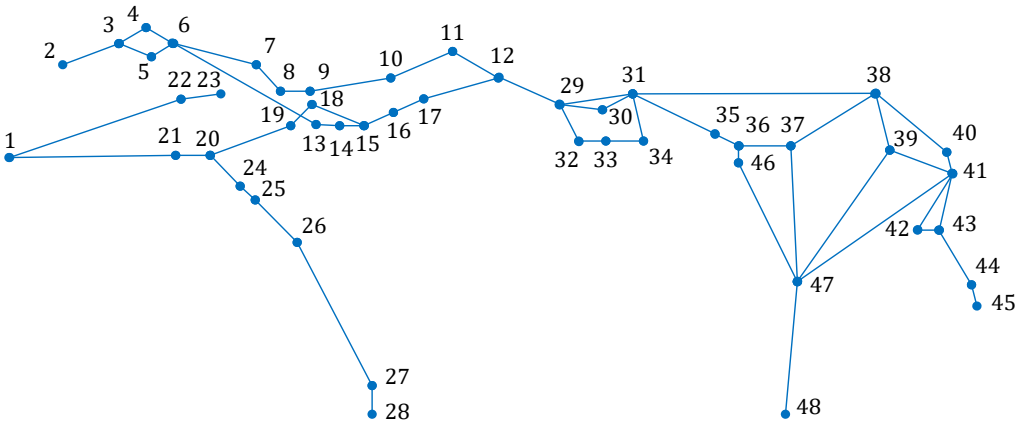


Рисунок 1. Граф – модель магистральной сети Ростелеком [5]

В таблице 1 приведены сводные данные по числу состояний графа и временных затрат на их формирование для различных мер связности [1, 2, 6, 7]. Отметим, что реализация вышеописанных процедур анализа выполнена в программной среде MathCad 15, а вычисления проводились на компьютере с процессором AMD Ryzen 5 3500U, оперативной памятью 16 ГБ и 64-разрядной операционной системой Windows 10.

Таблица 1. Данные результатов формирования состояний магистральной сети Ростелеком [5] (рис. 1)

Мера связности	Номера вершин–полюсов	Число состояний (подграфов)	Время формирования, с	
			известные методы	предложенные методы
двухполюсная	1, 28	1	0,070	0,056
	1, 45	216	0,097	0,092
	1, 48	72	0,075	0,063
	2, 23	4	0,217	0,188
	2, 28	4	0,217	0,189
	2, 45	432	0,265	0,266
	2, 48	144	0,224	0,201
	23, 28	1	0,071	0,057
	23, 45	216	0,100	0,095
	23, 48	72	0,077	0,067
	28, 45	216	0,102	0,099
	28, 48	72	0,079	0,068
	45, 48	22	0,481	0,423

Продолжение Таблицы 1.

все-полюсная	1–28	48	0,153	0,170
	1–34	672	11,19	3,18
	1–38	3360	16,47	9,49
	1–41	13440	–	71,18
	29–48	22848	–	47,9
многополюсная	1, 2, 28	4	0,024	0,011
	1, 2, 23	1	0,027	0,007
	1, 23, 28	1	0,031	0,004
	2, 23, 28	4	0,028	0,005
	1, 2, 23, 28	4	0,022	0,005
	29, 45,48	216	5,95	2,76
	37, 45,48	64	6,43	0,70
	29, 37, 45,48	414	6,36	4,72
	29, 37, 41, 45,48	414	5,83	4,82
	29, 33, 37, 41, 45,48	690	6,241	6,40

Литература:

1. *Shengjie Xu, Yi Qian, Rose Qingyang Hu.* Reliable and resilient access network design for advanced metering infrastructures in smart grid // IET Smart Grid, 2018. pp. 1–7.
2. *Xu S., Qian Y., Hu R.Q.* A data-driven preprocessing scheme on anomaly detection in big data applications. Proc. in 2017 IEEE Conf. on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS), Atlanta, GA, USA, May 2017.
3. *Ye F., Qian Y., Hu R.Q., et al.* Reliable energy-efficient uplink transmission for neighborhood area networks in smart grid', IEEE Trans. Smart Grid, 2015, 6, (5), pp. 2179–2188.
4. *Ye F., Qian Y., Hu R.Q.* Energy efficient self-sustaining wireless neighborhood area network design for smart grid, IEEE Trans. Smart Grid, 2015, 6, (1), pp. 220–229.
5. *Батенков К. А.* Точные и граничные оценки вероятностей связности сетей связи на основе метода полного перебора типовых состояний // Труды СПИИРАН. 2019. Т. 18. № 5. С. 1093–1118.
6. *Батенков К. А.* Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. 2017. № 4 (53). С. 5–28.
7. *Батенков К. А., Батенков А. А.* Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости // Труды СПИИРАН. 2018. № 3 (58). С. 128–159.

М.В. Деремов[1], Н.В. Руденко[1], В.В. Ершов[2], С.В. Гладыщук[2]

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИХРЕВЫХ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия[1]
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», г. Ростов-на-Дону, Россия[2]

Ключевые слова: электроснабжение базовых станций сотовой связи, вертикально-осевые ветроэнергетические установки, вихревые ветроэнергетические установки.

В статье рассмотрен вопрос о возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения базовых станций сотовой связи. Показано, что ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения значительно уступают ветрогенераторам с вертикальной осью. Среди известных вертикально-осевых ветрогенераторов был проведен сравнительный анализ по ключевым критериям. В результате была предложена вихревая ветроэнергетическая установка. Основными ее преимуществами являются низкий уровень помех из-за наличия экранирования лопастей с помощью раструба, возможность использования энергии горизонтальных и восходящих потоков ветра, возможность размещения этих установок на одной мачте с антеннами базовой станции сотовой связи, а также устойчивость к буревым ветрам, надежность и простота эксплуатации.

M.V. Deremov, N.V. Rudenko, V.V. Ershov, S.V. Gladishuk

POSSIBILITY ANALYSIS VORTEX WIND TURBINES FOR ELECTRICAL SUPPLY OF BASIC STATIONS OF CELLULAR COMMUNICATION

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia
North Caucasus Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State budgetary educational institution of higher education «Moscow Technical University of Communications and Informatics», Rostov-on-Don, Russia

Key words: power supply of Autonomous communication facilities, vertical-axial wind power plants, vortex wind power plants, increased stability and reliability.

The article discusses the possibility of using wind power plants for power supply of base stations of cellular communication. It is shown that wind generators with a horizontal axis of rotation are significantly inferior to wind generators with a vertical axis. Among the famous vertical-axial wind turbines, a comparative analysis was conducted on key criteria. As a consequence a vortex wind power plant was proposed. Its main advantages are a low level of interference due to the shielding of the blades using a bell, the ability to use the energy of horizontal and upward wind flows, the ability to place these installations on one

mast with antennas of a cellular base station, as well as resistance to storm winds, reliability and simplicity operation.

Введение. Покрытие территории нашей страны сотовыми сетями составляет всего около 10%. По данным Минкомсвязи, покрыты почти все населенные пункты, но 1343 городских поселения с численностью жителей от 10 тыс. до 500 тыс. человек все же остаются без доступа к Интернету и мобильной связи. Еще 38%, или 6725 населенных пунктов, составляют города и села, где есть голосовая сотовая связь, но отсутствует как проводной, так и беспроводной доступ в Интернет.

Наименьшее число пользователей проживают в Дальневосточном и Сибирском федеральном округах. Это связано с высокой стоимостью подключения электроэнергии для электропитания базовых станций сотовой связи (БССС).

Так каждая базовая станция, точечно покрывающая село или деревню, обойдется примерно в 1 млн руб. Установить базовую станцию 3G или LTE в селе, где есть вышка и оптическая линия «Ростелекома» стоит 3–5 млн руб., если вышки нет – до 7 млн руб. Подводка оптического кабеля к БССС обойдется примерно в 700 000 руб. за 1 км, подключение по радиорелейному беспроводному каналу – в 450 000–700 000 руб. Ежемесячные операционные затраты на одну базовую станцию - от 100 до 200 тысяч рублей ежемесячно.

С целью снижения стоимости сети сотовой связи предлагается использование ветроэнергетических установок (ВЭУ) для электроснабжения БССС [1,2].

Результаты исследований. Задача формулируется следующим образом. Выполнить анализ возможности использования ВЭУ для электроснабжения БССС.

Для решения задачи необходимо провести анализ характеристик известных видов ветрогенераторов. Как известно, ветрогенераторы с горизонтальной осью вращения значительно уступают ветрогенераторам с вертикальной осью. Ветрогенераторы с вертикальной осью имеет следующие преимущества [3-6]:

- пониженная начальная скорость вращения (от 1,5 м/с);
- не создают вибрацию на грунт;
- не требуют установки высоких мачт, поэтому дешевле в обслуживании;
- экологичны (уровень шума не превышает 35 дБ);
- не требуют ориентации на ветер;
- использую энергию не только горизонтальных, но и восходящих вертикальных потоков ветра.
- обладают повышенной надежностью.

Анализ вертикально-осевых ветрогенераторов. Существует немалое количество вертикально-осевых ветрогенераторов. Их сравнительная характеристика приведена в таблице 1 [6-20].

Таблица 1. Сравнительная характеристика вертикально-осевых ВЭУ

Виды вертикально-осевых ВЭУ	Критерии оценивания			
	Возможность использования для электроснабжения БССС	Сложность и стоимость производства	Способность генерировать помехи сигналам связи	Удобство монтажа и эксплуатации
1	2	3	4	5
Ротор Савониуса	Низкая эффективность и большие размеры являются преградой для установки [8].	Высокие расходы на материалы лопастей [13].	Высокий уровень помех из-за большой площади лопастей [14].	Простая конструкция снижает расходы на дальнейшее обслуживание [17].
Ротор Дарье	Конструкция громоздкая [16].	Затраты на производство сравнительно невелики вследствие малого количества подвижных деталей [15].	Высокий уровень помех из-за отсутствия экранирования лопастей [18].	Легко монтируются. Конструкция простая. Начинают работать от запуска вручную [19].
Геликоидный ротор	Монтаж установки требует времени и сопряжен с трудностями сборки [9].	Сложная технология изготовления отразилась на высокой цене [9].	Высокий уровень помех из-за отсутствия экранирования лопастей [7].	Вращение равномерно благодаря закрученным лопастям. [20].
Многолопастный ротор	В процессе эксплуатации конструкцию сопровождает увеличенный звуковой фон [7].	Повышенная материалоёмкость устройства увеличивает его стоимость [11].	Высокий уровень помех из-за отсутствия экранирования лопастей [12].	Внешний лопастной ярус работает как направляющий аппарат. Монтаж и эксплуатация требуют больших затрат [15].
Вихревая с конусообразным раструбом	Повышенная устойчивость, простота эксплуатации [6].	Дополнительные расходы на изготовление раструба [6].	Низкий уровень помех из-за экранирования лопастей с помощью раструба [6].	Устанавливаются на короткой мачте, что облегчает обслуживание [6].

Анализ характеристик вертикально-осевых ВЭУ позволяет сделать вывод о целесообразности использования вихревых ВЭУ с конусообразным раструбом для электроснабжения базовых станций сотовой связи.

Разработка технических рекомендаций по проектированию ВЭУ. С учётом выше указанных критериев в Донском государственном техническом университете (г. Ростов-на-Дону) запатентовано изобретение вихревой ВЭУ, которое может быть использовано для энергоснабжения базовых станций сотовой связи [21-23].

Конструкция вихревой ВЭУ представлена на рисунке 1 [21]. Ветроэнергетическая установка, содержащая раструб 5, выполненный в виде усечённого конуса или цилиндра, переходящего в усечённый конус, и расположенный в нём по его вертикальной оси ротор, выполненный в виде вала 2 с закреплённой на нём конической винтовой лопастью 3, а ниже её на валу 2 закреплены посредством соединительных дисков 6 лопасти 7 с частичным выступом 8 их из нижней части раструба 5. Раструб 5 установлен на опорах 9 с подпятниками

14, по меньшей мере, трех, по условиям устойчивости, на уровне верхнего среза 16 раструба 5 в горизонтальной плоскости установлена жёстко связанная с раструбом 5 силовая крестовина 4, в центре которой размещен подшипниковый узел 1, в котором закреплен вал 2 ротора с возможностью вращения, на уровне нижней части опор 9 раструба 5 в горизонтальной плоскости установлена жёстко связанная с опорами 9 посредством силовых элементов конструкции 12 силовая крестовина 11, в центре которой размещен подшипниковый узел 13, в котором закреплен вал 2 ротора с возможностью вращения. Генератор ЭДС 10 установлен на силовой крестовине 11 на уровне нижней части опор 9 раструба 5 в горизонтальной плоскости, ротор генератора ЭДС 10 жестко связан с валом 2 ротора, а габаритные размеры ротора генератора ЭДС 10 определяются возможностью получения максимально возможной ЭДС и ограничены опорами 9 раструба 5. Раструб 5 имеет нижний срез 15.

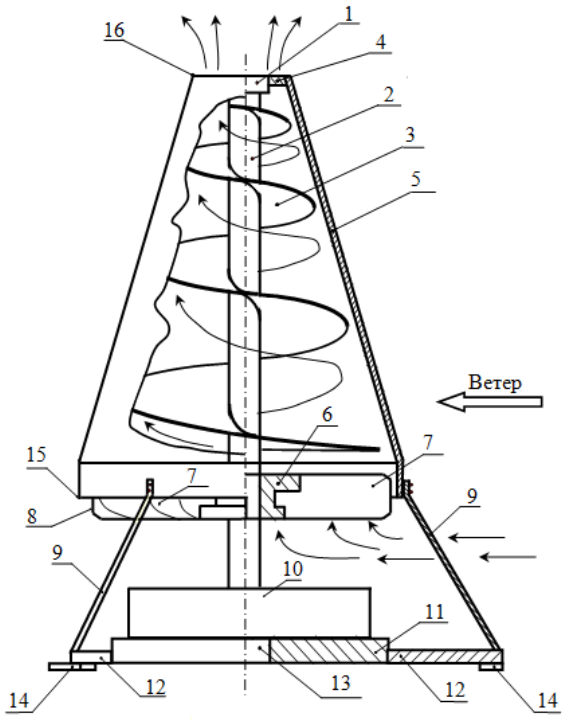


Рисунок 1. Конструкция вихревой ветроэнергетической установки

Работа вихревой ветроэнергетической установки. При обдуве ветром выступа лопастей 7 ротора вал 2 ротора начинает вращаться, создавая перепад скоростей слоёв воздуха в пространстве между нижним 15 и верхним 16 срезами раструба 5 вследствие образования вихревого потока согласно уравнению Д. Бернулли, в результате чего возникает устойчивый вихревой воздушный поток, который обеспечивает преобразование энергии ветра в механическую энергию вращения ветроколеса, содержащего диски 6 и лопасти 7 и вал 2 ротора.

Возникающий в раструбе 5 воздушный поток начинает воздействовать на коническую винтовую лопасть 3. Результатом этого воздействия является сила, которая действует на коническую винтовую лопасть 3 со стороны протекающего через неё воздушного потока. Мощность, развиваемая этой силой, пропорциональна произведению количества движения массы проходящего через коническую винтовую лопасть 3 в единицу времени воздуха на разность скоростей до и после неё. Под действием этой силы возникает дополнительный крутящий момент,

создаваемый конической винтовой лопастью 3, обеспечивая повышение эффективности использования энергии ветра.

Таким образом, закрепление на валу 2 ветроэнергетической установки конической винтовой лопасти 3 с переменным радиусом, уменьшающимся в направлении от нижнего 15 к верхнему 16 срезу раструба 5 позволяет получить приращение мощности на валу 2 за счет мощности, создаваемой конической винтовой лопастью 3, которая возникает за счёт использования энергии вихревого потока в раструбе 5, и на этой основе при том же значении мощности воздушного потока, что и в прототипе, повысить КПД в предлагаемой ветроэнергетической установке [21].

Существенными преимуществами этих ВЭУ перед остальными вертикально-осевыми являются следующие [22-23]:

- низкий уровень помех из-за наличия экранирования лопастей с помощью раструба;
- возможность использования энергии горизонтальных и восходящих потоков ветра, что позволяет вырабатывать энергию при скорости ветра 1,3 м/сек.;
- возможность размещения этих установок на одной мачте с антеннами БССС, как показано на рисунке 2, что позволяет снизить общую стоимость станции, а также её монтажа и технического обслуживания.

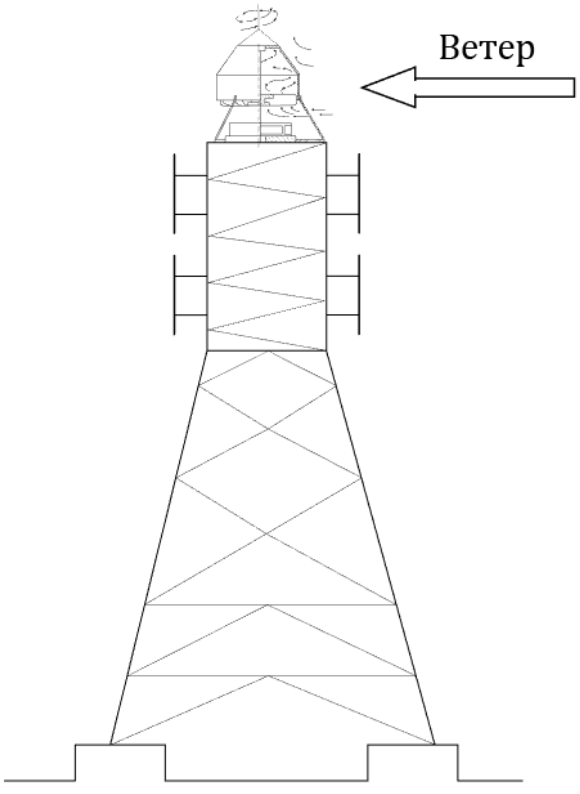


Рисунок 2. Вариант размещения вихревой ВЭУ на мачте БССС

Выводы. На основе сравнительного анализа характеристик ВЭУ можно сделать вывод о целесообразности использования вихревых ВЭУ с конусообразным раструбом для электроснабжения базовых станций сотовой связи.

Литература:

1. В 1343 городах и селах России нет интернета и сотовой связи. [Электронный ресурс]: URL: https://cnews.ru/news/top/v_1343_gorodah_i_selah_rossii_net_interneta (дата обращения 20.04.2020 г.)

2. Государство хочет охватить сотовой связью небольшие населенные пункты. [Электронный ресурс]: URL: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/03/06/795756-sotovoi-svyazyu (дата обращения 20.04.2020 г.)

3. *Безуглова М. А.* Проблемы развития нетрадиционной энергетики Севера России на примере Баренцрегиона // Общество. Среда. Развитие (Terra Humana). 2007. №1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-razvitiya-netraditsionnoyenergetiki-severa-rossii-na-primere-barentsregiona (дата обращения: 20.04.2020).

4. *Rudenko N.V.* [et al.] On the feasibility of using alternative energy sources for uninterrupted power supply of base stations of cellular communication // Scientific almanah. 2015. No.7 (9). P. 790-801. DOI: 10.17117/na.2015.07.790 [Electronic source]: URL: // http://ucom.ru/doc/na.2015.07.790.pdf (date of request 20.04.2020)

5. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Evstafiev V.V.* Improvement of ecological and resource-consumption properties of hybrid power supply plants of mobile base stations//Proc. International Conf. on Industrial Eng., Application. and Manufact. (ICIEAM). 16-19 May 2017, St.-Petersburg, Russia. DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076240

6. *Деремов М.В., Руденко Н.В., Ершов В.В., Махаури Г.З.* Анализ возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019. С. 303-311. ISSN 2221-7975.

7. Основные виды ветрогенераторов: вертикальные, горизонтальные. [Электронный ресурс]: URL: https://tcip.ru/blog/wind/osnovnye-vidy-vetrogeneratorovvertikalnye-gorizontalnye.html (дата обращения 20.04.2020 г.)

8. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства. [Электронный ресурс]: URL: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryis-vertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 20.04.2020 г.).

9. Конструкции ВЭУ, горизонтально-осевые и вертикально-осевых роторы. [Электронный ресурс]: URL: http://vetrodvig.ru/tipy-vetroenergeticheskixustanovok/chto-luchshe-vertikalno-ili-gorizontalno-osevaya-veu/ (дата обращения 20.04.2020 г.).

10. Преимущества и недостатки ветрогенераторов с вертикальной и горизонтальной осью вращения. [Электронный ресурс]: http://vetrodvig.ru/preimushhestva-i-nedostatki-vetrogeneratorov-s-vertikalnojj-igorizontalnojj-osyu-vrashheniya/ (дата обращения 20.04.2020 г.).

11. Ветрогенераторы. Устройство, виды и особенности. [Электронный ресурс]: https://avtonomny-dom.ru/vetrogeneratoryi/tipyi-vetrogeneratorov.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

12. Асинхронный ветрогенератор. [Электронный ресурс]: http://library.eltech.ru/files/vkr/2017/bakalavri/3491/2017ВКР349139Федоров.pdf (дата обращения 20.04.2020 г.).

13. Ротор Савониуса: описание, принцип работы. Ветрогенератор с вертикальной осью вращения. [Электронный ресурс]: http://fb.ru/article/466735/rotorsavoniusa-opisanie-printsip-rabotyi-vetrogenerator-s-vertikalnoy-osyu-vrascheniya (дата обращения 20.04.2020 г.).

14. Ветрогенераторы. Устройство, виды и особенности. [Электронный ресурс]: https://avtonomny-dom.ru/vetrogeneratoryi/tipyi-vetrogeneratorov.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

15. Вертикальный ветрогенератор своими руками: как собрать ветряк с вертикальной осью вращения. [Электронный ресурс]: https://sovet-ingenera.com/ecoenergy/generators/vertikalnyj-vetrogenerator-svoimi-rukami.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

16. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения российского производства [Электронный ресурс]: http://www.ekopower.ru/vetrogeneratoryi-svertikalnoy-osyu-vrashheniya-rossiyskogo-proizvodstva/ (дата обращения 20.04.2020 г.).

17. Анализ плюсов и минусов вертикальных ветрогенераторов малой мощности. [Электронный ресурс]: http://www.biowatt.com.ua/informatsiya/analizplyusov-i-minusov-vertikalnyh-vetrogeneratorov-maloj-moshhnosti/ (дата обращения 20.04.2020 г.).

18. Ротор Дарье [Электронный ресурс]: https://ekoenergia.ru/energiyavetra/rotor-dare.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

19. Вертикальный ветрогенератор: принцип работы. [Электронный ресурс]: https://energo.house/veter/vertikalnyj-vetrogenerator-printsip-raboty.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

20. Вертикальные или горизонтальные ветрогенераторы. [Электронный ресурс]: http://ecoenergy.org.ua/vetrogeneratory/vertikalnye-iligorizontalnye-vetrogeneratory.html (дата обращения 20.04.2020 г.).

21. *Руденко Н.В., Ершов В.В., Пугачев И.В., Коньшина Н.А.* Ветроэнергетическая установка: патент на изобретение № 2689661 Рос. Федерация. Бюл. №16, 2019

22. *Rudenko N.V., Ershov V.V., Konshina N.A.* Energy Conservation in High-Rise Buildings Based on Environmentally-Friendly Renewable Energy Sources // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 224 (1). [Электронный ресурс] // URL: http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/224/1/012020/pdf (дата обращения: 20.04.2020).

23. *Rudenko N., Ershov V., Trints V.* Increasing power supply efficiency of livestock complexes at small farms using renewable energy sources // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science403 (2019) 012123. doi:10.1088/1755-1315/403/1/012123. [Электронный ресурс] // URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/403/1/012123/pdf (дата обращения: 20.04.2020).

Н.Б. Усманова, А.А. Кодиров

О МОДЕЛИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ МЕЖУРОВНЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан

Ключевые слова: функциональная архитектура, система связи, информационные процессы, межуровневая оптимизация, межуровневая адаптация.

На основе многоуровневой организации функциональной архитектуры систем связи показана необходимость использования положений межуровневой оптимизации, которая в отличие от модели взаимодействия открытых систем представляет собой концепцию межуровневой коммуникации, основная идея которой заключается в том, чтобы сохранить функциональные возможности, связанные с исходными уровнями, но, с учетом пересечения различных уровней, обеспечить координацию, взаимодействие и совместную оптимизацию протоколов.

N.B. Usmanova, A.A. Kodirov

ON MODELING INFORMATION PROCESSES FOR CROSS-LAYER OPTIMIZATION IN COMMUNICATION SYSTEMS

Tashkent University of Information Technologies, Tashkent, Uzbekistan

Keywords: functional architecture, communication system, information processes, cross-layer optimization, cross-layer adaptation.

Based on the layered organization of the functional architecture of communication systems, the necessity of using the provisions of cross-layer optimization is shown, which, in comparing with the interconnection model of open systems, is a concept of cross-layer communication, the main idea of which is to maintain the functionality associated with the initial levels, but, taking into account intersections of various levels, ensure coordination, interaction and joint optimization of protocols.

Введение.

Сети связи традиционно разрабатываются и используются в соответствии с принципами многоуровневого построения: проектирование определенных сетевых функций (таких как управление потоком, маршрутизация, доступ к среде) производится в отдельности, с последующим объединением системы через ограниченные интерфейсы между уровнями, выполняющими конкретные задачи. Уровни, которые с технической стороны являются распределенными системами с взаимодействующими сущностями, функционируют внутри и между системами в вертикальной иерархической взаимосвязи. Каждый уровень использует сервисы, предоставляемые нижними уровнями, и, в свою очередь, обеспечивает свои сервисы доступными для вышестоящих уровней. Межуровневая коммуникация происходит только между соседними уровнями и ограничивается вызовами процедур и ответами. Самые распространенные примеры многоуровневых коммуникационных архитектур - это семиуровневая эталонная модель взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС) и четырехуровневая модель TCP/IP [1].

В настоящее время, когда информационная индустрия становится главным фактором экономического развития, информационные технологии приобретают важное научно-прикладное значение, оказывая глубокое воздействие на темпы и характер общественного прогресса. Рост производительности вычислительных средств, интенсивное внедрение высокоскоростных технологий обмена различными видами информации, их существенное усложнение и ужесточение требований к эффективности функционирования строящихся на их основе сетей предопределили проблемы их анализа и синтеза. Это обусловлено традиционностью подхода к решению таких задач, которые решались для отдельных подсистем (например, канала передачи данных, транспортной сети различной структуры, отдельных процедур, реализуемых в рамках конкретного протокола или группы протоколов одного отдельно взятого уровня функциональной архитектуры) [2]. Такой подход определялся, в первую очередь, выполненной в рамках ЭМ ВОС структурной декомпозицией функциональной архитектуры и соответствующего разбиения на уровни, а также развитостью к моменту разработки ЭМ ВОС методов анализа и синтеза простых систем обмена дискретной информации, реализующих, в основном, функции одного уровня.

Несмотря на то, что многоуровневые архитектуры связи сыграли важную роль в развитии сетей и систем связи (в особенности Интернета), в последнее время в научном сообществе появляется ряд публикаций, где уровневая организация (протоколов, интерфейсов) ставится под сомнение [3-5]. Во многом это связано с тем, что на сегодняшний день беспроводные сети становятся неотъемлемой частью инфраструктуры связи и, следовательно, занимают значительное место в перспективных исследованиях и разработках.

Основным преимуществом, вытекающим из многоуровневой парадигмы, является модульность в структуре протокола, которая обеспечивает функциональную совместимость и улучшенную структуру протоколов связи. Кроме того, протокол определенного уровня описывается с точки зрения функциональных возможностей, которые он предлагает, а детали реализации и внутренние параметры скрыты для остальных уровней. Однако именно эти особенности уровневой модели ВОС, в основном, связанные с отсутствием координации между уровнями, ограничивает производительность таких архитектур из-за особых проблем, связанных с беспроводным характером линий передачи. Для преодоления таких ограничений инженерами и исследователями были предложены механизмы межуровневой разработки [5-7], основная идея которых заключается в том, чтобы сохранить функциональные возможности, связанные с исходными уровнями, но, с учетом пересечения различных уровней, обеспечить координацию, взаимодействие и совместную оптимизацию протоколов.

Особенности уровневой организации сетей связи. Необходимость межуровневой оптимизации.

Основу эталонной модели взаимодействия открытых систем составляют четыре элемента: *открытые системы*; *прикладные процессы* и соответствующие им прикладные логические объекты, существующие в рамках ВОС; *физические и логические соединения*, которые связывают прикладные логические объекты и позволяют им обмениваться информацией; *физическая среда* для ВОС. Определение основных принципов построения любой модели, таким образом, опирается на такие понятия, используемые в стандартах ВОС, как реальная система, реальная открытая система, открытая система, прикладной процесс, прикладной логический объект, физические и логические соединения [8].

В контексте настоящего исследования эти элементы рассматриваются применительно к классификационным типам архитектур, определенным для широкого класса сетей и систем: функциональная - соответствует элементу «открытые системы», информационная - элементу «прикладные процессы», логическая - элементу «физические и логические соединения», а физическая – элементу «физическая среда для ВОС». При этом, открытая система – это представление в рамках эталонной модели тех аспектов реальной открытой системы, которые относятся к ВОС, а прикладной процесс - элемент реальной открытой системы, который выполняет обработку информации для некоторого конкретного применения. Кроме того, следует отметить важный аспект: компоненты прикладных процессов (называемые прикладными логическими объектами), реализуют процессы взаимосвязи открытых систем через среду ВОС, под которой понимается совокупность взаимодействующих реальных открытых систем вместе с физической средой для ВОС, предназначенной для передачи информации между ними.

Архитектура ЭМ ВОС предусматривает два основных способа или режима передачи данных между объектами при реализации какого-либо сервиса: с соединением (connection oriented mode transmission) и без соединения (connectionless mode transmission). Эти два режима имеют свои особенности, которые в свою очередь обеспечивают универсальность эталонной модели. Режим передачи данных с соединением предполагает динамическое управление процессом установления соединением, с согласованием условий и характеристик взаимосвязи и сервиса. Этот режим характеризуется строго определенным жизненным циклом процесса взаимодействия, согласованием условий и параметров взаимосвязи между взаимодействующими объектами, обеспечением стабильной конфигурации ресурсов. В режиме без соединения доставка передаваемого блока данных не гарантируется, акты взаимосвязи однократны, а передаваемые блоки данных замкнуты и независимы.

На основе этих режимов возможно осуществление взаимодействия между так называемыми N-сущностями, с соответствующим обменом N-протокольными блоками данных, которые содержат, во первых, управляющую информацию N-протокола и, во-вторых, возможно, данные пользователя (сущности (N+1)-уровня). Чтобы описать процессы информационного обмена, осуществляемые в рамках протокольной иерархии, вводятся следующие обозначения [8]:

(N)-протокольная управляющая информация ((N)-protocol control information (N)-PCI);

(N)- данные пользователя ((N)-user data, (N)-UD);

(N) – протокольный блок данных ((N)-protocol data unit (N)-PDU);

(N) – сервисный блок данных ((N)-service data unit (N)-SDU);

Тогда взаимосвязь протокольных и сервисных блоков данных выглядит как показано на рис. 1.

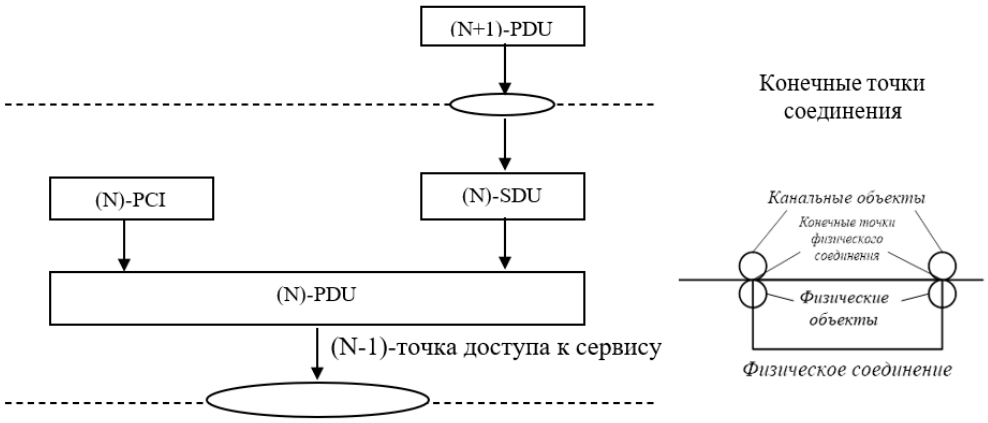


Рисунок 1. Взаимосвязь протокольных и сервисных блоков данных

Эта взаимосвязь определяет механизм вертикального взаимодействия сущностей открытой системы, расположенных в смежных уровнях (при этом N-сущность определятся как некоторый активный элемент внутри некоторой (N)-подсистемы, обладающий набором определенных для данного уровня функциональных возможностей). Протокол на определенном уровне реализуется объектом (программным, программно-аппаратным или аппаратным), который обменивается данными с другими объектами (в других сетевых системах), реализующими тот же протокол, используя блоки данных протокола (PDU).

Традиционно, архитектуры протоколов следуют строгим принципам многоуровневой организации, которые обеспечивают должный инструмент для проектирования совместимых систем и эффективного внедрения. Наряду с этим, современные исследования в области беспроводных технологий и коммуникаций демонстрируют тот факт, что при обособленной разработке протоколов разных уровней и при их применении на практике следует учитывать особенности беспроводной среды, и функциональные возможности взаимодействия, принятые для классических уровневых моделей, возможно, не будут реализованы в случае беспроводных сетей. Для «смягчения» этого обстоятельства, а также в целях более детальной проработки вопросов межуровневой оптимизации, ниже приведены основные положения этого направления исследования, которое, как показывает обзор литературных источников, не так широко представлен и, по мнению авторов, заслуживает отдельного рассмотрения с учетом того, межуровневое проектирование (в англоязычной литературе – дизайн) относится к области разработки протоколов (правил и механизмов), путем активного использования зависимости между протокольными уровнями для получения прироста производительности. Другими словами, эта область исследований представляет новое, применительно к беспроводным технологиям, видение информационных процессов с точки зрения улучшения параметров/характеристик качества.

Межуровневая оптимизация, в отличие от коммуникационной модели ВОС, представляет собой концепцию межуровневой коммуникации, обеспечивающей динамически обратную связь через границы уровня, для предоставления возможности компенсации перегрузки, задержки или другого несоответствия требований и ресурсов любым управляющим входом на другой уровень, на который непосредственно влияет обнаруженный недостаток [5,9]. При этом имевшиеся в модели ВОС строгие границы «стираются», чтобы обеспечить связь между

уровнями, позволяя одному уровню получать доступ к данным другого уровня для обмена информацией и обеспечения взаимодействия.

Например, знание текущего физического состояния позволяет поддержку схемы распределения каналов или стратегии автоматического повторного запроса (ARQ) на уровне MAC при оптимизации несоответствий и достижении максимальной пропускной способности [10]. Более того, при маршрутизации информации в условиях ограниченной пропускной способности каналов, может возникнуть необходимость вмешательства в целях обеспечения баланса между потребностями трафика при передаче речи и достаточно динамичных команд управления, а любое изменение при распределении ресурсов может повлиять на разборчивость голоса или устойчивость видео.

О разработке модели межуровневой адаптации: концептуальное представление среды коммуникаций.

Для дальнейших рассуждений можно обратиться к структуре и функции физического уровня [3]: он является базовым в иерархии протоколов ЭМ ВОС, обеспечивая перенос последовательности сигналов, в виде которых представляются данные, через физическую среду (канал), соединяющую объекты сети связи. Для обеспечения возможности физического уровня канальным внешние характеристики должны быть в определенной степени согласованы с характеристиками подключаемого объекта канального уровня. Согласование обеспечивается в точках стыка по совокупности механических, электрических, функциональных и процедурных характеристик. Физическое соединение предоставляется объектам сети, расположенным на канальном уровне, при этом физический канал подключается к конечным точкам физического соединения, находящимся на границе с канальным уровнем (показано справа на рис.1).

В таком представлении (аналогичная «раскладка» уровневых сущностей может быть приведена для вышестоящих уровней – канального, сетевого и т.д.) реализация множества разнотипных протоколов в рамках функциональной архитектуры, и обеспечение выполнения предъявляемых требований (в частности, для технологий беспроводной связи) затруднено, в том числе по выбору протоколов, процедур, которые они должны реализовать, установлению значений параметров процедур управления обменом для получения оптимальных параметров (требований по качеству обслуживания). Наряду с растущим интересом к беспроводным сетям и технологиям, такие возможности коммуникаций предопределяют новые проблемные области при разработке протоколов связи, которые должны быть адаптируемыми к новым функциям беспроводной сетевой среды, таким, как общие каналы, ограниченная пропускная способность, высокая частота ошибок, увеличенная задержка и мобильность.

В отличие от традиционного уровневого подхода, когда разработчики могут сосредоточиться на одной проблеме, не беспокоясь об остальной части стека протоколов, при межуровневой оптимизации следует учитывать непреднамеренные воздействия на другие части системы. Для этих целей целесообразно использование циклов адаптации (которые являются отдельной областью исследований и требуют должного математического моделирования и обеспечения). Межуровневая оптимизация может быть использована для адаптации, планирования и распределения ресурсов, контроля мощности сигнала, контроля перегрузки, многопутевой маршрутизации [11,12]. В целом, межуровневая адаптация является с точки зрения авторов наиболее востребованной областью применения межуровневой оптимизации, способствуя улучшению качества услуг в различных условиях

эксплуатации. Обобщая приведенные выше положения, для исследования вопросов адаптации и моделирования информационных процессов предлагается концептуальная модель среды взаимодействия (рис.2), как основа для дальнейшей проработки вопросов методологического обеспечения проведения исследований функциональной архитектуры систем и сетей связи.

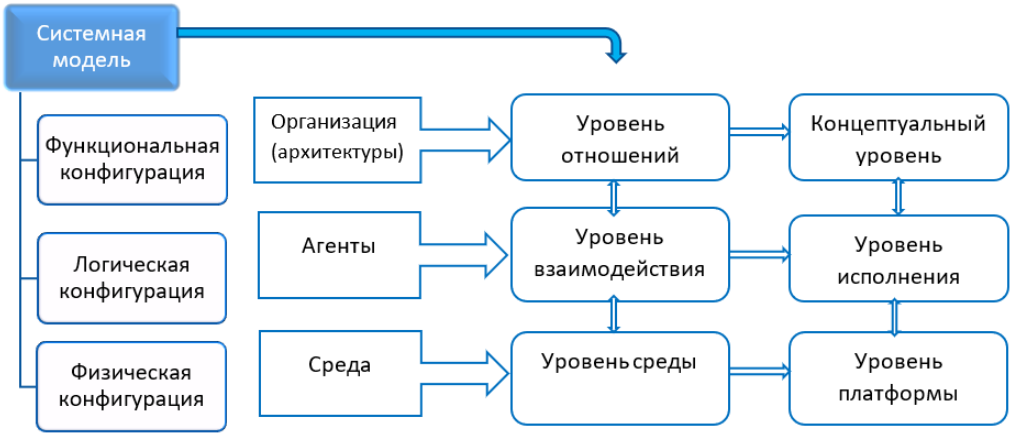


Рисунок 2. Концептуальное представление модели среды коммуникаций

Заключение.

Использование межуровневой оптимизации играет ключевую роль в современных системах беспроводной связи; при этом концепция адаптации имеет важное значение в унифицированной структуре для всех уровней стека беспроводных протоколов, начиная от физического уровня до прикладного уровня, от сотовых систем до беспроводных сетей следующего поколения. В работах, посвященных этой области исследований, рассматривается адаптация на канальном, сетевом, прикладном уровнях, представлены современные методы и методологии адаптации в мобильных сетях. Наряду с этим, такие публикации приводят ограниченные теоретические сведения и положения, аналитические результаты и описание моделирования и экспериментов, и большей частью не раскрывают аспектов математического моделирования. Авторы считают целесообразным в дальнейших публикаций отразить более детально вопросы математического и имитационного моделирования в задачах исследования адаптации для беспроводной связи, в целях достижения высокой пропускной способности, сосредоточив внимание на подходах и методах межуровневой адаптации, в том числе для таких задач, как адаптивное управление ресурсами, адаптивная модуляция и кодирование, качество обслуживания и использование межуровневых технологий для систем связи.

Литература:

1. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/ Уч. для вузов. Издательский Дом Питер, 2016. ISBN: 9785496019675

2. Моделирование информационных систем/Под ред. Шелухина О.И. Уч.пособие.-М.: Радиотехника, 2005.-368 с.

3. Dzmitry Kliazovich, Fabrizio Granelli. Why cross-layer? Its advantages and disadvantages/in ‘Cross layer designs in WLAN systems’, 2010. Edited by ProfNizar Zorba, Charalambos Skianis and Christos Verikoukis

4. F. Foukalas et al., Cross-Layer Design Proposals For Wireless Mobile Networks: A Survey And Taxonomy /IEEE Communications Surveys & Tutorials, 1- 2008.
5. Prasun Chowdhury, Iti Saha Misra, Salil K Sanyal. Cross Layer QoS Support Architecture with Integrated CAC and Scheduling Algorithms for WiMAX BWA Networks/ International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 3, No. 1, 2012
6. Гайдамака Ю. В., Ефимушкина Т. В., Самуйлов А. К., Самуйлов К. Е. Задачи оптимального планирования межуровневого интерфейса в беспроводных сетях, Информ. и её примен., 2012, том 6, выпуск 3, 74–80
7. Soon-Hyeok Choi, D. E. Perry, et al/A Software Architecture for Cross-Layer Wireless Network Adaptations/ 7th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (2008).
8. Сухомлин В.С. Анализ информационных технологий, М.: Радио и связь, 2005
9. Vineet Srivastava, Mehul Motani, Cross-Layer Design and Optimization in Wireless Networks/in Cognitive Networks: Towards Self-Aware Networks Edited by Qusay H. Mahmoud. 2007 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-06196-1
10. Wymeersch, Henk 'Multiple access control in wireless networks'. Academic Press Library in Mobile and Wireless Communications: Transmission Techniques for Digital Communications (2016).
11. Song Ci, Haohong Wang, and Dalei Wu. A Theoretical Framework for Quality-Aware Cross-Layer Optimized Wireless Multimedia Communications/Advances in Multimedia Volume 2008, Article ID 543674, doi:10.1155/2008/543674
12. Mao, Stephen. "Chapter 8: Fundamentals of communication networks". In Wyglinski, Alexander; Nekovee, Maziar; Hou, Thomas (eds.). Cognitive Radio Communications and Networks: Principles and Practice. Elsevier. 2009. p. 201. ISBN 978-0-08-087932-1.

Н.С. Калмыков

АНАЛИЗ РЫНКА ОБОРУДОВАНИЯ И РЕШЕНИЙ ПКС

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: программно-конфигурируемые сети, ПКС, SDN, виртуальные сетевые функции, VNF, NFV, соединение центров обработки данных, SD-WAN, оптические транспортные сети, OTN, контроллер ПКС.

В данной работе рассматриваются базовые принципы построения ПКС и описываются различные аспекты внедрения и применения таких решений. Производятся анализ и классификация существующих продуктов и решений ПКС от различных производителей, как зарубежных, так и российских. Предложена классификация продуктов как по оборудованию, так и по программным составляющим комплексных решений от разных производителей оборудования.

N.S. Kalmykov

SDN EQUIPMENT AND SOLUTIONS MARKET ANALYSIS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: Software Defined Networks, SDN, virtual network functions, VNF, network functions virtualization, NFV, Data Center Interconnect, DCI, SD-WAN, Optical Transport Networks, OTN, SDN-controller.

This paper discusses the basic principles of design SDN and describes various aspects of the realization and application of such solutions. Analysis and classification of existing SDN products and solutions from various vendors, both foreign and Russian, is carried out. The product classification is proposed both in terms of equipment and software components of integrated solutions from different equipment vendors.

В последние десятилетия мы наблюдаем постоянный и неуклонный рост цифровизации жизни, а как следствие и рост объемов передаваемого по сетям трафика. Объемы передачи, менее десяти лет назад казавшиеся гигантскими, сейчас уже стали обыденностью. Значительное влияние на рост пропускной способности каналов передачи данных оказало повсеместное применение оптических систем передачи.

Важным моментом стало внедрение сетей SDH (синхронная цифровая иерархия) использующих оптическую среду передачи данных. Такие сети оказались хорошо защищенными и позволяли передавать данные с инкапсуляцией множества протоколов в кадр SDH. Однако со временем их пропускной способности тоже стало недостаточно, тогда в подспорье пришла технология DWDM (технология уплотненного волнового мультиплексирования).

DWDM позволила значительно расширить полосу пропускания оптоволокна, однако принесла и минусы – в виде недостаточной защиты и небольших возможностей управления. Помимо прочего DWDM сеть по себестоимости превосходила SDH сети, но в конечном счете телекоммуникационные компании стали выбирать именно её, как технологию, имеющую больший потенциал для роста в будущем и способную обеспечить большую пропускную способность.

При очевидных плюсах технологии уплотненного волнового мультиплексирования она имеет и не менее очевидные минусы, среди которых можно выделить слабую защищённость и недостаток возможностей управления. На базе DWDM были разработаны так называемые оптические транспортные сети (OTN). В сетях OTN были привнесены дополнительные возможности по управлению и коррекции ошибок (FEC). OTN стандартизована в ITU T: G.709, G.7044, G.872, G.798, SG15.

С ростом трафика постоянно возникают проблемы, которые требуют разнообразных решений – добавляются новые протоколы к уже имеющимся, меняется оборудование и физически изменяется транспортная инфраструктура. Каждое такое изменение положительно влияет на возможности сети, тем не менее и усложняет управление всей сетью совокупно. Помимо того, каждое решение от производителя имеет подчас свои собственные проприетарные протоколы и не всегда совместимы с решениями других компаний. Поэтому появилась необходимость пересмотра принципов управления сетью.

Решением задачи стал логичный шаг в сторону виртуализации, что позволило инфраструктуре любой компании, будь то центр обработки данных (ЦОД), или провайдер, работать будто это одна физическая сеть, при том, что реальное оборудование может быть удаленным. Еще одним важным моментом является возможность развернуть на одном оборудовании несколько сетей, логически абсолютно между собой не соприкасающихся.

Наиболее перспективной технологией такого рода считается SDN (Software-Defined Networking) [1,2] или ПКС (программно-конфигурируемая сеть) – основанная на открытом протоколе OpenFlow, который поддерживает большая часть современного телекоммуникационного оборудования. Основной принцип ПКС заключается в разделении уровня управления сетью (control plane) и уровня передачи данных (data plane). Схематичное изображение взаимодействия оборудования и ПО в ПКС приведено на рисунке 1.

Рисунок 1. Архитектура ПКС.

Разделение уровней передачи данных и управления позволяет снять с маршрутизаторов и коммутаторов значительную долю вычислительной нагрузки. Это становится возможным благодаря внедрению контроллера ПКС, который принимает на себя управление конфигурацией сети, передачей пакетов данных, и предоставляет “подчиненным” устройствам таблицы коммутации и маршрутизации. Основная идея заключена в том, что контроллер должен быть способен управлять практически всеми устройствами вне зависимости от производителя, важна лишь поддержка протокола OpenFlow на каждом из устройств.

Контроллером SDN может выступать отдельный сервер или даже ПК, на котором будет развернута специальная сетевая операционная система, обеспечивающая интерфейсы между сетевыми приложениями и физическими устройствами в сети. Важно сказать, что контроллер SDN может подчиняться вышестоящему контроллеру, и таким образом достигается масштабируемость и каскады разного уровня вложенности.

Часто SDN соседствует с аббревиатурой NFV (Network Function Virtualization) – виртуализация сетевых функций. Подобно тому как в SDN реализуется разделение уровней управления и передачи данных, так виртуализация сетевых функций отделяет ПО, реализующее сетевые функции и услуги, от оборудования. В NFV это достигается за счет виртуальных сетевых функций VNF (Virtual Network Functions), представляющих функции реальных физических устройств. Иначе говоря, на мощностях стандартного коммерческого оборудования (COTS), которое представляет собой серверы, оборудование хранения общего, а не специального назначения, программно реализуются виртуальные сетевые функции реального физического оборудования PNF (Physical Network Functions). Упрощённая архитектура NFV приведена на рисунке 2.

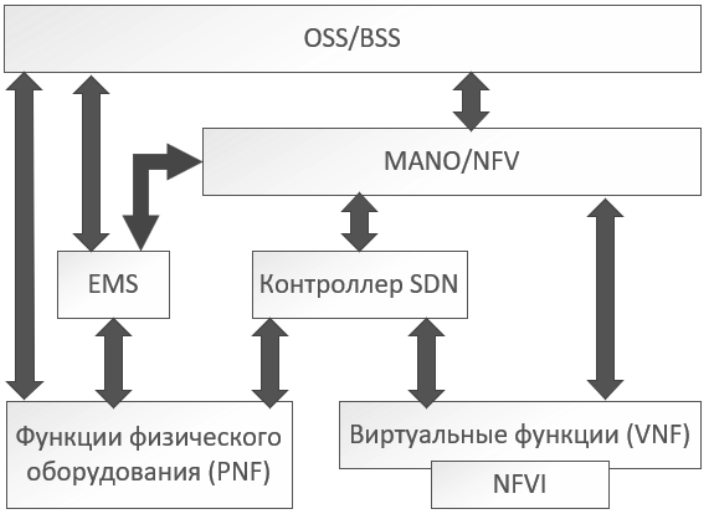


Рисунок 1. Архитектура NFV.

OSS/BSS – (Operation Support System/Business Support System), система поддержки операций/система поддержки бизнеса. Для телекоммуникационной компании такие решения необходимы для эффективного управления ресурсами и взаимодействия с абонентами.

NFVI - (NFV Infrastructure) инфраструктура виртуальных сетевых функций, среда для работы VNF.

NFV MANO - (MANagement and Operation) блок управления инфраструктурой сетевых функций, отвечает за создание, работу и отключение VNF.

Контроллер SDN – Отвечает за взаимодействие в рамках сети различных сервисов, также интегрирует сервисы между PNF и VNF.

EMS - (Element Management Systems) системы управления элементами сети, применяется для управления функциями элемента сети, но не трафиком.

Применение технологии ПКС.

Важно сказать об основных вариантах применения технологии ПКС на сегодняшний день:

- ЦОД и их соединение (SD-WAN)
- Применение в совокупности с технологиями транспорта трафика
- Обеспечение безопасности сети
- Корпоративные сети
- Локальные сети
- Сети провайдеров

Помимо перечисленного существуют и иные способы применения технологии, например использование в сотовой сети [3]. Все из вышеперечисленных применений SDN опираются на основные преимущества, которые дает эта технология.

Среди преимуществ применения ПКС можно выделить основные:

- Перенос реализации изменений конфигурации сети из привычного физического переключения оборудование в задачу лишь перепрограммирования текущей реализации. Что позволяет очень оперативно реагировать на любые угрозы, изменения структуры и объема трафика. Так же важным преимуществом оперативного реагирования является повышение безопасности сети, так-как появляется возможность локализации и даже блокирования потока вредоносного трафика, практически в любой точке сети.
- Еще одним преимуществом можно считать принцип построения потоков данных, вместо расчета маршрута каждого пакета. В теории это позволит значительно увеличить скорость передачи данных, в силу того что перестает требоваться постоянная маршрутизация.
- Из-за возможности оперативного управления трафиком появляется возможность значительно снизить время простаивания оборудования – нагрузка распределяется динамически, исходя из потребностей.
- Снижение расходов на эксплуатацию сети.
- Повышение мобильности сети и возможностей миграции на новое оборудование.
- Отсутствие необходимости закупки разом всего нового оборудования, в силу возможности применить старое оборудование, в случае если оно поддерживает протокол OpenFlow.
- Конечно, одним из важных преимуществ становится удобство управления всей сетью, централизованно.

Список преимуществ на этом не заканчивается, но приведены основные из них. Таким образом для бизнеса важнейшим показателем будет снижение издержек разного плана, уменьшение капитальных затрат и оперативных расходов на поддержание работоспособности сети вследствие того, что сеть находится под единым контролем из одной точки.

Конечно, помимо преимуществ имеется и целый список недостатков, которые выделяют сетевые инженеры:

- В силу централизации управления сетью, контроллер становится весьма важной целью для злоумышленников, даже не смотря на резервирование его функций, и другие меры по защите.
- Так же, сомнение возникает в самой концепции, ведь IP-сеть изначально представляла собой отказоустойчивое в силу своей децентрализации решение, и опять же резервирование функций контроллера может помочь не во всех случаях.
- В случае потери связи с управляющим устройством все остальные коммутаторы и маршрутизаторы становятся неуправляемы, или же вовсе перестают работать.
- Любые ошибки в программировании контроллера сети моментально становятся как угрозой безопасности, так и просто могут нарушать работу всей сети и отдельных ее узлов.

- Уход от проприетарных решений вендоров в сторону «открытых» протоколов и простых, дешевых устройств может стоить конечному пользователю возможности поддержки вендора, и отсутствия чьей-либо ответственности за работоспособность сети в будущем.

Таким образом, складывается такая картина что подчас проще остаться на классической архитектуре сети чем переходить на ПКС, а с учетом стоимости полного решения ПКС от вендоров, к примеру для небольших операторов связи «вступительный взнос» становится просто не выгоден в дальнейшем.

Но все проблемы решений постепенно исправляются, и в областях, где ПКС действительно облегчают жизнь, такие решения все чаще находят свое применение.

Анализ решений зарубежных производителей.

С приходом «моды» на ПКС, в этой сфере активно начали развиваться различные решения. В числе первых открытых систем для контроллеров можно выделить NOX, Beacon, POX, FloodLight и OpenDaylight. Первым ПКС контроллером является NOX, разработанный Nicira Neworks, впоследствии приобретенная VMWare. Nicira пожертвовала NOX сообществу SDN (NOX был с открытым исходным кодом), где он стал основой для многих последующих решений SDN контроллеров. Затем Nicira уже совместно с VMWare продолжила разработку контроллеров, и следующим решением стал ONIX, который в свою очередь лег в основу решений от VMWare и Google [4], но не получил открытой лицензии.

Beacon, созданный в начале 2010 года, представляет собой контроллер OpenFlow на основе Java. FloodLight берет свои корни от Beacon и лег в свою очередь в основу одного из ранних коммерческих контроллеров SDN. Но необходимо отметить, что ProgrammableFlow Controller от NEC был первым коммерческим контроллером SDN на рынке, и он не был основан ни на одном из контроллеров с открытым кодом [5].

Впоследствии вендоры, такие как Cisco, HP, IBM, VMWare, Lumina Networks и Juniper, вышли на рынок контроллеров SDN со своими собственными предложениями. Оригинальные контроллеры HP, Cisco и IBM были основаны на Beacon, однако сейчас перешли на OpenDaylight.

В 2013 году было объявлено о создании контроллера с открытым исходным кодом OpenDaylight. Этот контроллер основан на Java и основан на разработках Beacon. Он поддерживает OpenFlow и некоторые другие API (такие как Cisco OpFlex) и включает в себя критические функции, такие как высокая доступность и кластеризация. OpenDaylight стал весьма важной и значимой разработкой благодаря межпроизводственной поддержке достаточно большого числа компаний, поддерживающих Linux Foundation [6].

В последние несколько лет путь развития ПКС немного изменился, ПКС и облачные технологии становятся все ближе, а где облачные технологии – там и необходимость максимальной виртуализации. С постепенным уходом многих сервисов и услуг в дата-центры требуется и виртуализация сети NFV и принципиально несколько иной подход к работе с хранением и передачей данных. Роль провайдера все более сводится исключительно к звену, которое исключительно передает данные, а роли поставщиков контента и обработки данных берут на себя различные компании, поставляющие сами услуги. Такие компании либо арендуют вычислительные мощности в ЦОД, либо обладают своими.

Все это приводит к тому, что на рынке все чаще требуются решения либо для транспортной сети, либо для эффективного управления сетью ЦОД, либо решения для связи между ЦОД.

Наиболее востребованные области применения ПКС на данный момент — это SD-WAN (Программно-конфигурируемые сети в рамках глобальной сети) и SD-Branch, по сути, дробление SD-WAN на сегменты поменьше.

В первую очередь SD-WAN решения необходимы для создания экосистемы распределённых пулов ресурсов, на основе нескольких ЦОД. Соединение между собой ЦОД дает возможность распределить между ними ресурсы, повышая общую устойчивость системы. Для такой системы важным моментом является скорость доступа к удаленным ресурсам со скоростью локальной сети, не менее важны очень низкие задержки при передаче.

Еще одним важным трендом является создание транспортной ПКС, или T-SDN. В такой архитектуре транспортной сети удается совместить применение как оптического мультиплексирования, так и оптической коммутации, причем на оборудовании разных вендоров. В числе преимуществ такой транспортной сети можно выделить предоставление полосы пропускания по требованию, динамически, а также предоставляют возможность виртуализации и создания виртуальных оптических сетей для разных пользователей, но уже на имеющейся физической сети.

Многие крупные производители телекоммуникационного оборудования на данный момент имеют собственные решения для различных задач, связанных как с ПКС, так и с SD-WAN и T-SDN.

Классификация продуктов и решений поддерживающих ПКС.

Основная часть рынка оборудования на данный момент, это комплексные решения по внедрению SD-WAN на сеть компании. Такие решения состоят из контроллера и определенного набора оборудования, причем значительная часть функций может быть реализована исключительно программно.

Коммутаторы и Маршрутизаторы.

Многие производители телекоммуникационного оборудования добавили в свои продукты поддержку SDN и SD-WAN. В числе наиболее именитых производителей обладающих сериями маршрутизаторов и коммутаторов с SDN можно назвать:

Cisco.

Продукты Cisco SD-WAN vEdge - компоненты архитектуры маршрутизации, которая обеспечивает основные возможности WAN, безопасности и мульти-облачных решений Cisco SD-WAN. Ниже приведены серии роутеров и маршрутизаторов с поддержкой SD-WAN vEdge:

1. vEdge-100
2. vEdge-1000
3. vEdge-2000
4. vEdge-5000
5. ISR 1000
6. ISR 4000

Маршрутизаторы IOS XE SD-WAN

Серия ISR и ASR. С помощью образа программного обеспечения IOS XE SD-WAN можно включить функцию SD-WAN на некоторых маршрутизаторах серий ISR 1000, ISR 4000 и ASR 1000.

Juniper.

Компания предлагает следующие серии устройств, поддерживающих SD-WAN.

MX серия – составные программно-аппаратные комплексы, функционал определяется набором аппаратных модулей и лицензий.

PTX – Транспортное оборудование DWDM с возможностью управления SDN контроллером.

Huawei.

Новейшая серия устройств AR, включающая в себя устройства AR3600/2600/1600/650 полностью поддерживает управление SDN контроллером Agile от Huawei.

Nokia.

Платформы PSS 1830 – серия современных коммутаторов для оптических транспортных сетей с возможностью управления с помощью SDN контроллера.

Nokia Lightspan CF, SX/DX, FX – семейства продуктов компании, узлы доступа для оптической среды передачи данных, подготовленные для взаимодействия в сети с Altiplano.

7850 Virtualized services gateway – шлюз для объединения виртуализованных платформ ЦОД и не виртуализованных платформ. Такое решение может требоваться в случае необходимости объединения приложений в виртуальной среде и приложений на физическом оборудовании.

Программные продукты

Cisco.

Cisco ENCS - с помощью образа программного обеспечения IOS XE, SD-WAN может быть включена на некоторых платформах серии ENCS 5000.

ISRv- (Integrated Services Virtual Router), виртуальный программный роутер на базе Cisco IOS® XE, способный обеспечить соответствующий физическому оборудованию уровень сетевых сервисов и шлюзов.

Juniper.

vMX – семейство виртуальных роутеров под управлением операционной системы Junos. Данные продукты способны выполнять те же функции что и физические роутеры, могут быть развернуты на облачной платформе или же на серверах x86. Существуют разные типы лицензий по набору необходимых функций.

Семейство NFX (Series Network Services Platform) – семейство устройств пользовательских приложений, способных предоставлять VNF как от Juniper, так и от сторонних поставщиков. Все устройства семейства могут работать в среде SD-WAN.

Huawei.

uCPE: AR1600-A/-X/650 виртуальные устройства последней серии для развертывания на сервере x86, с функционалом физических устройств.

Контроллеры ПКС

Cisco.

Управление устройствами SDN или SD-WAN осуществляется посредством специального набора программно-аппаратных средств, куда входят следующие компоненты:

Инструментальная панель vManage, которая является основой. Помогают панели мониторинга Cisco vBond и vSmart , которые аутентифицируют и предоставляют сетевую инфраструктуру и являются программным обеспечением на основе Viptela.

Juniper.

NorthStar Controller – устройство позволяющее создать гибкую ПКС с использованием устройств Juniper: MX включая vMX, PTX, M Серии, и T Серии. Однако также присутствует поддержка сторонних устройств, в случае поддержки теми RFC 5440.

Huawei.

Agile Controller: автоматически управляет топологиями и политиками, отслеживает производительность и состояние, а также предоставляет RESTful API-интерфейсы для взаимодействия со сторонними оркестраторами и другими системами.

Nokia.

Контроллер доступа Altiplano – единый облачный интерфейс для контроля сети оператора позволяющий автоматизировать поддержку и развёртывание сети [15].

ZTE..

ZENIC vDC Controller – ПКС контроллер для ЦОД, предоставляет возможность управлять виртуальными услугами, в том числе облачными структурами. По информации ZTE предназначен для ЦОД на сети оператора связи [16].

Комплексные решения.

Решения для ЦОД.

Компания Cisco представляет полный комплекс решений из 3х составляющих:

- ACI (Application Centric Infrastructure) – инфраструктура направленная на поддержку приложений и их взаимодействие.
- Программируемая фабрика – позволяет просто и быстро организовать необходимое число сетей VXLAN (Virtual Extensible LAN) в совокупности с применением коммутаторов Nexus с управляющей плоскостью, что значительно упрощает масштабирование и управление.
- Программируемая сеть – предоставляет множество программных возможностей сетью, в частности на коммутаторах Nexus.

Juniper - система WANDL IP/MPLSView. Система создана для управления трафиком в мультивендорных, многопротокольных и многоуровневых системах обмена данными. Система позволяет сделать мониторинг и управление более удобными, и ускорить настройку сети. Мультивендорная поддержка от Juniper распространяется на Cisco, Alcatel-Lucent, Foundry, и Huawei.

Huawei предоставляет комплексное решение для соединения ЦОД, которое поддерживает создание облачной сети ЦОД. Решение называется CloudFabric и состоит из флагманских базовых коммутаторов CloudEngine 12800, высокопроизводительных коммутаторов ToR CloudEngine 8800/7800/6800/5800 и виртуальных коммутаторов CloudEngine 1800V. Все они работают под управлением контроллера Huawei.

Таким образом многие производители выпускают на рынок хоть и аналогичные продукты, но со своими особенностями.

В свою очередь Cisco создала один из наиболее полных продуктов в сфере ПКС, как для ЦОД, так и для компаний, которым необходима виртуализация сети и

применение облачных продуктов. На данный момент решения от компании Huawei одни из наиболее полных и гибких на рынке, что позволяет компании занимать с каждым годом все более значимое место на рынке производителей оборудования.

Анализ решений разрабатываемых в России.

В России теме ПКС уделяется достаточно много внимания. В качестве примера крупных компаний, занимающихся внедрением технологии, можно привести Ростелеком, который начал в 2014 году внедрение SDN и NFV [7]. А помимо внедрения на собственных сетях, Ростелеком тестирует возможности мультивендорной транспортной SDN сети [8].

Исследованиями и разработкой прикладных решений занимается ЦПИКС (Центр Прикладных Исследований Компьютерных Сетей) [9]. Тот же ЦПИКС разработал собственное решение под названием RunOS, а на его базе предлагает Cloud Conductor (C2) – облачную сервисную платформу [10].

Помимо ЦПИКС, компания Русьтелетех предлагает собственные коммутаторы серии РТТ-А400, РТТ-А300 и РТТ-А200, поддерживающие построение сети с использованием ПКС [13].

Из Российских компаний сотовой связи, Вымпелком еще в 2014 году тестировал возможности внедрения SDN/NFV на собственной сети, на тот момент в силу необходимости виртуализации множества сервисов [11]. Помимо внедрения NFV Вымпелком взаимодействует с Нокиа в сфере транспортных сетей и применения в них ПКС.

Заключение.

В результате анализа решений от различных производителей можно сделать следующие выводы:

- Внедрение виртуализации и уход операторов связи от необходимости установки оборудования исключительно одного вендора – повлекло за собой необходимость создания комплексных решений многими из вендоров. Такие комплексные решения представлены практически у всех перечисленных компаний.
- Наиболее полные решения представлены у Cisco и Huawei, они включают в себя большой набор как программных продуктов, так и оборудования.
- В России существуют отдельные продукты, такие как контроллеры ПКС и оборудование с поддержкой ПКС. Но отсутствуют отечественные решения по созданию SD-WAN и по соединению ЦОД.
- В числе крупных компаний, занимающихся исследованием и применением ПКС и NFV в России, можно выделить такого гиганта как Ростелеком. За рубежом, операторов связи, заинтересованных в таких технологиях, можно перечислять долго. Наиболее известные: Comcast, AT&T, Orange и Verizon. Эти компании вкладывают значительные средства в разработку и продвижение технологий. Для операторов виртуализация услуг и сети является одной из немногих возможностей сэкономить, и крупнейшие телеком компании как никто другой хорошо это понимают.

Литература:

1. Thomas D. Nadeau, Ken Gray SDN: Software Defined Networks // O'Reilly, 2013 – 352 p.

2. Смелянский Р.Л. Программно-конфигурируемые сети. // Открытые системы. СУБД – 2012, № 09.

3. SDR/SDN — как новая архитектура реализуется в реальной сотовой сети [Электронный ресурс]// Хабр Веб-сайт. URL: https://habr.com/ru/company/beeline/blog/237221/ (дата обращения: 13.12.2019)

4. A software defined WAN architecture [Электронный ресурс]// web page server at the Department of Electrical Engineering and Computer Sciences at UC Berkeley. URL: https://people.eecs.berkeley.edu/~rcs/research/google-onrc-slides.pdf (дата обращения: 13.12.2019)

5. What is the NEC OpenFlow ProgrammableFlow Controller? [Электронный ресурс]// SDxCentral. URL: https://www.sdxcentral.com/networking/sdn/definitions/nec-programmableflow-controller/ (дата обращения: 12.12.2019)

6. Linux Foundation corporate members [Электронный ресурс]// Linux Foundation Membership. URL: https://www.linuxfoundation.org/membership/ (дата обращения: 13.12.2019)

7. «Ростелеком» начинает внедрение перспективных технологических направлений. [Электронный ресурс]// ПАО «Ростелеком». URL: https://www.company.rt.ru/press/news/d426396/?sphrase_id=573763 (дата обращения: 13.12.2019)

8. «Ростелеком» протестировал возможности мультивендорной транспортной SDN сети. [Электронный ресурс]// ПАО «Ростелеком». URL: https://www.company.rt.ru/press/news/d426396/?sphrase_id=573763 (дата обращения: 13.12.2019)

9. SDN&NFV для крупных сетей предприятий и операторов связи [Электронный ресурс]// ЦПИКС (Центр Прикладных Исследований Компьютерных Сетей). URL: http://www.arccn.ru/research/telecom/ (дата обращения: 10.12.2019)

10. RunSDN: создание сетей передачи данных на основе технологий SDN и NFV. [Электронный ресурс]// ЦПИКС (Центр Прикладных Исследований Компьютерных Сетей). URL: http://www.arccn.ru/solutions/runsdn/ (дата обращения: 10.12.2019)

11. Федосеев А. "ВымпелКом" на пути к SDN. [Электронный ресурс]// ComNews. URL: http://www.comnews.ru/content/96848 (дата обращения: 12.12.2019)

12. Программно-определяемые сети. [Электронный ресурс]// КРОК. URL: https://www.croc.ru/solution/ikt-infrastructure/it_infrastructure/sdn (дата обращения: 14.12.2019)

13. Решения для построения программно-определяемых сетей. [Электронный ресурс]// Русьтелетех. URL: https://rusteletech.ru/resheniya-sdn/ (дата обращения: 13.12.2019)

14. Enterprise Grade SD-WAN At-a-Glance. [Электронный ресурс]// Cisco. URL: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/enterprise-networks/sd-wan/index.html (дата обращения: 13.12.2019)

15. IP/optical coordination. [Электронный ресурс]// Nokia. URL: https://www.nokia.com/networks/solutions/ipoptical-coordination/ (дата обращения: 14.12.2019)

16. SD-WAN Solution. [Электронный ресурс]// ZTE. URL: https://sdnfv.zte.com.cn/en/solutions/VNF/sd-wan (дата обращения: 14.12.2019)

В.В. Харченко, С.В. Рудый, С.М. Козловский, Д.В. Харченко

ДВУХДИАПАЗОННАЯ АНТЕННА КОМПЛЕКСА РАДИОСВЯЗИ

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия

Ключевые слова: антенна, антенная решетка, двухдиапазонная антенна.

В статье рассмотрен вариант построения антенной системы комплекса радиосвязи, которая обеспечит работу в двух частотных диапазонах за счет задействования различных подрешеток излучателей, расположенных на одной несущей конструкции.

V.V. Kharchenko, S.V. Rudyy, S.M. Kozlovsky, D.V. Kharchenko

TWO-BAND ANTENNA OF THE RADIO COMMUNICATION COMPLEX

Military educational scientific center air force "Air force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Y. A. Gagarin", Voronezh, Russia

Keywords: antenna, antenna array, dual-band antenna.

The article discusses the option of constructing an antenna system of a radio communication complex, which will provide work in two frequency ranges due to the use of various emitter sublattices located on the same supporting structure.

Динамично растущие требования, предъявляемые к пространственно-частотной обработке сигналов во многих радиолокационных, связных и других радиотехнических системах, приводят к необходимости разработки многофункциональных антенных решеток, обеспечивающих оптимальную пространственно-частотную фильтрацию сигнала в широкой полосе частот и значительном секторе пространства [1].

При организации радиосвязи часто возникает необходимость обеспечить возможность передачи информации в различных частотных диапазонах. Например, в спутниковой радиосвязи одной из актуальных задач является создание мобильных наземных и бортовых радиосистем, способных одновременно поддерживать связь через несколько спутников в нескольких существенно разнесенных частотных диапазонах. Аналогичные задачи возникают и при разработке радиорелейных и других линий связи [1]. Известно [2], что при организации дуплексной радиосвязи передача в одном и другом направлениях ведется обычно на разных несущих частотах. Это делается, в том числе и для того, чтобы радиоприемник принимал сигналы только от радиопередатчика противоположного пункта и не принимал сигналы собственного радиопередатчика.

Перспективным для решения целого ряда практических задач радиолокации и радиосвязи в настоящее время является СВЧ диапазон. Наибольшее распространение получило использование систем двойного назначения, работающих с длинами волн от 0,5 до 75 см.

Международная ассоциация IEEE дает свою классификацию СВЧ-диапазона по поддиапазонам [3], которая приведена в таблице 1.

В указанной таблице приведено деление по частотным диапазонам в проекции задач, решаемых в областях радиолокации и радиосвязи (на примере спутниковой связи).

Таблица 1. Классификация СВЧ-диапазона

Название	Частотный диапазон, ГГц	
Название диапазона	Диапазон частот РЛС	Диапазон частот в спутниковой связи
L	1,0—2,0	
S	2,0—4,0	
C	4,0—8,0	3,4—8,0
X	8,0—12,0	7,0—10,7
Ku	12,0—18,0	10,7—18,0
K	18,0—26,5	18,3—20,2; 27,5—31,5
Ka	26,5—40,0	

X-диапазон: от 2,4 до 3,75 см (от 12,5 до 8 ГГц). Данные этого диапазона широко используются для решения задач разведки и широкого ряда гражданских задач, в том числе для изучения и классификации льдов.

C-диапазон: от 3,75 до 7,5 см (от 8 до 4 ГГц). Данные этого диапазона находят наиболее широкое применение для решения огромного числа задач в гражданском секторе, в том числе для построения цифровых моделей местности и цифровых моделей рельефа, мониторинга смещений земной поверхности.

S-диапазон: от 7,5 до 15 см (от 4 до 2 ГГц). Диапазон интересен для ряда военных и гражданских приложений.

L-диапазон: от 15 до 30 см (от 2 до 1 ГГц). Просвечивает растительность, в том числе не слишком плотный лес. Излучение данного диапазона может частично (на глубину до нескольких метров) проникать в сухой снег, лед, в сухую почву.

P-диапазон: от 30 до 100 см (от 1 до 0,3 ГГц). Просвечивает растительность, в том числе плотную, сухую почву, сухой снег, лед на глубину до нескольких метров. Используются для оценки биомассы. Реализован только на авиа-носителях.

K-диапазон: используется для обнаружения облаков, в полицейских дорожных радарах (24,150 ± 0,100 ГГц), использование ограничено из-за сильного поглощения водяным паром, поэтому используются диапазоны K_u и K_a.

K_u-диапазон: картографирование высокого разрешения, спутниковая альтиметрия.

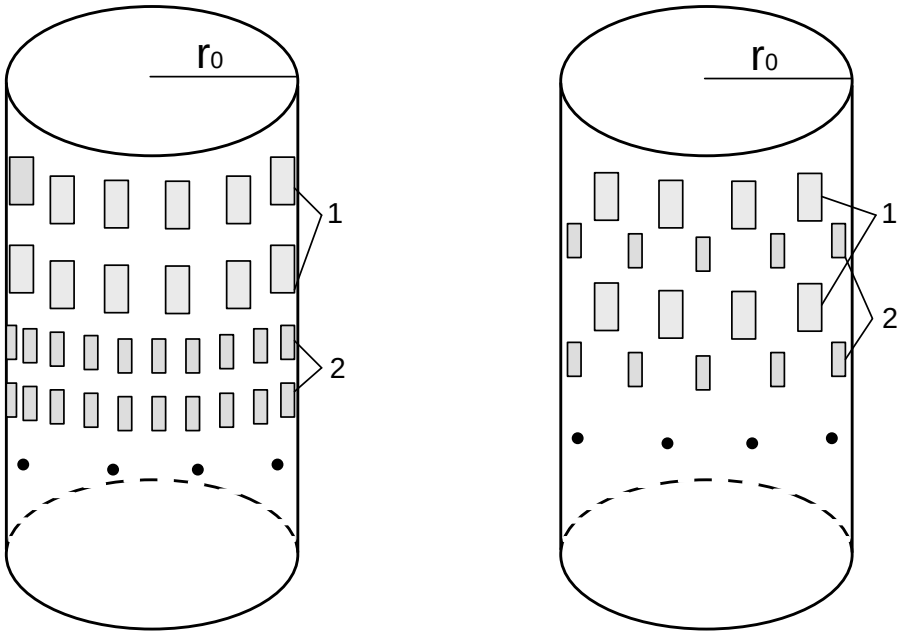
K_a-диапазон: картографирование, управление воздушным движением на коротких дистанциях, специальные радары, управляющие дорожными фотокамерами (34,300 ± 0,100 ГГц).

Перечисленные особенности работы радиотехнических систем в рассмотренных поддиапазонах делают ещё более актуальным вопрос разработки и применения антенных систем, функционирующих в нескольких частотных диапазонах.

В настоящее время для решения таких задач используется совокупность антенно-фидерных устройств, каждое из которых обеспечивает передачу информации в определенном диапазоне частот. Однако перспективным видится использование антенных систем, которые позволят реализовать функции нескольких антенн в одной антенной конструкции, что, несомненно, приведет к улучшению показателей надежности и эффективности функционирования комплексов радиосвязи в целом, так как именно антенны являются одним из важнейших звеньев радиосистем, существенно определяющих их предельные характеристики.

В качестве многочастотной антенны комплекса радиосвязи может рассматриваться цилиндрическая антенная решетка (АР) щелевых излучателей, варианты построения которой представлены на рисунке 1.

Варианты построения двухчастотной цилиндрической АР, представленные на рисунках 1а и 1б, отличаются геометрическим расположением излучателей, формирующих кольцевые антенные решетки 1 и 2.



а) б)

Рисунок 1. Двухчастотная антенная решетка

Предполагается, что на одной несущей конструкции можно будет расположить 3-4 кольцевые антенные решетки, работающие в разных частотных диапазонах. При этом должны быть учтены все электродинамические особенности размещения излучателей в соседних решетках, и, в первую очередь, их взаимная связь в решетках.

Выбор цилиндрической формы несущей конструкции объясняется тем, что неплоские конструкции характеризуются следующими свойствами [4]:

- наиболее полно отвечают совокупности требований по обеспечению сектора сканирования;
- возможность быстрого углового перемещения главного максимума диаграммы направленности (ДН);
- независимость характеристик излучения от направления излучения.

В свою очередь применение цилиндрической антенной решетки позволит обеспечить выполнение ряда специфических требований, предъявляемых к антенным системам радиосвязи, связанных с особенностью функционирования комплексов радиосвязи в условиях сложной помеховой обстановки [5]:

- низкий уровень боковых лепестков для повышения разведзащищенности и помехоустойчивости систем радиосвязи;
- высокий уровень кросс поляризационной развязки, обеспечивающий возможность работы в системах с поляризационным уплотнением;
- обеспечение возможности оперативной смены абонентов связи;

- сохранение энергетического потенциала радиолинии в требуемом секторе сканирования;
- обеспечение возможности формирования диаграммы направленности с низким уровнем боковых и задних лепестков, включая и «нули» ДН в направлении мощных источников помех при функционировании антенны в режиме приема.

Если необходимо иметь радиосвязь с большим числом пунктов управления, то организуется радиосеть, представляющая совокупность радиолиний, работающих на одной общей для всех абонентов, частоте или группе частот [2, 5]. Функционирование радиосети может организовываться по следующим алгоритмам. Одна радиостанция, называемая главной, может передавать сообщения как для одной, так и для нескольких подчиненных радиостанций. Оператор главной радиостанции следит за порядком в радиосети и устанавливает очередность работы на передачу подчиненным радиостанциям. Последние при соответствующем разрешении могут обмениваться сообщениями (информацией) не только с главной радиостанцией, но и между собой. Такая организация связи может быть реализована как на основе сложных дуплексного, так и симплексного каналов. В первом случае главная радиостанция ведет передачу на одной частоте, а принимает на нескольких (по числу подчиненных радиостанций). Во втором случае возможно использование совмещенных приемопередающих радиоустройств и общей рабочей частоты. При этом, может быть реализован и полудуплексный режим радиосвязи.

При построении радиорелейных линий в используемых ретрансляторах разница уровней принимаемых и излучаемых антеннами радиосигналов весьма велика (превышает 150 дБ). Поэтому для исключения возможности возникновения паразитных связей между радиопередающими и радиоприемными трактами ретранслятора необходимо использовать две несущие частоты для каждого направления передачи. При этом для передачи радиосигналов в противоположных направлениях может быть использована либо одна и та же пара частот ($f_1 - f_2$), либо две разные пары ($f_1 - f_2$ и $f_3 - f_4$) [2].

Приведенные примеры подчеркивают актуальность использования многочастотных антенных систем при организации радиолиний и построении комплексов радиосвязи. Применение многочастотных антенн в радиотехнических системах различного назначения позволит повысить эффективность функционирования последних как по показателям надежности, так и по энергетическим параметрам.

Литература:

1. *Пономарёв Л.И., Степаненко В.И.* Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки / Под ред. Л.И. Пономарёва. – М.: Радиотехника, 2009. – 358 с.

2. *Сакалема Д.Ж*. Подвижная радиосвязь / Под ред. профессора О.И. Шелухина. – М.: Горячая линия–Телеком, 2012. – 512 с.: ил.

3. ITU News MAGAZINE 02/2017. – 36 p.

4. *Габриэльян Д.Д., Звездина М.Ю., Лабунько О.С., Харченко В.В.* Метод расчета проводимости щелей на круговом цилиндре под слоем магнитодиэлектрика. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2005, вып. 5. – С. 24-29.

5. Актуальные вопросы проектирования антенно-фидерных устройств радиосвязи / Под ред. Г.И. Трошина. Кн.1. – М.: Радиотехника, 2001. – 72 с.

Д.А. Черепанов, В.К. Кирюшкин, И.Н. Герасимов

КОМПЕНСАЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЦЕНКИ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА ГЛОБАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ГЛОНАСС, РАССЕЯННОГО ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛЬЮ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: обнаружение и оценка, радионавигационные параметры сигнала, компенсационный алгоритм, квадратурная корреляционная обработка.

Предложен компенсационный алгоритм обнаружения и оценки радионавигационных параметров сигнала глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, рассеянного воздушной целью.

D.A. Cherepanov, V.K. Kiryushkin, I.N. Gerasimov

COMPENSATION ALGORITHM FOR DETECTING AND EVALUATING RADIO NAVIGATION SIGNAL PARAMETERS GLOBAL NAVIGATION SATELLITE SYSTEM GLONASS, SCATTERED AERIAL TARGET

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budget educational institution higher education "Moscow technical University of communications and Informatics», Rostov-on-don, Russia.

Keywords: detection and evaluation, radio navigation parameters of the signal, compensation algorithm, quadrature correlation processing.

A compensatory algorithm for detecting and evaluating radio navigation parameters of the global navigation satellite system GLONASS signal scattered by an aerial target is proposed.

1. Введение

Ключевым фактором обеспечения безопасности любого государства является контроль воздушного пространства. Вследствие очевидного смещения вектора военного противостояния в сторону нанесения ударов с применением средств воздушного нападения вопросам развития систем контроля воздушного пространства в настоящее время уделяется значительное внимание. При этом всё чаще исследователи и конструкторы обращают внимание на новые, нестандартные методы обнаружения воздушных целей [1]. Большое количество научных работ, например [1-4], связанных с рассмотрением возможности обнаружения целей с использованием в качестве сигналов подсвета сигналов телевизионных и радиовещательных передатчиков, базовых станций сотовой связи, радиовещательных станций с частотной модуляцией в УКВ диапазоне, сигналов глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и других источников позволяет говорить о достаточно интенсивном развитии научного направления, ориентированного на создание многопозиционных систем контроля воздушного

пространства, использующих методы бистатической, в том числе «просветной», локации.

Одной из достаточно очевидных проблем построения систем со сторонним подсветом является наличие сигнала прямого распространения, который при решении задачи обнаружения сигнала, рассеянного воздушной целью, выступает по отношению к нему в качестве структурно-детерминированной помехи.

2. Изложение алгоритма

Известные решения данной проблемы, как правило, связанны с пространственной [3, 4] либо же с временной селекцией сигнала прямого распространения [5]. Рассмотрение алгоритмов, предложенных в работах [3, 4], показывает, что при их реализации происходит усложнение конструкции приёмной аппаратуры и увеличение её размеров. При этом алгоритм, предложенный в [5], не предполагает существенного изменения массогабаритных показателей приёмного устройства, однако наличие боковых лепестков корреляционной функции сигнала прямого распространения, уровень которых значительно (на 13-15 дБ) превышает уровень собственных шумов приёмника приводит к снижению вероятности правильного обнаружения рассеянного воздушной целью сигнала.

Целью настоящей работы является синтез компенсационного алгоритма обнаружения и оценки радионавигационных параметров сигнала глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС, рассеянного воздушной целью, позволяющего сохранить текущие массогабаритные показатели приёмной аппаратуры и одновременно преодолеть недостаток алгоритма, описанного в [5].

При решении задачи обнаружения воздушной цели в поле подсвета, формируемом сигналами ГНСС ГЛОНАСС, приёмное устройство выполняет приём фазокодоманипулированных навигационных сигналов, распространяющихся от спутника по двум траекториям: прямолинейно и за счет рассеивания воздушной целью, находящейся в зоне действия бистатического звена «навигационный спутник – наземный приемник» на фоне собственных шумов приемника, и формирует входную реализацию $y(t)$ в виде:

$$y(t) = S(t, \tau, f_d, \varphi_0, A, G_{HC}) + S_{ц}(t, \tau_{ц}, f_{dц}, \varphi_0) + n(t), \quad (1)$$

где $S(t)$ – сигнал прямого распространения, $\tau, f_d, \varphi_0, A, G_{HC}$ – задержка, доплеровская частота, начальная фаза, амплитуда, символ навигационного сообщения навигационного сигнала прямого распространения, $S_{ц}(t)$ – сигнал, рассеянный воздушной целью, $\tau_{ц}, f_{dц}$ – задержка и доплеровская частота рассеянного сигнала, $n(t)$ – собственные шумы приемника.

Принятая входная реализация (1) одновременно поступает на вход запоминающего устройства, где осуществляется ее запись и хранение в течении времени T, равного периоду дальномерного кода и на вход канала прямого сигнала. Целью обработки входной реализации в канале прямого сигнала является оценка параметров τ, f_d, φ_0, A прямого сигнала навигационного спутника.

Из теории оптимального оценивания [6] известно, что максимум информации о случайных параметрах сигнала содержится в апостериорной плотности вероятности, выражение для которой может быть представлено в виде:

$$p(\tau, f_d, \varphi_0, A / Y_{t_0}^{t_0+T}) = c p_{ap}(\tau) p_{ap}(f_\partial) p_{ap}(\varphi_0) p_{ap}(A) p(Y_{t_0}^{t_0+T} / \tau, f_d, \varphi_0, A), \quad (2)$$

где $Y_{t_0}^{t_0+T} = y(t), t \in [t_0, t_0 + T]$ – входная реализация на интервале наблюдения, $p_{ap}(\tau) p_{ap}(f_\partial) p_{ap}(\varphi_0) p_{ap}(A)$ – априорные плотности вероятности распределения задержки, доплеровской частоты, фазы и амплитуды сигнала навигационного спутника.

Располагая апостериорной плотностью вероятности можно определить оценки $\hat{\tau}, \hat{f}_d, \hat{\varphi}_0, \hat{A}$, соответствующие её максимуму:

$$\left\{\hat{\tau}, \hat{f}_d, \hat{\varphi}_0, \hat{A}\right\} = \max^{-1}_{\hat{\tau}, \hat{f}_d, \hat{\varphi}_0, \hat{A}} \left\{p(\tau, f_d, \varphi_0, A / Y_{t_0}^{t_0+T})\right\}. \quad (3)$$

Применительно к решению задачи обработки сигнала ГНСС ГЛОНАСС в навигационном приёмнике необходимые оценки требуемых параметров можно получить из огибающей сигнала на выходе квадратурного коррелятора $X(T, \tau, f_d, \varphi_0, A)$, при этом можно записать:

$$\left\{\hat{\tau}, \hat{f}_d, \hat{\varphi}_0, \hat{A}\right\} = \max^{-1}_{\hat{\tau}, \hat{f}_d} \left\{X(T, \tau, f_d, \varphi_0, A)\right\}. \quad (4)$$

Необходимый для оценки сигнал достаточной статистики – огибающая сигнала на выходе квадратурного коррелятора формируется в результате квадратурной корреляционной обработки входной реализации для чего на первый вход коррелятора подаётся реализация (1), а в синфазный и квадратурный канал – соответствующие составляющие сигнала опорного сигнала:

$$X(T, \tau, f_d, \varphi_0, A) = \sqrt{I^2(T, \tau, f_d, \varphi_0, A) + Q^2(T, \tau, f_d, \varphi_0, A)},$$

$$I(T, \tau, f_d, \varphi_0, A) = \int_{t_0}^{t_0+T} y(t) G_{DK}(t - \tau) A \cos(2\pi(f_0 + f_d)t + \varphi_0) dt, \quad (5)$$

$$Q(T, \tau, f_d, \varphi_0, A) = \int_{t_0}^{t_0+T} y(t) G_{DK}(t - \tau) A \sin(2\pi(f_0 + f_d)t + \varphi_0) dt,$$

где $I(T,\tau,f_d,\varphi_0,A)$ – синфазная составляющая огибающей сигнала на выходе квадратурного коррелятора, $Q(T,\tau,f_d,\varphi_0,A)$ – квадратурная составляющая огибающей сигнала на выходе квадратурного коррелятора, G_{DK} – функция модуляции дальномерным кодом, τ,f_d,φ_0,A – оцениваемые параметры навигационного сигнала прямого распространения, f_0 – промежуточная частота, на которой осуществляется корреляционная обработка, T – время накопления, равное периоду дальномерного кода.

Поиск навигационного сигнала по задержке, частоте и фазе производится путём последовательного изменения параметров опорного сигнала в пределах области возможных значений, оценка амплитуды формируется после нахождения максимума корреляционной функции. Принятие решения об обнаружении сигнала осуществляется на основе известного критерия Неймана-Пирсона в соответствии с решающим правилом:

$$\theta = 1 \text{ при } X(T,\tau,f_d,\varphi_0,A) \geq h. \tag{6}$$

Сигнал θ с выхода порогового устройства подаётся на опорный генератор, в котором фиксируются текущие значения τ,f_d,φ_0,A. Полученные таким образом значения принимаются в качестве предварительных оценок задержки $\widehat{\tau}$, доплеровской частоты $\widehat{f}_d$, начальной фазы φ_0 и амплитуды навигационного сигнала прямого распространения. После этого осуществляется слежение за параметрами обнаруженного сигнала, что позволяет сформировать точные оценки всех параметров сигнала прямого распространения: $\overset{*}{\tau}$ – оценка задержки, $\overset{*}{f}_d$ – оценка доплеровской частоты, $\overset{*}{\varphi}_0$ – оценка начальной фазы, $\overset{*}{A}$ – оценка амплитуды и $\overset{*}{G}_{HC}$ – оценка соответствующего бита передаваемого навигационного сообщения, которые далее поступают на вход генератора компенсационного сигнала. На основании точных оценок всех параметров сигнала прямого распространения генератор компенсационного сигнала формирует его копию $\overset{*}{S}(t,\overset{*}{\tau},\overset{*}{f}_d,\overset{*}{\varphi}_0,\overset{*}{A},\overset{*}{G}_{HC})$, которая вычитается из запомненной входной реализации, исключая, тем самым из последующей обработки в канале рассеянного сигнала мешающий сигнал прямого распространения:

$$\begin{aligned}
&\xi(t) = y(t) - \overset{*}{S}(t,\overset{*}{\tau},\overset{*}{f}_d,\overset{*}{\varphi}_0,\overset{*}{A},\overset{*}{G}_{HC}) = \\
&= S(t,\tau,f_d,\varphi_0,A,G_{HC}) - \overset{*}{S}(t,\overset{*}{\tau},\overset{*}{f}_d,\overset{*}{\varphi}_0,\overset{*}{A},\overset{*}{G}_{HC}) + S_ц(t,\tau_ц,f_{dц},\varphi_0) + n(t) = \\
&= S_ц(t,\tau_ц,f_{dц},\varphi_0) + \Delta S(t) + n(t) \approx S_ц(t,\tau_ц,f_{dц},\varphi_0) + n(t),
\end{aligned} \tag{7}$$

где $\Delta S(t)$ – нескомпенсированный остаток сигнала прямого распространения.

В квадратурном корреляторе канала рассеянного сигнала осуществляется квадратурная корреляционная обработка входной реализации (7) с формированием сигнала достаточной статистики для рассеянного целью сигнала ГНСС аналогично тому, как это происходит в канале прямого сигнала. Для обеспечения поиска навигационного сигнала по задержке и частоте значения параметров $\tau_ц$ и $f_{dц}$ опорного сигнала последовательно изменяются в пределах области возможных значений. Отличительной особенностью в этом случае является то, что для исключения влияния основного лепестка корреляционной функции нескомпенсированного сигнала прямого распространения $\Delta S(t)$ область возможных значений задержки при поиске рассеянного сигнала ограничивается слева значением предварительной оценки задержки прямого сигнала $\widehat{\tau}$, смещенным вправо на длительность одного элемента дальномерного кода навигационного сигнала $\Delta\tau$ и составляет $\tau_ц \in \left[\widehat{\tau} + \Delta\tau, T\right]$, для чего на опорный генератора канала рассеянного сигнала поступают предварительные оценка задержки $\widehat{\tau}$ и доплеровской частоты $\widehat{f}_d$ навигационного сигнала прямого распространения, полученные в канале прямого сигнала.

Сформированная достаточная статистика $X_ц(T, \tau_ц, f_{dц})$ с выхода квадратурного коррелятора подается на вход порогового устройства, где осуществляется принятие решения об обнаружении менее мощного рассеянного навигационного сигнала с формированием сигнала $\theta_ц$ в соответствии с решающим правилом (3) применительно к огибающей корреляционной функции рассеянного целью навигационного сигнала. Сигнал $\theta_ц$ с порогового устройства поступает на опорный генератор канала рассеянного сигнала, который при $\theta_ц = 1$ останавливает поиск рассеянного навигационного сигнала, фиксируя значения параметров $\tau_ц$ и $f_{dц}$ опорного сигнала и формируя, таким образом, оценку задержки $\widehat{\tau}_ц$ и доплеровской частоты $\widehat{f}_{dц}$ навигационного сигнала, рассеянного воздушной целью.

3. Обсуждение результата

Отличием предложенного решения от существующих является одновременное использование известного подхода, когда для компенсации помехи с априорно известной структурой решается задача текущей оценки её параметров, на основании которых формируется копия помехового сигнала с её последующим вычитанием из входной реализации и временной селекции применительно к основному лепестку корреляционной функции остаточного (в нашем случае – нескомпенсированного остатка прямого сигнала ГНСС) помехового воздействия.

На описанное решение получен патент Российской Федерации на изобретение [7]. Кроме того, для алгоритма, приведённого в [5], а также описанного в данной статье в среде Matlab/Simulink разработаны имитационные модели, с использованием которых в настоящее время исследуется эффективность этих

алгоритмов по показателю вероятность правильного обнаружения сигнала ГНСС, рассеянного воздушной целью.

Литература:

1. Семашко П.Г., Пархоменко Н.Г., Охрименко А.Е. Перспективы полуактивной радиолокации в связи с развитием служб цифрового радиовещания // Успехи современной радиоэлектроники. 2010. №7.с. 38-46.
2. Демидюк А., Демидюк Е. Скрытый «Рубеж» воздушного контроля. Новые решения старых проблем маловысотной локации // Военно-промышленный курьер. 2013. №45 (513). С. 45-47.
3. Ксендзук А.В. Неизлучающая радиолокационная система, основанная на приёме отражённых сигналов навигационных систем ГЛОНАСС и GPS / А.В Ксендзук, В.Ф. Фатеев, С.А. Попов // Труды ОАО «МАК «Вымпел». Сборник статей. М.: Радиотехника. 2009. С. 60-66.
4. Беспалый В.Д. Перспективная многопозиционная радиолокационная система на основе сигналов спутниковых радионавигационных систем // Материалы II ВНК с международным участием: Красноярск. 2007. С. 271-273.
5. Черепанов Д.А., Кирюшкин В.В., Неровный В.В., Ященко Е.А. Устройство обнаружения воздушных целей с использованием сигналов спутниковых радионавигационных систем / Сборник статей по материалам докладов XXI Межвузовской НПК «ПЕРСПЕКТИВА-2011». Воронеж: ВАИУ. 2011. С. 276-279.
6. Статистическая теория радиотехнических систем. Учебное пособие для вузов. М.: Радиотехника. 2003. 400 с.
7. Способ обнаружения и оценки радионавигационных параметров сигнала космической системы навигации, рассеянного воздушной целью, и устройство его реализации. // Черепанов Д.А., Кирюшкин В.В., Дисенов А.А., Ткаченко С.С., Неровный В.В., Коровин А.В. / Патент РФ на изобретение № 2591052 от 17.06.2016 г.

Д.А. Черепанов, А.А. Дисенов, Д.С. Нагаев, И.Н. Герасимов

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОСТЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ПРОСВЕТНЫХ РАКУРСОВ ОБЛУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФАЦЕТНЫХ 3D МОДЕЛЕЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: методология определения радиолокационных характеристик, геометрия системы, бистатические системы, аппроксимация поверхности объектов локации.

Предложен алгоритм определения радиолокационных характеристик простых геометрических объектов для просветных ракурсов облучения на основе фацетных 3d моделей.

D.A. Cherepanov, A.A. Dianov, D.S. Nagaev, I.N. Gerasimov

ALGORITHM FOR DETERMINING RADAR CHARACTERISTICS OF SIMPLE GEOMETRIC OBJECTS FOR THE FORWARD-SCATTERING ANGLES OF RADIATION ON THE BASIS OF THE FACETED 3D MODELS

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budget educational institution higher education "Moscow technical University of communications and Informatics», Rostov-on-don, Russia.

Keywords: methodology for determining radar characteristics, system geometry, bistatic systems, approximation of the surface of location objects.

An algorithm for determining the radar characteristics of simple geometric objects for lumen irradiation angles based on facet 3d models is proposed.

1. Введение

Проведение исследований любого характера практически всегда связано с существенными затратами времени и финансов, особенно это относится к проведению натурных или полунатурных экспериментов. При этом очевидно, что только экспериментальные результаты являются практически неопровержимым доказательством теоретических постулатов. Развитие средств вычислительной техники и методологии проведения цифровых экспериментов (имитационного моделирования) зачастую позволяет обеспечить точность и достоверность результатов, превышающую эти же показатели для случая натурных или полунатурных экспериментов. Эти соображения определяют предпочтительность использования методов цифрового моделирования при проведении исследований. Особую актуальность цифровые эксперименты приобретают на начальных этапах, когда теоретические вопросы проработаны, разработаны математические модели и синтезированы алгоритмы, но их экспериментальная проверка связана с существенными финансовыми и трудозатратами либо сама возможность проведения натурных или полунатурных испытаний отсутствует.

2. Изложение алгоритма

Все эти соображения справедливы и при рассмотрении вопросов, связанных с проектированием радиолокационной техники. Известно, что решение любых задач, связанных с анализом и синтезом радиолокационных станций, требует априорной информации о рассеивающих свойствах целей, которые могут быть описаны при помощи такой характеристики как эффективная площадь рассеяния (ЭПР). Формирование массивов априорных данных, содержащих информацию, необходимую для определения ракурсных зависимостей ЭПР, в настоящее время достаточно эффективно реализуется с использованием систем автоматического проектирования (САПР), таких как 3D StudioMax и ProEngineer. Основным достоинством современных САПР является возможность синтеза геометрической модели сложных объектов по чертежам общего вида и конвертации этой модели в удобный для последующей обработки формат представления данных. При этом

САПР решается наиболее трудоемкая задача аналитического описания сложных поверхностей образующих объект. В результате ряда вычислительных процедур, выполняемых системой автоматического проектирования, геометрическая модель совокупности сложных объектов представляется набором простейших геометрических примитивов, образующих поверхности объектов. Таким образом, используя возможности современных программных средств, не составляет большого труда получить фацетную геометрическую модель сложного объекта, которая будет представлять собой исходную информацию о цели при решении радиолокационных задач.

Имеется ряд научных публикаций, посвящённых методологии определения радиолокационных характеристик сложных объектов на основе моделей, синтезированных с помощью систем автоматического проектирования (САПР), таких как 3D StudioMax и ProEngineer. [1, 2, 3]. Все они рассматривают геометрию системы, в которой источник зондирующего излучения и приёмник рассеянного сигнала пространственно совмещены либо угол $\widetilde{\beta}$ между направлением распространения падающего излучения и отражённого от цели менее 90°. Такие системы реализованы практически во всех современных радиолокационных станциях и относятся к классу моностатических. Однако в настоящее время наблюдается всплеск интереса к другому типу радиолокационных систем реализующих другие физические эффекты, для которых угол $\widetilde{\beta}$ более 90°, называемых бистатическими. Особый интерес вызывают системы, в которых угол между передатчиком, объектом локации и приёмником приближается к 180°, вследствие возникновения в этой ситуации так называемого просветного эффекта, заключающегося в существенном увеличении плотности потока мощности рассеянного сигнала в точке расположения приёмника при фактическом его затенении целью. Априорная информация о моностатических радиолокационных характеристиках объектов для проектирования таких систем малоприменима, а методики, приведённые в [1, 2, 3] не работают. В связи с этим представляется целесообразным синтезировать алгоритм, также основанный на аппроксимации поверхности объектов локации с помощью современных САПР, в основе которого лежат методики, предложенные авторами [1, 2, 3], но учитывающий особенности геометрии бистатических систем при определении радиолокационных характеристик целей. В работах [3, 4, 5] показано, что бистатическая ЭПР для удалённой точки приёма при бистатических углах β, близких к $180°$, определяется выражением:

$$\sigma_б(r) = 4\pi R^2 \frac{\left|E_{прt}\right|^2}{\left|E_{пад}\right|^2} = \frac{4\pi}{\lambda^2}\left|\int_{A_t} \exp\left[j(\frac{2\pi}{\lambda})\rho r \right] dS\right|^2, \quad (1)$$

где A_t – эквивалентная плоская синфазная апертура, перпендикулярная направлению распространения падающей волны и ограниченной проекцией на эту плоскость теневого контура цели; ρ – радиус-вектор произвольной точки апертуры A_t; r – орт в направлении на приёмную позицию. Из (1) видно, что в предельном случае, когда $\widetilde{\beta} = 180°$, $r \perp \rho$, ЭПР достигает максимума и определяется выражением:

$$\sigma_б(180°) = 4\pi(\frac{S_t}{\lambda})^2, \quad (2)$$

где S_t – площадь теневого контура цели, которая соответствует площади сечения цели плоскостью проходящей через границу освещённой и затенённой частей [4, 5]. Имея аналитическое описание поверхности объекта, полученное с помощью САПР 3DStudioMax в виде совокупности взаимосвязанных массивов вершин (MESH_VERTEX_LIST) и фацет (MESH_FACE_LIST), для определения значений ЭПР при различных ракурсах облучения можно предложить алгоритм, основанный на выражениях (1) и (2), который включает следующие этапы:

1. Построение фацетной модели воздушной цели с использованием САПР 3DStudioMax.
2. Конвертирование модели воздушной цели в текстовый формат.
3. Формирование рабочего массива (массивов) модели воздушной цели на основании текстового представления.
4. Задание секущей плоскости перпендикулярной направлению облучения.
5. Проверка принадлежности точек рабочего массива (массивов) модели воздушной цели секущей плоскости.
6. Включение точек рабочего массива (массивов) модели воздушной цели, принадлежащих секущей плоскости в массив, описывающий теневой контур.
7. Вычисление площади теневого контура S_t.
8. Определение теневой ЭПР с использованием формул (1), (2).

Как видно из описательного представления алгоритма его программная реализация по большому счёту сводится к обработке массивов данных, содержащих геометрическое представление объекта локации. Блок-схема описанного алгоритма приведена на рисунке 1.

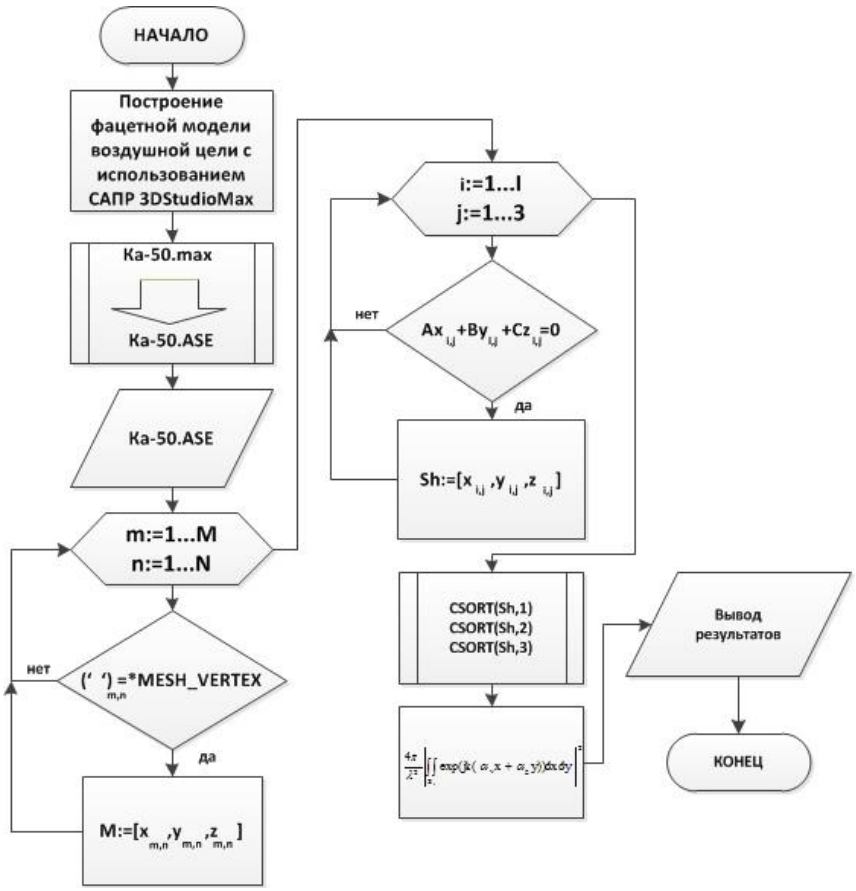


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма

3. Обсуждение результата

Описанный алгоритм реализован в прикладном пакете Mathcad, в настоящее время выполняется оценка показателей эффективности, определяется достоверность и сходимость получаемых результатов. Параллельно ведутся работы по реализации разработанного алгоритма определения радиолокационных характеристик простых геометрических объектов для просветных ракурсов облучения на основе фацетных 3D моделей в среде Matlab. В дальнейшем планируется последующая адаптация алгоритма для определения радиолокационных характеристик геометрических объектов сложной пространственной конфигурации, то есть переход к определению и исследованию радиолокационных характеристик реальных объектов локации.

Литература:

1. Борзов, А.Б., Соколов, А.В. Математическая модель рассеяния электромагнитных волн на объектах сложной формы / А.Б. Борзов, А.В. Соколов // Зарубежная радиоэлектроника. – М.: Радиотехника, 1998. – №10. С. 39-54.

2. Борзов, А.Б., Соколов, А.В., Сучков, В.Б. Методы цифрового моделирования радиолокационных характеристик сложных объектов на фоне природных и антропогенных образований. / А.Б. Борзов, А.В. Соколов, В.Б. Сучков // Зарубежная радиоэлектроника. – М.: Радиотехника, 2001. – №5. С. 55-56.

3. Вопросы перспективной радиолокации. Коллективная монография / Под ред. А.В. Соколова. – М .:Радиотехника, 2003. – 512 с.

4. Черняк, В.С. Многопозиционная локация / В.С. Черняк. – М.: Радио и связь, 1993. – 416 с.

5. Справочник по радиолокации / Под. Ред. М. Сколника. – М.: Советское радио, 1976. – 456 с.

Д.В. Гадасин, И.С. Вакурин

КЛАСТЕРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЕТЕЙ Wi – Fi С ВЫСОКОЙ ПЛОТНОСТЬЮ АБОНЕНТОВ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия

Ключевые слова: Высоконагруженная сеть, пропускная способность, Wi-Fi, WLAN, Wireless, IEEE 802.11, MIMO, CSMA/CA.

В статье исследуются вопросы построения высоконагруженных сетей Wi – Fi, а также их частей в современных реалиях, когда количество подключаемых к ним устройств все время возрастает, что приводит повышению плотности абонентов, а в следствии и нагрузки на сеть. Также рассматриваются оптимальные подходы к проектированию таких сетей.

D.V. Gadasin, I.S. Vakurin

CLUSTER Wi – Fi NETWORK DESIGN WITH HIGH DENSITY OF SUBSCRIBERS

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia

Keyword: high density network, bandwidth, Wi-Fi, WLAN, Wireless, IEEE 802.11, MIMO, CSMA/CA.

The article explores the issues of building highly density Wi-Fi networks and their parts in modern realities, when the number of devices connected to it growing all the time, which leads to an increase in the number of subscribers, as well as to following and network loads. Optimum approaches to designing such networks are also considered.

Введение.

Инфокоммуникационные технологии развиваются крайне стремительно и плотно вошли во все сферы человеческой деятельности, отсюда и возникновение новых технологических решений, которые применяются на объектах самого разного масштаба [1].

Такое развитие приводит к росту технологических средств, которые взаимодействуют в сети, в том числе и в беспроводных сетях стандарта IEEE 802.11 [0].

При проектировании беспроводной сети уделяется особое внимание количеству точек доступа, правильный расчёт точек доступа в сеть позволяет оптимизировать затраты на построение сети. Обычно в небольших офисных помещениях менее чем на 50 человек достаточно разместить четыре или пять точек. С учетом материала стен, обычно радиус действия устройств в среднем 15 метров, количество абонентских устройств на одном устройстве обычно около 10 или 13. Также немаловажными факторами являются: стандарт, который используют подключаемые устройства, число пространственных потоков, которые они используют (технология MIMO) и ширины канала.

Зависимость скорости передачи данных от количества пользователей.

Обычно на абонента с его устройством приходится 7 м^2 помещения, местах массового скопления людей, например, торговых центрах, стадионах, аэропортах плотность устройств часто может достигать до двух устройств на 1 м^2. В таких ситуациях сеть, которая была спроектирована согласно стандартным принципам будет работать не корректно в условиях с такой нагрузкой. В такой ситуации могут возникать коллизии, потери пакетов и увеличение задержки. Следовательно, для проектирования сетей, которые будут использоваться в условиях высокой плотности абонентов, необходимо учитывать множество дополнительных факторов.

На рисунке 1 представлен график зависимости времени задержки от количества абонентов. Данный график построен, исходя из расчета среднего времени пребывания пакета в очереди, которое напрямую зависит от скорости поступления пакета в сеть. Параметры были рассчитаны на примере беспроводного маршрутизатора DIR-651/A/A, на который поступал поток пакетов от 25 пользователей, зашифрованных с помощью протокола шифрования WPA2, в качестве рабочих станций использовались «Ультрабуки класса (Intel 2200 series)» со

скоростью 71,7 мБит/с от одного абонента. Коэффициент потери пропускной способности составлял 46%. На обработку 1 бит затрачивается 5 операций ЦП. Память, используемая для хранения поступивших пакетов, составляла 90 Мбит.

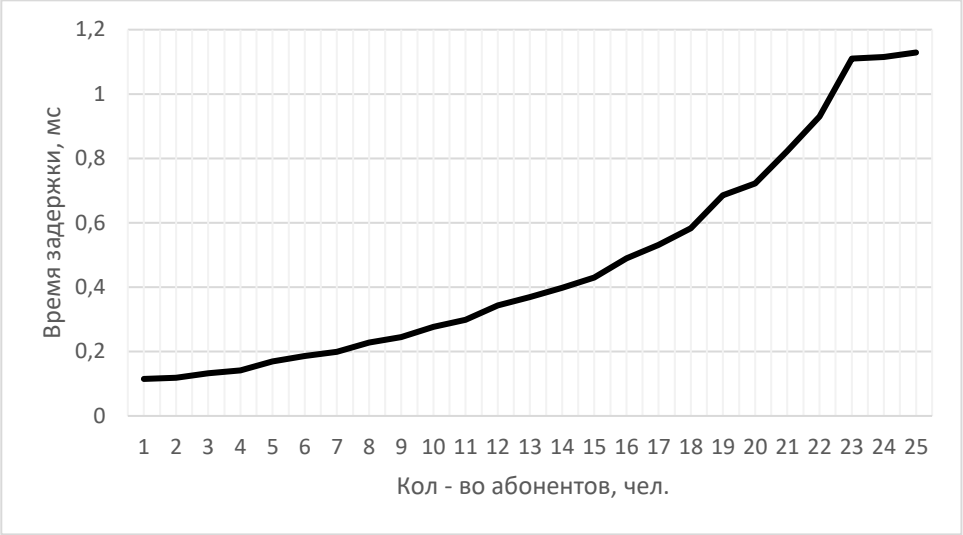


Рисунок 1. График зависимости времени задержки от количества абонентов

Как раз в случаях обеспечения массового доступа к беспроводной сети проявляются недостатки, которые присутствуют в такой сети. Можно сделать вывод, что производительность оборудования является ключевым фактором при построении беспроводной сети с высокой плотностью абонентов.

Особенности проектирования.

При проектировании беспроводных сетей с высокой плотностью следует учитывать следующие факторы:

- общее количество абонентов – сеть в момент полной загрузки должна выдерживать до 90% беспроводных устройств от максимально при том, что на одного абонента будет приходится только одно устройство;
- плотность размещения абонентских устройств – на объектах с высокой плотностью абонентов на площади в 1 м^2 может размещаться до 4 абонентов (1 абонент – 0,25 м^2 = 0,5х05), поэтому основным показателем QoS в данном случае будет являться требуемая полоса пропускания на одного абонента;
- физические характеристики объекта (материал стен и перекрытий);
- интерференция, создаваемая другими источниками;
- сложности при развертывании оборудования на объекте;
- снижение производительности сети из-за абонентов, которые используют низкоскоростные стандарты;
- снижение скорости передачи данных из-за неправильного распределения клиентов по частотным диапазонам – использование диапазона 2.4 ГГц, если устройство поддерживает 5 ГГц;
- На количественный показатель обслуживаемых устройств сказываются и параметры точек доступа:
- скорость работы точки доступа, зависящая от аппаратной и программной мощности

- технические возможности по организации каналов связи, как поддержка технологии MIMO, работа в двух частотных диапазонах;
- вид основного трафики;
- тип шифрования подключения.

Устройства обмениваются данными с сетью в определенной полосе пропускания, которая поровну разделена между ними. Соответственно, чем больше подключено устройств, тем меньше пропускная способность сети, следовательно, что увеличить пропускную способность нужно или увеличить мощность точек доступа или их количество.

При использовании большого числа точек доступа будет увеличиваться и интерференция. Во избежание этого нужно ограничить радиус действия точки доступа при помощи:

- применения специализированных узконаправленных антенн;
- отключения низких канальных скоростей;
- отключение абонентов с низким уровнем сигнала;
- понижения мощности передатчика;
- сокращение утилизации радиоканала.

Кластеризация в Wi – Fi сетях.

Кластеризация - это разбиение множества объектов на группы (кластеры, подмножества) так, чтобы элементы, относимые к одному подмножеству, различались между собой в значительно меньшей степени, чем элементы из разных подмножеств. В кластерном анализе существуют следующие этапы:

- отбор выборки объектов для кластеризации;
- определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты;
- нормализация значений переменных;
- выбор метода кластеризации и вида метрики для вычисления значений меры сходства между объектами;
- создания групп сходных объектов (кластеров);
- анализ результатов, корректировка выбранной метрики и метода кластеризации до получения желаемого результата.

Для проведения анализа и сравнения двух объектов необходимо выбрать метрику, по которой и будет проходить сравнение.

В сетевых технологиях используются различные метрики, например, расстояние между узлами или загруженность канала. В нашем случае в качестве узлов системы на уровне доступа выступают точки доступа, которые являются центром кластера и абонентские устройства, которые являются членами группы. Группы формируются вокруг точки доступа. При подключении устройство сравнивает расстояние до разных точек доступа и подключается к ближайшей, становясь членом группы устройств, сформированной вокруг этого кластера. Для вычисления расстояния используется формула 1, так называемая формула Евклидового расстояния:

$$d_E\left(\underset{x_i.x_j}{\rightarrow\rightarrow}\right) = \sqrt{\left(x_i^1 - x_j^1\right)^2 + \cdots + \left(x_i^m - x_j^m\right)^2} \quad (1)$$

Существует и вариант расчета расстояния между устройством и точкой доступа по формуле 2, так называемой формуле длины радиоканала, через FSL (Free Space Loss) — потери в свободном пространстве и центральную частоту канала:

$$D = 10^{\frac{FSL-33}{20}-lgF}, \text{ где} \quad (2)$$

FSL (Free Space Loss) — потери в свободном пространстве (дБ), а F – центральная частота канала (МГц).

Отсюда можно сделать вывод, что эти формулы тождественны, что показано в формуле 3:

$$\sqrt{\left(x_i^1 - x_j^1\right)^2 + \cdots + \left(x_i^m - x_j^m\right)^2} = 10^{\frac{FSL-33}{20} - lgF} \quad (3)$$

Получается, что расстояние между кластером и элементом его группы может быть выражено через формулу, примем выражение, находящиеся под корнем за L 4:

$$L = (10^{\frac{FSL-33}{20} - lgF})^2 \quad (4)$$

Также зная пространственное расположение точек доступа, можно определить, например, коэффициент потерь в свободном пространстве по формуле 5:

$$FSL = 20lgF + 20\lg(\sqrt{L}) + 33 \quad (5)$$

Такой расчёт может быть применён на этапе проектирования сети, когда составляется план расположения точек доступа в пространстве, расчёт поможет определить оптимальное место для положения точек.

Также кластеризацию можно использовать для группировки поступающих на точку доступа запросов. Можно группировать запросы по таким критериям, как:

- вид трафика;
- какой стандарт используется;
- модель абонентского устройства;
- на какой частоте идет передача.

Такая кластеризация поможет приоритезировать трафик при большом потоке заявок от клиентских устройств на точку доступа.

В таком представлении сеть будет представлять связь таких кластеров друг с другом, то есть связь одной группы с другой группой пример такой группировки представлен на рисунке 2. Точка доступа в беспроводную сеть будет выступать, как центр кластера, который образует собой группу объектов, то есть сосредотачивает устройства, которые подходят по параметрам вокруг себя.

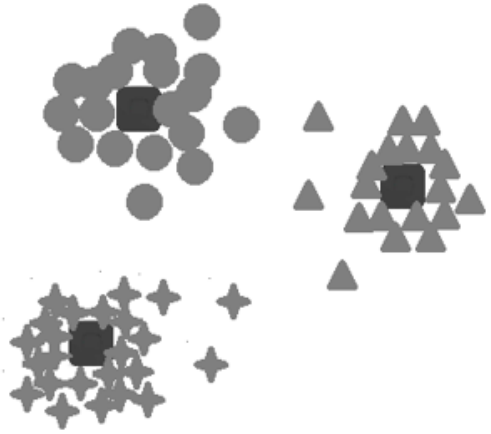


Рисунок 2. Пример кластера в сети

Для измерения силы сигнала Wi – Fi используется показатель уровня принимаемого сигнала, RSSI (Received Signal Strength Indicator) — полная мощность принимаемого приёмником сигнала. Измеряется приёмником в дБм (децибел относительно 1 милливатта).

RSSI может принимать значения от 0 до -100 дБм. Самым качественным Wi – Fi сигналом считается сигнал в районе -50 дБм. Сигнал теряет свою силу, если начать удаляться от кластера.

Соответствия силы сигнала Wi – Fi и его качества:

- отличные показатели: от -35 до -50 дБм
- хорошие показатели: от -50 до -65 дБм
- удовлетворительные показатели: от -65 до -75 дБм
- плохие показатели: от -75 до -85 дБм
- неприемлемые значения: от -85 до -100 дБм

Из графика на рисунке 3 видно, что в зависимости от расстояния мощность рассеивается по нормальному закону и на расстоянии около пятнадцати метров принимает уже неприемлемые для качественной передачи данных значения.

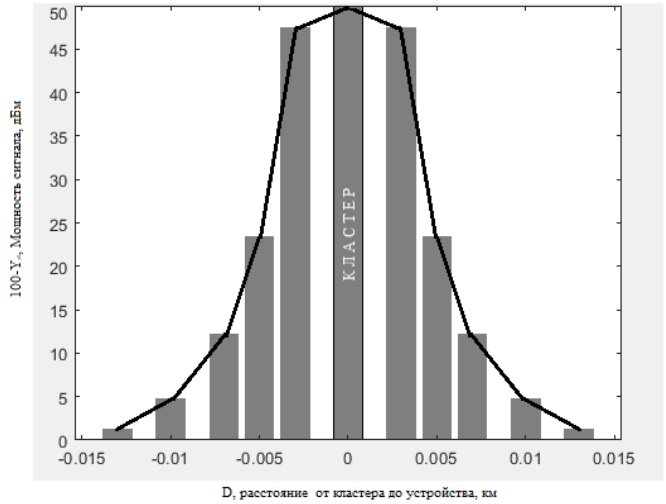


Рисунок 3. Уровень сигнала в точке приёма в зависимости от расстояния

На рисунке 4 представлен график полученный по формуле 4, по нему можно увидеть, как распределяется коэффициент потерь в свободном пространстве.

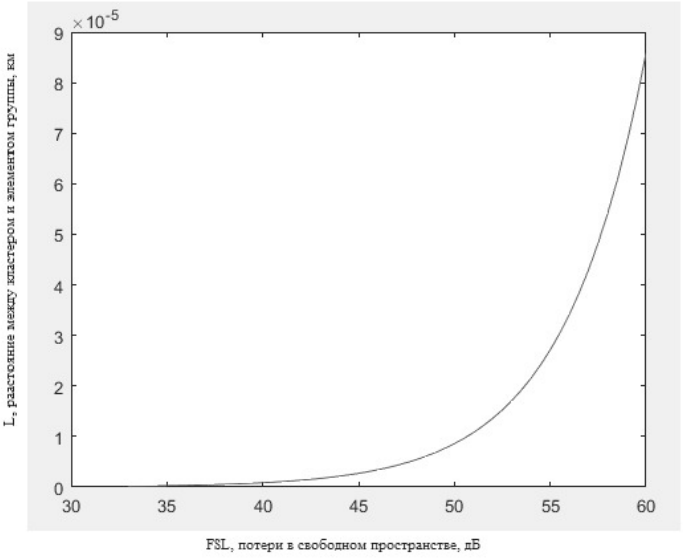


Рисунок 4. Распределение коэффициента свободных потерь в пространстве

Из графика видно, что даже при нулевом отдалении от точки доступа потери будут составлять около 33 дБ, а с увеличение отдаления от точки доступа они возрастают.

Совместив графики на рисунке 3 и на рисунке 4, получаем точку оптимального соотношения потерь в свободном пространстве и усиления, из графика на рисунке 5 видно, из этого можно сделать вывод, что согласно формуле 4, евклидово расстояние должно равняться 7 метрам для оптимальной работы.

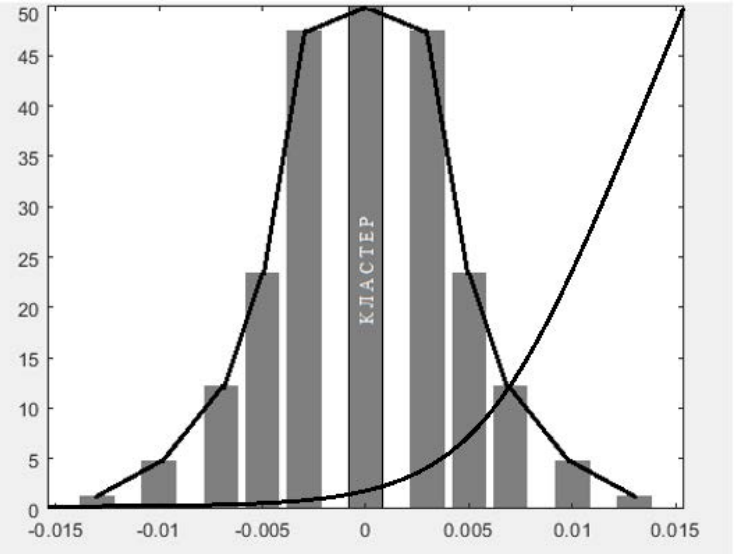


Рисунок 5. Оптимальное соотношение усиления и коэффициента свободных потерь

Вывод.

Проведя анализ беспроводной сети с массовым доступом, как кластерной системы удалось выяснить, что при определенных параметрах системы, существует оптимальная точка. Из формулы квадратичного расстояния было вычислено, что она находится на расстоянии семи метров от кластера, в роли которого в нашем случае выступает точка доступа.

Сети, в которых есть сегмент с незамкнутой средой передачи данных всегда вызывали больше сложностей, чем сети без такого сегмента. В беспроводных сетях с высокой плотностью клиентов сложностей ещё больше, но добиться высокого качества обслуживания можно, выполняя следующие условия:

- осуществлять изначальное проектирование сети в соответствии со стандартом с поддержкой широкой полосы пропускания;
- принудительный перевод клиентов, у которых абонентское устройство поддерживает диапазоны 2,4 ГГц и 5 ГГц, в диапазон 5 ГГц;
- не подключать клиентов с устройствами, которые передают данные на низких скоростях;
- оптимизация использования антенн;
- динамическое изменение мощности передачи точек доступа, которая будет соответствовать максимальной мощности самого маломощного устройства;
- при увеличении зоны покрытия точки доступа исходить из увеличения мощности передающей антенны, а не самого передатчика;

- применять алгоритм автоматического выбора канала, что позволит при высокой загруженности канала произвести запрос на другой канал передачи;
- применить алгоритм автоматического регулирования мощности передачи, что должно минимизировать межканальную интерференции и уменьшить влияние соседних точек доступа;
- применить различное расположение точек доступа не только над абонентскими устройствами (потолок, крыша, выносные кронштейны), но и сбоку (стены);
- обеспечить одинаковые возможности для клиентов, находящихся в зоне действия точки доступа, по доступу в радиоканал независимо от его местоположения и версии стандарта IEEE 802.11;
- располагать членов группы кластера так, чтоб их расстояние до кластера было оптимальным, и задержка не превышала 150 мс (допустимая задержка для видео высокого разрешения).

Литература:

1. Шведов А.В., Гадасин Д.В., Вакурин И.С. Вопросы проектирования сетей беспроводного доступа стандарта IEEE 802.11 с высокой плотностью обслуживания абонентов // Технологии информационного общества. - Москва - М: ООО "Издательский дом Медиа паблишер", 2020. - С. 305-309.

2. Гадасин Д.В., Шведов А.В., Ермалович А.В. Концепция «туманные вычисления» – эволюционный этап развития инфокоммуникационных технологий // Технологии информационного общества. - Москва - М: ООО "Издательский дом Медиа паблишер", 2018. - С. 96-99.

3. В.Г. Жуков, Н.Ю. Паротькин Автоматизированная система проектирования беспроводной сети IEEE 802.11 // Международный журнал «Программные продукты и системы». - 2012. - №3. - С. 202-207.

4. Петров В.И., Молчанов Д.А., Кучерявый Е.А. Анализ интерференции в беспроводных сетях связи терагерцового диапазона частот // НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВЕДОМОСТИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. ИНФОРМАТИКА. ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ. УПРАВЛЕНИЕ. - 2017. - №1. - С. 27-36.

Н.В. Руденко, И.С. Клименко, К.Е. Краснов

РАСЧЁТ АКСИАЛЬНОГО ГЕНЕРАТОРА НА ПОСТОЯННЫХ МАГНИТАХ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: электроснабжение базовой станции сотовой связи, ветрогенератор с вертикальной осью, аксиальный генератор на постоянных магнитах, методика расчёта.

В статье рассмотрен алгоритм расчёта аксиального генератора на постоянных магнитах для ветроэнергетической установки базовой станции сотовой связи. Выполнен примерный расчёт генератора, в качестве ветроколеса был выбран ротор Горлова. Предложенный ветрогенератор позволяет обеспечить электроснабжение оборудования станции при средней скорости ветра 3,5 – 4,5 м/с, скорости вращения ротора 165-200 об/мин и вырабатываемой мощности 1,4 – 1,5 кВт, что соответствует требованиям.

N.V. Rudenko, I.S. Klimenko, K.E. Krasnov

CALCULATION OF AN AXIAL GENERATOR WITH PERMANENT MAGNETS FOR WIND POWER INSTALLATION OF A CELLULAR BASE STATION

Federal state budgetary educational institution of higher education
Don state technical University, Rostov-on-don, Russia

Keywords: power supply of a cellular base station, wind generator with a vertical axis, axial permanent magnet generator, calculation method.

The article considers the algorithm for calculating an axial permanent magnet generator for a wind power installation of a cellular base station. An approximate calculation of the generator was performed, the Gorlov rotor was chosen as a wind wheel. The proposed wind generator allows providing power supply to the plant equipment at an average wind speed of 3 - 4 m / s, rotor speed of 150-200 rpm and a generated power of 1.2 - 1.4 kW, which meets the requirements.

Ведение. С целью развития сети сотовой связи в районах страны, где нет централизованного электроснабжения или реализация такого электроснабжения связано с высокой стоимостью, необходим надёжный источник энергии на базе ветрогенератора. Это обусловливает актуальность разработки аксиального генератора на постоянных магнитах для ветроэнергетической установки, которая используется для электроснабжения базовой станции сотовой связи (БССС).

Использование аксиального генератора в составе ветрогенератора связано со следующие его достоинствами [1, 2]: высокий КПД, получаемый за счет минимизации потерь на трение; отсутствие шума и вибрации при работе; отсутствие магнитного залипания, что позволяет им стартовать при сравнительно небольшой скорости ветра (около 2 м/с).

Цель работы состоит в том, чтобы разработать алгоритм расчёта аксиального генератора на постоянных магнитах для ветроэнергетической установки БССС. Потребляемая БССС мощность 1,4 кВт, необходимо обеспечить постоянное стабилизированное напряжение 48 В для заряда аккумуляторов и работы аппаратуры.

Результаты исследований. Аксиальный генератор на постоянных магнитах это генератор, который имеет 3 диска, как показано на рисунке [2]. Два наружных диска являются индуктором и имеют одинаковое количество неодимовых магнитов (к примеру, использовано 40 магнитов, т.е. по 20 магнитов на каждом диске), ротор, а между дисками с магнитами находится диск с катушками – якорь. Как правило, индуктор вращается и является ротором, а якорь зафиксирован, неподвижен и является статором. Толщина дисков, к которым крепятся магниты, должна быть такой, чтобы магнитное поле не выходило за пределы задней стенки диска, то есть что бы с обратной стороны диска к нему ничего не притягивалось [2].

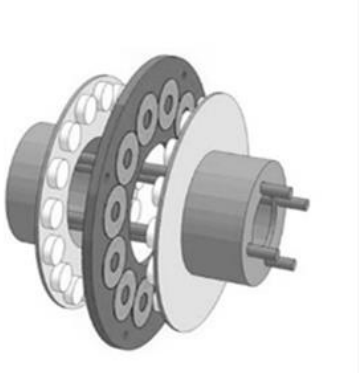


Рисунок 1. Конструкция аксиального генератора

При вращении индуктора создаётся вращающееся магнитное поле. При этом магниты, расположенные друг напротив друга, повёрнуты друг к другу противоположными полюсами, т. е. магниты друг к другу должны притягиваться (в данном случае создаётся 20 пар полюсов). Количество пар полюсов к количеству катушек должно быть в соотношении 2/3 или 4/3 (в данном случае использовано соотношение 2/3, т.е. на 20 пар полюсов, соответственно 30 штук катушек) [3].

Генератор трёхфазный, одна фаза имеет 10 катушек, катушки соединены между собой через 2. К примеру, 30 катушек, первая фаза это 1-4-7-10-13-16-19-22-25-28 катушки, вторая фаза 2-5-8-11-14-17-20-23-26-29 катушки и 3 фаза это 3-6-9-12-15-18-21-24-27-30 катушки. Все катушки в фазе соединяют последовательно, конец первой катушки это начало второй, конец второй катушки это начало третий катушки и так далее.

В генераторе происходит вырабатывание электроэнергии за счет вращения ротора, который напрямую подсоединён к валу ветрогенератора с вертикальной осью. Представленная ниже методика расчета была разработана в результате анализа материала ряда электронных ресурсов [3-7].

Рассмотрим методику расчёта аксиального генератора на основе примера. Для аксиального генератора понадобятся 40 ниодимовых магнитов N42 магнитная индукция которых 1,2 Тл по 20 на диск, размерами 40Х40Х20 мм [4]. Для оптимального расположения магнитов на металлических дисках расстояние между магнитами должно быть в половину ширины магнита [4], т.е.

$$d = \frac{L}{2},$$

где L – ширина магнита (мм); d – расстояние между соседними магнитами (мм).

$$d = \frac{40}{2} = 20 \text{ (мм)}$$

Чтобы рассчитать диаметр дисков, нужно расстояние от начала одного магнита до начала другого магнита, умножить на количество магнитов на диске, получим длину внутренней окружности диска:

$$L_{во} = (L + d) \cdot H,$$

где H – количество магнитов на одном диске (шт);

$L_{во}$ – длина внутренней окружности диска (мм).

$$L_{во} = (40 + 20) \cdot 20 = 1200 \text{ (мм)}$$

Для того чтобы рассчитать диаметр внутренней окружности диска разделим длину внутренней окружности диска на число π:

$$D_{во} = \frac{L_{во}}{\pi},$$

где $D_{во}$ – диаметр внутренней окружности диска по магнитам (мм).

$$D_{во} = \frac{1200}{3{,}14} = 382{,}1 \text{ (мм)},$$

Для того чтобы найти внешний диаметр необходимо к диаметру внутренней окружности диска прибавить длину магнита, умноженную на два:

$$D_{вно} = D_{во} + 2L,$$

где $D_{вно}$ – диаметр внешней окружности диска по магнитам (мм).

$$D_{вно} = 382{,}1 + 2 \cdot 40 = 462{,}1 \text{ (мм)}.$$

Далее нужно рассчитать катушки и статор для генератора, зная, что расстояние между дисками с магнитами должно быть равно толщине магнита 20 мм, статор будет толщиной 18 мм. Диаметр статора можно делать равным диаметру дисков с магнитами или больше для того, чтобы была возможность его закрепления [4]. Рабочая длина катушки, равна длине магнита 40 мм. Катушки будут треугольной формы, каждая будет иметь по 380 витков, средняя длина витка 0,18 мм. Количество рассчитывается от соотношения 2/3 от количества полюсов на дисках, значит, если у нас 20 полюсов, то катушек необходимо 30: Трехфазный генератор предполагает собой наличие 3 фаз, соединённых звездой или треугольником, как показано на рисунке 2.

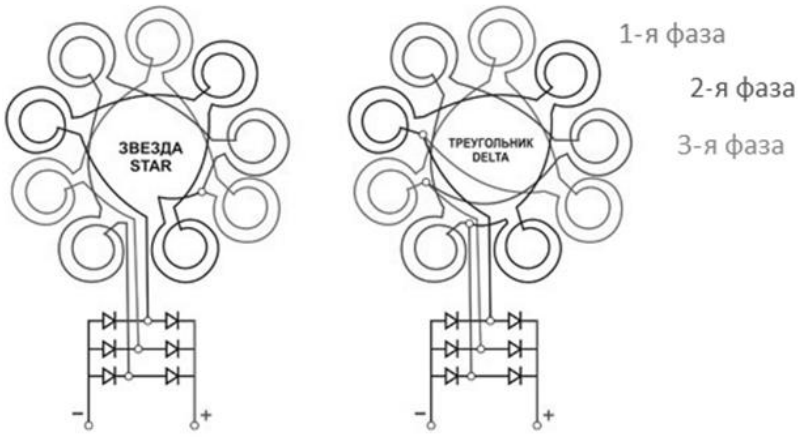


Рисунок 2. Виды соединения трёхфазной фазной обмотки: звезда и треугольник

Также делают и однофазные генераторы, но сталкиваются с проблемой большой вибрации и шума при его работе. Это происходит из-за того, что при наличии в статоре одной фазы весь пик нагрузки приходится в тот момент, когда магниты становятся напротив катушек, и сопротивление в этот момент максимальное. Когда магниты находятся между катушек, то магнитное поле катушек резко уменьшается. Следовательно, при вращении происходит уменьшение и увеличение сопротивления магнитного поля катушек, что приводит к вибрации.

В случае трёхфазного генератора данный эффект почти не заметен, так как когда магниты проходят над катушками одной фазы, они одновременно набегают на катушки следующей фазы. Следовательно, сопротивление первой фазы падает пропорционально нарастанию второй фазы и так далее [2]. Следовательно, количество катушек в одной фазе выбирается 10, число витков в каждой катушке 380, следовательно, количество витков в фазе с последовательно соединенными катушками - 3800.

Теперь рассчитаем сопротивление в фазе и напряжение на её зажимах при скорости вращения 1 об/с или 60 об/мин генератора. Это выполняется для того чтобы облегчить вычисления, так как напряжение и скорость вращения связаны прямой зависимостью. Напряжение находиться как произведение магнитной индукции магнитов на скорость движения магнитов и на активную длину проводника. Магнитная индукция B = 1,2 Тл, скорость движения в нашем случае с дисковым генератором зависит от диаметра, который берется по средней линии длины магнитов. Внешний диаметр по магнитам у нас составляет 462,1 мм, поэтому средний диаметр находиться, если из последнего вычесть длину магнита:

$$D_{ср} = D_{вно} - L,$$

где $D_{ср}$ – средний диаметр окружности по магнитам (мм).

$$D_{ср} = 462{,}1 - 40 = 422 \text{ (мм).}$$

Длина окружности находиться по формуле:

$$L_{ср} = \pi \cdot D_{ср},$$

где $L_{ср}$ – длина окружности по среднему диаметру (мм).

$$L_{ср} = 3{,}14 * 422 = 1325{,}08(мм) = 1{,}325(м).$$

Далее находим напряжение одного витка в катушке индуктивности, путем перемножения:

$$U_в = B \cdot L_{ср} \cdot L,$$

где B – магнитная индукция магнита (Тл); $U_в$ – напряжение одного витка в катушке индуктивности (В).

$$U_в = 1,2 \cdot 1,325 \cdot 0,04 = 0,0636 \text{ (В)}, \quad (2)$$

Находим напряжение в фазе просто умножив полученный результат в выражении (2) на количество витков в фазе:

$$U_ф = U_в \cdot H_в,$$

где $H_в$ – количество витков в фазе (шт);

$U_ф$ – фазное напряжение (В).

$$U_ф = 0,0636 * 3800 = 241,68 \text{ (В)}.$$

Так как у нас соединение звездой то напряжение на выходе генератора (линейное) будет больше в $\sqrt{3}$ раз:

$$U_{вых} = \sqrt{3} \cdot U_ф,$$

где $U_{вых}$ – выходное напряжение (В).

$$U_{вых} = \sqrt{3} \cdot 241,68 = 418,6 \text{ (В)},$$

Чтобы вычислить сопротивление в фазе нужно перемножить среднюю длину витка 0,18 м на количество витков в фазе и на сопротивление медного провода сечением 1 мм, которое равно 0,0224 Ом [7]:

$$R_ф = l_{ср} \cdot H_в \cdot R_м,$$

где $l_{ср}$ – средняя длина витка в катушке (м);

$R_м$ – сопротивление медного провода сечением 1 мм (Ом);

$R_ф$ – сопротивление фазы (Ом).

$$R_ф = 0,18 \cdot 3800 \cdot 0,0224 = 15,3216 \text{ (Ом)}.$$

Рассчитаем мощность генератора, если от него заряжать аккумулятор 48 В. При зарядке АКБ напряжение просядет на 48 В, получается:

$$U_п = U_{вых} - U_з,$$

где $U_з$ – напряжение зарядки аккумуляторной батареи (В);

$U_п$ – напряжение, оставшееся после просадки (В).

$$U_п = 418,6 - 48 = 370,6 \text{ (В)},$$

При таком напряжении ток заряда будет равен напряжение, деленному на сопротивление фазы и умноженному на два:

$$I_з = \frac{U_п}{R_ф \cdot 2},$$

где $I_з$ – ток заряда (А).

$$I_З = \frac{370,6}{15,32 \cdot 2} = 12,095 \text{ (А)},$$

Рассчитаем мощность, умножив получившийся ток на напряжение, идущее на АКБ:

$$P = I_з \cdot U_з,$$

где P – мощность выдаваемая генератором (Вт).

$P = 12,095 \cdot 48 = 580,56$ (Вт)

Таким образом, был разработан алгоритм расчета аксиального генератора, блок-схема которого приведена на рисунке 3.

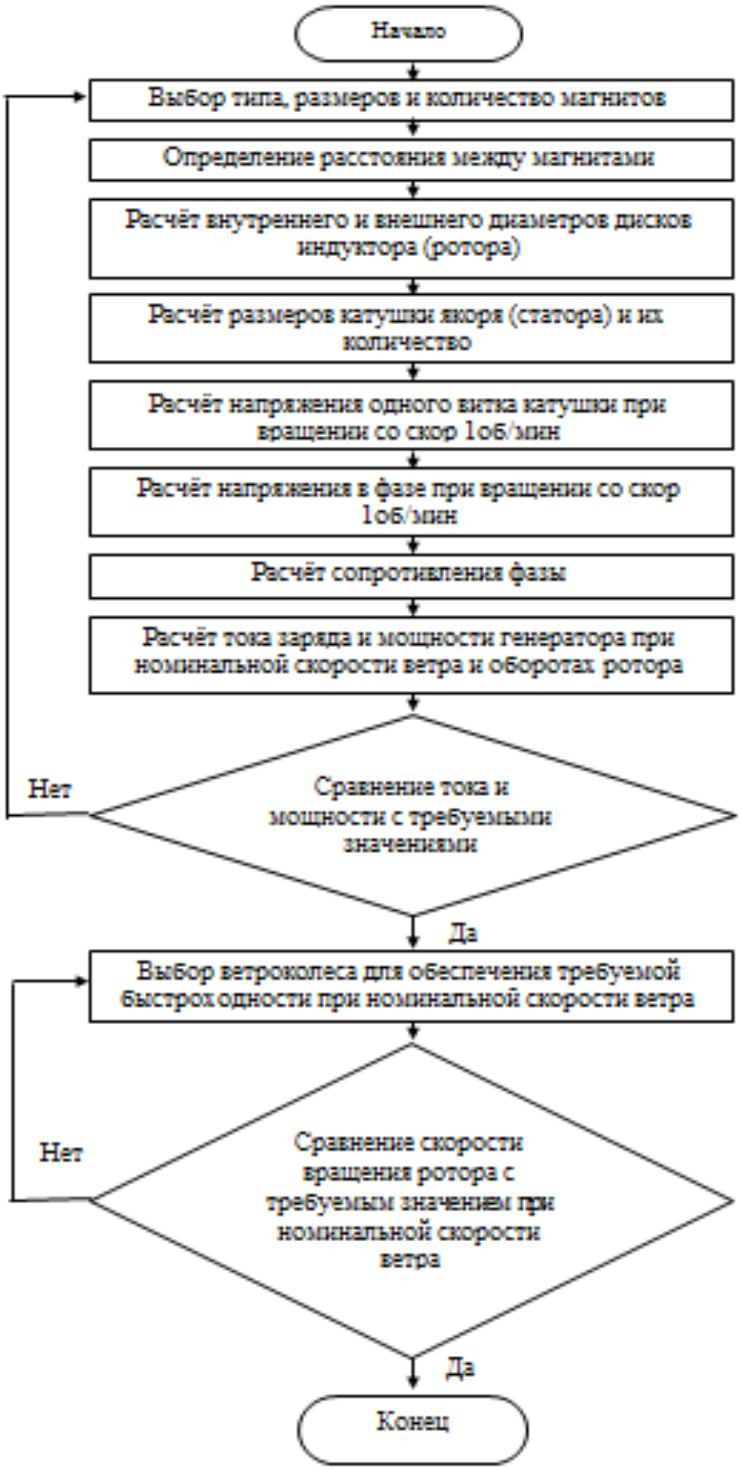


Рисунок 3. Блок-схема алгоритма расчета аксиального генератора

Разработана программа в *Excel* для подбора требуемого напряжения, тока и мощности, которые зависят от количества магнитов, катушек, витков на них и скорости вращения. Результаты расчётов в этой программе приведены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость напряжения, тока и мощности от скорости вращения (об/мин)

Скорость вращения, об/мин	Напряжение, В	Ток, А	Мощность, Вт
60	370,792	12,100	580,814
100	617,986	20,167	968,023
150	926,979	30,251	1452,035
200	1235,972	40,334	1936,046
250	1544,965	50,418	2420,058

Для использования аксиального генератора рассмотрим ветрогенератор с вертикальной осью, так как он обладает следующими преимуществами [8, 9]:

- имеет пониженную начальную скорость вращения (от 1,3 м/с);
- не создает вибрацию на грунт;
- не требует установки высоких мачт;
- экологичен (уровень шума не превышает 35 дБ);
- не требует ориентации на ветер;
- позволяет использовать энергию не только горизонтальных, но и восходящих потоков ветра.

При расчётах был выбран ротор Горлова с диаметром 2 метра, поскольку он по сравнению с другими вертикальными роторами имеет наибольшую быстроходность (*Z*), которая определяется для различных роторов по следующей формуле [7]:

$$Z = \frac{L \cdot n}{60 \cdot V},$$

где *n*–скорость вращения ветроколеса (об/мин);

V - скорость ветра (м/с);

L - длина окружности (м).

Рассмотрим такие роторы как ротор Савониуса, ротор Горлова, винтообразный ротор Дарье [10]. Выбрав диаметр лопастей 2 м и изменяя скорость ветра, составим таблицу 2.

Таблица 2. Скорость вращения ротора (в об/мин) в зависимости от скорости ветра, диаметра и быстроходности

Виды вертикальных роторов при диаметре 2 м		Z	Скорость ветра м/с											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Скорость вращения ротора, об/мин	Савониуса	1,1	11	21	32	42	53	63	74	84	95	105	116	126
	Дарье	4,5	43	86	129	172	215	258	301	344	387	430	473	516
	Горлова	4,8	46	92	138	183	229	275	321	367	413	459	504	550

На основании таблицы 2 можно построить графики зависимости скорости вращения ротора от скорости ветра для каждого из взятых роторов, представленные на рисунке 4.

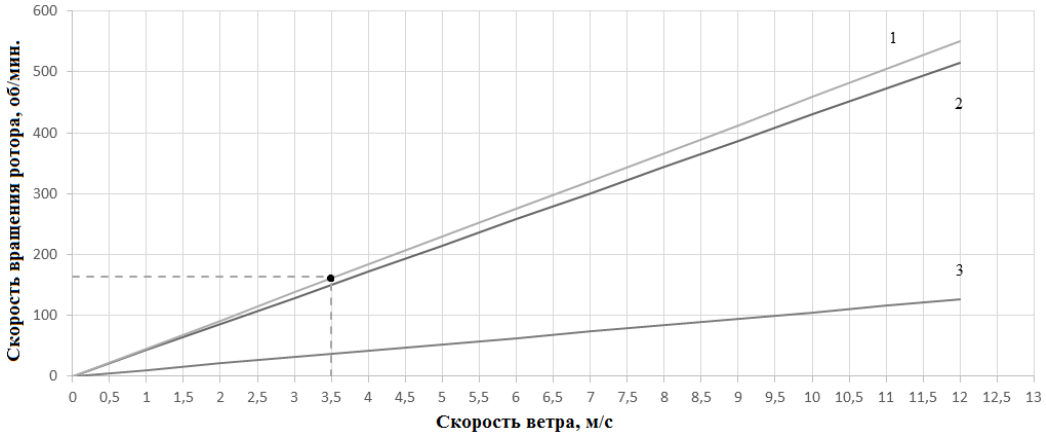


Рисунок 4. Графики зависимости скорости вращения ротора от скорости ветра при использовании ротор Горлова – 1, ротора Дарье – 2, ротора Савониуса-3; точка на графике – это рабочая точка при номинальной скорости ветра 3,5 м/с

На основе выбора рабочей точки можно рассчитать номинальную мощность работы генератора. Так номинальный режим работы генератора достигается при 165 об/мин, что видно на графике (см. рисунок 4). Следовательно, при использовании ротора Горлова, показанного на рисунке 5, требуемая скорость вращения вала генератора 165 об/мин достигаются при скорости ветра 3,5 м/с, а мощность при этой скорости будет равна 1,4 кВт. Применение других конструкций роторов даёт при той же скорости ветра более низкую скорость вращения вала генератора.

Выходное напряжение генератора подаётся на вход зарядного устройства, который представляет собой стабилизирующий выпрямитель. А с выхода последнего постоянное стабилизированное напряжение 48 В подаётся на заряд АКБ и питание аппаратуры базовой станции сотовой связи.

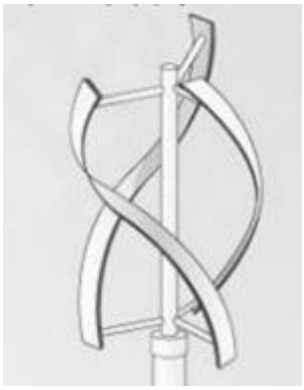


Рисунок 5. Ротор Горлова

Вывод.

Таким образом, предложен алгоритм расчёта аксиального генератора на постоянных магнитах для ветроэнергетической установки базовой станции сотовой связи, в качестве ветроколеса был выбран ротор Горлова, что позволяет обеспечить электроснабжение базовой станции сотой связи при средней скорости ветра 3,5 – 4,5 м/с, скорости вращения ротора 165-200 об/мин и вырабатываемой мощности 1,4 – 1,5 кВт, что соответствует требованиям.

Литература:

1. Ветрогенератор на неодимовых магнитах. [Электронный ресурс]: URL: https://alter220.ru/veter/vetrogenerator-na-neodimovyh-magnitah.html (дата обращение 21.03.2020)
2. Самодельный генератор для ветряка. [Электронный ресурс]: URL: http://sam-stroitel.com/camodelnyj-generator-dlya-vetryaka.html/ (дата обращения 28.03.2020)
3. Метод расчёта аксиальных (дисковых) генераторов от е-ветерок.ру. [Электронный ресурс]: URL: http://e-veterok.ru/diskoviy-generator.php (дата обращения 28.03.2020).
4. Магнитная призма (брусок). Продажа постоянных неодимовых магнитов NdFeB Неодим-Железа-Бор. [Электронный ресурс]: URL: https://supermagnet.ru/cat1/pg2.html/ (дата обращения 29.03.2020).
5. Изготовление генератора 1.5 кВт. [Электронный ресурс]: URL: http://www.e-veterok.ru/vetrogenerator-1.5kvt-svoimi-rukami.php/ (дата обращения 29.03.2020).
6. Генератор для ветрогенератора, расчёты. [Электронный ресурс]: URL: http://www.e-veterok.ru/091-raschot-vetrogeneratora.php (дата обращения 3.04.2020).
7. Таблица сопротивлений медного провода различных диаметров. [Электронный ресурс]: URL: http://www.e-veterok.ru/soprotivlenie-mednogo-provoda.php (дата обращения 3.04.2020)
8. *Деремов М.В., Руденко Н.В., Ершов В.В., Махаури Г.З.* Анализ возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019. С. 303-311. ISSN 2221-7975.
9. Ветрогенераторы с вертикальной осью вращения. [Электронный ресурс]: URL: https://slarkenergy.ru/vetrogenerator/s-vertikalnoj-osyu-vrashheniya.html (дата обращения 17.03.2020)
10. Типы ветротурбин, их мощность, эффективность. [Электронный ресурс]: URL: https://www.solarhome.ru/basics/bas-wind/wind-energy-basics.htm (дата обращения 5.05.2020)

Н.В. Руденко, А.А. Артюхов, Н.И. Серьянов

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: электроснабжение базовых станций сотовой связи, ветроэнергетические установки малой мощности, синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов, конструкция.

В статье рассмотрен вопрос выбора выбор наилучшей конструкции электрических генераторов ветроэнергетических установок малой мощности для электроснабжения базовых станций сотовой связи. Рассмотрены требования к указанным генераторам при работе в районах Крайнего Севера. С учётом этих требований рассмотрены следующие типы генераторов: асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором; синхронные генераторы с электромагнитным возбуждением; асинхронизированные синхронные генераторы; асинхронные генераторы с фазным ротором; синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов. Показано, что целесообразно применение конструкции ротора синхронного генератора с тангенциальным расположением магнитов, что не требует бандажирования и позволяет создавать индукцию в воздушном зазоре больше, чем в конструкциях с внешним расположением магнитов. Целесообразно применение дробных зубцовых обмоток, которое позволяет уменьшить расход меди и осевую длину двигателя за счет уменьшения длины лобовой части, а также упрощает технологию укладки.

N.V. Rudenko, A.A. Artyukhov, N.I. Seryanov

SELECTION OF DESIGN OF ELECTRIC GENERATORS FOR WIND POWER PLANTS OF BASIC STATIONS CELLULAR COMMUNICATION

Federal state budgetary educational institution of higher education Don state technical University, Rostov-on-don, Russia

Keywords: power supply of cellular base stations, low-power wind turbines, synchronous generator with excitation from permanent magnets, design.

The article discusses the choice of the design of electric generators of low-power wind power plants for power supply of cellular base stations. The requirements for these generators when working in the Far North are considered. In view of these requirements, the following types of generators are considered: asynchronous squirrel-cage generators; synchronous generators with electromagnetic excitation; asynchronous synchronous generators; asynchronous phase rotor generators; Permanent magnet synchronous generators. It is shown that it is advisable to use the design of the rotor of a synchronous generator with a tangential arrangement of magnets, which does not require banding and allows you to create induction in the air gap more than in structures with an external arrangement of magnets. It is advisable to use fractional serrated windings, which reduces copper consumption and the axial length of the engine by reducing the length of the frontal part, and also simplifies the styling technology.

Введение. Надёжное электроснабжение базовых станций сотовой связи (БССС) требует применение стабильных и бесперебойных источников энергии. Типовые базовые станции потребляют мощность 3-7 кВт, в зависимости от их конфигурации, причем основная часть потребляемой энергии приходится на систему охлаждения аккумуляторов [1]. Поэтому в районах с достаточным ветроэнергетическим ресурсом автономное питание БССС могут обеспечить ветроэнергетические установки малой мощности. Особенно, ветроэнергетические установки актуальны в районах, где отсутствует централизованное электроснабжение. В Российской Федерации такими районами являются Дальневосточный и Сибирский федеральные округа, где в условиях вечной мерзлоты установить опоры линий электропередач не представляется возможным. Поэтому в

этих районах страны работает более 6000 дизельных электростанций (ДЭС), которые имеют мощность свыше 3 млн. кВт. Большая часть этих ДЭС работают с перебоями, что связанно с нестабильными поставками топлива, а также с большой стоимостью привозного топлива, которое доставляется по железным или автомобильным дорогам, применяются и более дорогие способы доставки, например, вертолетом или морским транспортом. Высокая стоимость технического обслуживания таких станций, а также ресурсозатратный способ доставки топлива позволяют рассматривать альтернативные источники энергии как более экономичные для электроснабжения БССС. Такими источниками энергии являются ветроэнергетические установки (ВЭУ) малой мощности. Однако, ВЭУ малой мощности, по цене производимой электроэнергии с учетом капитальных затрат, эксплуатационных и амортизационных расходов, существенно уступают традиционным энергосистемам, если речь идет о районах с развитой структурой энергосетей [3].

Главным условием стабильного функционирования ВЭУ является стабильность поступления ветровой энергии в многолетнем разрезе, и высокий потенциал ветра на определенной территории. Для территорий Крайнего Севера среднегодовая скорость ветра составляет 6-9 м/с на высоте 10м от поверхности земли, так же колебание среднегодовых скоростей ветра составляет в среднем 3-6% [2]. Данные характеристики территории являются благоприятными для использования ВЭУ. Генератор является важнейшим элементом электрооборудования ВЭУ. Основное назначение генератора – преобразование кинетической энергии ветра в электрическую энергию. Кроме основного назначения, генератор должен выполнять определенные функции по стабилизации и регулированию параметров, характеризующих качество вырабатываемой электроэнергии.

Таким образом, выбор конструкции электрических генераторов малой мощности для ВЭУ БССС является актуальной научно-технической задачей.

Целью данной работы является анализ и выбор наилучшей конструкции электрических генераторов ветроэнергетических установок малой мощности для электроснабжения базовых станций сотовой связи.

Результаты исследований. Для использования ВЭУ БССС в условиях Крайнего Севера, генератор должен соответствовать следующим требованиям:

- номинальная мощность генератора должна быть до 10 кВт;
- генератор должен быть автономным, т.е. не требующим частого технического обслуживания;
- генератор должен надёжно работать в широком диапазоне температур от -60ºдо 40º С;
- в генераторе не должны быть скользящие контакты;
- стоимость генератора должна быть как можно меньшей.

Для выбора генератора, удовлетворяющего указанным требованиям целесообразно рассмотреть следующие типы генераторов:

- асинхронные генераторы (АГ) с короткозамкнутым ротором;
- синхронные генераторы (СГ) с электромагнитным возбуждением;
- асинхронизированные синхронные генераторы (АСГ);
- асинхронные генераторы с фазным ротором;
- синхронные генераторы с магнитоэлектрическим возбуждением, т.е. с возбуждением от постоянных магнитов.

Коллекторные генераторы постоянного тока из анализа сразу будут исключены, из-за их известных недостатков, связанных с высокой стоимостью, малым ресурсом и ненадежностью коллекторно-щеточного узла. По этим же причинам исключим синхронные генераторы с контактными кольцами, которые в настоящее время для обозначенных целей практически не производятся.

Асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором выполняются на базе асинхронных машин с короткозамкнутым ротором. Трехфазный асинхронный электродвигатель, как и любой электродвигатель, состоит из двух основных частей - статора и ротора. Статор - неподвижная часть, ротор - вращающаяся часть. Ротор размещается внутри статора. Между ротором и статором имеется небольшое расстояние, называемое воздушным зазором, расстояние обычно составляет 0,5-2 мм. Статор состоит из корпуса и сердечника с обмоткой. Сердечник статора собирается из тонколистовой технической стали толщиной обычно 0,5 мм, покрытой изоляционным лаком. Шихтованная конструкция сердечника способствует значительному снижению вихревых токов, возникающих в процессе перемагничивания сердечника вращающимся магнитным полем. Обмотки статора располагаются в пазах сердечника. Ротор состоит из сердечника с короткозамкнутой обмоткой и вала. Сердечник ротора тоже имеет шихтованную конструкцию. При этом листы ротора не покрыты лаком, так как ток имеет небольшую частоту и оксидной пленки достаточно для ограничения вихревых токов. Принцип действия трехфазного асинхронного электродвигателя основан на способности трехфазной обмотки при включении ее в сеть трехфазного тока создавать вращающееся магнитное поле. АГ обладают присущими таким машинам достоинствами [4]:

- отсутствие скользящих контактов;
- обмотка ротора, как правило, выполнена в виде литой «беличьей клетки», сам ротор имеет монолитную конструкцию, стойкую к механическим и тепловым нагрузкам;
- изготовление АГ ведется на предприятиях, где отлажено массовое производство асинхронных двигателей, что снижает их себестоимость;
- АГ может быть изготовлен с любой степенью защиты от воздействия окружающей среды, вплоть до погружного исполнения.

АГ имеют следующие недостатки, сдерживающие их широкое распространение в генераторных системах [4]:

- для возбуждения АГ требуется реактивный ток, который, как и в асинхронных двигателях, потребляется из сети, если генератор работает на сеть. При работе на автономную нагрузку, источник реактивного тока – конденсаторная батарея, она должна обеспечивать реактивную мощность, составляющую от 30 до 50% полной мощности генератора. Источники реактивной мощности в этом случае соизмеримы по стоимости с самой электрической машиной;
- при работе на автономную нагрузку, при постоянной частоте вращения вала частота выходного напряжения и его амплитуда зависят от тока нагрузки [3].

В основном асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором применяются лишь на электростанциях вспомогательного значения малой мощности, например, в ветросиловых установках.

Синхронные генераторы с электромагнитным возбуждением (бесщеточный). Бесконтактные синхронные генераторы с электромагнитным

возбуждением имеют обмотку постоянного тока на роторе, которая питается от вращающегося выпрямителя, соединенного с обмоткой переменного тока возбудителя. Регулирование возбуждения в таких генераторах происходит через неподвижную обмотку возбуждения. Ввиду достаточно сложной системы возбуждения подобные генераторы изготавливаются на мощности не менее 10 кВт [3]. Такие генераторы нашли применение в качестве синхронных компенсаторов – генераторов реактивной мощности, позволяющих повышать коэффициент мощности крупных потребителей электроэнергии до весьма высоких значений и способствовать этим энергосбережению [5].

Асинхронизированный синхронный генератор. Основным отличием АСГ от обычной синхронной машины, является наличие двух обмоток возбуждения, расположенных вдоль и поперёк оси. Поэтому ротор АСГ имеет в сущности двухфазную обмотку. В нормальном режиме ротор питается постоянным током, этот режим ничем не отличается от режима работы обычной синхронной машины. Однако в аварийных режимах, когда синхронное вращение ротора с полем статора нарушается (короткие замыкания в сети, качания ротора), обмотки возбуждения питаются переменными токами частоты скольжения, сдвинутыми по фазе на 90°, вследствие чего получается поле возбуждения, вращающееся относительно ротора. Частота токов возбуждения регулируется автоматически и непрерывно таким образом, что поля возбуждения и якоря вращаются синхронно, благодаря чему они создают вращающий момент постоянного знака. В результате машина не выпадает из синхронизма и устойчивость её работы повышается, что и составляет преимущество данной машины [6]. В настоящее время определена широкая и важная область применения АСГ – в электроэнергетических системах и схемах электроприводов различных механизмов. Например, асинхронизированные генераторы могут найти применение в электроэнергетических системах, в состав которых входят высоковольтные линии электропередачи. Такие линии, обладающие значительной зарядной мощностью, требуют работы генераторов в режимах глубокого потребления реактивной мощности в часы снижения активных нагрузок. Применение для этой цели реакторов не всегда эффективно и требует значительных затрат. Благодаря наличию на роторе не однофазной, а двух- или трехфазной обмотки возбуждения, АСГ могут использоваться для испытания генераторов постоянного тока методом взаимной индукции. Путем регулирования на этих обмотках тока возбуждения, можно плавно изменять угол между вектором потока возбуждения и «продольной» осью машины, а, следовательно, и угол нагрузки.

Достоинства АСГ позволяют использовать их как автономные генераторы в ветроэнергетике [7], но из-за эффективной системы контроля и управления, такие генераторы являются дорогостоящими.

Асинхронные генераторы с фазным ротором. Асинхронный генератор с фазным ротором - асинхронный генератор, у которого обмотка ротора присоединена к контактным кольцам. До широкого распространения частотных преобразователей асинхронные генераторы средней и большой мощности делали с фазным ротором. Трехфазные асинхронные генераторы с фазным ротором обычно применяли в устройствах с тяжелыми условиями пуска, например, в качестве крановых двигателей переменного тока, или же для привода устройств, требующих плавного регулирования частоты вращения. Конструктивно фазный ротор представляет собой трехфазную обмотку (аналогичную обмотки статора) уложенную в пазы сердечника фазного ротора. Концы фаз такой обмотки ротора обычно соединяются в «звезду», а

начала подключают к контактным кольцам, изолированным друг от друга и от вала. Через щетки к контактным кольцам обычно присоединяется трехфазный пусковой или регулировочный реостат. Асинхронные двигатели с фазным ротором имеют более сложную конструкцию, чем у двигателей с короткозамкнутым ротором, однако обладают лучшими пусковыми и регулировочными свойствами [4].

Синхронные генераторы с магнитоэлектрическим возбуждением, т.е. с возбуждением от постоянных магнитов. Наиболее эффективным, а, следовательно, и распространенным типом генераторов малой мощности в настоящее время являются синхронные генераторы с возбуждением от постоянных магнитов. Этому способствовало появление на рынке постоянных магнитов на основе *Nd-Fe-B* (неодим-железо-бор), обладающих высокой удельной магнитной энергией при относительно невысокой стоимости. В генераторных установках, использующих альтернативные возобновляемые источники энергии, главная особенность заключается в том, что приводная гидротурбина или ветроколесо имеют частоту вращения 100…300 об/мин., следовательно, генератор при выходной частоте 25…50 Гц должен иметь не менее 6-10 пар полюсов. Главным достоинством таких генераторов является отсутствие скользящего контакта, что повышает надежность работы таких генераторов. Такие генераторы обладают высоким КПД по сравнению с другими видами генераторов [3].

Таким образом, из рассмотренных генераторов более всего соответствует требованиям синхронный генератор с возбуждением от постоянных магнитов, поскольку данный генератор обладает необходимой автономностью и надежностью, а также является дешевым по сравнению с остальными видами генераторов. На рисунке 1 изображена типовая схема СГ с постоянными магнитами. Как видно, структура генератора состоит из четырех частей: вала ротора, ротора, обмотки, и регулятора напряжения.

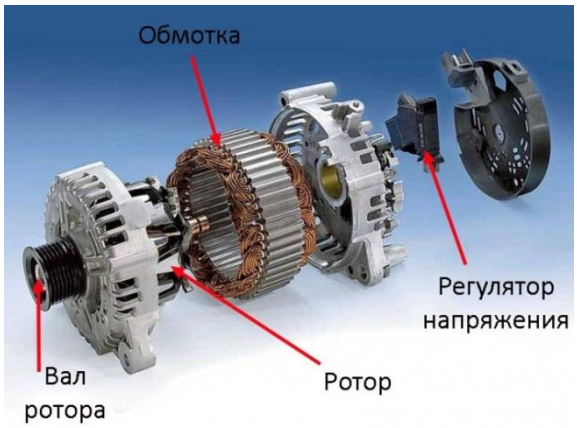


Рисунок 1. Схема синхронного генератора на постоянных магнитах

Особенности конструкции ротора СГ с постоянными магнитами. Появление высококоэрцитивных постоянных магнитов заставило создать множество различных вариантов конструкций ротора, так как попытки использования высококоэрцитивных магнитов в существующих конструкциях роторов не привели к желаемому снижению массогабаритных показателей электрических машин. Большие величины коэрцитивной силы приводят к тому, что наилучшие энергетические показатели достигаются при отношении высоты магнита к его ширине в диапазоне 0,2 - 0,3.

Таким образом, сегодня существует множество различных вариантов конструкций ротора с высококоэрцитивными постоянными магнитами, которые можно разделить на два основных типа: конструкции с поверхностной установкой постоянных магнитов, как показано на рисунке 2, и конструкции со встроенной установкой магнитов, как приведено на рисунке 3. Как правило, в первом случае магниты имеют радиально направленную намагниченность (ротор с радиальным расположением магнитов), а во втором - тангенциально направленную (ротор с тангенциальным расположением магнитов или ротор коллекторного типа) [8].

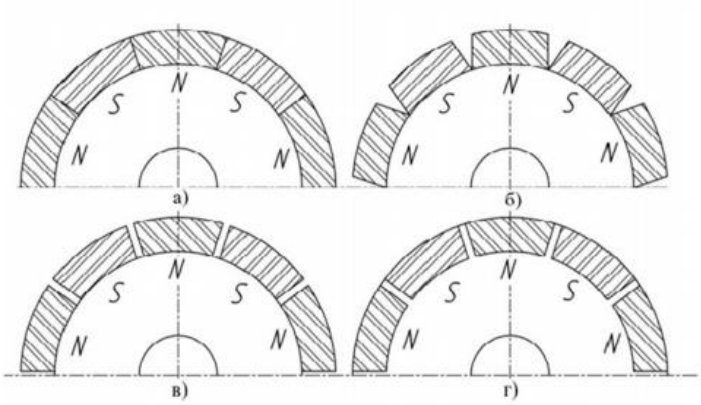


Рисунок 2. Роторы с поверхностной установкой постоянных магнитов

В машинах с ротором радиального типа постоянные магниты располагаются на поверхности ротора и могут иметь магнитные перемычки (см. рисунок 2, г). Ширина магнитов может быть меньше или равна полюсному делению ротора. Также может быть различной и форма магнитов (см. рисунок 2, а, б, в). В машинах с тангенциальным расположением магнитов пазы под магниты выполняются закрытыми (см. рисунок 3, а), открытыми (см. рисунок 3, б) или полуоткрытыми.

Преимуществом конструкции с радиальным расположением магнитов являются минимальные поля рассеяния. Следует заметить, что при использовании данной конструкции возникают трудности с закреплением магнитов на поверхности ротора. Обычно используют склейку и/или бандажирование, что в итоге приводит к увеличению фактической величины воздушного зазора, а, следовательно, и его магнитного сопротивления.

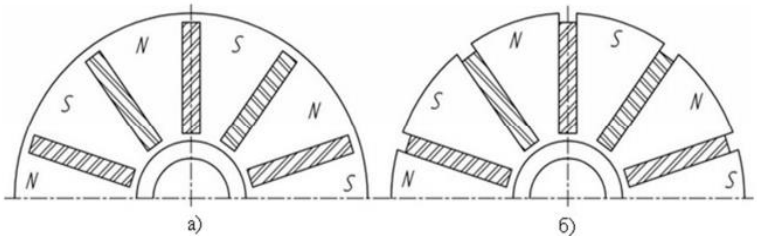


Рисунок 3. Роторы с внутренней установкой постоянных магнитов

Применение конструкции с тангенциальным расположением магнитов не требует бандажирования. Использование данной конструкции позволяет создавать индукцию в воздушном зазоре больше, чем в конструкциях с внешним расположением магнитов, за счет выполнения магнита с шириной больше полюсного деления и концентрации потока в зазоре. Кроме того, магниты в роторах коллекторного типа меньше подвержены размагничивающему воздействию полей

реакции якоря, что уменьшает риск размагничивания постоянных магнитов при перегрузках машины. Еще одним преимуществом конструкции роторов с тангенциальным расположением магнитов является возможность применения призматических постоянных магнитов, намагниченность которых может быть выше из-за их формы и простоты намагничивания. Что позволяет применять постоянные магниты в электрических машинах больших мощностей и больших диаметров по сравнению с конструкциями роторов с внешним расположением магнитов.

Особенность конструкции роторов коллекторного типа заключается в наличии мостиков насыщения, по которым замыкается часть магнитного потока, создавая потоки рассеивания. Для уменьшения потоков рассеивания используют частичное открытие пазов под магниты со стороны воздушного зазора, либо выполняются мостики насыщения с такой высотой, чтобы их магнитное сопротивление увеличивалось из-за насыщения. Чтобы поток не рассеивался через ярмо ротора и вал, пакет ротора устанавливается на немагнитную втулку, которая располагается на валу. Применяются также специальные конструкции ярма ротора [9], с помощью которых образуются мостики насыщения для магнитного потока, как показано на рисунке 4.

Рисунок 4. Пакет ротора с мостиками насыщения для внутреннего расположения постоянных магнитов

Особенности конструкции статора. Применение высококоэрцитивных постоянных магнитов позволило уменьшить массогабаритные показатели ротора. Однако диаметр расточки статора в многополюсных машинах с классическими обмотками определяется не только реализуемыми электромагнитными нагрузками, но и технологическими возможностями изготовления зубцово-пазовой зоны статора. Поэтому в некоторых случаях при выполнении машин с классическими обмотками применение высококоэрцитивных постоянных магнитов не приводит к уменьшению массогабаритных показателей электрической машины.

Отдельным подклассом синхронных машин с возбуждением от постоянных магнитов можно выделить машины с дробными зубцовыми обмотками с числом пазов на полюс и фазу меньше единицы. Каждая катушка такой обмотки охватывает один зубец статора как показано на рисунке 5.

Рисунок 5. Статор 10-и полюсной машины с дробной зубцовой обмоткой

Применение дробных зубцовых обмоток позволяет уменьшить расход меди и осевую длину двигателя за счет уменьшения длины лобовой части, а также упрощает технологию укладки. Геометрия зубцово-пазовой зоны статора бывает различной. Помимо классической геометрии зубцов (рисунок 6, а) существуют конструкции со спрямленными коронками зубцов (рисунок 6, в), с дополнительными пазами в коронках зубцов (рисунок 6, б) [10].

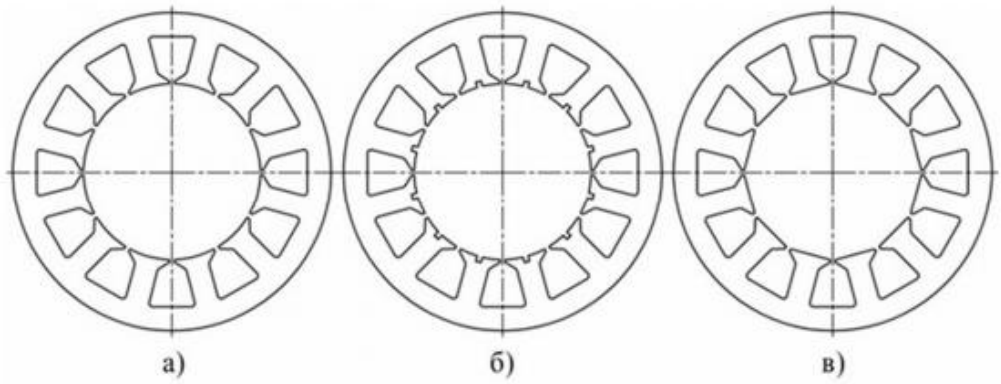


Рисунок 6. Конструкции статоров синхронных машин с дробными зубцовыми обмотками

Особенности регулятора напряжения генератора. Регулятор напряжения поддерживает напряжение сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки, температуры окружающей среды. Кроме того, он может выполнять дополнительные функции - защищать элементы генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки, автоматически включать в бортовую сеть цепь обмотки возбуждения или систему сигнализации аварийной работы генераторной установки.

В настоящее время все генераторные установки оснащаются полупроводниковыми электронными регуляторами напряжения, как правило встроенными внутрь генератора. Схемы их исполнения и конструктивное оформление могут быть различны, но принцип работы у всех регуляторов одинаков. Напряжение генератора без регулятора зависит от частоты вращения его ротора, магнитного потока, создаваемого обмоткой возбуждения, а, следовательно, от силы тока в этой обмотке и величины тока, отдаваемого генератором потребителям. Чем больше частота вращения и сила тока возбуждения, тем больше напряжение генератора, чем больше сила тока его нагрузки - тем меньше это напряжение [11].

Выводы.

1. На основе сравнительного анализа основных типов генераторов можно сделать вывод о целесообразности использования СГ с постоянными магнитами для электроснабжения базовых станций сотовой связи.
2. Целесообразно применение конструкции ротора СГ с тангенциальным расположением магнитов не требует бандажирования и позволяет создавать индукцию в воздушном зазоре больше, чем в конструкциях с внешним расположением магнитов, за счет выполнения магнита с шириной больше полюсного деления и концентрации потока в зазоре.
3. Применение дробных зубцовых обмоток позволяет уменьшить расход меди и осевую длину двигателя за счет уменьшения длины лобовой части, а также упрощает технологию укладки.
4. Целесообразно использовать полупроводниковые электронные регуляторы напряжения, встроенные внутрь генератора, которые поддерживают напряжение сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении частоты вращения ротора генератора, электрической нагрузки и температуры окружающей среды.

Литература:

1. Официальный сайт «Икс медиа» URL: http://www.iksmedia.ru/articles/3720471-Estestvennoe-oxlazhdenie-na-bazovyx.html (дата обращения 23.06.2020).
2. *Деремов М.В., Руденко Н.В., Ершов В.В., Махаури Г.З.* Анализ возможности использования ветроэнергетических установок для электроснабжения автономных объектов связи Крайнего Севера. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2019. № 1. С. 303-311.
3. *Ануфриев А. С.* Повышение эффективности магнитоэлектрических генераторов малой мощности для ветроэнергетических установок. [Электронный ресурс]: URL: http://d21221704.samgtu.ru/sites/d21221704.samgtu.ru/files/anufriev_dis.pdf (дата обращения 24.06.2020).
4. Трехфазный асинхронный двигатель [Электронный ресурс]: URL: https://engineering-solutions.ru/motorcontrol/induction3ph/ (дата обращения 24.06.2020).
5. Краткая теория синхронных машин [Электронный ресурс]: URL: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/003/77003/58134?p_page=4 (дата обращения 24.06.2020).
6. Асинхронизированная синхронная машина [Электронный ресурс]: URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Асинхронизированная_синхронная_машина (дата обращения 24.06.2020.)
7. *Клочков С.Е., Завьялов В.М.* Особенности применения асинхронизированного синхронного генератора. [Электронный ресурс]: URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/32017/1/eskie_2015_41.pdf (дата обращения 24.06.2020).
8. *Ледовский А. Н.* Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с.
9. Ротор электрической машины: пат. 2178615 Рос. Федерация: МПК H 02 K 1/27/ Шевченко А. Ф., Честюнин Р. В.; заявитель и патентообладатель

Новосибирский государственный технический университет. – № 2000120729/09; заявл. 02.08.00; опубл. 20.01.02, Бюл. № 2. – 4 с.

10. *Корнеев В. В.* Расчетные коэффициенты и добавочные потери синхронных машин с постоянными магнитами и дробными зубцовыми обмотками. [Электронный ресурс]: URL: https://www.nstu.ru/files/dissertations/dissertaciya_korneev_v.v._153741223726.pdf (дата обращения 24.06.2020).

11. Регулятор напряжения генератора. [Электронный ресурс]: URL: https://auto.today/bok/1980-regulyator-napryazheniya-generatora-chto-eto-takoe.html (дата обращения 24.06.2020).

В.Н. Когай, А.Б. Усаров

СИСТЕМНЫЕ ВОПРОСЫ И ПРОЦЕССЫ ДЛЯ ЗАДАЧ ИНТЕГРАЦИИ И СОВМЕСТИМОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан, Ташкент

Ключевые слова: Информационные технологии, интеграция, функциональная совместимость, уровни совместимости, взаимосовместимость.

Интеграция гетерогенных и распределенных IT-систем является одной из основных задач, возникающих в индустрии программного обеспечения, обусловливая, наряду с этим, стратегическое направление в области управления информацией. Современное состояние интеграционных технологий, моделей и методов решения задач интеграции и совместимости (интероперабельности) в настоящее время не позволяет эффективно решать множество практических задач из-за функциональной ограниченности существующих подходов. В статье рассматриваются важные вопросы с точки зрения исследования интеграции и взаимосовместимости информационных систем, приводятся положения для разработки модели и пример реализации интеграционных свойств.

V.N. Kogay, A.B. Usarov

SYSTEM ISSUES AND PROCESSES FOR TASKS OF INTEGRATION AND COMPATIBILITY OF INFORMATION SYSTEMS

Tashkent University of Information Technologies, Uzbekistan, Tashkent

Key words: Information technology, integration, functional Interoperability, levels of compatibility, interoperability.

Integration of heterogeneous and distributed IT systems is one of the main tasks arising in the software industry, determining, along with this, a strategic direction in the field of information management. The current state of integration technologies, models and methods for solving problems of integration and compatibility (interoperability) currently do not allow to solve many practical problems effectively due to the functional limitations of existing approaches. The article discusses important issues from the point of view of the

study of integration and interoperability of information systems, provides statements for the development of a model and an example of the implementation of integration properties.

Введение.

Развитие и совершенствование информационных технологий, как признак современного прогресса, привело к созданию большого разнообразия программных продуктов, средств, библиотек, программных модулей, баз данных, и т.п. В свою очередь, развитие систем и средств вычислительной техники, расширенное их внедрение во все сферы науки, техники, сферы обслуживания привели к необходимости объединения конкретных вычислительных устройств и реализованных на их основе информационных систем в единые системы и среды. При этом разработчики и пользователи современных информационных систем в рамках различных корпоративных решений, сталкиваются с рядом трудностей, связанных с разнородностью технических средств вычислительной техники, поддержки процессов, архитектуры, разнородностью программируемых сред, реализуемых в конкретных вычислительных устройствах и системах, с точки зрения многообразия операционных систем, программных интерфейсов между устройствами и системами, что постоянно требует обеспечения различного уровня совместимости программных продуктов, конкретной программной среды, согласования программно-аппаратного обеспечения и рядом других [1,2].

Современное состояние интеграционных технологий, моделей и методов решения задач интеграции информационных систем в настоящее время не позволяет эффективно решать множество практических задач из-за функциональной ограниченности существующих подходов [3]. Задача интеграции сложных и разнородных информационных систем предполагает необходимость систематического решения проблемы интеграции при наличии архитектур, которые могут неконтролируемо или спонтанно развиваться в гетерогенных корпоративных средах.

Организация структуры и среды информационной системы.

Имеется множество определений и множество смысловых значений для понятия «система» [4,5]. Обычно это набор технических средств и компьютерных программ, где системой может называться аппаратная часть компьютера, системой может также считаться множество программ для решения конкретных прикладных задач, системы процедур для ведения документации и управления расчётами. Систему понимают, как объект, который одновременно рассматривается как единое целое, и в то же время, как совокупность разнородных элементов, объединённых в интересах достижения поставленных целей. Системы различаются как по составу, так и по главным целям. Информационные системы обеспечивают процессы по сбору, хранению, обработке, поиску, выдаче информации, необходимой в процессе принятия решений задач в любой области. Они помогают анализировать проблемы, осуществлять стратегическое планирование и создавать новые продукты.

Современное понимание информационной системы: информационная система (ИС) — взаимосвязанная совокупность концепций, методов, технологий, технических и программных средств, используемых для сбора, обработки, хранения и выдачи информации потребителю в интересах достижения поставленной цели. Очевидно, система имеет структуру, принципы формирования, реализации, особые подходы к стандартизации.

В технической литературе обобщенную структуру ИС представляют двумя взаимодействующими частями: функциональной части, включающей прикладные

программы, которые реализуют функции прикладной области; среды или системной части, обеспечивающей исполнение прикладных программ. При этом указывают на две группы вопросов стандартизации, а именно: стандарты интерфейсов взаимодействия прикладных программ со средой ИС, прикладной программный интерфейс (Application Programming Interface — API); стандарты интерфейсов взаимодействия самой ИС с внешней для нее средой (External Environment Interface — EEI). Эти две группы интерфейсов определяют спецификации внешнего описания среды ИС — архитектуру, с точки зрения конечного пользователя, проектировщика ИС, прикладного программиста, разрабатывающего функциональные части ИС.

Спецификации внешних интерфейсов среды ИС и спецификации интерфейсов взаимодействия между компонентами самой среды представляют собой точные описания всех необходимых функций, служб и форматов определенного интерфейса, а совокупность таких описаний составляет эталонную модель открытых систем [3,5].

Взаимодействия между её элементами, определяемые бизнес-логикой и закрепленные в наборе бизнес-правил, и является деятельностью компании. ИС, таким образом, отражает логику и правила, организуя и преобразуя информационные потоки, автоматизирует процессы работы с данными и информацией и визуализирует результаты в виде наборов отчетных форм. Однако для информационных систем все сложнее провести границы прикладной системы, независимо от того, кто владеет или контролирует их: к примеру, создание матрицы стоимости в организации выходят за пределы предприятий, поставщиков и клиентские системы становятся частью информационной архитектуры. Кроме того, во многих прикладных областях данные распределяются по множеству разнородных, часто автономных информационных систем, и обмен данными между ними нередко усложняется. При этом возникает так называемая вертикальная фрагментация организационных единиц, включающая в себя совокупность трех иерархических уровней: бизнес архитектуры, архитектуры приложений и технологической архитектуры.

Уровень бизнес-архитектуры определяет организационную структуру и рабочие процессы для бизнес-правил и процессов. Это концептуальный уровень, выраженный в терминах, значимых для реальных пользователей прикладных систем.

Уровень архитектуры приложения определяет фактическую реализацию бизнес-концепций в условия корпоративных приложений. На этом уровне главной целью является обеспечение совмещения между областью приложения, описанной в бизнес-архитектуре, и техническими решениями, представленными в технологической архитектуре.

Уровень технологической архитектуры определяет информационную и коммуникационную инфраструктуру.

На практике бизнес архитектуры отдельных организационных подразделений нельзя рассматривать изолированно: бизнес-процессы взаимодействующих подразделений тесно взаимосвязаны и должны рассматриваться как таковые. При этом важно учитывать все уровни при интеграции (в том числе горизонтальной) этих систем в целях эффективной поддержки бизнес-процессов.

В целом, информационная архитектура должна быть ориентирована на поддержку бизнес-процессов при сохранении инвестиций в существующие (унаследованные) системы. Приложения должны понимать данные, предоставленные другими приложениями; например, требуется общее понимание того, что такое банковский счет. Стандартизация форматов сообщений и содержимого сообщений играет важную роль в этом контексте.

Вопросы интеграции и совместимости ИС.

Исследования в области интеграции информационных систем, начатые с 1990-х годов (обусловленные в большей мере широким развитием Интернет и Web-технологий), в основном проводятся в двух разных направлениях: (1) моделирование систем и (2) информационные технологии. Понятие интеграции, как оно понимается в контексте корпоративного моделирования, относится к ряду концепций и подходов, включая определение глобальной архитектуры системы, согласованность принятия общесистемных решений (согласованность между локальными и глобальными целями), понятие процесса, который моделирует функциональный поток, динамическое распределение ресурсов, а также согласованность данных. Важно отметить, что так называемая корпоративная интеграция является важным компонентом корпоративного инжиниринга, - набора методов, моделей и инструментов, которые можно использовать для анализа и проектирования при достижении интеграции.

Корпоративная интеграция может рассматриваться на разных уровнях. Европейский комитет по стандартизации CEN TC310/WG1 различает три уровня интеграции [5-7]:

1. Физическая интеграция (взаимосвязь устройств, компонентов через компьютерные сети);
2. Интеграция приложений (в отношении взаимодействия программных приложений и систем баз данных в гетерогенных вычислительных средах);
3. Бизнес-интеграция (координация функций управления, контроля, мониторинга бизнес-процессов).

Интеграция может быть достигнута с точки зрения: (1) данных (моделирование данных), (2) организации (моделирование систем и процессов) и (3) коммуникаций/связи (моделирование компьютерных сетей, например, семиуровневая модель OSI). Интеграция может быть полной, то есть стандартом является само программное обеспечение или система. Интеграция может быть достигнута унификацией (возможными стандартами являются методы, архитектуры, конструкции и частичные модели многократного использования) или федерацией (возможными стандартами являются интерфейсы, эталонные модели или онтологии).

С конца 1990-х годов подходы к интеграции стали все более учитывать вопрос взаимосовместимости ИС. Считается, что совместимость как проблемный вопрос, является более присущим в децентрализованных, гибких и сетевых системных средах, в том числе для гетерогенных сред. В целом, функциональная совместимость относится к сосуществованию, автономии и федерации сред, тогда как интеграция относится к понятиям координации и согласованности. С точки зрения степени связи «тесно связанная система» указывает на то, что компоненты взаимозависимы и не могут быть разделены, т.е. это случай интегрированной системы. «Слабосвязанная система» относится к компонентам, которые связаны коммуникационной сетью; они могут обмениваться услугами, продолжая свою собственную логику работы. Обычно считается, что интеграция выходит за рамки простой функциональной совместимости и включает некоторую степень функциональной зависимости [8]. Хотя совместимые системы могут функционировать независимо, интегрированная система теряет значительную функциональность, если поток сервисов прерывается. Интегрированные системы, таким образом, должны по необходимости быть совместимыми, но совместимые системы не означают, что они полностью интегрированы. Это означает, что системы/единицы не мешают функционированию друг друга.

Интеграция приложений касается взаимодействия приложений на гетерогенных платформах. Этот тип интеграции обеспечивает доступ к общим данным для различных удаленных приложений. На этом уровне для построения согласованных систем необходимы распределенные среды обработки, общие службы для среды выполнения, интерфейсы прикладных программ (API) и стандартные форматы обмена данными. Интеграция приложений началась в середине 1980-х годов и до сих пор продолжает активно развиваться (STEP, EDI, HTML, XML для обмена общими данными, разработки общих служб для открытых систем в Интернете (веб-сервисы), платформы интеграции для взаимодействующих приложений в распределенных средах, например, OSF / DCE, OMG / CORBA, WSDL, среды J2EE или Java to Enterprise Edition и .NET). Другими инструментами, используемыми на этом уровне, являются системы управления рабочим процессом (WfMS) и компьютерная поддержка совместной работы.

Отображение и моделирование процессов.

Для дальнейших рассуждений целесообразно обратиться к модели зрелости взаимодействия информационных систем [9], которая является методологическим инструментом для оценки функциональной совместимости информационных систем, в которой основной акцент уделяется технической совместимости информационных систем, охватывающей четыре области:

- Совместимость данных;
- Совместимость программного обеспечения;
- Коммуникационная совместимость;
- Физическая совместимость.

Исходя из приведенных выше уровней интеграции, и учитывая модель зрелости, можно указать на необходимость совместимости/интеграции следующим образом:

- Операционная или бизнес-совместимость, определяет, как должны использоваться бизнес-процессы.
- Информационная совместимость, определяет, как системы обмениваются информацией (способ обмена информацией).
- Техническая совместимость, определяет, каким образом должны использоваться технические службы (совместно, соединяясь через интерфейсы и т.п.).

С точки зрения функциональной совместимости также полезно рассмотреть возможность взаимодействия или интеграции корпоративных приложений, а именно:

- Интеграция/совместимость представления - общий подход или общее решение, позволяющее пользователю использование базовой функциональности систем.
- Информационная интеграция/совместимость - корпоративная информация плавно распределяется между различными корпоративными приложениями, например, для получения общего набора клиентской информации.

Обычно это основано на общепринятой корпоративной онтологии и общих службах с учетом структуры, качества, доступности и безопасности/конфиденциальности информации.

- Интеграция / совместимость приложений - функции интегрированы и доступны для совместного использования, и нет необходимости дублирования приложений (например, однократное изменение адреса

услуги / компонента), они легко объединяются друг с другом с помощью таких функций, как рабочий процесс.

Это является важным свойством приложения для бизнеса и инфраструктуры, тесно связано с унификацией / взаимодействием корпоративных бизнес-процессов.

- Техническая интеграция / совместимость включает в себя общие методы и общие службы для коммуникаций, хранения, обработки и доступа к данным, главным образом в платформе приложений и инфраструктуре коммуникаций.

Многие организации создают свои собственные модели взаимодействия, используя высокоуровневое определение трех классов совместимости и определяя характер информации и услуг, которыми будут обмениваться. Функциональная совместимость при этом обеспечивает возможности для взаимодействия (к примеру, для сервисов электронного правительства) следующим образом:

- Информационная совместимость: управление знаниями, бизнес-аналитика, управление информацией, функции идентификации.
- Совместимость бизнеса: сети доставки, электронная демократия, электронный бизнес, управление ресурсами предприятия, взаимоотношения с клиентами и др.
- Техническая совместимость: ИТ-инфраструктура.

В работах [6, 8-12] приведен достаточно подробный аналитический обзор архитектурных подходов и методов взаимосовместимости и интегративных моделей. Во многих из них ключевым фактором при взаимодействии систем друг с другом указана бизнес-модель предприятия. Наряду с этим, будет полезным рассмотреть технические подходы к взаимосовместимости, как необходимое инструментальное средство для разработки систем в рамках анализа и планирования архитектуры предприятия, определения требований при замене устаревшей технологии, создании новых возможностей и оптимизации процессов. Учитывая большие объемы данных, которые существуют (особенно для гетерогенных систем, состоящих из разнородных элементов, не обладающих свойством взаимозаменяемости), разработчику необходимо изучить механизмы для обмена этими данными в проектах внедрения. Существует два основных подхода: использование интерфейсов прикладного программирования (API) и XML в качестве основы для синтаксической совместимости и использование семантических маркеров в данных.

Синтаксическая совместимость достигается за счет использования стандартных наборов форматов данных, таких как XML и SQL, форматов файлов и коммуникационных протоколов. Синтаксическая совместимость не затрагивает значение передаваемых данных, они просто перекладываются из одного места в другое в целости и сохранности. Стандарт Extensible Markup Language (XML) поддерживается организацией W3C. Использование XML и тщательно определенных правил синтаксиса XML для определений схем и представления элементов позволяет определять структуру и значение данных, обеспечивая легкодоступную общую основу для обмена информацией.

Использование XML становится стандартным способом обеспечения обмена данными между различными системами (использует строгие правила, позволяющие ему быть надежным средством). Интерфейсы API являются распространенным методом достижения синтаксической совместимости, однако в большинстве случаев API могут быть слишком сложными для поддержки. Такая сложность связана с огромным и постоянно растущим числом API-интерфейсов, которые требуются

компаниям (обычно между 11 и 50), и соответствующим увеличением времени вызова API-интерфейсов.

Семантическая совместимость, в отличие от синтаксической совместимости, позволяет установить значение элементов данных, которые используются совместно. Это делается путем добавления метаданных (часто вручную) об элементе с помощью тегов с использованием предопределенного словаря тегов. Теги идентифицируют понятия. Например, теги HTML5 идентифицируют типы элементов на веб-страницах [9].

В течение более десятка лет предпринималось несколько попыток разработать общую онтологию значимых примитивных концепций, на основе которых можно было бы разработать более сложные концепции. К примеру, в архитектуре модели стандарта CEN / ISO EN13606 [10] создается четкое разделение между «информацией» и «знаниями». Информация структурирована посредством ссылки на типы объектов (используемых в электронной медицинской карте), знания основаны на архетипах (отчет о выписке, измерение уровня глюкозы и т.п., что обеспечивает семантическое значение для структуры эталонной модели.

Другой пример - общие определения элементов данных в эталонная семантической модели IBM (RSM), предоставляющей реальную абстракцию и его активов в графической модели (расширенная версия стандарта ISO 15926 для моделирования данных и взаимодействия с использованием семантической сети).

Открытая группа разработала универсальную структуру элементов данных (Universal Data Element Framework, UDEF) на основе ISO/IEC 11179, международного стандарта управления данными и в соответствии с иерархической моделью «данные-информация-знания-мудрость», которая является структурой для категоризации, наименования и индексации элементов данных предприятия и обеспечивает многоязычную поддержку таксономий UDEF.

Консорциум World Wide Web (W3C) разрабатывает стандарты для поддержки семантической сети, продвигая общие форматы данных и обмена. W3C отвечает за основу Семантической сети, предоставляет ресурсы для языка веб-онтологий (Web Ontology Language, OWL), включая классы, свойства, отдельные значения данных, которые хранятся в виде документов семантической паутины. Структура определения ресурсов (Resource Definition Framework, RDF) описывает URI, свойства и значения ресурсов, как показано в примере:

Свойство	**URI**	**Принадлежность**	**Значение**
Объяснение	Что это за ресурс	Определенный атрибут (свойство) ресурса	Значение атрибута
Пример	www.mysite.com	Автор сайта (ресурса)	myname

До появления семантической сети для интеграции отдельных приложений были предложены канонические модели данных, которые сохраняли значения общих данных. Этот подход требовал разработки канонической модели данных, которая не зависит от отдельных приложений, подлежащих интеграции, и служит транслятором между приложениями, и такой дополнительный уровень между отдельными форматами данных приложений означает, что при добавлении нового приложения необходимо создать только преобразование между канонической моделью данных и данными нового приложения.

Открытые стандарты. Многие международные организации, в том числе IEEE и ЕС, призывают к созданию и использованию открытых стандартов, в отличие от проприетарных стандартов, которые привязывают пользователей к конкретным разработчикам. «Открытые стандарты - это стандарты, доступные для широкого использования, которые разрабатываются (или утверждаются) и поддерживаются через сотрудничество и соглашения. Открытые стандарты облегчают взаимодействие и обмен данными между различными продуктами или услугами и предназначены для широкого применения» [9]. Использование открытых стандартов может сократить количество API-интерфейсов, необходимых для обеспечения взаимодействия между различными платформами и приложениями. Кроме того, открытые стандарты семантической совместимости, такие как стандарты W3C, позволяют обмениваться семантически значимыми данными между пользователями этих стандартов.

Управление данными. Учитывая, что совместимость основана на обмене данными, вопросы управления данными имеют важное значение. Словарь управления данными (*Dictionary of Data Management*) определяет управление данными как «осуществление полномочий, контроля и совместного принятия решений (планирование, мониторинг и обеспечение выполнения) по управлению активами данных». Управление данными является ключевым понятием, связывающим воедино такие компоненты, как управление качеством, управление мета-данными, управление безопасностью, разработка данных, структуры данных и другие.

Основываясь на приведенные выше принципы организации и исследования информационных систем, ниже приводятся положения для функционального моделирования и проектирования, которые будут полезны с точки зрения определения технических требований к интеграции и совместимости ИС.

Как известно, чтобы иметь возможность выполнять свои функции, информационные системы должны иметь представление своей области, т.е. с точки зрения элементов и компонентов, вовлекаемых в информационный процесс, это означает, что информационная система должна иметь представление:

- типов отношений;
- отношений в области рассмотрения;
- классификацию отношений по типам.

Типы отношений представляются в концептуальной схеме. Схема содержит символ (который обычно выбирается произвольно) для каждого соответствующего типа отношения. Конкретная форма символа не имеет значения на концептуальном уровне. Нам нужно только предположить, что символы существуют и что существует двойственное соответствие между типами отношений, представленными в информационной системе, и символами, представляющими их в концептуальной схеме. Отношения, существующие в области рассмотрения и классификация отношений по типам представлены в информационной базе. Такое представление более подробно описано ниже с использованием UML.

Состояние информационной базы. Определим состояние информационной базы в данный момент времени как совокупность фактов (сущности), которые она содержит в определенный момент времени. Следовательно, состояние информационной базы состоит из сущности и фактов отношений, представленных в информационной системе.

Логическое представление. Тип отношения в логическом представлении обозначим как *R(p1:E1, …, pn:En),* используя предикат *R* с той же степенью, где n аргументов являются символами, обозначающими объекты или значения. Мы

предполагаем порядок, используемый в концептуальной схеме (начальное состояние информационной базы). Если имя R уникально, то имя предиката также является *R*. В противном случае, учитывая, что не может быть двух предикатов с одним и тем же именем, мы используем другую вариацию имени. Мы пишем имя предиката, начиная с заглавной буквы и без пробелов.

Отношение *r = {<p1:A1>, …, <pn:An>}* которое является элементом *R(p1:E1, …, pn:En)* представляется с использованием формулы *R(A1, …, An),* где *R* - предикат, соответствующий типу отношения, и *A1, …, An* символы, которые обозначают сущности или значения компонентов. Формула *R(A1, …, An)* одновременно указывает, что *A1, …, An* относятся к определенной области, и имеют отношения типа *R*. Следует отметить, что в логическом представлении не может быть повторяющихся формул и, следовательно, не может быть двойных отношений. Формулы *R(A1, …, An)* называются фактами отношений или просто фактами.

Для каждого типа синхронных отношений *R(p1:E1, …, pn:En)*, схема должна включать *n* ограничений

R(e1, …, en) → E1(e1)

…

R(e1, …, en) → En(en)

Эти ограничения гарантируют, что каждый объект-участник является экземпляром своего соответствующего типа. В концептуальном моделировании такое ограничение является наиболее важным видом ограничения, определяющим правила выбора сценария (выбор того или иного метода интеграции существенно зависит от специфики интегрируемых приложений и доступных технических ресурсов).

Мы представляем, что *R1(p1,1:E1, …, p1,n:En)* является подтипом *R2(p2,1:E1, …, p2,n:En)* используя формулу

R1(e1, …, en) → R2(e1, …, en)

В UML бинарные типы отношений могут быть представлены двумя способами: либо как ассоциации, либо как атрибуты. Ассоциации и атрибуты соединяют типы сущностей (информационного ресурса), атрибуты определяются ролями в соответствии с объектами (имеется обширный ряд публикаций по UML – моделированию, в связи с чем мы обратимся лишь к примеру реализации интегративных свойств для конкретных систем).

В качестве примера для предметной области приводятся принципы реализации интегративных свойств для двух платформ (на основе опыта использования ИС электронного документооборота в практической деятельности авторов в государственном учреждении): *первая платформа* (единая межведомственная электронная система исполнительской дисциплины) построена на языке программирования Node.js, предназначенного для серверных разработок. В качестве основы для построения баз данных использован PostgreSQL 11, данные упорядочены по отдельности в таблицах. Эта платформа сформирована на веб уровне: является веб-решением, функционирующим через браузер. Построена на одном уровне кроссплатформенности для безошибочного существования на разных версиях и моделях браузеров как по взаимодействию, так и по реализации. *Вторая платформа* - система защищенного обмена электронными письмами (версия была создана только для ограниченных версий операционной системы Windows). Не является кроссплатформенным решением, выполняется с помощью .exe файла. Из-за отсутствия децентрализованной базы данных у второй платформы, а также в связи с тем, что вторая платформа была рассчитана только на Windows ОС (десктопное решение), в виде программы в оффлайн режиме в момент неактивного состояния,

совместимость и взаимосвязь первой и второй платформ была невозможной. Кроме того, веб решение (первая платформа) было бы интегрировано с десктопным решением системы защищенного обмена электронными письмами, но единого инструментария, через который можно было бы связать данные от двух платформ, не имеется; следует также отметить, что Windows ОС никаким образом не сможет обеспечить интеграцию даже с API из-за отсутствия их в предоставлении. С учетом приведенных выше положений и на основе анализа функциональных особенностей указанных платформ, для их совместной работы приемлемым способом принято слияние двух платформ на основе полного воссоздания второй платформы на веб платформе с помощью языка Node.js.

Заключение.

Приведенные выше концептуальные положения и принципы интеграции и совместимости, могут быть использованы для разработки системы интеграции, позволяя пользователям использовать знания и свойства источников, когда интегрируемыми источниками могут быть различные информационные системы, традиционные системы баз данных, разнообразные унаследованные системы, репозитории, веб-сайты, файлы структурированных данных. Дальнейшие усилия по формализации информационных процессов в целях функционального моделирования позволят обеспечение различных уровней интеграции (интерфейсном, функциональном, прикладном, доступа к данным) многих источников через единый интерфейс, в том числе поддержку представления совокупности данных из множества независимых источников в терминах единой модели данных, с обеспечением объединения распределённых программных приложений, реализованных разными разработчиками в разное время, в подобие единой системы.

Литература:

1. Wilhelm Hasselbring Information System Integration/Article in Communications of the ACM, June 2000 DOI: 10.1145/336460.336472. Source: DBLP

2. Panetto H., Cecil J., Information systems for enterprise integration, interoperability and networking: theory and applications/Enterprise Information Systems, Vol.7, No.1, Feb. 2013.

3. Interoperability: Goals and Guiding Principles/in www.eitbokwiki.org/interoperability

4. Интеграция информационных систем предприятия//эл. ресурс, режим доступа: http://www.intuit.ru/studies/courses/13862/1259/lecture/24010

5. Щекочихин О.В., Шведенко П.В. Анализ уровней интеграции компонентов гетерогенных информационных систем. 2016, DOI:10.15827/0236-235X.116.73–77

6. Norshidah Mohamed, Batiah Mahadi, et al., Information System Integration: A Review of Literature and a Case Analysis/Mathematics and Computers in Contemporary Science ISBN: 978-960-474-356-8 2014

7. Panetto, H. 2007. Towards a classification framework for interoperability of enterprise applications. International Journal of CIM, 20(8): 727–740.

8. Vernadat, F.B. 2002. Enterprise modeling and integration (EMI): current Status and research perspectives. Annual Reviews in Control, 26: 15–25.

9. ISO/IEC 25010:2011 Systems and software engineering—Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE)—System and software quality models, 4.2.3.2.

10. Hervé Panetto, Arturo Molina. Enterprise integration and interoperability in manufacturing systems: Trends and issues. Computers in Industry, Elsevier, Volume 59, Issue 7, September 2008, Pages 641–646, http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361508000353

11. Gregory Zacharewicz, Saikou Diallo, Yves Ducq, Carlos Agostinho, Ricardo Jardim-Goncalves, et al., Model-based approaches for interoperability of next generation enterprise information systems: state of the art and future challenges. Information Systems and E-Business Management, Springer Verlag, 2016, 10.1007/s10257-016-0317-8. hal-01321032

Б.Г. Ибрагимов, М.Н. Гулиев

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ НА БАЗЕ АРХИТЕКТУРНОЙ КОНЦЕПЦИИ NGN И FN

Азербайджанский Технический Университет, Баку, Азербайджан
E-mail: i.bayram@mail.ru

Ключевые слова: качество функционирования, SDN, полезный и сигнальный трафик, NGN, самоподобный трафик, FN, время установления соединения, IMS, мультимедийные услуги, NFV.

Данная работа посвящена исследованию характеристик качества функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей (МТС) на базе архитектурной концепции NGN (Next Generation Network) и будущих сетей FN (Future Network) с использованием инновационных технологии. Показана актуальность данного направления исследования. Цель работы заключается в разработке методов расчета показателей качества функционирования МТС на базе NGN и FN, учитывающие комплексные характеристики эффективности и помехоустойчивости исследуемые сети, сущности нового подхода при управлении разнородными ресурсами и свойства самоподобия полезного и служебного трафиков. На базе методов расчета исследованы качества функционирования МТС с использованием технологии SDN, NFV и IMS, предложена математическая модель в терминах системы массового обслуживания с очередями. Получены аналитические выражения для оценки комплексных показателей МТС на базе NGN и FN при оказании мультимедийных услуг и при установлении соединения. Для иллюстрации приведён численный пример расчёта времени установления соединения при предоставлении услуги мультимедийные сессии для исходных данных, близких к реальности. Показана, что в указанных условиях время установления соединения не превышает порога, определённого международными стандартами для этого показателя качества QoS (Quality of Service)&QoE(Quality of Experience) в сетях NGN и FN. На базе модели был проведен численный анализ и построена графическая зависимость среднего времени установления соединения от интенсивности потока пакета.

B.G. Ibrahimov, M.N. Guliyev

RESEARCH AND ANALYSIS OF THE QUALITY OF FUNCTIONING MULTISERVICE TELECOMMUNICATION NETWORKS BASED ON THE ARCHITECTURAL CONCEPT NGN AND FN

Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan
E-mail: i.bayram@mail.ru

Keywords: quality of performance, SDN, useful and signaling traffic, NGN, self-similar traffic, FN, connection setup time, IMS, multimedia services, NFV.

This work is devoted to the study of the performance characteristics multiservice telecommunication networks (MTS) based on the architectural concept NGN (Next Generation Network) and future networks FN (Future Network) using innovative technologies. The relevance of this direction research is shown. The purpose of the work is to develop methods for calculating the performance indicators MTS based on NGN and FN, taking into account the complex characteristics efficiency and noise immunity of the studied networks, the essence of the new approach in managing heterogeneous resources and the properties self-similarity useful and service traffic. On the

basis calculation methods, the quality of MTS functioning using SDN, NFV and IMS technologies is investigated, a mathematical model is proposed in terms queuing system with queues. Analytical expressions are obtained for assessing complex indicators MTS based on NGN and FN in the provision multimedia services and when establishing a connection. For illustration, there is a numerical example calculating the connection establishment time when providing the multimedia session service for the initial data close to reality. It is shown that under these conditions, the connection establishment time does not exceed the threshold defined by international standards for this quality indicator QoS & QoE in NGN and FN networks. Based on the model, a numerical analysis was carried out and a graphical dependence of the average connection establishment time on the packet flow rate was built.

Введение.

В настоящее время развитие инфраструктуры цифровой экономики и формирование стратегических планов «Дорожная карта цифровизации» требуют новые принципы и глобальные подходы к построению высокоэффективных МТС на базе архитектурной концепции NGN и FN с использованием инновационных технологий. К инновационным технологиям относятся прежде всего технологии построения распределенных сетей связи [1, 2, 3]:

- SDN (Software Defined Networking) и NFV (Network Functions Virtualization);
- оптические WDM&DWDM (Wavelength Division Multiplexing& Dense WDM);
- мобильные технологии LTE (Long Term Evolution) и UMTS (Universal Mobile Telecommunications System);
- семейство технологий - “новое радио 5G” (5G New Radio, 5G NR);
- IoT (Internet of Think) и облачные вычисления;
- IMS (Internet Protocol Multimedia Subsystem) и искусственный интеллект.

Известно [3, 4], что NGN реализуется с использованием на базе программных коммутаторов Softswitch и IP-мультимедийной платформы (IMS-IP Multimedia

Subsystem). С помощью последних в NGN реализуется задача перевода сетей связи с технологии коммутации каналов на технологию коммутации пакетов и обеспечивается конвергенция мобильных и стационарных сетей [6]. Концепция построения телекоммуникационной инфраструктуры информационного общества – NGN была определена МСЭ-Т в рекомендациях серии Y.2000.

Начало четвёртой концепции цифровизации сетей связи ITU-T приняло первые рекомендации серии Y.3000 по концепции Будущие сети - FN и в рекомендации ITU-T Y.3001 заданы четыре целевых установки создания Будущих сетей с использованием технологии SDN, NFV и мультимедийной платформы IMS [1, 3].

Учитывая предложенные целевые установки для создания будущих сетей FN на основе рекомендаций ITU-T, Y.3001 [1, 3, 6-8] и используемые вышеперечисленные инновационные технологии открывают новые возможности для оказания широкого спектра основных, дополнительных и интеллектуальных услуг с учетом многочисленных требований параметров QoS и QoE. Поэтому, задачи анализа показателей качества функционирования МТС на базе архитектурной концепции NGN и FN, использующих информационные и сетевые ресурсы являются наиболее актуальными.

В этих условиях рассматривается решение сформулированной выше задачи-иссле-

дование и анализ показателей качества функционирования мультисервисных телекомму -никационных сетей на базе архитектурной концепции NGN и будущих сетей FN.

Общая постановка задачи.

В работах [1, 2, 4] проанализированы методы управления ресурсами в узлах сети NGN для улучшения характеристики пропускных способностей аппаратно-программных комплексов и терминальных средств, надежности системы и защиты информации. В работе [7-9] исследованы эффективность функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей с использованием архитектурной концепции FN и выявлены их основные показатели.

На основе системно-технического анализа определено [2, 5], что передаваемые мультисервисные трафики по сети NGN и FN с использованием SDN, NFV и IMS обладают свойствами самоподобия с коэффициентом Хэрста, достигающими в отдельных случаях значений. Количественной оценкой степени самоподобия потока трафика является параметр Хэрста - H , лежащему в диапозоне $1/2 < H < 1$.

Учитывая составные компоненты вектора характеристик качество функционирования МТС $E[K_{КФ}(\lambda_i, H)]$ на базе архитектурной концепции NGN и будущих сетей FN, функционально описывается следующей зависимостью:

$$G[K_{КФ}(\lambda_i, H)] = W[E(\lambda_i, H), I_{иб}(\lambda_i), D_{П}[(h_c^2)]], \quad i = \overline{1,k} \quad , \qquad (1)$$

где $E(\lambda_i, H) -$ функция, учитывающая эффективность функционирования МТС с учетом скорости поступления входящего потока λ_i и коэффициента H при обслуживании пакетов $i-$го трафика мультимедийных услуг.

$D_{П}[(h_c^2)] -$ функция, учитывающая помехоустойчивость функционирования сетей передачи, обработки и приема сообщений полезного и служебного трафиков с учетом h_c^2 и является $h_c^2 = SNR(E_б, N_0) -$ отношение сигнал-помеха (Siqnal Noize to

Rate) с учетом энергии битового сигнала E_b и спектральная плотность мощности помехи N_0, которые характеризуют комплексные показатели качества связи, функционирующей в условиях воздействия непреднамеренных источников помех [9]; $I_{иб}(\lambda_i)-$ функция, учитывающая показатели информационной безопасности сети связи с учетом интенсивности трафика λ_i.

Выражения (1) определяют сущность рассматриваемого нового подхода для создания методов расчета и анализа показателей качества функционирования МТС на базе архитектурной концепции NGN и FN, использующих ресурсы базовых инновационных технологий как SDN, NFV так и IMS при оказании мультимедийных услуг.

Как видно из (1), среди анализируемых характеристик одним из главных показателей качества функционирования сетей связи на базе архитектурной концепции NGN и будущих сетей FN является эффективность функционирования мультисервисных телекоммуникационных сетей с использованием технологии SDN, NFV и IMS.

В данном случае эффективность функционирования МТС характеризуется следующими комплексными показателями:

$$E(\lambda_i, H) = U\{[C_{\max}(\lambda_i, H), R_{НФ}(\Lambda_i), M[T_{ВВХ}(\lambda_i, H)], C_{АП}(\lambda_i)\},\ i = \overline{1,k}\ , \quad (2)$$

где $R_{НФ}(\Lambda_i)-$ функция, учитывающая единичные и комплексные показатели надёжности функционирования сети с учетом интенсивности отказов Λ_i, $i = \overline{1,k}$;

$C_{\max}(\lambda_i, H)-$ максимальная пропускная способность аппаратно-программных комлексов мультисервисных телекоммуникационных сетей на базе NGN и FN с учетом скорости λ_i и коэффициента H при обслуживании $i-$го потока пакетов трафика, $i = \overline{1,k}$;

$M[T_{ВВХ}(\lambda_i, H)]-$ функция, учитывающая средние значения вероятностно-временных характеристик (ВВХ) сетей, использующие технологии SDN, NFV и IMS с учетом параметров λ_i и H полезного и служебного трафиков;

$C_{АП}(\lambda_i)-$ экономическая эффективность и стоимость аппаратно-программных и терминальных средств сетей связи на базе концепции NGN и FN с интенсивностью входящего λ_i потока пакетов $i-$го трафика при установлении соединения и при оказании мультимедийных услуг.

Однако, задача управления информационными и сетевыми ресурсами в сетях связи с использованием инновационных технологий при оказании широкого спектра мультимедийных услуг с учетом многочисленных параметров QoS и QoE еще не полностью изучена [2, 6, 8].

Таким образом, учитывая постановки задачи, предлагается метод расчета показателей качества функционирования МТС на базе NGN и FN, учитывающий комплексные показатели исследуемых сетей, сущности нового подхода при управлении разнородными ресурсами инновационных технологий и влияние свойства самоподобия полезного и служебного трафиков на характеристики системы обслуживания QoS и QoE.

Построение и описание математической модели процедуры установления мультимедийной сессии.

С целью исследования методов расчета показателей качества функционирования МТС с использованием архитектурной концепции NGN необходимо создание адекватной математической модели систем сигнализации на базе подсистемы мультимедийной связи IMS [1-4]. Платформа IMS, представляют собой узлы коммутации сетей NGN/IMS при установлении соединения и при оказании мультимедийных услуг.

Известно [4, 6], что сеть NGN/IMS, построенная по архитектуре IMS, состоит из различных модулей и является распределенной структурой управления сеансами связи, использующими системы и протоколы сигнализации–SIP (Session Initiation Protocol) и Diameter, сервер домашних абонентов HSS (Home Subscriber Server), транспортные шлюзы (MGW) и ядра системы управления CSCF (Call/Session Control Function), сигнальные шлюзы (SGW), которые обслуживают служебный и полезный трафики, передаваемые в процессе предоставления мультимедийных услуг связи.

Проведенные исследования показывают, что рассматриваемая система сигнализации сетей NGN/IMS представляет собой систему массового обслуживания (СМО) типа $fBM/G/N_k/N_{бн}$ с некоторыми допущениями. С целью анализа функций взаимодействия управления трафиком протокола SIP и Diameter в системе при установлении сессии, построена и исследована математическая модель, описывающая качество функционирования сетей NGN/IMS с учетом свойств самоподобия сигнального трафика. При этом исследуемая модель представляет собой СМО типа $fBM/G/N_k/N_{бн}$ с двумя возможными скоростями обслуживания пакетов сигнального трафика [6].

Входящий поток заявок в систему – стационарный пуассоновский с параметром λ_i, длительность обслуживания $i-$го трафика имеет функцию распределения $B(t)=P[B\le t]$ с преобразованием Лапласа-Стилтьеса (ПЛС) $b(s)=E[\exp(-bs)]$ и моментами $b_i, i=\overline{1,k}$. Предполагаем, что в сетях NGN/IMS, число мест для ожидания ограничено $N_{бн}$ при критической загрузке $\rho_i \le 1, i=\overline{1,k}$. При этом загрузка сетей NGN/IMS для установления мультимедийной сессии выражается как

$$\rho_i=[(\lambda_S+\lambda_D)/(N\cdot\mu_i)]\cdot f(H)\le 1, \quad i=\overline{1,k} \tag{3}$$

где λ_S,λ_D- скорость поступления трафиков протоколов SIP и Diameter, соответственно; μ_i- скорость обслуживания потока $i-$го пакета трафика, $i=\overline{1,k}$; где $f(H_i)$ –функция, учитывающая свойство самоподобия поступающей нагрузки и определяет коэффициент Хэрста для потока i-го пакета трафика и при $H_i=0{,}5$ свойство самоподобия отсутствует, при увеличении H_i до единицы влияние свойства самоподобия $H_i=1{,}0$ нагрузки усиливается, которая выражается следующим образом [2]: $H=1-0{,}5\beta, \quad 0<\beta<1$.

Из выражения (3) следует, что условие $\rho_i<1$ является необходимым и достаточным условием существования стационарного режима сетей NGN/IMS.

Исследуемая в процессе занятости подсистема IMS в такой модели описывается с некоторыми допущениями одномерным марковским процессом состояния системы, который задается параметром k. Марковские случайные процессы играют важную роль при исследовании СМО [2, 6]. Случайный процесс

$r(t)$, описывающий функционирование СМО типа $fBM/G/N_k/N_{бн}$, задается компонентами

$$r(t) = \{i_k(t), m_k(t), s_k(t)\}, \quad i = \overline{1,k}, \tag{4}$$

где $i_k(t)-$ число функциональных элементов в подсистеме IMS, занятых обслуживанием трафиков мультимедийной услуги, регистрации и установлении сессии в момент времени t; $m_k(t)-$ число пакетов трафика в подсистеме IMS в момент времени t; $s_k(t)-$ состояние обслуживающей подсистемы IMS в момент времени t.

Выражение (4) описывает одномерный Марковский процесс состояния СМО типа $fBM/G/N_k/N_{бн}$ и является непрерывно зависящим от параметра времени $t \in (0,T]$ и принимает значения в конечном пространстве состояний S. Множество возможных состояний:

$$\{i_k, m_k, s_k\} \in S, \ S = \{(k): 0 \le k \le N_{бн}\} \tag{5}$$

В данной модели, предполагаем, что прерывание обслуживания сигнальных пакетов не допускается и система функционирует в стационарном режиме. Стационарное распределение вероятностей состояний системы в произвольный момент времени определяется как предельное распределение процесса S_t, $t \ge 0$.

С учетом (4) и (5), вычислив стационарное распределение вероятностей состояний системы в произвольный момент времени, можем определить некоторые ВВХ сетей NGN/IMS. Среди важных ВВХ сетей NGN/IMS является среднее число пакетов трафика в системе и может быть определена следующим образом:

$$E[L_{m,s}] = \sum_{i=0}^{\infty} i \cdot p(i,m,s), \tag{6}$$

где $E[\cdot]-$ знак математического ожидания определяемой величины.

На основе (6) и формулы Литтла, определим среднее время пребывания пакета трафика в системе

$$E[T_{впп}(\lambda_i)] = E[L_{i,m,s}] \cdot (b_i / \rho_i \cdot N_k)^{-1}, \quad i = \overline{1,k} \tag{7}$$

Выражения (6) и (7) являются ключевым показателем ВВХ и качества обслуживания QoS&QoE сетей NGN/IMS при установлении мультимедийной сессии.

Анализ характеристик сетей NGN/IMS с учетом свойств самоподобия трафика.

На основе проведенного исследования установлено [3, 4], что передаваемые трафики по сети NGN/IMS обладают свойствами самоподобия с коэффициентом Херста H, которые позволяют использовать общий тип СМО $fBM/G/N_k/N_{бн}$ для исследования процессов качества функционирования сетей NGN/IMS.

Предполагаем, что $Y(t)-$ это случайный временной ряд, характеризующий полезный и служебный трафик и измеряемый в пакетах или байтах в момент времени t. Случайный процесс $Y(t)$ является строго самоподобным второму порядку с показателем Херста $H\,(0{,}5 < H < 1)$, если

$$B(k) = 0{,}5\sigma^2[(k+1)^{2H} - 2k^{2H} + (k-1)^{2H}], \tag{8}$$

где $k-$ произвольное целое число, $k \geq 1$; σ^2-дисперсия случайных процессов и равно $\sigma^2 = B(0) = E[Y(t) - m]$, $m-$математическое ожидание случайных процессов, $m = E[Y(t)]$.

Из (8) следует, что выполнение последних условий является необходимым и достаточным для самоподобности пакетов сигнального трафика сетей NGN/IMS.

На основании метода расчета [4], коэффициент загрузки многоканальной системы при обслуживании самоподобного трафика выражается следующим образом:

$$\rho(\lambda, H) = (\lambda \cdot L_{cn}) \cdot (N_k \cdot V_{ck})^{-1} \cdot f(H) \leq 1 \quad , \; 0{,}5 < H < 1 \tag{9}$$

где $L_{ce}-$средняя длина передаваемого пакета сигнальных единиц (СЕ) трафика; $V_{ck}-$скорость передачи пакета по каналам связи.

Оценка вероятностно-временных характеристик сетей NGN/ IMS.

Согласно «закону сохранения накопленной в очереди работы», среднее время ожидания начала обслуживания пакетов в сети NGN/IMS с использованием сервера пользовательских данных HSS определяется выражением:

$$E[T_{ож}(H)] = E[L_{i.сд}(H, C_B^2)] / \sum_{i=1}^{n} \lambda_i \quad , \quad i = \overline{1,n} \tag{10}$$

где $E[L_{i.сд}(H, C_B^2)]-$общая средняя длина суммарной очереди зарегистрированных пакетов услуг в сети NGN на базе подсистемы мультимедийной связи IMS, которая является одной из важнейших результатов исследования системы; C_B^2-квадратичный коэффициент вариации длительности обслуживания трафика и равен: $C_B^2 = \mu_{ce} \cdot \sigma^2$.

Учитывая формулы Литтла и ММ качество функцинирования сетей NGN/IMS, среднее время задержки при передаче пакетов сигнального трафика определяется следующим выражением:

$$E[T_{сз}, H] = [1 - 0{,}5\rho(\lambda, H)(1 - \sigma^2 \cdot \mu_{ce}^2)] \cdot [(1 - \rho(\lambda, H) \cdot \mu_{ce}]^{-1} , \tag{11}$$

Выражения (9), (10) и (11) определяют вероятностно-временные характеристики сетей NGN/IMS и являются важным показателем – QoS&QoE..

Одной из ключевых характеристик сетей МТС при обслуживании пакетов трафика протокола сигнализации является коэффициент эффективного использования сетевого ресурса узлов коммутации NGN/IMS:

$$\eta_k(\lambda_i, H) = q_i \cdot (L_{cn} / T_{cn} \cdot N_k \cdot V_{ck}) \leq 1 \quad , \; i = \overline{1,n} \tag{12}$$

здесь параметр q_i определяет вероятность наличия пакетов сигнального трафика в сетях NGN/IMS и отражает полезную занятость системы сигнализации; $T_{cn}-$длительность цикла работы системы сигнализации.

Выражение (10) характеризует эффективное использование переменной пропускной способности сетей NGN/IMS при установлении соединения и мультимедийных услуг.

Результаты численного анализа.

На рис.2 представлена зависимость среднего времени установления мультимедийной сессии в сети от интенсивности входящего потока пакетов.

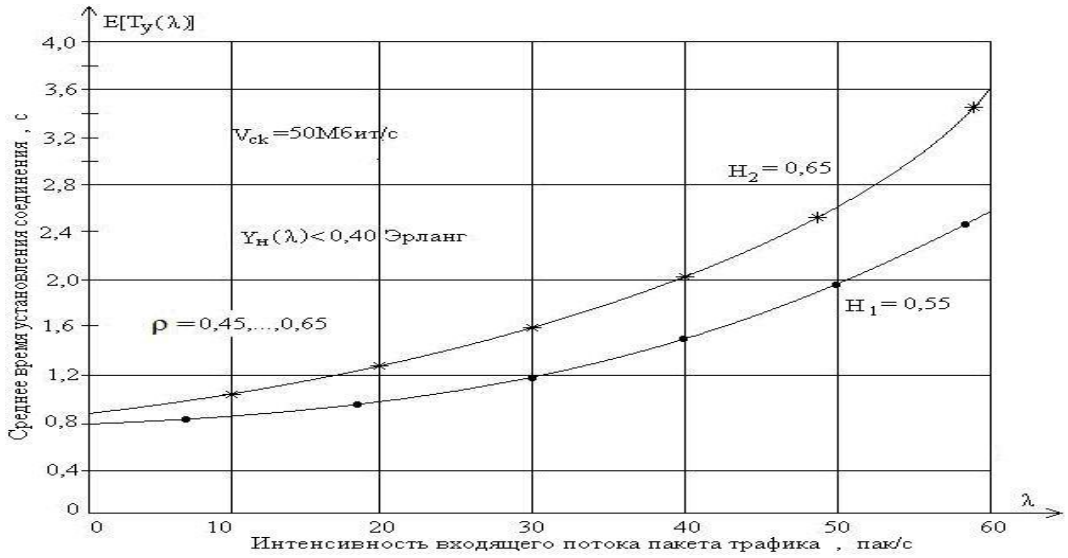


Рисунок 1. Среднее время установления соединения на предоставление мультимедийной сессии в сети

Анализ семейства графической зависимости $E[T_y(\lambda)] = W(H, \lambda, V_{ck})$ показывает, что с увеличением интенсивности входящего потока пакетов в сети NGN/IMS с использованием серверов домашних абонентов HSS, возрастает среднее время установления мультимедийной сессии при заданной скорости $V_{ck} \geq 50$ Мбит/с, $P_{omk} \leq 1{,}5 \cdot 10^{-6}$, коэффициенте загрузки $\rho = (0{,}45,...,0{,}65)$ и $H_1 = 0{,}55$ и $H_2 = 0{,}65$.

Анализ управления ресурсами в сети на базе FN.

Учитывая вышеизложенные, рассмотрим задача управления ресурсами и их эффективного распределения в узлах сети на базе FN с использованием технологии SDN, NFV и IMS. Так как, одним из важных принципов концепции FN является виртуализация сетевых ресурсов. Предполагаем, что в сети связи ресурсы имеется ограниченного объема B_r [10]. С учетом стационарные вероятности состояний системы и объем ресурса B_r сети, среднее число пакетов трафика в СМО определяется следующим образом:

$$E[N_{cn}(\lambda)] = \sum_{k=0}^{N_k} \sum_{m=0}^{B_r} k \cdot p_k(m) \quad , \qquad (13)$$

Учитывая (12) и (13), коэффициент использования ресурса сети МТС выражается как

$$\eta_{kp}(\lambda, B_r) = (1/B_r) \cdot \sum_{k=1}^{N_k} \sum_{m=0}^{B_r} m \cdot p_k(m) \quad , \qquad (14)$$

Выражения (14) определяет как отношение среднего суммарного занятого ресурса в стационарном режиме к общему ресурсу сети связи.

Таким образом, для проведения более эффективного анализа показателей качества функционирования сетей МТС на базе NGN и FN с использованием SDN, NFV и IMS, на основе модели полученных аналитическими выражениями (9),…,(14) необходимо выполнить параметризацию системы, которые в первую очередь предназначены для сетей МТС, требующих высокой пропускной способности.

Выводы.

1. Проанализированы качества функционирования МТС на базе архитектурной концепции NGN и FN, предложен метод расчета комплексных характеристик эффективности и помехоустойчивости исследуемые сети с учетом многочисленных требований параметров QoS&QoE и свойства самоподобия полезного и служебного трафиков.

2. В результате исследования методов расчета предложена математическая модель сетей NGN/IMS, на основе которых получены аналитические выражения, позволяющие оценить показатели качества функционирования МТС с учетом свойств самоподобия трафика при установлении соединения и оказании мультимедийных услуг. По сравнению с известными результатами получены новые формулы для вычисления ВВХ сетей и может быть использована для решения широкого класса исследовательских задач.

Литература:

1. Ефимушкин В.А., Ледовских Т.В., Иванов А.Б., Шалагинов В.А. Роль технологий SDN/NFV в инфраструктуре цифровой экономики. Опыт тестирования и внедрения // Электросвязь, №3. 2018. – с. 27-36.

2. Цитович И.И., Чернушевич А.В. Расчет стационарных вероятностей трехпотоковой модели управления доступом к ресурсам БШС с гистерезисами // Информационные процессы. Т. 11, № 2. 2011. –с. 262–276.

3. Valiyev V.M., Ibrahimov B.G., Alieva A.A.About one resource control task and optimization throughput in multiservice telecommunication networks. T-Comm, vol. 14, no.6. 2020 pp. 48-52.

4. Самуйлов К.Е., Зарипова Э.Р. Модель локального механизма контроля перегрузок SIP-сервера // T-Comm: Телекоммуникации и Транспорт. № 7, 2012.– с.185-187.

5. Ибрагимов Б.Г., Гусейнов Ф.И. Исследование и анализ показателей качества функционирования систем сигнализации//Всероссийская конференция с международным участием «Информационно-телекоммуника -ционные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем», Российский Университет Дружбы Народов, Москва. 2015. – с.21 – 23.

6. Ибрагимов Б.Г., Гусейнов Ф.И. Исследование и анализ эффективности передачи мультимедийного трафика в сети NGN/IMS // T-Comm**,** Телекоммуникации и транспорт, Том 9. № 12. Москва.-2015.– с.27-31.

7. Татарникова Т. М. Статистические методы исследования сетевого трафика. Информационно-управляющие системы. № 5, 2019. - с. 35–43.

8. Giordani M., Mezzavilla M., and Zorzi M. Initial accessin 5G mmwave cellular networks. IEEE Communications Magazine, Nov. 2016, vol. 54, pp . 40–47.

9. Ibrahimov B.G., Huseynov F.I. Research and analysis mathematical model for evaluating noise immunity in telecommunication system// Synchroinfo Journal, IEEE Austria Section, No.1, 2020. – pp. 2-6.

10. Бегишев В. О., Сопин Э. С., Молчанов Д. А., Самуйлов А. К., Гайдамака Ю. В., Самуйлов К. Е. Оценка эффективности механизма резервирования полосы пропускания для технологии mmWave в сетях связи пятого поколения//Информационно-управляющие системы, 2019, № 5, с. 51–63.

Б.П. Борисов, А.С. Борзенко

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ СЕТЕЙ 5G В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южный федеральный университет», Россия

Ключевые слова: 5G, развитие систем мобильной связи, сети пятого поколения.

На данный момент сети пятого поколения – это предел имеющихся на данный момент технологий микроэлектроники и радиотехники для обеспечения нарастающих требований абонентов. В данной статье проведено исследование проблематики построения и внедрения сети 5G, описаны некоторые особенности и возможности используемых технологий при построении сетей пятого поколения. Рассмотрены особенности нововведений по сравнению со стандартами прошлых поколений.

B.P. Borisov, A.S. Borzenko

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF 5G NETWORKS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Federal State Educational Institution of Higher Education “Southern Federal University”, Russia

Keywords: 5G, development of mobile communication systems, fifth-generation networks.

At the moment, fifth-generation networks are the limit of currently available microelectronics and radio technologies to meet the growing demands of subscribers. This article examines the problems of building and implementing a 5G network, describes some of the features and capabilities of the technologies used in the construction of fifth-generation networks. The features of innovations in comparison with the standards of previous generations are considered.

Стремительно возрастающая потребность использования мобильного трафика, обусловленная развитием информационных сетей и услуг, таких как стриминговые платформы, камеры видеонаблюдения, веб-игры, видео высокого качества, виртуальная реальность становятся непосильной для нынешних поколений сети мобильной связи.

Наблюдая вышеперечисленные тенденции развития услуг, использование сетей 5G решает проблему дефицита скорости для удовлетворения потребностей всех пользователей, подключенных к сети. Увеличение скорости до 20 Гбит/с. обусловлено использованием широких частотных диапазонов. Так же уменьшение задержек до 1 мс. создает качественное обслуживание абонентов и оказание услуг.

Новый стандарт пятого поколения сотовых сетей IMT-2020 утвержденный в 2020 году предлагает использовать диапазоны частот 3,3-4,99 ГГц и 24,25-52,6 ГГц. Первый диапазон 3,3-4,99 ГГц занят наземными терминалами спутниковой связи VSAT, Российскими службами такими как ФСО и Министерством обороны. Второй, 24.25-52.6 ГГц - это частоты миллиметровых волн. Миллиметровые волны обладают свойством сильного затухания в земной атмосфере, соответственно малой дальностью действия, а также обладает пагубным воздействием на организм человека. В связи с этим возникает проблема использования данных частотных диапазонов в условиях России.

Для использования диапазона 3,3-4,99 ГГц возникает необходимость расчистки частотного плана, что приведет к большим затратам, в связи с тем, что некоторые устройства рассчитаны на использование этих частот. Для борьбы с затуханием при работе диапазона 24,25-52,6 ГГц необходимо располагать базовые станции ближе друг к другу, чем 4G, что чревато большими издержками для операторов сотовой сети. Радиус обслуживания ячеек составляет 50 метров, что можно сравнить с домашними роутерами. Радиопокрытие будет приспосабливаться к увеличивающимся требованиям абонентов.

Для постепенного внедрения сетей поколения 5G необходимо вводить стандарт IMT-2020, он не является эволюцией сетей 4G. Использование рассчитано, как надстройка над сетями LTE в диапазонах до 6 ГГц, а промежутки между сетями прошлых поколений заполнять новыми базовыми станциями. Планирование заключает в себя плотное расположение микросот для густонаселенных районов и городских центров с повышенной транспортной нагрузкой для обеспечения абонентов надежной связью снаружи, так и внутри помещений. Основной параметр, которому нужно уделять особое внимание – это электромагнитная совместимость соседних станций, которая решается помехоустойчивым кодированием с использованием кода с наименьшим избытком и учетом взаимного влияния радиоконструкций.

Особый интерес вызывает использование технологии MIMO для сетей 5G, позволяющая формировать антенной решеткой острые диаграммы направленности и работать абоненту с несколькими антеннами базовых станций. Миллиметровые волны обладают хорошими показателями направленности за счет увеличения количества элементов антенны. Применение таких технологий позволяет эффективно решать проблемы интерференции и полнонаправленной радиосвязи.

Одной из ключевых особенностей является использование технологии M2M, представляющее собой межмашинное взаимодействие, которое заключается в обмене информации между устройствами, что позволит снизить нагрузку на станции 5G. Развитие этой технологии позволит внедрять новые сервисы для удовлетворения нужд предприятий и обычных пользователей.

В России было проведено тестирование технологии 5G ведущими компаниями, занимающимися мобильной связью. Так, в Нижнем Новгороде состоялся эксперимент компании «Мегафон» системы передачи данных в диапазоне до 5 ГГц/с. Также «Ростелеком» протестировал сети 5G в Иннополисе. Все тесты показали результаты, соответствующие требованиям стандарта, но на заполненном диапазоне.

Выводы.

1. Проблематика развертывания сетей пятого поколения заключается в развитии и обновлении сетей операторов под новый стандарт, увеличение приемо-передающих станций в рамках макро- и микросоты.

2. Основным препятствием для развития и массового внедрения в России является сильный дефицит радиочастотного ресурса. Его преодоление требует больших капиталовложений.3. Переход к новому поколению будет осуществляется пере использованием существующих опорных сетей сотовой связи и построением новых станций для 5G.

Литература:

1. 1. Технологии построения сети 5G и ее применение. Каламбет, М В, и др. 35, 2019 г., Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право, Т.3, стр. 208-212.

2. 2. Мобильный бизнес: перспективы развития и реализации. Девяткин, Е Е и Суходольская, Т А. Москва : б.н., 2019. Основные положения концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 на территории РФ.

3. 3. Приказ Минкомсвязи России от 27.12.2019 N 923 "Об утверждении Концепции создания и развития сетей 5G/IMT-2020 в Российской Федерации".

4. 4. Концептуальные аспекты создания 5G. Тихвинский, В О и Бочечка, Г С. 10, 2013 г., Электросвязь, стр. 29-33.

Н.И. Герасимов, И.Н. Герасимов

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПЕРЕОТРАЖЕННЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ТРЁХПЛЕЧЕВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ВИБРАТОРОВ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия.

Ключевые слова: характеристики излучения, электромагнитная совместимость**,** круговая поляризация, трехплечевой вибратор, минимизация мощности рассеяния.

Рассматриваются особенности рассеяния электромагнитных волн структурами в виде трехплечевого электрического вибратора возбуждаемых плоской электромагнитной волной.

N.I. Gerasimov, I.N. Gerasimov

FEATURES OF CALCULATION OF RE-REFLECTED IMAGES ELECTROMAGNETIC FIELDS DURING IRRADIATION THREE-ARM ELECTRIC VIBRATORS

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor Federal state budgetary educational institution higher education institutions " Moscow technical University University of communications and Informatics», Rostov-on-don, Russia.

Keywords: radiation characteristics, electromagnetic compatibility, circular polarization, three-arm vibrator, minimization of scattering power.

The features of scattering of electromagnetic waves by structures in the form of a three-arm electric vibrator excited by a flat electromagnetic wave are considered.

1. Введение

Широкое использование электромагнитных волн круговой поляризации в системах радиолокации, радионавигации, радиосвязи и т.д., необходимость обеспечения электромагнитной совместимости указанных систем делает актуальным исследование характеристик не только излучения, но и рассеяния волн различными элементами излучателя [1]. Одним из наиболее общих по конфигурации типов проволочных излучающих структур является трехплечевой электрический вибратор. Возникающие для такой структуры закономерности рассеяния электромагнитных волн являются в достаточной степени общими и в силу этого представляют теоретический и практический интерес.

Цель статьи – исследование закономерностей особенностей рассеяния электромагнитных волн структурами в виде трехплечевого электрического вибратора.

2. Постановка задачи, формулировка и решение интегрального уравнения.

Рассмотрим систему из трёх взаимно ортогональных тонких электрических вибраторов с длиной плеча l, возбуждаемых плоской электромагнитной волной, приходящей с направления, определяемого углами θ и φ. В разрывы плеч включены нагрузки W.

При падении плоской электромагнитной волны, напряженность которой во фронте определяется выражением

$$E^{in} = i_\theta E_\theta + i_\varphi E_\varphi . \quad (1)$$

В плечах вибратора наводятся электрические токи, имеющие для тонкого вибратора в каждом плече только одну соответствующую компоненту:

$$I(r) = i_x I_x(x)\delta(y)\delta(z) + i_y I_y(y)\delta(x)\delta(z) + i_z I_z(z)\delta(x)\delta(y), \quad (2)$$

где r - радиус-вектор точки с координатами (x, y, z); $I_\xi(\xi)$ - закон распределения тока вдоль ξ-плеча $(\xi = x, y, z)$; $\delta(\xi)$ - дельта-функция Дирака.

На основе данного представления тока напряженность рассеянного электромагнитного поля в точке с радиус-вектором r может быть записана в виде:

$$E_x^{sc} = -\frac{iW_0}{k}\left[\int_{-l}^{l}\left(k^2 G(r,r_1') + \frac{\partial^2 G(r,r_1')}{\partial x^2}\right)I(x')dx' + \int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_2')}{\partial y \partial x} I(y')dy' + \int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_3')}{\partial z \partial x} I(z')dz'\right],$$

$$E_y^{sc} = -\frac{iW_0}{k}\left[\int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_1')}{\partial x \partial y} I(x')dx' + \int_{-l}^{l}\left(k^2 G(r,r_2') + \frac{\partial^2 G(r,r_2')}{\partial y^2}\right)I(y')dy' + \int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_3')}{\partial z \partial y} I(z')dz'\right],$$

$$E_z^{sc} = -\frac{iW_0}{k}\left[\int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_1')}{\partial x \partial z} I(x')dx' + \int_{-l}^{l}\frac{\partial^2 G(r,r_2')}{\partial y \partial z} I(y')dy' + \int_{-l}^{l}\left(k^2 G(r,r_3') + \frac{\partial^2 G(r,r_3')}{\partial z^2}\right)I(z')dz'\right], \quad (3)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ и W_0 - волновое число и сопротивление свободного пространства; $r_1' = (x',0,0)$; $r_2' = (0,y',0)$; $r_3' = (0,0,z')$;

$G(r,r') = \dfrac{\exp\left[-ik|r-r'|\right]}{4\pi|r-r'|}$ - функция Грина свободного пространства.

Для тонкого электрического вибратора распределение токов вдоль плеч может быть определено в виде суперпозиции симметричных и несимметричных относительно центра вибратора порядка m

$$I_\xi(\xi) = \sum_{m=0}^{\infty}\left[A_m^\xi Ic_m(\xi) + B_m^\xi Is_m(\xi)\right], \quad (\xi = x,y,z) \quad (4)$$

где A_m^ξ и B_m^ξ - неизвестные коэффициенты разложения.

Для нахождения данных коэффициентов наложим граничные условия [1]

$$E_\xi^{in}(r) + E_\xi^{sc}(r) = \begin{cases} 0, & \text{на поверхности вибратора;} \\ E_\xi^0(\xi), & \text{в зазоре вибратора,} \end{cases} \quad (5)$$

где $E_x^{in}(r) = (-E_\theta \cos\theta_0 \cos\varphi_0 - E_\varphi \sin\varphi_0)\exp(-ikpr)$;

$E_y^{in}(r) = (-E_\theta \cos\theta_0 \sin\varphi_0 - E_\varphi \cos\varphi_0)\exp(-ikpr)$;

$E_z^{in}(r) = (E_\theta \sin\theta_0)\exp(-ikpr)$.

Полученное выражение является системой интегральных уравнений относительно токов в плечах вибраторов. Решая данную систему методом Бубнова-Галёркина [2], получаем систему $6M$ алгебраических уравнений с $6M$ неизвестными (M - число учитываемых гармоник каждого типа) в виде:

$$[T]|J\rangle = |U\rangle \tag{6}$$

Матрица $[T]$ и векторы-столбцы $|J\rangle$, $|U\rangle$ имеют структуру:

$$[T]=\begin{bmatrix} [C_{xx}] & [0] & [0] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [G_{xx}] & [0] & [P_{xy}] & [0] & [P_{xz}] \\ [0] & [0] & [C_{yy}] & [0] & [0] & [0] \\ [0] & [P_{yx}] & [0] & [G_{yy}] & [0] & [P_{yz}] \\ [0] & [0] & [0] & [0] & [C_{zz}] & [0] \\ [0] & [P_{zx}] & [0] & [P_{zy}] & [0] & [G_{zz}] \end{bmatrix}, \quad |J\rangle = \begin{bmatrix} [A_x\rangle \\ [B_x\rangle \\ [A_y\rangle \\ [B_y\rangle \\ [A_z\rangle \\ [B_z\rangle \end{bmatrix}, \quad |U\rangle = \begin{bmatrix} [fc_x\rangle \\ [fs_x\rangle \\ [fc_y\rangle \\ [fs_y\rangle \\ [fc_z\rangle \\ [fs_z\rangle \end{bmatrix}.$$

Вектор-столбец $|J\rangle$ содержит искомые коэффициенты разложения. В матрице $[T]$ блоки $[0]$ соответствуют нулевым блочным элементам, блоки $[C]$, $[G]$, $[P]$ имеют размерность $M \times M$ и определяют взаимную связь между гармониками во всех трёх плечах. Элементы этих матриц подробно описаны в [3].

3.Анализ поля, рассеянного трехплечевым электрическим вибратором

Как показано в [3], наличие блоков $[P_{\xi\eta}]$ $(\xi = x, y, z)$ $(\eta = x, y, z)$ приводит к изменению распределения токов в плечах трёхплечевого электрического вибратора.

Наиболее наглядно этот факт проявляется при возбуждении трёхплечевого электрического вибратора падающей в плоскости xOz θ-поляризованной волной. В данном случае, если рассматривать каждое плечо излучателя в качестве отдельного вибратора, возбуждение y-плеча не должно происходить. Однако наличие эффектов переотражения электромагнитного поля между плечами трёхплечевого вибратора приводит к возникновению в y-плече токов, которые в ряде случаев могут превышать по амплитуде токи в x- и z-плече. Данное обстоятельство может приводить к существенному изменению диаграммы рассеяния.

Литература:

1. Проблемы антенной техники/ Под ред. *Л.Д. Бахраха, Д.И. Воскресенского.* – М.: Радио и связь, 1989. – 368с.

2. Коротковолновые антенны/ Под ред. *Г. З. Айзенберга*. – М.: Радио и связь, 1985. – 536с.

3. *Габриэльян Д.Д. и др.* Особенности рассеяния электромагнитных волн крестообразным электрическим вибратором. Электромагнитные волны и электронные системы, 2005. №5 т.10. – с.14-16.

В.В. Володин

ПРОБЛЕМЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ VPN

Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

Ключевые слова: информационные технологи, виртуальная частная сеть, физическая линия, радиолиния, маршрутизатор.

В статье описаны проблемы при реализации подключений VPN. Проведен анализ уровней предоставления услуги. Сделаны выводы по применению VPN разных уровней.

V.V. Volodin

PROBLEMS WITH IMPLEMENTING A VPN

Moscow technical University of communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: information technology, virtual private network, physical line, radio line, router.

This article describes problems with implementing VPN connections. The analysis of the levels of service provision is carried out. Conclusions on the use of VPN at different levels are made.

Сегодня информационные технологи – основа успешного функционирования как коммерческих компаний, так и науки, производства, образования. Не только юридические лица, государственные органы и организации, но и любой из современных людей не представляет себе деятельности с отрывом от информационных технологий. Географическая удаленность также успешно решается при помощи использования современных технологий связи, одна их которых – VPN (Virtual placed network, или виртуальная частная сеть). Организация виртуальных частных сетей – процесс, требующий достаточно большого внимания и компетентного подхода, так как при неправильной организации данный инструмент будет бесполезен, но при правильном подходе станет существенным подспорьем в вопросах удаленного взаимодействия как пользователей – частных лиц, так и сотрудников организаций.

Исследование, проводимое в данной статье, направлено на анализ и выработку решений проблем, возникающих при организации VPN – соединений.

Актуальность исследования высока, так как решение проблем, связанных с организацией VPN – соединений актуально на сегодняшний день, так как подобный анализ способен предотвратить негативные последствия в процессе организации соединений VPN.

При выявлении проблем, связанных с организацией VPN необходимо сначала описать нюансы, связанные с различными уровнями, на которых организуется VPN – соединение. Также необходимо рассмотреть, какие именно проблемы возникают на каком уровне, сделать анализ методик решения данных проблем и по результату данного анализа сделать выводы и дать рекомендации.

История широкого распространения технологии VPN уходит в начало 2000 годов, когда массово начала применяться стратегия организации облачных сервисов – центров обработки данных, которые находились бы в общедоступном

пространстве. Тогда начал вставать вопрос об организации стабильных, надежных и высокоскоростных соединений.

Сегодня технология VPN имеет широкое распространение. Но наряду с тем, что она популярна, встречается и ряд сложностей.

Рассмотрим уровни организации соединения VPN.

Наиболее распространенным является VPN уровня 2. Данное VPN соединение – это предоставленный провайдером услуги «Интернет» физический канал (также можно встретить определение «физическая линия»). Для пользователя такое соединение выглядит, как физическая линия, на которую может быть установлено оборудование каналообразования. Провайдер услуги «Интернет» может предоставлять не только медное или физическое окончание – это может быть также радиолиния, линия спутниковой связи, волоконно-оптическая линия связи. Все вышеупомянутые линии связи могут использоваться в комбинированном варианте.

Подключение VPN L2 происходит в двух точках, между ними создается физический канал. Существует возможность многоточечного подключения (технология VPLS). Графическая иллюстрация соединения VPN L2 представлена на рисунке 1.

В качестве основной проблемы данной организации канала VPN можно отметить необходимость предприятия, в интересах которого организуется канал, установки с обоих концов оборудования каналообразования. Таким оборудованием может являться маршрутизатор, DSL – модем, медиаконвертор. Эта проблема делает VPN подключение зависимым от оборудования провайдера.

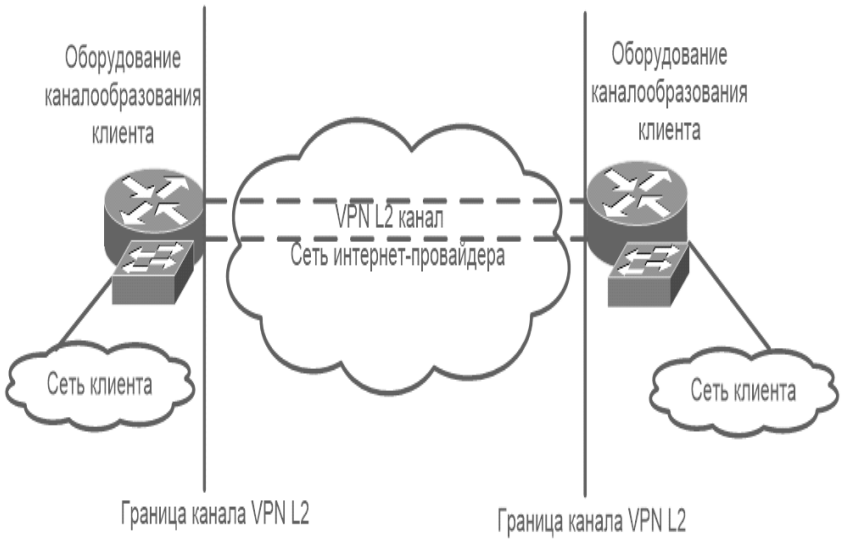


Рисунок 1. Графическая иллюстрация соединения VPN L2.

Вторым, не менее значимым недостатком, является то, что в реальной схеме связи в сетях интернет-провайдеров на всем протяжении трассы прохождения канала VPN L2 содержится множество соединений, несколько снижающих надежность предоставления услуги.

Третий недостаток – при необходимости переезда в новое здание и подключения новой точки хотя бы, с одной стороны, могут возникнуть сложности в перенастройке оборудования, что приведет к технической невозможности организации канала VPN L2.

При организации подключения VPN L3 сеть провайдера может быть с точки зрения пользователя услуги описана, как маршрутизатор с несколькими интерфейсами. Подключение к данным интерфейсам с нескольких концов подобно прямому подключению к маршрутизатору нескольких сетей. Графически данный подход представлен на Рис.2

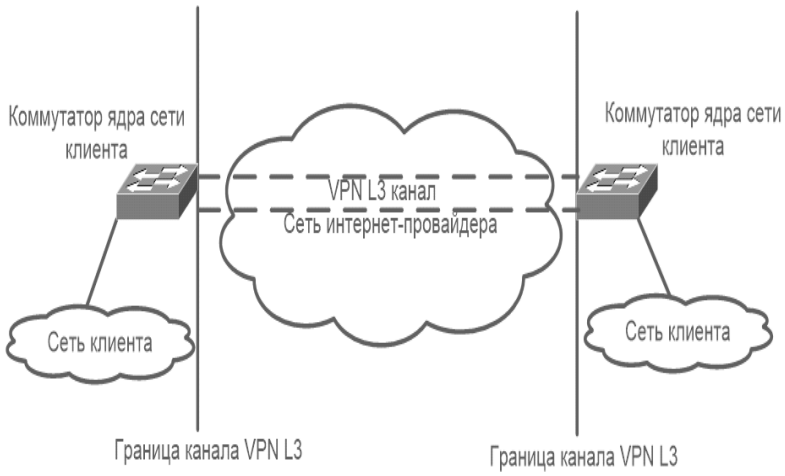


Рисунок 2. Графическая иллюстрация соединения VPN L3.

В качестве технического решения в отличие от технологии VPN L2 применяется технология MPLS, существенно позволяющая разгрузить вычислительные модули устройств маршрутизации, так как это технология коммутации по меткам и математические операции при нахождении трафиком маршрута в данной технологии используются в существенно меньшем объеме, а также технологий GRE и IPSec. Технология GRE (Generic Routing Encapsulation) является технологией упаковки сетевых пакетов, которая устанавливает защищенное соединение на логическом уровне между двумя конечными точками. Данная процедура возможна за счет применения инкапсуляции протоколов на уровень L3. Группа протоколов IPSec (IP Security) является механизмом защиты данных данных, передаваемых на базе протокола IP.

В результате можно сказать, что исследование соединения VPN L3 выявило еще одну существенную проблему в организации соединения по VPN L2. Если в случае организации VPN L2 собственник сети, которая использует данный канал для транспорта должен заботиться о безопасности соединения самостоятельно. На Рис. 3 приведено различие между VPN L2 и VPN L3 в части, касающейся безопасности.

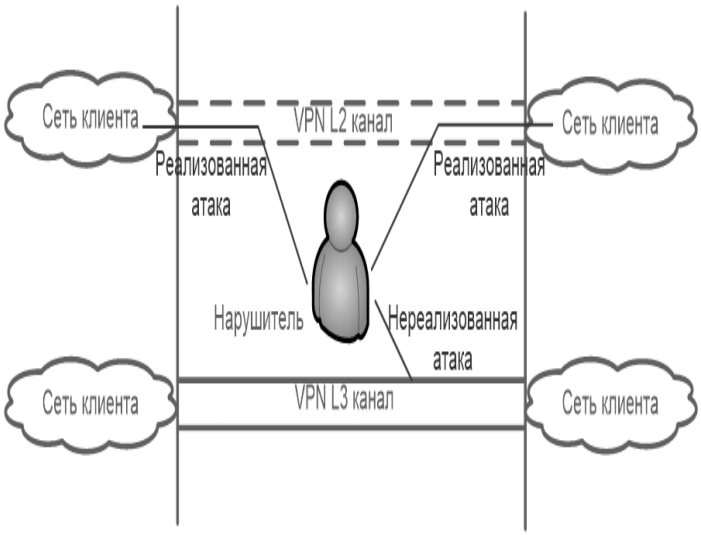


Рисунок 3. Моделирование атаки на VPN L2 и L3

Одним из наиболее характерных недостатков при организации VPN L3 является сложность реализации, и, как следствие, необходимость более высокоуровневого процесса администрирования.

В результате исследования проблем, возникающих при реализации VPN соединений, можно выделить следующие:

Проблемы VPN L2:

- необходимость установки собственного оборудования Заказчика;
- вероятное снижение качества предоставляемой услуги за счет множества соединений;
- отсутствие мобильности точек выхода канала;
- отсутствие защиты подключения на уровне организации услуги.

Проблемы VPN L3:

- сложность процесса администрирования, способная повлиять на качество предоставления услуги;
- возможное снижение качества за счет настроек безопасности на уровне предоставления услуги (отсутствие некоторых сервисов, задержка в получении телекоммуникационной услуги).

В данном исследовании проведено изучение проблем при организации подключений VPN различных уровней. При выполнении исследования был избран подход, позволяющий рассмотреть услугу VPN, как телекоммуникационный сервис, который может быть предоставлен на разных уровнях.

В результате проведения исследования можно сделать вывод о том, что необходимость и целесообразность организации VPN того или иного уровня должна быть выбрана Заказчиком исходя из рекомендаций, данных в настоящем исследовании.

Литература:

1. Тест на утечку через WebRTC, 2020. https://itsecforu.ru/2020/01/16/ (дата обращения 27.05.2020).

2. Touching from a Distance: Website Fingerprinting Attacksand Defenses, 2019. https://www.semanticscholar.org/paper/Touching-from-a-distance%3 A – website –

208inger rinting- Cai – Zhang / 5f57b993961050eb72e6d89188738733c8bd124d (дата обращения 15.04.2020).

3. Технологии корпоративных сетей / Максим Кульгин. – СПб. И др. : Питер, 1999. – 699 с. : ил.; 24 см. – (Серия Энциклопедия).

4. Олифер В. Г., Олифер Н. А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2001.

С.В. Павлов, М.С. Медведев

СРАВНЕНИЕ DMVPN И GRE

Московский технический университет связи и информатики, Москва, Россия

Ключевые слова: корпоративная сеть, программное обеспечение, аппаратное обеспечение, передача данных, пороговый критерий, средневзвешенный критерий.

В статье описан процесс применения алгоритма эффективности работы корпоративной сети при помощи ряда критериев.

S.V. Pavlov, M.S. Medvedev

COMPARISON OF VPN AND GRE

Moscow technical University of communications and Informatics, Moscow, Russia

Keywords: corporate network, software, hardware, data transmission, threshold criterion, weighted average criterion.

The article describes the process of applying the corporate network performance algorithm using a number of criteria.

Рост объема передаваемых цифровых данных происходит стремительными темпами. Информация, хранящаяся и обрабатываемая в электронном виде – основа современного бизнеса, науки и производства. Все чаще географически распределенные организации или их филиалы нуждаются в безопасном, высокоскоростном и максимально простом для пользователя обмене информацией.

Сегодня сложно представить организацию, в рамках которой не функционирует локальная сеть. Технологии локальных сетей позволяют осуществлять передачу данных между клиентскими устройствами соблюдая требования высоких скоростей, безопасности и простоты. Но локальные сети ограничиваются малым радиусом – для того, чтобы охватить территориально-распределенное пространство, необходимо использовать другие механизмы – технологии туннелирования. В рамках данного исследования будут рассмотрены технологии DMVPN (dynamic multipoint virtual placed network) и GRE (generic routing encapsulation), как наиболее часто используемые по статистическим данным, приведенным в [4].

Данное исследование направлено на анализ вышеупомянутых технологий с целью обоснования выбора одной из них для модернизации территориально-распределенной корпоративной сети.

Исследование имеет высокую актуальность, так как проблема модернизации территориально-распределенных сетей имеет высокую популярность.

В рамках настоящего исследования необходимо провести подробное описание технологий DMVPN и GRE.

На основании описания необходимо провести анализ, сделать выводы о целесообразности использования материалов исследования в дальнейшей магистерской работе.

При анализе технологий необходимо в качестве основного критерия выбора считать простоту использования технологии для связи территориально-распределенных подразделений между собой. Простота использования технологии определяется минимизацией любых затрат на ее организацию при сохранении необходимого качества предоставляемой услуги [1].

Начало исследования будет происходить с пояснения технологии туннелирования. Глобальная сеть строится на базе разных технологий: с использованием старой кабельной инфраструктуры, цифровой формат передачи данных по которой обеспечивается за счет DSL преобразований, с использованием радиолиний, спутниковых каналов, волоконно-оптических кабелей. Все вышеописанное является физической основой глобальной сети передачи данных. На базе этой физической основы строится логическая – маршрутизация трафика в сетях, коммутация с использованием меток и т.д. Логическая структура передачи данных имеет множество уровней. В конечном итоге целью каждого уровня является доставка информации от отправителя к получателю.

Технологии туннелирования созданы для того, чтобы связь между географически удаленными организациями была реализована максимально быстро, просто и безопасно, а для пользователя – чтобы создавалось ощущение работы в локальной сети, которое выражается в вероятном снижении качества предоставляемой телекоммуникационной услуги за счет большой протяженности канала связи и, как следствие, большом количестве участников в организации связи. В конечном итоге для пользователей обмен данными в части, касающейся предоставления телекоммуникационных услуг должен использовании технологии туннелирования быть таким же, как и при работе в локальной сети [2].

Технология DMVPN – динамическая многоточечная виртуальная частная сеть. Данная технология предназначена для создания виртуальных частных сетей. Разработана она компанией Cisco Systems. Это следующий этап развития технологии VPN. Основана данная технология на совместной работе множества протоколов туннелирования, шифрования и динамической маршрутизации.

Основной идеей DMVPN является отсутствие необходимости построения звездообразной топологии – динамические туннели могут создаваться между филиалами, а не только между центральным подразделением или филиалом. Данная технология построена таким образом, что динамические логические туннели создаются пользовательским трафиком. На рис.1 приведена структура связей маршрутизаторов.

GRE – протокол общей инкапсуляции маршрутов. GRE является протоколом туннелирования сетевых пакетов. Разработка данного протокола также была осуществлена компанией Cisco Systems. Протокол выполняет инкапсуляцию пакетов сетевого уровня в пакеты транспортного уровня. В отличие от DMVPN данный протокол имеет ряд недостатков. Во-первых, он способен организовать только

статический туннель, речи о динамическом туннелировании при использовании протокола GRE быть не может, не смотря на существование технологии mGRE или multipointGRE. Данная технология появилась благодаря необходимости минимизации настроек при построении сети по топологии «звезда» и позволяет избежать прописывание большого количества настроек на центральном узле. На рисунке 2 приведена структура туннеля GRE.
На данном этапе необходимо провести сравнение технологий и в результате анализа дать рекомендации. Первое отличие – невозможность использования технологии GRE в режиме динамичекого туннелирования [3].

Технология DMVPN имеет подобные технические возможности. И технология GRE, и технология DMVPN имеют возможность использования multicast-трафика, за счет которого работают основные протоколы динамической маршрутизации, также и тот, и другой протокол имеют широкие возможности по настройке безопасности. Также технической особенностью настройки туннеля GRE является то, что существует необходимость привязки с двух точек к реальному физическому адресу, после чего появляется возможность настройки виртуального интерфейса и выделение ему произвольного адреса.

В качестве примера можно привести настройку туннеля GRE:

(conf)# interface tunnel 0 – идентификация туннеля GRE;

(conf-if)# tunnel source 1.1.1.1 – задание реального адреса интерфейса-источника;

(conf-if)# tunnel destination 2.2.2.2 – задание реального адреса интерфейса назначения;

(conf-if)# ip address 192.168.0.1 255.255.255.0 – задание адреса виртуальному интерфейсу, созданному на базе интерфейса-источника (туннельного интерфейса).

Необходимость статической настройки всех возможных конфигураций между DMVPN-узлами отсутствует, поэтому подобной привязки к адресации интерфейсов в рамках настройки DMVPN нет. В таблице 1 приведено сравнение технологий по ряду критериев и их значения.

Таблица 1. Сравнение технологий по критериям.

Технология/критерий	DNVPN	GRE
Возможность использования в режиме динамического туннелирования	Да	Нет
Использование multicast-трафика	Да	Да
Необходимость привязки к реально существующему IP адресу	Нет	Да
Необходимость статической настройки между двух узлов	Нет	Да

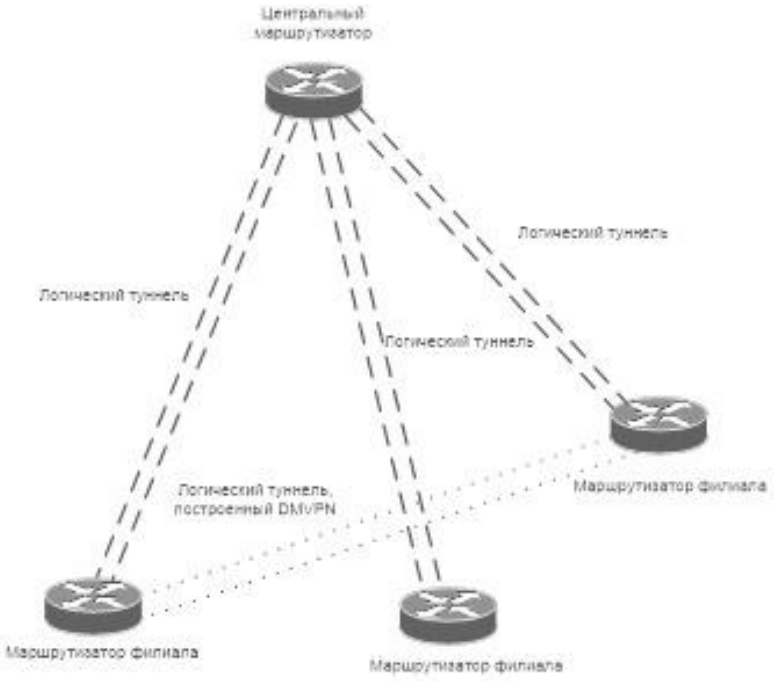


Рисунок 1. Структура связей маршрутизаторов

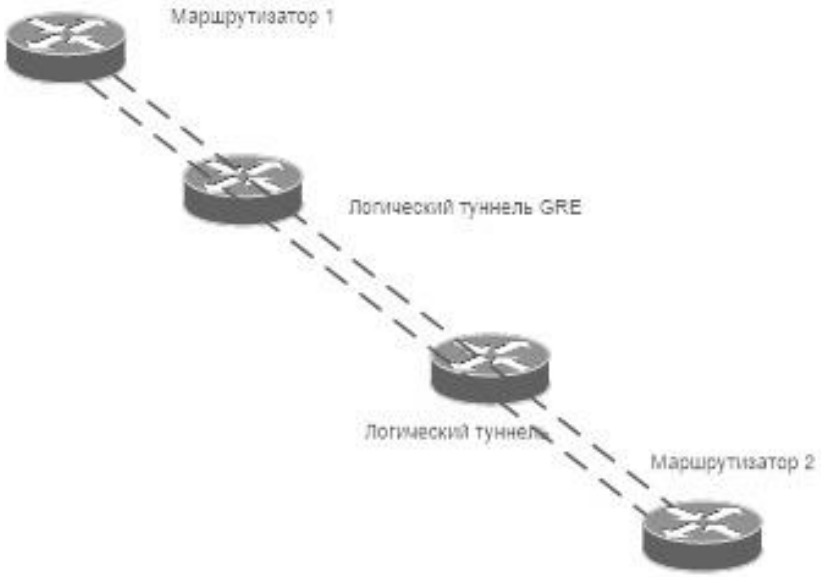


Рисунок 2. Структура туннеля GRE.

В результате проведения исследования можно сделать выводы:

- необходимо и целесообразно использовать технологию DMVPN для организации межфилиальной связи;
- технология DMVPN имеет главным образом одно отличие – возможность создания виртуальных динамических туннелей. Благодаря этой возможности существенно снижается нагрузка на центральный узел маршрутизации и повышается за счет этого отказоустойчивость;
- также существенными отличиями являются: отсутствие необходимости привязки к реально существующему IP адресу и отсутствие необходимости статической настройки между двух узлов.

Литература:
1. Типисов О.Д. О решении проблемы DF-бита и MTU на оборудовании cisco., // Журнал сетевых решений, № 28 2018;
2. Балашов Д.В. «Туннелирование в современных корпоративных сетях» , М.: Радиотехника и радиоэлектроника, 2017;
3. Аничкин В.О. «Настройка виртуальных туннелей») // Вестник связи, № 10 2019;
4. Magazine or network ingeneering //http://citforum.ru/nets/articles/sovr_marsh.shtml (дата обращения 15.04.2020).

В.В. Евстафьев, Н.В. Руденко, А.С. Орлова

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АЛГОРИТМАМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УЗКИХ МЕСТ СЕТЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: сети массового обслуживания, сети телекоммуникаций, диагностика узких мест, требования к алгоритмам определения узких мест, производительность.

В статье рассмотрена задача обоснования современных требований к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций на основе анализа существующих способов определения узких мест. Выявлены следующие недостатки существующих способов: не позволяют проводить анализ сетей при большом (свыше 100) количестве элементов; используют критерий загруженности элемента, что не всегда даёт достоверный результат. Сформулированы современные требования к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций: в качестве интегральной оцениваемой характеристики сетей целесообразно применять производительность; при оценке производительности необходим учет «системного» параметра, отражающего интенсивность использования связей между элементами; целесообразно оценивать производительность на основе моделей исследуемых сетей массового обслуживания.

V.V. Evstafiev, N.V. Rudenko, A.S. Orlova

SUBSTANTIATION OF REQUIREMENTS TO DEFINITION ALGORITHMS NARROW PLACES OF TELECOMMUNICATIONS NETWORKS

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia

Key words: queuing networks, telecommunications networks, bottleneck diagnostics, requirements for bottleneck detection algorithms, performance.

The article considers the task of substantiating modern requirements for algorithms for determining bottlenecks of telecommunication networks based on an analysis of existing methods for determining bottlenecks. The following shortcomings of the existing methods were identified: they do not allow the analysis of networks with a large (over 100) number of elements; they use the criterion of congestion of the element, which does not always give a reliable result. The modern requirements to the algorithms for determining the bottlenecks of telecommunication networks are formulated: it is advisable to use performance as an integrated evaluated characteristic of networks; when evaluating performance, it is necessary to take into account the "system" parameter, which reflects the intensity of the use of connections between elements; it is advisable to evaluate performance based on the models of the studied queuing networks.

Введение.

Стремительно развивающиеся современные сети телекоммуникаций (сети связи *NGN* и пост-*NGN*) объединяют возможности телефонных сетей общего пользования, систем подвижной связи, систем передачи данных и других сетей, что требует их согласованного функционирования, в том числе при постоянно изменяющей нагрузке [1]. Варьирование нагрузки и используемых ресурсов предполагает и внедрение стандартов 5*G*. Международные стандарты 5*G* после утверждения некоммерческим консорциумом 3*GPP* обеспечивают технологическую основу в будущем сетевым операторам «нарезать» и передавать мощности сетей 5*G* контрагентам (виртуальным операторам) [2]. Наличие узких мест (УМ) в таких сетях сигнализируют о несогласованности характеристик тех или иных элементов относящихся к различным ресурсам объединенных в единую систему.

В высокоорганизованных системах именно взаимосвязи между компонентами (а не компоненты сами по себе) определяют в большей мере качественные характеристики целостности [3]. Результат диагностики узких мест позволяет конкретизировать причины ограничений, а, следовательно, после их снятия (частично или полностью) появляется возможность более полно использовать потенциальные возможности системы.

Таким образом, определение узких мест проектируемых и эксплуатируемых технических объектов и систем телекоммуникаций являлась актуальной научно-технической задачей. Поэтому следует рассмотреть вопросы формализации критериев, использование которых позволит реализовать алгоритмы определения УМ.

Цель работы состоит в том, чтобы обосновать современные требования к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций на основе анализа существующих способов определения узких мест.

Результаты исследований. Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- выполнить анализ существующих способов определения узких сетей телекоммуникаций;
- сформулировать современных требований к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций.

Анализ существующих способов определения узких мест сетей телекоммуникаций. Известен способ диагностирования узких мест (УМ) системы (производственных процессов) [4] предполагающий выявление УМ по визуальному наблюдению производственного процесса с уточнением следующих характеристик:

- наивысшая загрузка элемента – УМ (отношение интенсивности обслуживания к интенсивности входного потока);

- наименьшая мощность, объем производства ограничен возможностями УМ;
- в УМ оборудование и персонал загружены полностью;
- очереди и заторы деталей, полуфабрикатов и т. п. на обработку (обслуживание) в УМ.

Также в работе [4] утверждается, что производственная мощность зависит от структуры производственных процессов и что следует заботиться о соответствии производственных процессов структуре производимой продукции. Но при этом процедуры учета зависимостей и обеспечения соответствия не приводится.

Способ диагностирования УМ рассматриваемый в статье [5] позволяет выявлять УМ в архитектуре локальных сетей, а также недостатки прикладного программного обеспечения (ПО), следствием которых оказывается не эффективное использование пропускной способности сервера и сети. Предполагается использовать для диагностики программные анализаторы протоколов, например, *Observer* компании *Network Instruments*. Измеряется утилизация элементов сети – степень (доля) использования ресурса, элемента. Если утилизация элемента (ресурса) превышает допустимое значение, то этот элемент (ресурс) является УМ. Определение и влияние УМ на общую производительность сети только констатируется утверждением, что из-за УМ пропускная способность сети оказывается неадекватно низкой. Необходимая на практике возможность анализа систем (сетей) при большом количестве элементов и (или) при любой произвольной конфигурации не рассматривается.

Указанные недостатки ранее рассмотренных способов частично устраняются в работе [6], где показано, что использование аппарата систем массового обслуживания (СМО) при анализе бизнес процессов позволяет решить задачу анализа УМ, определять среднее количество обслуживающих устройств, загрузки элементов СМО и среднее время пребывания заявки в сети (т.е. производительность сети). УМ создается узлом, у которого коэффициент загрузки приближается к единице. В ходе проведения эксперимента на предлагаемой модели мультиагентного процесса преобразования ресурсов формируется статистика, учет которой обеспечивает диагностику УМ. Несмотря на то, что аппарат СМО обеспечивает возможность анализа систем любой конфигурации, в то же время ограничивает анализ систем при большом количестве элементов.

В отличие от способа диагностирования УМ рассматриваемом в работе [6], способ диагностирования УМ предлагаемый в статье [7], хотя, как и предыдущие осуществляют поиск УМ по критерию загрузки элементов, но показывает как, не прибегая к моделированию, используя операционный анализ вероятностных СМО можно получить расчетные характеристики на уровне средних значений.

Таким образом, рассмотренные подходы к диагностированию УМ [4-7] по совокупности обладают следующими недостатками:

- не позволяют проводить анализ систем (сетей) при большом (свыше 100) количестве элементов, что особенно актуально при анализе современных телекоммуникационных и производственных систем;
- используют критерий загруженности элемента как индикатор для включения этого элемента в список узких мест, однако, на практике не всегда самый нагруженный элемент наибольшим образом ограничивает более полное использование потенциальных возможностей анализируемых систем. Такое происходит, если самый нагруженный элемент имеет низкую долю участия в общем функционировании системы.

Современные требования к алгоритмам определения узких мест.

1. Для сетей телекоммуникаций использование потенциальных возможностей имеющихся ресурсов может быть отражено в оценке производительности. Ведь именно с точки зрения улучшения производительности в большинстве случаях производят диагностирование УМ. Причем, в качестве первичного индекса производительности следует выбрать индекс реактивности - $\overline{t}$. Эта интегральная характеристика (среднее время пребывания заявки, требования, фрагмента потока в сети) наиболее информативна для систем, работающих в реальном масштабе времени.

2. При оценке производительности необходимо учитывать некий «системный» параметр (а не только параметры характеризующие элементы системы сами по себе) отражающий взаимодействие элементов при функционировании всей системы. Для сетей телекоммуникаций учет структуры недостаточен. Ведь помимо учета факта взаимодействия элементов необходимо знать, как интенсивно используется эта связь между элементами.

3. Для обеспечения анализа систем (сетей) любой конфигурации и при большом количестве элементов следует использовать модель открытой сети массового обслуживания (СеМО). Теория СеМО была разработана как дальнейшее развитие теории СМО, в том числе, с целью снятия ограничения по анализу систем с большим количеством элементов. Модель открытой СеМО позволяет последовательно используя аналитические зависимости вычислять значения коэффициентов при неизвестных членах системы линейных уравнений, корнями которой являются интенсивности входного потока в элементы сети. Далее, также используя аналитические зависимости, вычисляется производительность сети, конкретно индекс реактивности - $\overline{t}$.

Для повышения точности оценки можно использовать теорию второго порядка для СеМО, где необходимо второй раз решать (предварительно вычислив коэффициенты при неизвестных членах) систему линейных уравнений, корнями которого являются значения коэффициентов вариации между поступлениями заявок (требований, фрагментов потока) в элемент. Лишь затем, используя аналитические зависимости определять значение производительности сети – $\overline{t}$. Например, использовать алгоритм УДН (Университет дружбы народов) из теории второго порядка для СеМО при оценке ($\overline{t}$), в соответствии с ниже приведенными выражениями (1) – (12) для открытой СеМО, представленной на рисунке 1. Открытая СеМО более наглядно отражает процесс телекоммуникаций. По сравнению с результатами статистического моделирования относительная погрешность оцениваемых с помощью алгоритма УДН характеристик находится в пределах (0,3 – 4,7)% [8].

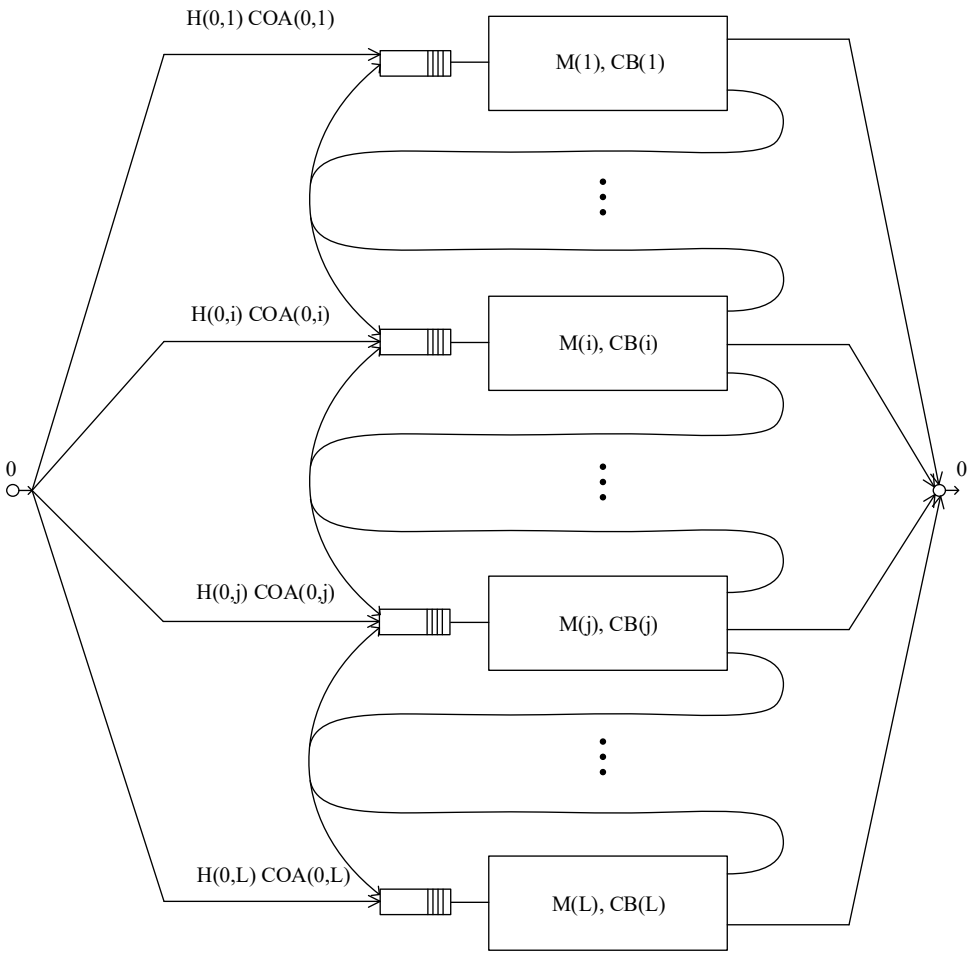


Рисунок 1. Представление анализируемой сети в виде открытой СеМО

Алгоритм УДН определяется отображением

$$\Gamma_1 : X_1 \to \overline{t}, X_1 = \{M, Q, CB, COA, HO\}, \quad (1)$$

где $\overline{t}$ – производительность сети, индекс реактивности;

$M = \{M(i)\}, i = \overline{1, L}$ – вектор производительностей элементов сети (интенсивностей обслуживания элементами входных потоков).

L – количество элементов сети;

$Q = \{q(i, j)\}, i = \overline{0, L}, j = \overline{0, L}$ – маршрутная матрица,

q(i,j) – вероятность того , что заявка (требование) после обслуживания в элементе *i* поступит на обслуживание в элемент *j*;

$CB = \{CB(i)\}, i = \overline{1, L}$ – вектор коэффициентов вариации распределения интервалов времени между окончаниями обслуживания заявок (требования);

$COA = \{COA(0, i)\}, i = \overline{1, L}$ – вектор коэффициентов вариации распределения интервалов времени между поступлениями заявок (требований) в элемент от источника заявок;

H0 – скаляр, интенсивность источника заявок.

В этом отображении в качестве системного параметра используется маршрутная матрица, отражающая распределение потоков в сети и тем самым характеризующая роль каждого элемента в общем функционировании сети.

В силу эргономичности сети и неразложимости матрицы Q вектор интенсивностей общего потока заявок $H = \{H(i)\}, i = \overline{1, L}$ в элементы сети удовлетворяет системе уравнения равновесия.

$$H(i) - \sum_{K=1}^{L} H(K) \cdot q(K,i) = HO \cdot q(0,i), i = \overline{1, L}, \quad (2)$$

Рассмотрим дополнительные переменные:

$$FB(i) = M(i) \cdot \left[CB^2(i) - 1 \right], i = \overline{1, L}; \quad (3)$$

$$FOA(0,i) = HO \cdot q(0,i) \cdot \left[COA^2(i) - 1 \right], i = \overline{1, L}; \quad (4)$$

$$FA(i) = H(i) \cdot \left[CA^2(i) - 1 \right], i = \overline{1, L}; \quad (5)$$

$$p(i) = \frac{H(i)}{M(i)}, i = \overline{1, L}. \quad (6)$$

FA(i) являются корнями системы линейных алгебраических уравнений вида:

$$FA(i) - \sum_{K=1}^{L} FA(K) \cdot \left[1 - p^2(i) \right] \cdot q^2(K,i) = FOA(0,i) + \sum_{K=1}^{L} FB(K) \cdot p^2(i) \cdot q^2(K,i), \quad (7)$$

$i = \overline{1, L}$

Среднее время ожидания заявки (требования) в очереди элемент $i, i = \overline{1, L}$ определяется выражением:

$$W(i) = \frac{p(i)}{2M(i) \cdot \left[1 - p(i) \right]} \cdot \left[CA^2(i) + CB^2(i) \right] \cdot g\left[p(i), COA(i), CB(i) \right], \quad (8)$$

$$g\left[p(i), CA(i), CB(i) \right] = \begin{cases} \exp\left\{ -\frac{2\left[1 - p(i) \right]}{3 \cdot p(i)} \cdot \frac{1 - CA^2(i)}{CA^2(i) + CB^2(i)} \right\}, при\ CA(i) \le 1 \\ \exp\left\{ -\left[1 - p(i) \right] \frac{CA^2(i) - 1}{CA^2(i) + 4CB^2(i)} \right\}, при\ CA(i) > 1 \end{cases}, \quad (9)$$

Среднее время пребывания заявки в элементе $\overline{i} = \overline{1, L}$:

$$V(i) = W(i) + \frac{1}{M(i)}. \quad (10)$$

Определим параметр, отражающий долю участия элемента сети обслуживании входного потока *H0*:

$$A(i) = \frac{H(i)}{HO}. \quad (11)$$

Тогда индекс реактивности определяется:

$$\overline{t} = \sum_{i=1}^{L} A(i) \cdot V(i) \quad . \qquad (12)$$

Выводы.

1. В результате анализа существующих способов определения узких мест сетей телекоммуникаций выявлены следующие их недостатки: не позволяют проводить анализ сетей при большом (свыше 100) количестве элементов; используют критерий загруженности элемента, что не всегда даёт достоверный результат.

2. Сформулированы современные требования к алгоритмам определения узких мест сетей телекоммуникаций:

- в качестве интегральной оцениваемой характеристики сетей целесообразно применять производительность;
- при оценке производительности необходим учет системного параметра, отражающего интенсивность использования связей между элементами;
- целесообразно оценивать производительность на основе моделей открытых сетей массового обслуживания.

Литература:

1. *Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е*. Сети связи пост-NGN. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 160 с.

2. Российские ученые разработают алгоритм, позволяющий операторам связи делить сети 5G [Электронный ресурс] //Наука. ТАСС. [сайт]. URL.: https://nauka.tass.ru/nauka/6700703 (дата обращения: 23.05.2020).

3. *Воскобойников А.Э.* Системные исследования: базовые понятия, принципы и методология. [Электронный ресурс]: информационно-гуманитарный портал «Знание. Понимание. Умение». 2013. №6. URL.: http://www.zpu-journal.ru/e-zpu/2013/6/Voskoboinikov_Systems-Research/ (дата обращения: 23.05.2020).

4. Совершенствование производственных процессов: принципы управления. [Электронный ресурс] // Библиотека Quality.eup.ru [сайт]. URL.: https:// quality.eup.ru/DOCUM4/spp.html (дата обращения: 23.05.2020).

5. *Юдицкий С., Подлазов В., Борисенко В.* «Узкие места» в локальных сетях [Электронный ресурс] // Журнал сетевых решений /LAN. 1998. №3. URL.: https://www.osp.ru/lan/1998/09/133684/(дата обращения: 23.05.2020).

6. *Ван Кай В.В., Аксенов К.А., Аксенова О.П., Киселёва М.В.* Использование аппарата операционного анализа вероятностных сетей для определения количества приборов обслуживания мультиагентной модели // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6290 (дата обращения: 26.05.2020).

7. *Томашевский В., Жданова Е.* Имитационное моделирование в среде GPSS. М.: Бестселлер, 2003. 416 с.

8. *Башарин Г.П., Бочаров П.П., Коган Я.А.* Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета. М.: Наука,1989. 336 с.

В.В. Пан, Н.В. Руденко

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ НИЗКООРБИТАЛЬНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: инфокоммуникационные системы, базовая станция сотовой связи, аэростат привязной, выбор оборудования, радиус зоны покрытия.

В статье рассмотрен вопрос реализации сотовой связи в труднодоступных районах Сибири и Дальнего Востока путём размещения базовых станций сотовой связи на привязных аэростатах на высотах 3,5-5 км. Показано, что такое размещение позволяет по сравнению со спутниками связи снизить стоимость проекта и продлить ресурс эксплуатации оборудования, а по сравнению с размещением на вышках позволяет сэкономить на линиях электропередачи и транспортной сети. Доказано, что при высоте подъема аэростата, равной 3,5 км, можно обеспечить связью территорию радиусом более 11 км, что более чем в 2 раза больше средней дальности действия базовых станций при стандартном размещении.

V.V. Pan, N.V. Rudenko

RESEARCH OF THE POSSIBILITY OF CREATING INFOCOMMUNICATION SYSTEMS ON THE BASIS OF LOW-ORBITAL AIRCRAFT

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia

Key words: info-communication systems, cellular base station, tethered balloon, equipment selection, coverage radius.

The article discusses the implementation of cellular communications in remote areas of Siberia and the Far East by deploying cellular base stations on tethered balloons at heights of 3.5-5 km. It is shown that this arrangement allows, as compared with communication satellites, to reduce the cost of the project and extend the life of the equipment, and compared with the placement on the towers, it saves on power lines and transport networks. It has been proved that with a balloon lift height of 3.5 km, it is possible to provide communications with a radius of more than 11 km, which is more than 2 times the average range of base stations with standard accommodation.

Введение.

В настоящее время развитие сотовой связи в России крайне неравномерно. В то время, когда в центральных районах России установлены вышки 4*G*, и интернет доступен каждому потребителю, в Сибири и на Дальнем Востоке потребители не имеют доступа даже к стандарту 3*G*. По данным Минкомсвязи, сотовой связи нет более чем в 30 тысячах российских населенных пунктов. Проблема связи в Сибири и на Дальнем Востоке стоит очень остро, и на сегодня имеющаяся инфраструктура не позволяет в полной мере ее решить. Это касается как магистральных каналов

связи с выходом в единую сеть страны, так и информационной инфраструктуры населенных пунктов. В результате 10% населения региона не имеет качественной, устойчивой связи, а в ее отсутствие вынуждено оплачивать высокую стоимость спутниковой связи. Доступ к интернету в Якутии имеют более 500 населенных пунктов, но лишь к 170 из них подведены волоконно-оптические линии [1]. Для сотовых операторов строительство и эксплуатация сети сотовой связи в селах и деревнях с населением менее 500 человек попросту нерентабельны, считают в управлении информатизации. И это мнение подтверждают сами операторы связи. Покрытие удаленных населенных пунктов осложняется отсутствием транспортной сети для подключения базовых станций [2].

Альтернативой наземной сети сотовой связи является спутниковая система связи. Однако этот путь имеет свои недостатки, основными из которых является более высокая стоимость проекта, ограниченный ресурс эксплуатации спутников (7-10 лет) [3] (после определенного периода работы спутники приходят в негодность и остаются в космосе в виде мусора [4]), невозможность технического обслуживания и доработки оборудования, размещённого на спутнике. В настоящее время проводятся опыты использования аэростатов для сотовой связи. Аэростаты можно спускать для обслуживания и модернизации оборудования. При полном выходе из строя, их можно утилизировать, не загрязняя при этом космическое пространство.

Таким образом, актуальным является использование аэростатов для развития сети сотовой связи и интернета.

Цель работы состоит в том, чтобы исследовать возможности создания инфокоммуникационных систем на базе низкоорбитальных летательных аппаратов.

Результаты исследований.

Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть следующие вопросы:

- предварительный выбор летательных аппаратов в качестве носителя инфокоммуникационного оборудования;
- выбор оборудования базовой станции сотовой связи (БССС), размещаемой на летательном аппарате;
- выбор оборудования системы поддержания температурно-влажностного режима;
- расчёт суммарной потребляемой мощности, общей массы оборудования и окончательный выбор летательного аппарата с учётом полезной массы груза;
- расчёт зоны покрытия БССС.

Предварительный выбор летательных аппаратов в качестве носителя инфокоммуникационного оборудования.

В отличие от космических спутников, которые после определенного периода работы приходят в негодность и остаются в космосе в виде мусора, аэростаты можно спускать для обслуживания и возможной модернизации. В крайнем случае, при полном выходе из строя, их можно утилизировать, не загрязняя при этом космическое пространство. Вокруг нашей планеты, на орбите находится огромное количество частиц космических аппаратов и ступеней ракет. Уже сейчас они представляют угрозу для орбитальных станций. Например, в мае 2016 года очень маленький осколок, размером всего в десятые или даже сотые доли миллиметра, оставил на стекле Международной космической станции скол диаметром около семи мм. По расчетам Европейского космического агентства, на низкой околоземной

орбите находится более 29 000 частиц более 10 см. Каждая из них при столкновении гарантированно уничтожит любой космический аппарат или орбитальную станцию [4].

В настоящее время проводятся опыты использования аэростатов для сотовой связи. В апреле 2015 года в новом лабораторно-испытательном корпусе (эллинге) ОАО «Долгопрудненского конструкторского бюро автоматики (ДКБА)» были успешно проведены заводские испытания привязного аэростата нового поколения с объёмом оболочки 3000 $м^3$, в конструкции которого использованы только отечественные комплектующие. Аэростат предназначен для подъёма полезной нагрузки массой 300 кг на статический потолок до 3500 метров и в зависимости от установленного оборудования может применяться для решения задач ретрансляции сигналов связи, развёртывания информационных сетей, видеонаблюдения. Аэростаты ОАО «ДКБА» представлены на рисунке 1 [5].

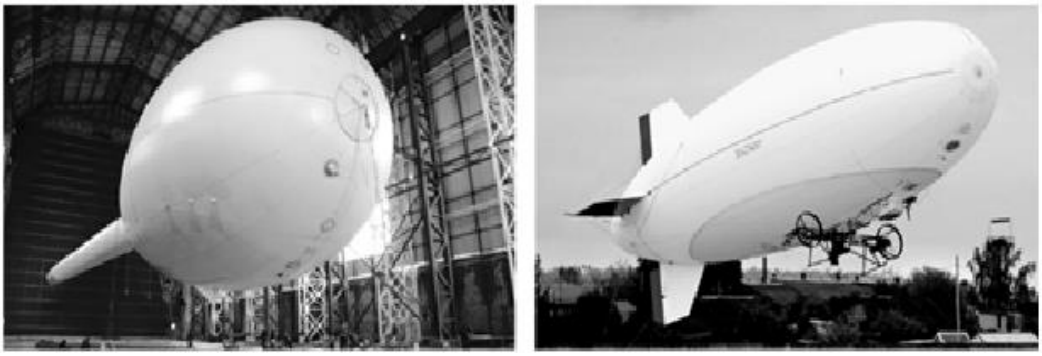


Рисунок 1. Аэростаты ОАО «ДКБА»

Использование дирижаблей имеет ряд преимуществ перед другими видами воздушной техники. Дирижабли могут поднять в воздух и транспортировать груз разного веса и габаритных размеров, они обеспечивают высокую степень безопасности. Для дирижабля не требуется специальной разгоночной площадки и жёстких погодных условий. То же самое относится и к посадочной площадке. Особенно актуальны эти возможности дирижаблей и аэростатов при освоении и обустройстве районов Сибири и Севера. В этих зонах не потребуется создания специальных поселений и инфраструктур, так как обслуживающий персонал на данных воздухоплавательных комплексах минимален. Кроме этого, используя аэростатную технику, можно помочь сбережению ресурсов планеты, сократить влияние человеческого фактора на природный ландшафт. С каждым годом экологическая тематика становится всё более актуальной с учётом развития технологий, и использование воздухоплавательной техники позволит сохранить экологию [5].

Выбор оборудования базовой станции сотовой связи.

В зависимости от выбранных параметров базовой станции определяется радиус покрытия сотовой связью. Радиус действия базовой станции *LTE* зависит от мощности излучения и теоретически не ограничен, а максимальная скорость передачи данных зависит от радиочастоты и удалённости от базовой станции. Теоретический предел для скорости в 1 Гбит/сек — от 3,2 км (2600 МГц) до 19,7 км (450 МГц). Большинство операторов в России работают в диапазонах 2600 МГц, 1800 МГц и 800 МГц (стандарт *LTE-FDD*). Базовые станции диапазона 800 МГц способны обеспечить такую скорость на расстоянии до 13,4 км. Диапазон 1800 МГц —

наиболее используемый в мире, он сочетает в себе высокую емкость и относительно большой радиус действия (6,8 км) [6].

Для обеспечения связи используем базовую стацию от компании 2*TEST*. Данное оборудование имеет возможность организовать покрытие 4*G* в радиусе более 12 км. Также используем приемо-передающую антенну *Kathrein* 80010804, работающую в разных частотных диапазонах [7]. Технические характеристики выбранной базовой станции и антенны представлены соответственно в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Технические характеристики базовой станции компании 2*TEST*

Пропускная способность канала	1,4, 5, 10, 15 или 20 МГц
Частотный диапазон (по каждому каналу)	диапазон частот 3GPP или конкретные частоты по запросу от 400 МГц до 4 ГГц
Совокупная пропускная способность	до 350 Мбит/с
Эксплуатационная температура	от -40 °C до +55 °C
Энергопотребление	основной модуль <80 Вт, выносной модуль <60 Вт
Вес	основной модуль <15 кг, выносной модуль <4 кг

Таблица 2. Технические характеристики антенны *Kathrein* 80010804

Вес	21 кг
Габариты, мм	1403 x 300 x 152
Частотный диапазон, МГц	790–862, 880–960, 1710–2170, 2490–2690
Макс мощность порта, Вт	500
Усиление, дБи	14,2-16,5
Поляризация	+45°, –45°
Максимальная мощность антенны, Вт	1 200
Коэффициент стоячей волны	<1,5
Сопротивление, Ом	50

Выбор оборудования системы поддержания температурно-влажностного режима. Для поддержания необходимых условий работы, таких как температура и влажность, воспользуемся приточно-вытяжной вентиляционной установкой *Zenit* 200 *heco*, которая разработана для эксплуатации при низких температурах. Оборудование имеет встроенный нагреватель, мощностью 1,5 кВт. Технические характеристики выбранной системы представлены в таблице 3 [8].

Таблица 3. Технические характеристики *Zenit*-200 *HECO*

Подключение воздуховодов [d мм/a*b*c мм]	160
Вес [кг]	28
Питание [В / Гц]	220 / 50
Максимальная мощность установки [Вт]	1800
Мощность вентилятора [Вт]	27
Класс фильтрации притока и вытяжки	F5 / F5

Продолжение Таблицы 3.

Максимальный ток [А]	8,0
Шум [дБ]	40
Защита от замерзания рекуператоров без использования электронагревателя	Да
Возврат влаги, отсутствие конденсата	Да
Стабильный КПД [%]	86
Производительность, $м^3$/ч	200
Эксплуатационная температура	до -35°С

Расчёт суммарной потребляемой мощности, общей массы оборудования и окончательный выбор летательного аппарата с учётом массы полезного груза. Рассчитаем потребляемую мощность и массу всего оборудования. Результаты приведены в таблице 4.

Таблица 4. Масса и энергопотребление используемого оборудования

Оборудование	Масса, кг	Энергопотребление, Вт
Базовая станция (основной модуль)	15	<80 Вт
Базовая станция (двухканальный выносной радиомодуль)	4	<60 Вт
Приточно-вытяжная вентиляционная установка *Zenit* 200 *heco*	28	<1800 Вт
Антенна приемо-передающая *Kathrein* 80010804, 3 шт.	63	0
Суммарное значение	110	1940 Вт

Следовательно, суммарная потребляемая мощность равна 1940 Вт, масса оборудования – 110 кг. С учетом этого в качестве аэростата можно использовать аэростатный комплекс «ПЕРЕСВЕТ», отечественную разработку Долгопрудненского конструкторского бюро автоматики. Оборудование имеет возможность подавать электроэнергию с дизель-электростанции на борт аэростата с помощью кабеля-каната. Характеристики указанного аэростата приведены в таблице 5 [9].

Таблица 5. Характеристики аэростатного комплекса «ПЕРЕСВЕТ»

Объем оболочки аэростата	3000 $м^3$
Максимальная рабочая высота	3500 м
Масса аэростата	1000 кг
Масса полезного груза	300 кг
Мощность электроэнергии, подаваемой на борт	4,5 кВт
Скорость сдавания аэростата	2 м/с
Скорость выбирания аэростата	2 м/с

Продолжение Таблицы 5.

Допустимый скоростной напор ветра на рабочей высоте	40 кгс/м^2
Скорость ветра при наполнении	8 м/с
Скорость ветра при сдавании и выбирании	15 м/с
Стоянка на рабочей высоте без подполнения газом	15 суток
Несущий газ	гелий
Количество членов расчета	8-11 чел.
Температура окружающего воздуха	-40...+40 °С
Скоростной напор что соответствует скорости ветра	до 40 кгс/м^2 25 м/с
Сдавание и выбирание аэростата при скорости ветра	не более 15 м/с
Скорость ветра при стоянке на земле	30 м/с

Максимальная масса полезного груза аэростата равна 300 кг. Мощность электроэнергии, подаваемой на борт – 4,5 кВт. Следовательно, выбранный аэростат полностью удовлетворяет требованиям оборудования.

Расчет зоны покрытия БССС. Максимальная высота подъема аэростата равна 3500 м. БССС имеет возможность организовать покрытие 4*G* в радиусе более 12 км. Рассчитаем радиус зоны покрытия $R_{зп}$. Иллюстрация расчета радиуса зоны покрытия показана на рисунке 2, где гипотенуза $R_{бс}$— это радиус зоны действия базовой станции, а противолежащий катет *H* – высота подъема аэростата.

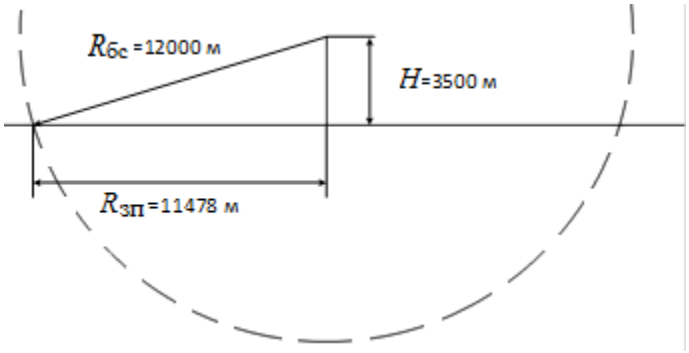


Рисунок 2. Иллюстрация расчета радиуса зоны покрытия

Известно, что радиус действия базовых станций, размещаемых на крышах домов или на стандартных вышках высотой 29 м [10], достигает 3-5 километров [11].

Таким образом, при высоте подъема аэростата, равной 3,5 км, можно обеспечить мобильной связью и интернетом территорию радиусом более 11 км, что более чем в 2 раза больше средней дальности действия базовых станций при стандартном размещении.

Выводы.

1. Проведенные расчеты показали целесообразность реализации сотовой связи в труднодоступных районах Сибири и Дальнего Востока путём размещения базовых станций сотовой связи на привязных аэростатах на высотах 3,5-5 км. Такое размещение позволяет по сравнению со спутниками связи снизить стоимость проекта и продлить ресурс эксплуатации оборудования, а по сравнению с

размещением на вышках позволяет сэкономить на линиях электропередачи и транспортной сети.

2. Расположение аэростатов на высоте, превышающей высоту вышек базовых станций, позволяет увеличить зону покрытия и, соответственно, - сэкономить на строительстве требуемого количества базовых станций и инфраструктуры к ним. Так при высоте подъема аэростата, равной 3,5 км, можно обеспечить связью территорию радиусом более 11 км, что более чем в 2 раза больше средней дальности действия базовых станций при стандартном размещении.

Литература:

1. Государство хочет охватить сотовой связью небольшие населенные пункты [Электронный ресурс]: URL: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/03/06/795756-sotovoi-svyazyu (дата обращения 20.05.2020 г.)

2. В данный момент абонент недоступен: как живут люди в 33 амурских селах, где нет сотовой связи [Электронный ресурс]: URL: https://www.amur.kp.ru/daily/26806/3841312/ (дата обращения 20.05.2020 г.)

3. Базовые станции сотовых операторов на картах [Электронный ресурс]: URL: https://tarifkin.ru/operatory/bazovye-stantsii-sotovyh-operatorov-na-kartah (дата обращения 20.05.2020 г.)

4. Космический мусор: вокруг Земли летают тысячи опасных объектов [Электронный ресурс]: URL: https://iz.ru/852256/mikhail-kotov/kosmicheskii-musor-vokrug-zemli-letaiut-tysiachi-opasnykh-obektov (дата обращения 20.05.2020 г.)

5. Дирижабли и аэростаты ОАО «ДКБА». Эксплуатация в контексте современности [Электронный ресурс]: URL: http://sib-ngs.ru/journals/article/203 (дата обращения 20.05.2020 г.)

6. Защищенные мобильные базовые станции 4*G* / *LTE* [Электронный ресурс]: URL: https://www.2test.ru/solutions/rossiyskoe-oborudovanie-dlya-postroeniya-setey-lte/3f0/2test_prezentatsiya_korporativnye-i-vedomstvennye-sistemy-lte_svyazi.pdf#zoom=page-width (дата обращения 20.05.2020 г.)

7. *TETRASKY* - Оборудование для профессионалов [Электронный ресурс]: URL: https://tetrasky.ru/p301136386-antenna-kathrein-80010804.html (дата обращения 6.05.2020 г.)

8. *TURKOV* – вентиляционное оборудование [Электронный ресурс]: URL: https://turkov.ru/catalog/pritochno_vytyazhnye_ustanovki_s_rekuperatsiey_tepla_i_vlagi/3809/ (дата обращения 20.05.2020 г.)

9. Долгопрудненское конструкторское бюро автоматики [Электронный ресурс]: URL: https://dkba.ru/projects/aerostatic-complex-peresvet (дата обращения 21.05.2020 г.)

10. Вышки сотовой связи. Портал Связь 2020 [Электронный ресурс]: URL: https://www.sviaz-expo.ru/ru/ui/17123/ (дата обращения 21.05.2020 г.).

11. *Львова Ю.* Как это работает. Базовые станции сотовых операторов в Воронежской области. Портал РИА Воронеж [Электронный ресурс]: URL: https://riavrn.ru/news/kak-eto-rabotaet-bazovye-stantsii-sotovykh-operatorov-v-voronezhskoy-oblasti/ (дата обращения 21.05.2020 г.)

И.А. Енгибарян[1], В.И. Юхнов[1], И.А. Федяев[2]

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СМЕЩЕНИЯ ЧАСТОТЫ НА ПРИЕМ ФАЗОМАНИПУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

[1]Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (ДГТУ), г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационно-телекоммуникационная система, фазоманипулированный сигнал, доплеровское смещение частоты, сигнальное созвездие, демодуляция сигнала.

Рассматриваются вопросы, позволяющие уточнять возможность правильной демодуляции фазоманипулированных сигналов в радиолинии между двумя движущимися объектами. Рассматриваются эффекты, связанные с влиянием доплеровского смещения частоты при передаче фазоманипулированных сигналов. Получены соотношения, устанавливающие зависимость между величиной доплеровского смещения частоты и величиной поворота сигнального созвездия.

I.A. Engibaryan[1], V.I. Yukhnov[1], I.A. Fediaev[2]

EVALUATION OF THE EFFECT OF FREQUENCY OFFSET ON THE RECEPTION OF PHASE-MANIPULATED SIGNALS

[1]Noth-Caucasian Branch of Moscow Technical University of Communication and Informatics, Rostov-on-Don, Russia
[2]Don State Technical University (DSTU), Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information and telecommunications system, phase-manipulated signal, Doppler frequency shift, signal constellation, signal demodulation.

Questions are considered that allow us to clarify the possibility of correct demodulation of phase-manipulated signals in a radio line between two moving objects. The effects associated with the influence of Doppler frequency shift in the transmission of phase-manipulated signals are considered. Relations are obtained that establish the relationship between the value of the Doppler frequency shift and the value of the rotation of the signal constellation.

Развитие информационно-телекоммуникационных систем, их широкое внедрение во все сферы человеческой деятельности обуславливают пристальное внимание к вопросам передачи сигналов между отдельными абонентами таких систем. Несмотря на глубокий и всесторонний анализ эффектов, связанных с передачей сигналов в информационно-телекоммуникационных системах, ряд ключевых моментов остаются недостаточно исследованными. К указанным вопросам, в первую очередь, можно отнести вопросы передачи фазоманипулированных сигналов между подвижными объектами. Наиболее актуальными данные вопросы являются для спутниковых систем связи.

Важность использования околоземного космического пространства требует повышения эффективности применения космических систем (КС) и комплексов (КК), функционирующих в данной области пространства. Добиться повышения отмеченной эффективности возможно не только путем увеличения числа космических аппаратов (КА) в составе таких систем и комплексов, но и реализацией свойств синергичности и эмерджентности. Последнее обеспечивается при установлении межспутниковых линий связи между отдельными КА, как в составе КС, так и КК.

К задачам, при решении которых установление межспутниковых линий связи может дать наибольший выигрыш, в первую очередь, можно отнести картографирование вопросы дистанционного зондирования Земли в интересах получения метеоданных о состоянии океана и атмосферы в различных точках в один момент времени и т.д. [1, 2].

Возможность организации таких линий связи определяется освоением частотных диапазонов десятков и сотен гигагерц, в которых массогабаритные параметры антенн и СВЧ-устройств будут снижены в десять и более раз по сравнению с антеннами других частотных диапазонов радиоволн. Однако переход в более высокочастотные диапазоны, с учётом скорости взаимного движения КА, будет приводить к увеличению доплеровского сдвига частоты несущей радиосигнала, вследствие чего может происходить срыв синхронизации в радиоканале и нарушению процесса демодуляции многопозиционных сигналов, получивших широкое применение в современных цифровых системах связи [3, 4].

Целью статьи является исследование ошибок демодуляции сигналов с фазовой манипуляцией, обусловленных доплеровским сдвигом частоты в межспутниковых каналах связи, включая эффекты уменьшения мощности принимаемого сигнала и поворота сигнального созвездия.

Рассмотрим радиолинию между двумя движущимися с относительной скоростью V объектами. При передаче информации с одного объекта на другой формируется высокочастотный сигнал

$$s_{пер}(t)=\sum_{k=0}^{K}A_k\cos\left(\omega_0\cdot t+\theta_k\right),\quad t\in\left[k\cdot T,(k+1)\cdot T\right] \tag{1}$$

где ω_0 - частота несущей; T - длительность импульса; θ_k начальная фаза сигнала в k-м импульсе; $A_k=\begin{cases}1, & t\in\left[k\cdot T,(k+1)\cdot T\right],\\ 0, & t\notin\left[k\cdot T,(k+1)\cdot T\right].\end{cases}$

С учётом наличия доплеровского сдвига частоты и шумов в радиолинии принимаемый сигнал может быть представлен в виде

$$s_{пр}(t)=\sum_{k=0}^{K}\left\{A_k\cos\left[\left(\omega_0+\Delta\omega_{доп}\right)\cdot t+\theta_k\right]+u_k(t)\right\}, \tag{2}$$

где $\Delta\omega_{доп}$ - доплеровский сдвиг частоты, обусловленный взаимным движением объектов; $u_k(t)$ - белый гауссовский шум в канале связи.

Принятый сигнал путём преобразований, связанных с переносом частоты, обрабатывается в синфазном и квадратурном каналах когерентного демодулятора.

Сигналы на выходах синфазного I и Q квадратурного каналов (на выходе соответствующего ФНЧ) могут быть представлены в виде

$$I_k = \frac{\sin\left(\frac{\Delta\omega_{доп}T}{2}\right)\cdot\cos\left(\frac{\Delta\omega_{доп}T+2\varphi_k}{2}\right)}{\Delta\omega_{доп}} + U_k^{(I)}, \quad (3)$$

$$Q_k = \frac{\sin\left(\frac{\Delta\omega_{доп}T}{2}\right)\cdot\sin\left(\frac{\Delta\omega_{доп}T+2\varphi_k}{2}\right)}{\Delta\omega_{доп}} + U_k^{(Q)}, \quad (4)$$

где $U_k^{(I)}$ и $U_k^{(Q)}$ - шумовые составляющие выходного сигнала в синфазном и квадратурном каналах.

На основе сигналов I_{int} и Q_{int} в решающем устройстве определяется значение начальной фазы φ_k в k-м импульсе передаваемого информационного сообщения в соответствии с соотношением

$$\psi_k = \text{arctg}\left(\frac{Q_k}{I_k}\right). \quad (5)$$

Получаемая на основе (3)-(5) оценка начальной фазы сигнала Φ_k в k-м импульсе информационного сообщения имеет вид

$$\Phi_k = \frac{\omega_{доп}\cdot T}{2} + \varphi_k + \delta\varphi_k. \quad (6)$$

Первое слагаемое $\delta = \Delta\omega_{доп}\cdot T/2$ в (6) определяет вклад доплеровского сдвига частоты в получаемое при демодуляции начальное значение фазы сигнала в k-м импульсе, третье слагаемое – вклад в значение начальной фазы, определяемый влиянием шумовых составляющих.

Влияние доплеровского смещения частоты проявляется в искажении формы сигнального созвездия. Как следует из соотношения (6) величина угла, на который будет повернуто фазовое созвездие при демодуляции фазоманипулированного сигнала с доплеровским сдвигом несущей частоты, определяется обобщённым параметром δ, а направление поворота – знаком этого параметра. Кроме того, из соотношения (6) следует, что, начиная с некоторого значения δ, возникающий поворот фазового созвездия не позволяет правильно демодулировать и соответственно декодировать принятый сигнал, так как происходит полная замена истинных состояний сигнала на соседние ложные позиции. Величина допустимого поворота фазового созвездия зависит от размера алфавита M манипулированного сигнала (числа возможных состояний). Таким образом, демодуляция и декодирование фазоманипулированного сигнала возможны, если

$$|\delta| < \frac{\pi}{2M}. \quad (7)$$

Как правило, в каналах связи заранее известна длительность импульса информационного сообщения. В соответствии с этим наибольший практический интерес будут представлять исследования зависимостей, в которых рассматриваются:

- оценки фазы Φ_k при демодуляции фазоманипулированного сигнала от доплеровского сдвига несущей частоты;

- оценки фазы Φ_k при демодуляции фазоманипулированного сигнала от длительности импульса.

В частности, ниже в таблице 1 приведены результаты исследований, полученные при проведении исследований по второму пункту для длительности импульса $T = 2,7 мкс$. используемого в межспутниковых каналах системы связи MILSTAR [5].

Таблица 1. Модуль допустимого доплеровского смещения частоты для различных *M*.

Число символов M в алфавите PSK сигнала	Модуль допустимого доплеровского смещения частоты, Гц
16	$1,5 \cdot 10^5$
32	$7,3 \cdot 10^4$
64	$3,6 \cdot 10^4$
128	$1,8 \cdot 10^4$
256	$9,1 \cdot 10^3$

Таким образом, на основе выполненных исследований получены следующие результаты:

1. Путём аналитических преобразований получена математическая модель, устанавливающая для радиоканала между двумя движущимися объектами зависимость между доплеровским смещением частоты и углом поворота фазового созвездия для фазоманипулированного сигнала. Представленная модель показывает, что поворот фазового созвездия определяется обобщенным параметром в виде произведения доплеровского смещения частоты на длительность импульса.

2. Исследования, выполненные с использованием разработанной математической модели, показали, что допустимое доплеровское смещение частоты обратно пропорционально длительности импульса манипуляции и числу символов *M* в алфавите фазоманипулированного сигнала. Указанные зависимости должны учитываться при выборе параметров каналов спутниковой радиосвязи.

Литература:

1. *Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г. В*. Спутниковые сети связи: Учеб. Пособие / – М.: «Альпина Паблишер», 2004. – 536 с.

2. *Спилкер Дж.* Цифровая спутниковая связь. Пер. с англ. / Под ред. В. В. Маркова. – М.: Связь, 1979. – 592 с.

3. *Белов С.П., Рачинский С.А., А.С. Белов, Ан.С. Белов, Ефимов Н.О.* О влиянии доплеровского сдвига частоты на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами // Научные ведомости. Серия Экономика. Информатика. 2017. № 9(258). Вып. 42. С. 179-186.
4. *Панько С.П., Поляк М.Г.* Исследование битовых ошибок, обусловленных эффектом Доплера // Космическое приборостроение. 2018. № 2 (24). С. 105-110.
5. Спутник связи Вооружённых сил США MILSTAR https://en.wikipedia.org/wiki/Milstar.

[1]А.Т. Аль-Обайди, [2]Н.В. Болдырихин, [2]И.В. Решетникова, [2]И.П. Рыбалко

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ IOT-СЕТЕЙ

[1]Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
[2] Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: система, управление, мониторинг, IoT- сети, информационные системы, интернет вещей.

Рассмотрены особенности функционирования, принципы построения информационных систем IoT- сетей. Проанализированы достоинства таких систем и перспективы их использования.

[1]A.T. Al-Obaydi, [2] N.V. Boldyrikhin, [2]I.V. Reshetnikova, [2]I.P. Rybalko

PRINCIPLES OF BUILDING IOT-NETWORKS

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia
[2]North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Key words: system, control, monitoring, IoT networks, information systems, Internet of things.

The features of functioning, principles of building information systems of IoT networks are considered. The advantages of such systems and the prospects for their use are analyzed.

Термин «Интернет вещей» [1-8] был придуман Кевином Эштоном в 1999 году. В этой парадигме обычные бытовые и промышленные устройства и объекты предполагаются как интеллектуальные вычислительные устройства, подключенные к Интернету и способные общаться с пользователями и другими подобными устройствами.

Интернет вещей развивается быстрыми темпами, благодаря доступности недорогих аппаратных средств. IoT влияет на нашу жизнь сегодня, так как объем и разнообразие потоков больших данных из IoT расширяется и развиваются аналитические технологии. Многие отрасли используют Интернет вещей для анализа потребностей клиентов в режиме реального времени, повышения оперативности, улучшения качества обслуживанния, оптимизации операций и поиска инновационных способов работы в рамках своих усилий по цифровому преобразованию среды обитания [1-3,5].

В 2013 году Глобальная инициатива по стандартам Интернета вещей (IoT-GSI) определила IoT как «инфраструктуру информационного общества. Интернет вещей (IoT) представляет собой систему взаимосвязанных вычислительных устройств, механических и цифровых машин, объектов, животных или люди, которым предоставлены уникальные идентификаторы и возможность передавать данные по сети, не требуя взаимодействия человека с человеком или человека с компьютером. IoT развился от конвергенции беспроводных технологий, микроэлектромеханических систем (MEMS), микросервиссов и сети интернет.

Особое место в концепции Интернета вещей уделяется технологии M2M, т.е. от машины к машине. Данная технология отличается от IoT по объему и области. Обычно они ограничены в доступности и поставляются с предопределенными операционными привязками на основе данных. Подходящим примером будут производственные единицы и их связь с различными встроенными датчиками [1,3,4,6-7].

M2M — это технология, которая позволяет отслеживать состояние и управлять устройствами и оборудованием из любой точки мира, автоматизировать бизнес-процессы и сокращать расходы и обеспечивает:

- получение данных о показателях счетчиков и количестве расходных материалов в режиме реального времени;
- информирование о неисправностях оборудования и нецелевом использовании транспорта без выезда на место;
- снижение хищения и сокращение расходов за счет более ответственного поведения сотрудников;
- удаленный доступ к корпоративным ресурсам с помощью зашифрованного канала передачи данных;
- контроль и управление расходами;
- бесперебойный обмен данными между оборудованием.

Технологии M2M широко применяются в системах автоматического управления производством. В настоящее время большинство процессов, выполняемых в промышленности, автоматизировано или механизировано. Существует огромное количество систем для автоматизированного мониторинга и управления.

Типичное решение IoT должно анализировать данные, сгенерированные с датчиков на многих различных типах устройств IoT, чтобы получить представление. Чтобы эти устройства могли обмениваться данными с облачными службами или приложениями, они должны подключаться к сети либо напрямую, либо через шлюзовое устройство [1].

В настоящее время реализуется ряд инициатив по стандартизации IoT-архитектур для улучшения взаимодействия. Ряд поставщиков платформы IoT и партнеров по исследованиям совместно осуществляют эти инициативы для определения эталонной архитектуры IoT. Эталонная архитектура описывает ключевые строительные блоки, используемые в IoT-решении в качестве основы

архитектуры, и отвечает за определение общих терминов, которые представляют ключевые архитектурные концепции. Инициативы по стандартизации IoT-архитектур используют широкий спектр существующих решений для определения эффективных шаблонов проектирования и лучших практик.

Рассмотрим некоторые широко упоминаемые эталонные архитектуры IoT.

Стандарт IEEE P2413 для архитектурной структуры IoT [8]. Этот текущий проект стандартизации IEEE охватывает такие области IoT, как производство, интеллектуальные здания, интеллектуальные города, интеллектуальные транспортные системы, интеллектуальные сети и здравоохранение. Цель состоит в том, чтобы определить общие черты между ними.

Промышленная эталонная архитектура интернета (IIRA) [7]: IIRA была разработана Консорциумом индустриального интернета с особым акцентом на промышленные приложения IoT. Индустриальный интернет-консорциум - это консорциум, основанный в 2014 году AT & T, Cisco, General Electric, IBM и Intel.

Эталонные архитектуры могут использоваться в качестве шаблонов для разработки решений IoT. Хотя перечисленные выше архитектуры описывают только компоненты архитектуры IoT и роль каждого компонента на высоком уровне, они могут быть более конкретными путем сопоставления абстрактных требований с конкретными технологиями или технологическими стеками. Компоненты эталонной архитектуры IoT:

- устройства и управление данными;
- связь и общение;
- аналитика и приложения.

Кроме того, эталонные архитектуры обычно описывают механизмы для решения нефункциональных требований: гибкость, надежность, качество обслуживания, совместимость и интеграция.

Устройства и управление данными. Аспект управления устройством в эталонной архитектуре касается устройства, его идентификации и жизненного цикла, управления потоками данных от устройств.

Связь и общение. Управление соединениями и двусторонняя связь между устройствами, между устройствами и шлюзами, а также между шлюзами и облачными службами и приложениями также являются важными функциями, которые часто описываются в эталонных архитектурах IoT.

Аналитика и приложения. Для извлечения пользы из данных, отправляемых с устройств IoT, облачные приложения предоставляют инструменты визуализации и аналитики, которые обрабатывают потоки данных или пакеты данных. В зависимости от варианта использования вы также можете запускать оповещения и предпринимать действия в ответ с помощью инструментов управления решениями и бизнес-процессов.

Литература:

1. Ли П. Архитектура интернета вещей / пер. с анг. М. А. Райтмана. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 454 с.

2. IoT 101: The Essential Guide to the Internet of Things / First Edition, Leverege LLC, 2018.

3. Калачев, А.В. Аппаратные и программные решения для беспроводных сенсорных сетей : курс лекций / Калачев А.В. — Москва : Интуит НОУ, 2016. — 241 с. — URL: https://book.ru/book/917560 (дата обращения 25.05.2020)

4. Кремлев А. С., Титов А. В., Щукин А. Н. Проектирование систем интеллектуального управления домашней автоматикой. Элементы теории и

практикум //СПб.: НИУ ИТМО. – 2014. / URL: https://controlengrussia.com/besprovodny-e-tehnologii/putivoditel-iot-2/ (дата обращения 22.12.19)
5. Что такое IIoT? / URL: https://www.hpe.com/ru/ru/what-is/industrial-iot.html (дата обращения 22.12.19)
6. Josephsen David. Building a Monitoring Infrastructure with Nagios. Prentice Hall, 2007.
7. Industrial internet reference architecture https://iiconsortium.org/IIRA.htm (дата обращения 23.02.19).
8. P2413.1 - Standard for a Reference Architecture for Smart City (RASC) https://standards.ieee.org/project/2413_1.html (дата обращения 23.02.19).

В.Г. Кобак*, Ю.П. Липченко*, А.А. Пешкевич*, А.Г. Жуковский

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОММИВОЯЖЕРА МОДИФИЦИРОВАННОЙ МОДЕЛЬЮ ГОЛДБЕРГА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АЛГОРИТМАХ ФОРМИРОВАНИЯ НАЧАЛЬНОГО ПОКОЛЕНИЯ

*Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова. Задача коммивояжера, обыкновенный граф, длина пути, модель Голдберга, формирование начального поколения, случайный алгоритм, жадный алгоритм, тестовый граф, вычислительный эксперимент, оптимум.

В данной работе рассмотрено решение задачи коммивояжера модифицированной моделью Голдберга. Показано что решение задачи зависит от того как формируется начальное поколение. На тестовом графе проведен вычислительный эксперимент доказывающий зависимость качества решения от формирования начального поколения при разных количествах повторов и особей.

V.G. Kobak*, Yu.P. Lipchenko*, A.A. Peshkevich*, A.G. Zhukovskiy

INVESTIGATION OF THE SOLUTION OF THE TRAVELING SALESMAN PROBLEM BY THE MODIFIED GOLDBERG MODEL WITH VARIOUS ALGORITHMS FOR THE FORMATION OF THE INITIAL GENERATION

*Don state technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords. Traveling salesman problem, ordinary graph, path length, Goldberg model, initial generation formation, random algorithm, greedy algorithm, test graph, computational experiment, optimum.

In this paper, we consider the solution of the traveling salesman problem using the modified Goldberg model. It is shown that the solution of the problem depends on how the initial generation is formed. A computational experiment was performed on the test graph to prove the dependence of the quality of the solution on the formation of the initial generation for different numbers of repetitions and individuals.

Задача о коммивояжёре – traveling salesman problem (TSP, ЗКВ) – является NP-сложной задачей дискретной оптимизации. Ее обычно формулируют на графах и звучит она следующим образом: найдите гамильтонов цикл наименьшей стоимости во взвешенном полном графе [1,2]. Т.е. необходимо выйдя из начальной вершины, посетить каждую вершину графа ровно один раз и вернуться в начальную по кратчайшему пути. Для решения задачи коммивояжера существует множество алгоритмов, как точных, так и приближенных, однако необходимо отметить, что даже для средней размерности задачи, решение точным методом практически невозможно. Для простого варианта симметричной задачи коммивояжера с n городами существует $\frac{(n-1)!}{2}$ всевозможных маршрутов. Иными словами, для задачи из 13 городов необходимо найти оптимальный путь из более чем 3-х миллиардов маршрутов, а для 30 городов число маршрутов возрастает до $4{,}420880997\times10^{3}$. Поэтому вместо точных обычно пользуются приближенными алгоритмами, которые позволяют найти близкое к точному решение задачи за приемлемое время.

В данной статье решение задачи коммивояжера произведено генетическим алгоритмом, который является приближенным и существует в рамках научного направления Natural Computing — «Природные вычисления», которое объединяет математические методы и основы принятия решений в живой природе.

Генетические алгоритмы представляют собой методы эволюционного моделирования, ключевым подходом которого является замена процесса моделирования сложного объекта моделированием его эволюции.

При использовании генетического алгоритма необходимо формализовать задачу так, чтобы ее решение можно было представить в виде хромосомы.

Новизна данной работы заключается в использовании различных алгоритмов при формировании начального поколения и сравнительном анализе получившихся решений при использовании модифицированной модели Голдберга.

Модель Голдберга состоит из следующих шагов:

- инициализация, или выбор исходной популяции хромосом;
- оценка приспособленности хромосом в популяции – расчет функции приспособленности для каждой хромосомы;
- проверка условия остановки алгоритма;
- селекция хромосом – выбор тех хромосом, которые будут участвовать в создании потомков для следующей популяции;
- применение генетических операторов – мутации и скрещивания;
- формирование новой популяции;
- выбор «наилучшей» хромосомы.

Модифицированная модель Голдберга отличается от классической использованием различных мутаций, кроссоверов, различными видами селекции и в этой работе различными подходами формирования начального поколения [3,4].

Для выполнения поставленной задачи была выбрана среда разработки Visual Studio 2015. Язык программирования C#. Этот язык относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщенные типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML. C# разрабатывался как язык программирования прикладного уровня для CLR и, как таковой, зависит, прежде всего, от возможностей самой CLR. [4,5] Это касается, прежде всего, системы типов C#, которая отражает BCL

В рамках сравнения различных подходов формирования начального поколения при решении задачи коммивояжера модифицированной моделью Голдберга были поставлены вычислительные эксперименты, позволяющие получить статистику решений и оценить эффективность работы алгоритма.

Для решения поставленной задачи реализованы пять вариаций формирования начального поколения генетического алгоритма: случайное, жадным алгоритмом, где следующая вершина выбирается минимальной, жадным алгоритмом, где следующая вершина выбирается максимальной, жадным алгоритмом, где следующая вершина выбирается случайным способом, алгоритмом, где следующая вершина выбирается случайным способом и жадным случайным.

Эксперименты проводились на тестовом графе из пакета TSP_LIB Гейдельбергского университета, Гейдельберг, Германия. Первый тестовый граф представляет 51 город. Расстояния между городами представлены в виде матрицы расстояний [13], где $a_{i,j} = a_{j,i}$ – расстояние между городами i и j. Результаты вычислительного эксперимента представлены в таблице 1, где в первом столбце описаны базовые параметры генетического алгоритма, такие как количество повторов и количество особей. Причем приведены как средние значения (алгоритм запускался несколько раз), так и лучшие. Также отражено сколько раз находилось точное решение или решение, отстоящее от точного на единицу. Столбцы со второго по шестой показывают результаты при различных подходах формирования начального поколения. Из полученных результатов можно сделать ряд выводов:

1. С увеличением количества повторов и количества особей увеличивается точность генетического алгоритма, причем независимо от алгоритма формирования начального поколения.
2. Формирование начального поколения случайным способом дает результаты наиболее близкие к оптимуму.

Таблица 1.

500	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	452,05	478,25	455,54	453,63	453,52
Лучшее	430	477	438	432	428
Мин, попаданий	1	75	3	1	1
Мин+1, попаданий	0	0	0	0	0
1000	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	445,22	477,4	450,38	447,69	447,28
Лучшее	426	477	433	432	427
Мин, попаданий	1	92	1	1	2
Мин+1, попаданий	0	0	0	0	0
2000	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	442,06	477	445,44	443,84	442,87
Лучшее	427	477	431	432	427
Мин, попаданий	5	100	1	1	2
Мин+1, попаданий	2	0	0	0	1
3000	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	441,03	477	443,08	441,36	440,76
Лучшее	427	477	427	427	427
Мин, попаданий	4	100	1	2	7
Мин+1, попаданий	0	0	0	0	2
4000	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	440,07	476,98	442,52	441,39	440,83
Лучшее	427	476	432	427	427
Мин, попаданий	4	2	1	2	3
Мин+1, попаданий	1	98	2	3	1
5000	Случайно	Жадный мин	Жадный макс	Жадный случайный	Случайный + жад случайный
Среднее	438,86	476,99	441,73	440,08	440,26
Лучшее	427	476	431	427	427
Мин, попаданий	7	1	1	4	5
Мин+1, попаданий	1	99	1	1	1

Литература:

1. Задача коммивояжера // Википедия – Свободная энциклопедия URL https://ru.wikipedia.org/wiki/ Задача_коммивояжера.

2. Трансвычислительная задача // Википедия – Свободная энциклопедия URL https://ru.wikipedia.org/wiki/

3. Кобак В.Г, Жуковский А.Г., Пешкевич А.А. Сравнение путевого и порядкового подходов при решении задачи коммивояжёра модифицированной моделью голдберга. Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2017. – №1. С. 3-7.

4. Кобак В.Г, Рудова И. Ш. Возможности использования элитных особей при решении задачи коммивояжера моделью Голдберга. Вестник Донского государственного технического университета – 2016.- №2.
5. Кобак В.Г, Жуковский А.Г., Кузин А.П. Исследование модификаций турнирного отбора при решения неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга. Электронный научно-технический журнал «Инженерный вестник Дона»

В.Г. Кобак*, В.М. Поркшеян*, Р.С. Шкабрий*, С.А. Швидченко

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ПЛОТНИКОВА-ЗВЕРЕВА И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ ПРИ РЕШЕНИИ НЕОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

*Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова. Неоднородная минимаксная задача, приближенные методы решения, алгоритм Плотникова-Зверева , алгоритм с барьером, метод минимальных элементов, программный модуль, вычислительный эксперимент, оптимум.

В данной работе рассмотрено решение неоднородной минимаксной задачи различными приближенными алгоритмами. Показано что решение задачи зависит от того каким алгоритмом решается задача. Был проведен вычислительный эксперимент, доказывающий зависимость качества решения от приведенных в данной работе модификаций алгоритма Плотникова Зверева.

V.G. Kobak *, V.M. Porksheyan*, R.S. Shkabriy*, S.A. Shvidchenko

INVESTIGATION OF THE PLOTNIKOV-ZVEREV ALGORITHM AND ITS MODIFICATIONS IN SOLVING AN INHOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM

*Don state technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords. Inhomogeneous minimax problem, approximate solution methods, Plotnikov-Zverev algorithm, barrier algorithm, minimal element method, software module, computational experiment, optimum.

In this paper, we consider the solution of an inhomogeneous minimax problem by various approximate algorithms. It is shown that the solution of the problem depends on the algorithm used to solve the problem. A computational experiment was performed to

prove the dependence of the quality of the solution on the modifications of the Plotnikov-Zverev algorithm given in this paper.

В данной работе рассматривается решение неоднородной минимаксной с использованием нескольких вариантов модификаций алгоритма Плотникова-Зверева. Был проведен вычислительный эксперимент, который выявил преимущество использования алгоритма «с переменным барьером».

Планирование – процесс принятия решений, используемый во многих производственных процессах и сферах обслуживания. Оно представляет собой распределение ресурсов по задачам в соответствии с заданными временными периодами, и ориентировано на оптимизацию одной или нескольких целей. В разных случаях ресурсы и задачи могут принимать множество различных форм. Ресурсами могут являться станки в цеху, взлетно-посадочные полосы в аэропорту, рабочие на стройплощадке, процессоры вычислительного оборудования, и так далее. Соответственно, задачами могут быть операции производственного процесса, взлеты и посадки в аэропорту, этапы строительного проекта, выполнение компьютерных программ, и так далее. Цели также могут принимать множество различных форм. В одном случае целью может являться минимизация времени завершения последней задачи, в другом – минимизация количества задач, выполненных после ожидаемого срока их завершения. В связи с этим возникает потребность в способах распределения ресурсов по задачам наиболее эффективным способом. Одним из таких способов является алгоритм, Плотникова-Зверева модификации которого мы рассмотрим в данной работе. Математическая постановка задачи приведена в работе [1,2].

Модифицированный алгоритм Плотникова-Зверева с использованием переменного барьера можно описать в виде последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Формируется матрица заданий, строки сортируются по сумме элементов в порядке убывания.

Шаг 2. В каждой строчке находится минимальный элемент.

Шаг 3. Высчитывается барьер: сумма минимальных элементов каждой строки делится на количество процессов.

Шаг 4. Используется метод минимальных элементов до тех пор, пока один из столбцов не упрется в барьер, строка, которая упирается в барьер распределяется способом Плотникова-Зверева, далее возвращаемся к методу минимальных элементов до тех пор, пока опять не упремся в барьер.

Функционирование алгоритма с переменным барьером можно представить на рис. 2 используя в качестве примера матрицу, изображенную на рис. 1. Матрица заданий сортируется по сумме элементов строк, и высчитывается барьер D по сумме минимальных элементов строк, делится на количество процессов и полученное значение округляется в большую сторону [3,4,5].

17	**19**	**20**
20	11	17
16	12	18
20	10	14
19	11	13
11	18	13
14	13	15
15	15	10
11	16	11

D =(17+11+12+10+11+11+13+10+11)/3=36

Рисунок 1. Отсортированная матрица заданий с подсчетом барьера.

17	**19**	**20**
20	11	17
16	12	18
20	10	14
19	11	13

17	33	13
11	18	13
14	13	15

28	33	28
15	15	10

28	33	38
11	16	11

39	33	38

Max = 39

Рисунок 2. Выполнение алгоритма с переменным барьером.

В данной работе рассмотрим и сравним работу и эффективность четырех методов нахождения приближенных решений минимаксной задачи. В рамках исследования алгоритмов поставили вычислительные эксперименты, позволяющие собрать статистику решений различными способами [6,7,8]. Для этого был разработан программный модуль, позволяющий выполнять вычислительные эксперименты и набирать статистику. Для проведения вычислительного

эксперимента был использован компьютер под управлением Windows 10 Pro x64. В качестве аппаратного обеспечения использовался компьютер со следующей конфигурацией: четырех ядерный процессор Intel Core i5-9300H, 8 гигабайт оперативной памяти формата DDR4, запоминающее устройство SSD формата M2. Для проведения вычислительного эксперимента было написано программное средство на языке программирования C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio 2019 [19,10]. Эксперименты проводились на 1000 различных матрицах усредненные результаты, которых приведены в таблице 1.

Таблица №1

Алгоритм	M*N					
	7*75	8*98	12*260	15*450	18*678	20*800
Плотникова-Зверева	146	164	272	366	451	473
Мин. элементов	182	209	376	544	726	805
С барьером	134	151	251	340	421	445
С переменным барьером	132	148	246	333	413	436

Таким образом, обобщив результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать вывод что модификация «с переменным барьером» значительно превосходит по эффективности решения неоднородной минимаксной задачи, самым неэффективным является метод минимальных элементов.

Литература:

1. Алексеев О.Т. Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987г.

2. Коффман Э.Г. (ред.) Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984.

3. Титов Д.В., Кобак В.Г. Анализ подходов к улучшению результатов работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей Всерос. научно-техн. конф.– Пенза: ПДЗ, 2008. – С. 76-78.

4. Каширина, И.Л. Введение в эволюционное моделирование / И.Л. Каширина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007.

5. Кобак В.Г., Поркшеян В.М. и Кузин А.П. Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант». 2017. №10. С. 26-29.

6. Кобак В.Г., Жуковский А.Г. и Кузин А.П. Исследование применения одноточечного кроссовера при решении неоднородной минимаксной задачи, Электронный научный журнал //Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/.

7. Кобак В. Г. Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, В.В. Кобак // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 4(47) . — С. 474–479.

8. Кобак В. Г. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, О.А.

Золотых, А.Н. Ростов // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2016. — Технические науки, № 1 . — С. 41–46.

9. Аль-Хулайди А.А., Чернышев Ю.О. Разработка параллельного алгоритма нахождения оптимального решения транспортной задачи на кластере // Инженерный вестник Дона. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/.

10. Нетёсов А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации // Инженерный вестник Дона 2011. №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/.

***В.Г. Кобак, *В.В. Шевченко, А.Г. Жуковский, Л.М. Колдынская**

АНАЛИЗ РАБОТЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ С ЭЛИТНЫМИ ОСОБЯМИ

*Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова. Однородная минимаксная задача, приближенные методы решения, модифицированный алгоритм Голдберга, начальное поколение, элитные особи, программный модуль, вычислительный эксперимент, оптимум.

В данной работе рассмотрено решение однородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга. Показано что решение задачи зависит от того каким алгоритмом формируется начальное поколение. Был проведен вычислительный эксперимент, доказывающий зависимость качества решения от приведенных в данной работе формирований элитных особей.

***V.G. Kobak, *V.V. Shevchenko, A.G. Zhukovskiy, L.M. Koldynskaya**

ANALYSIS OF THE GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING A HOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM WITH ELITE INDIVIDUALS

*Don state technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords. Homogeneous minimax problem, approximate solution methods, modified Goldberg algorithm, initial generation, elite individuals, software module, computational experiment, optimum.

In this paper, we consider the solution of a homogeneous minimax problem by a modified Goldberg model. It is shown that the solution of the problem depends on the

algorithm used to form the initial generation. A computational experiment was performed to prove the dependence of the quality of the solution on the formations of elite individuals given in this paper.

Планирование — процесс принятия решений, используемый во многих производственных процессах и сферах обслуживания. Представляющее собой распределение ресурсов по задачам. Решением такого рода экстремальных задач комбинаторного типа занимается теория расписаний. В рамках теории расписаний исследуются методы, позволяющие упорядочить последовательность выполнения совокупности работ таким образом, чтобы время выполнения задачи в целом было минимальным.

Рассмотрим математическую постановку однородной минимаксной задачи. Имеется система обслуживания, состоящая из N независимых устройств. На обслуживание поступает набор из заданий $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_m\}$. $\tau(t_i, p_j)$ – длительность обслуживания задания t_i устройством матрицей T_τ. При этом каждое задание должно выполняться хотя бы на одном из процессоров. В каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания и выполнение задания не прерывается для передачи на другой процессор. Необходимо определить такое распределение заданий по устройствам без прерываний, чтобы время выполнения всей совокупности заданий было минимальным. Критерий минимизации времени завершения обслуживания заданий, является минимаксным критерием и определяется в следующем виде: , где $f_j = \sum_{\tau(t_i,p_j)\in T} \tau(t_i, p_j)$ – время завершения работы процессора p_j [1, 4].

Для решения поставленной задачи используются различные алгоритмы, позволяющие получить точное или приближенное решение. В данной работе в качестве базового алгоритма для решения неоднородной минимаксной задачи возьмем модифицированную модель Голдберга [5, 6, 7], в которой по очереди первым родителем становится каждая особь, а второй родитель выбирается случайным образом. Из 2-х получившихся потомков выбирается сильнейший, и, если он лучше первого родителя, то становится на его место [3, 9, 10].

Распишем этот алгоритм пошагово:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, оцениваем каждую особь на выживаемость.

Шаг 2. Производим скрещивание и мутацию для каждой особи поочередно.

Шаг 3. Проверяем условие окончания алгоритма (неизменность лучшего решения на протяжении заданного количества повторений). Иначе переходим к шагу 2.

Шаг 4. Лучшую особь определяем, как решение [8,9,10].

Вторая модификация модели Голдберга — применение элиты. В нашем случае количество элитных особей равно 1. Элитная особь не изменяется кроссовером и не мутирует, но участвует в формировании новых особей, как особь, из которой берут гены. Если элитная особь становится слабее любой другой особи в поколении, ее место занимает сильнейшая. В данной работе элитная особь будет сформирована тремя способами: случайным, методом критического пути и алгоритмом по направлению.

Для определения эффективности алгоритмов был реализован программный комплекс, с помощью которого проведены эксперименты с алгоритмами и их модификациями, используя для исследования различное количество параллельно работающих устройств и заданий. Количество различных матриц для расчета средних значений было сгенерировано равное 200. Диапазон параметров, который

работа может принимать при выполнении на процессоре, — [20; 30]. Вероятность кроссовера и вероятность мутации — 1, т.е. выполняется в любом случае. Количество особей в популяции — 200 и 500. Количество повторений лучшего решения — 200 и 500.

Сравниваемые алгоритмы:

Алгоритм 1 — генетический алгоритм модификация модели Голдберга, элитная особь в первом поколении которого создается случайно, в последствии элитной считается лучшая особь в поколении.

Алгоритм 2 — генетический алгоритм модификация модели Голдберга элитная особь в первом поколении которого создается с помощью алгоритма критического пути (матрица заданий не отсортирована).

Алгоритм 3 — генетический алгоритм модификация модели Голдберга элитная особь в первом поколении которого создается с помощью алгоритма по направлению (матрица заданий не отсортирована).

Результаты вычислительного эксперимента для однородной минимаксной задачи представлены в таблице 1, где показаны средние значения для количества задач M и процессоров N.

Таблица 1.

N*M	Модификации алгоритма			
	Статистика	1	2	3
2*73	200*200			
	Среднее значение	913.826	913.826	913.826
	Среднее время(МС)	137.56	129.83	135.33
	500*500			
	Среднее значение	913.826	913.826	913.826
	Среднее время(МС)	580.32	626.08	611.89
3*73	200*200			
	Среднее значение	609.3	609.306	609.3
	Среднее время(МС)	260.57	274.55	257.81
	500*500			
	Среднее значение	609.3	609.3	609.3
	Среднее время(МС)	307.65	303.62	326.35

Продолжение Таблицы 1.

4*73	200*200			
	Среднее значение	457.333	457.373	457.326
	Среднее время(МС)	539.63	525.13	530.01
	500*500			
	Среднее значение	456.96	456.94	456.98
	Среднее время(МС)	453.63	457.17	506.77
5*73	200*200			
	Среднее значение	367.81	367.88	367.90
	Среднее время(МС)	565.28	563.47	537.53
	500*500			
	Среднее значение	367.14	367.21	367.16
	Среднее время(МС)	543.24	513.4	467.74
6*73	200*200			
	Среднее значение	308.026	308.993	308.173
	Среднее время(МС)	447.75	487.29	418.05
	500*500			
	Среднее значение	307	307.16	307.14
	Среднее время(МС)	496.13	511.68	491.11
7*73	200*200			
	Среднее значение	266.07	266.106	266.286
	Среднее время(МС)	460.25	439.18	409.66
	500*500			
	Среднее значение	264.95	265.12	265.05
	Среднее время(МС)	495.26	479	471.36

Как видно из результатов, представленных в таблице №1, модель Голдберга с различными ее модификациями сильно зависят от количества повторов и количества особей. Чем больше количество особей и количество повторов, тем точнее результат. Вариант элиты с лучшей особью создаваемой случайно дает результаты более близкие к точному решению.

Литература:

1. Головкин Б.А. Расчет характеристик и планирование параллельных вычислительных процессов. Москва: Радио и связь, 1983. С. 216.
2. Кобак В.Г., Титов Д.В. Исследование турнирного отбора в генетическом алгоритме для решения однородной минимаксной задачи // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ — 21: сб. трудов Междунар. науч. конф. — Саратов. 2008. №.2. С. 12.
3. Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Кузин А.П. Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант». 2017. №10. С. 26-29.
4. Аль-Хулайди А.А., Чернышев Ю.О. Разработка параллельного алгоритма нахождения оптимального решения транспортной задачи на кластере // Инженерный вестник Дона. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/.
5. Нетёсов А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации // Инженерный вестник Дона. 2011. №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/.
6. Курейчик В. М., Кныш Д. С. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: сб. науч. тр. V Междунар. науч.- практ. конф., Москва: Физматлит, 2009. С. 41-51.
7. Goldberg D. Genetic Algorithms In Search, Optimization, and Machine Learning. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989. pp. 28-33.
8. Affenzeller M., Wagner S., Winkler S., Beham A. Genetic Algorithms and Genetic Programming: Modern Concepts and Practical Applications. USA: CRC Press, 2009. P. 364.
9. Каширина И.Л. Введение в эволюционное моделирование. Воронеж, 2007. С. 40.
10. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы. Астрахань: Астраханский университет, 2007. С. 87.

В.Г. Кобак*, **Р.С. Шкабрий***, **А.Г. Жуковский, Л.М. Колдынская**

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА ПЛОТНИКОВА-ЗВЕРЕВА «С ПЕРЕМЕННЫМ БАРЬЕРОМ» ПРИ РАЗНЫХ СПОСОБАХ СОРТИРОВКИ ЭЛЕМЕНТОВ

*Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский технический университет связи и
информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова. Модификация алгоритма Плотникова-Зверева, неоднородная минимаксная задача, принцип переменного барьера, задания, ресурсы,

вычислительный эксперимент, различные способы сортировки, Эффективность алгоритма.

В данной работе исследуется модификация алгоритма Плотникова-Зверева «с переменным барьером» разными способами сортировки для решения неоднородной минимаксной задачи. Был проведен вычислительный эксперимент, который выявил преимущество использования алгоритма при сортировке сумм элементов строк по убыванию, а также по убыванию минимальных элементов после перехода барьера.

V.G. Kobak*, R.S. Shcabriy*, A.G. Zhukovskiy, L.M. Kadynskaya

INVESTIGATION OF MODIFICATION OF THE PLOTNIKOV-ZVEREV ALGORITHM "WITH A VARIABLE BARRIER" FOR DIFFERENT METHODS OF SORTING ELEMENTS

*Don state technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keyword. modification of the Plotnikov-Zverev algorithm, inhomogeneous minimax problem, variable barrier principle, tasks, resources, computational experiment, various sorting methods, algorithm efficiency.

In this paper, we study a modification of the Plotnikov-Zverev algorithm "with a variable barrier" by different sorting methods for solving a non-uniform minimax problem. A computational experiment was conducted that revealed the advantage of using the algorithm when sorting the sums of row elements in descending order, as well as in descending order of the minimum elements after crossing the barrier.

При решении ряда определенных задач существенное влияние оказывает порядок, в котором функциональные операторы выполняются. Решением такого рода экстремальных задач комбинаторного типа занимается теория расписаний. В рамках теория расписаний исследуются методы, позволяющие упорядочить или другими словами определить последовательность выполнения совокупности работ таким образом, чтобы время выполнения задачи в целом было минимальным. Задача получения оптимального упорядочивания работ относится к NP-полным задачам, трудоемкость решения которой определяется как $O(n^m)$, где O- временная асимптотическая сложность алгоритма, а n,m- целое число больше единицы. Практическая актуальность решения таких задач определяется возможностью экономии машинного времени.

В терминах теории расписаний распределительная задача может быть сформулирована следующим образом. Имеется система обслуживания, состоящая из N независимых устройств $P=\{p_1,p_2,...,p_n\}$. На обслуживание поступает конечный поток M – множество независимых параллельных заданий (функциональных операторов) $T=\{t_1,t_2,...,t_m\}$. $\tau(t_ip_j)$ – длительность обслуживания задания t_i устройством p_j, определяется матрицей T_τ. Приборы в общем случае не идентичны, задание t_i может быть обслужено любым из устройств, и устройство p_j может обрабатывать одновременно не более одного задания. Необходимо определить такое

распределение заданий по устройствам без прерываний, чтобы время выполнения всей совокупности заданий было минимальным. Критерий минимизации времени завершения обслуживания заданий, является минимаксным критерием и определяется в следующем виде: $f = \max_{1 \le j \le n} f_j \to \min$, где $f_j = \sum_{\tau(t_i p_j) \in T} \tau(t_i p_j)$ – время завершения работы процессора p_j [1,2,3].

Для решения поставленной задачи используются различные алгоритмы, позволяющие получить точное или приближенное решение. В данной работе в качестве базового алгоритма для решения неоднородной минимаксной задачи возьмем алгоритм Плотникова-Зверева [4,5,6].

Модифицированный алгоритм Плотникова-Зверева с использованием переменного барьера с различной сортировкой до барьера и после можно описать в виде последовательности следующих шагов:

Шаг 1. Формируется матрица заданий, строки сортируются по сумме элементов в порядке убывания.

Шаг 2. В каждой строчке находится минимальный элемент.

Шаг 3. Высчитывается барьер: сумма минимальных элементов каждой строки делится на количество процессов.

Шаг 4. Используется метод минимальных элементов до тех пор, пока один из столбцов не упрется в барьер.

Шаг 5. Сортируется остаточная матрица по минимальным элементам строк в порядке убывания.

Шаг 6. Строка, которая упирается в барьер распределяется способом Плотникова-Зверева, далее возвращаемся к методу минимальных элементов до тех пор, пока опять не упремся в барьер.

Для определения, какая из модификаций эффективнее был проведен вычислительный эксперимент семи способов сортировки на модификации алгоритма [7,8]. Плотникова-Зверева «с переменным барьером» для нахождения приближенных решений минимаксной задачи [9,10]. В рамках данного исследования поставили вычислительные эксперименты, позволяющие собрать статистику решений различными способами. Для проведения вычислительного эксперимента было написано программное средство на языке программирования C++ в среде разработки Microsoft Visual Studio 2019. Эксперименты проводились на 1000 различных матрицах усредненные результаты которых приведены в таблице 1.

Таблица №1

Сортировка	M*N					
	2*73	2*173	3*73	3*173	4*73	4*173
Без сортировки	619	1455	378	878	269	620
Сортировка по убыванию сумм строк	616	1449	375	872	266	615
Сортировка по возрастанию сумм строк	614	1442	376	871	270	619
Сортировка по убыванию минимальных элементов	628	1473	384	891	273	630

Продолжение Таблицы 1.

Сортировка по возрастанию минимальных элементов	613	1440	374	868	267	614
Сортировка по убыванию мин элементов после барьера	615	1449	374	873	266	617
Сортировка по возрастанию мин элементов после барьера	621	1458	380	881	271	624

Таким образом, обобщив результаты, приведенные в таблице 1, можно сделать вывод, что способ сортировки по возрастанию мин элементов превосходит по эффективности на часто используемых количествах процессов до 5 для решения неоднородной минимаксной задачи, однако сортировка по убыванию мин элементов после барьера более эффективна, чем Сортировка по возрастанию мин элементов после барьера.

Литература:

1. Алексеев О.Т. Комплексное применение методов дискретной оптимизации – М.: Наука, 1987г.

2. Коффман Э.Г. (ред.) Теория расписаний и вычислительные машины. – М.: Наука, 1984.

3. Титов Д.В., Кобак В.Г. Анализ подходов к улучшению результатов работы генетического алгоритма при решении однородной минимаксной задачи. // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. статей Всерос. научно-техн. конф.– Пенза: ПДЗ, 2008. – С. 76-78.

4. Каширина, И.Л. Введение в эволюционное моделирование / И.Л. Каширина. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 2007.

5. Кобак В.Г., Поркшеян В.М. и Кузин А.П. Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант». 2017. №10. С. 26-29.

6. Кобак В.Г., Жуковский А.Г. и Кузин А.П. Исследование применения одноточечного кроссовера при решении неоднородной минимаксной задачи, Электронный научный журнал //Инженерный вестник Дона. 2018. №1. URL: http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4714/.

7. Кобак В. Г. Методический подход к улучшению работы генетического алгоритма в однородной минимаксной задаче / В.Г. Кобак, Д.В. Титов, В.В. Кобак // Вестник Дон. гос. техн. ун-та. — 2010. — Т. 10, № 4(47) . — С. 474–479.

8. Кобак В. Г. Повышение эффективности генетического алгоритма на базе модели Голденберга за счет применения элиты / В.Г. Кобак, А.Г. Жуковский, О.А. Золотых, А.Н. Ростов // Известия вузов. Северо-кавказский регион. — 2016. — Технические науки, № 1 . — С. 41–46.

9. Аль-Хулайди А.А., Чернышев Ю.О. Разработка параллельного алгоритма нахождения оптимального решения транспортной задачи на кластере // Инженерный вестник Дона. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/.

10. Нетёсов А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации // Инженерный вестник Дона 2011. №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/.

В.Г. Кобак*, В.В. Шевченко*, А.Г. Жуковский, С.А. Швидченко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПОДХОДОВ К ФОРМИРОВАНИЮ НАЧАЛЬНОГО ПОКОЛЕНИЯ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ ПРИ РЕШЕНИИ ОДНОРОДНОЙ МИНИМАКСНОЙ ЗАДАЧИ

*Донской государственный технический университет,
Ростов-на-Дону, Россия
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Московский технический университет связи и
информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова. Генетический алгоритм, начальное поколение, модифицированная модель Голдберга, приближенные алгоритмы, списочный подход, случайный подход, вычислительный эксперимент, элитная особь, мутация, кроссовер.

В статье рассмотрено сравнение различных подходов к формированию начального поколения в однородной минимаксной задачи при использовании модифицированной модели Голдберга. Для автоматизации проведения анализа и сравнения подходов реализовано программное средство. С его помощью были проведены эксперименты, получены результаты и проведено сравнение эффективности подходов к начальному поколению.

V.G. Kobak*, V.V. Shevchenko*, A.G. Zhukovskiy, S.A. Shvidchenko

USING DIFFERENT APPROACHES TO THE FORMATION OF THE INITIAL GENERATION IN A GENETIC ALGORITHM FOR SOLVING A HOMOGENEOUS MINIMAX PROBLEM

*Don state technical University, Rostov-on-Don, Russia
North Caucasian branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keyword. Genetic algorithm, initial generation, modified Goldberg model, approximate algorithms, list approach, random approach, computational experiment, elite individual, mutation, crossover.

The article discusses the comparison of different approaches to the formation of the initial generation in a homogeneous minimax problem using a modified Goldberg model. A software tool is implemented to automate the analysis and comparison of approaches. It

was used to conduct experiments, obtain results, and compare the effectiveness of approaches to the initial generation.

Введение. Планирование — процесс принятия решений, используемый во многих производственных процессах и сферах обслуживания. Представляющее собой распределение ресурсов по задачам. Построение оптимального расписания распределения заданий по процессорам относится к задачам NP-полным, т.е. трудоемкость решения распределительной задачи определяется по экспоненте как $O(n^m)$, где O – временная асимптотическая сложность алгоритма, а n и m – целые числа больше единицы, обозначающие количество устройств и заданий соответственно, которые задают размерность распределительной задачи nm. Решением такого рода экстремальных задач комбинаторного типа занимается теория расписаний. В рамках теории расписаний исследуются методы, позволяющие упорядочить последовательность выполнения совокупности работ таким образом, чтобы время выполнения задачи в целом было минимальным.

Постановка задачи. Задача теории расписаний для однородных систем обработки информации может быть сформулирована следующим образом. Имеется система обслуживания, состоящая из N независимых устройств $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$. На обслуживание поступает набор из M параллельных и независимых заданий $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$. $\tau(t_i, p_j)$ – длительность обслуживания задания t_i устройством p_j, определяется матрицей T_τ. При этом каждое задание должно выполняться хотя бы на одном из процессоров. В каждый момент времени отдельный процессор обслуживает не более одного задания и выполнение задания не прерывается для передачи на другой процессор. Необходимо определить такое распределение заданий по устройствам без прерываний, чтобы время выполнения всей совокупности заданий было минимальным. Задача составления расписания сводится к разбиению исходного множества заданий на n непересекающихся подмножеств, т.е $T_i: \forall\, i,j \in [1,n] \to T_i \cap T_j = 0$ и $\bigcup_{i=1}^{n} T_i = T$. Критерий минимизации времени завершения обслуживания заданий, является минимаксным критерием и определяется в следующем виде: $f = \max\limits_{1 \le j \le n} f_j \to min$, где $f_j = \sum_{\tau(t_i, p_j) \in T} \tau(t_i, p_j)$ – время завершения работы процессора p_j [1, 2,3,4].

Методы решения распределительной задачи. Методы решения однородных распределительных задач можно разбить на два класса. Первый класс – это точные методы, к которым относятся метод полного перебора, алгоритм Романовского, алгоритм Алексеева. Второй – приближенные методы. Списочные методы – метод критического пути, алгоритм Пашкеева и др. Эвристические методы – генетические алгоритмы, метод отжига, метод роящихся частиц и др. Для получения оптимального решения однородной распределительной задачи используются точные методы решения. С увеличением размерности, в силу ее NP-полноты, а также при сужении диапазона ресурсных оценок распределяемых заданий оптимальное решение за доступное время может стать недостижимым. В этой ситуации приходится ориентироваться на быстрые, но приближенные методы, позволяющие получить решение близкое к оптимальному, такие, как генетические алгоритмы

Базовые генетические алгоритмы (ГА). Для решения поставленной задачи используются различные алгоритмы, позволяющие получить точное или приближенное решение. В данной работе в качестве базового алгоритма для решения неоднородной минимаксной задачи возьмем модифицированную модель Голдберга [5, 6, 7], в которой по очереди первым родителем становится каждая особь, а второй

родитель выбирается случайным образом. Из 2-х получившихся потомков выбирается сильнейший, и, если он лучше первого родителя, то становится на его место [3, 9, 10].

Распишем этот алгоритм пошагово:

Шаг 1. Формируется начальное поколение, оцениваем каждую особь на выживаемость.

Шаг 2. Производим скрещивание и мутацию для каждой особи поочередно.

Шаг 3. Проверяем условие окончания алгоритма (неизменность лучшего решения на протяжении заданного количества повторений). Иначе переходим к шагу 2.

Шаг 4. Лучшую особь определяем, как решение [8,9,10].

Вторая модификация модели Голдберга — применение элиты. В нашем случае количество элитных особей равно 1. Элитная особь не изменяется кроссовером и не мутирует, но участвует в формировании новых особей, как особь, из которой берут гены. Если элитная особь становится слабее любой другой особи в поколении, ее место занимает сильнейшая. В данной работе элитная особь будет сформирована тремя способами: случайным, методом критического пути и алгоритмом по направлению.

Анализ модификаций. Для определения эффективности алгоритма был реализован программный комплекс, с помощью которого проведены эксперименты с алгоритмами и их модификациями, используя для исследования различное количество параллельно работающих устройств и заданий. Начальное поколение в каждом варианте запуска формируется по-своему с использованием списочных алгоритмов.

Списочные алгоритмы, используемые в формировании начальных поколений:

A. Случайное формирование.

B. Критический путь (в порядке убывания).

C. Критический путь (в порядке возрастания).

D. Алгоритм Пашкеева.

Способы формирования начального поколения в различных вариантах запуска.

1 способ формирования — начальное поколение формируется из особей, сформированных полностью случайно.

2 способ формирования — начальное поколение формируется из особей, сформированных с помощью всех четырех вышеописанных алгоритмов. Особи располагаются по очереди формирования каждым из алгоритмов.

3 способ формирования — начальное поколение формируется из особей, сформированных с помощью всех четырех вышеописанных алгоритмов. Особи располагаются по последовательностям сформированными одним из алгоритмов, числом особей в последовательности равно количеству алгоритмов.

3 способ формирования — начальное поколение формируется из особей, сформированных с помощью всех четырех вышеописанных алгоритмов. Особи формируются с использованием случайно выбранного алгоритма.

Схема формирования вариантов запуска представлена на схеме 1.

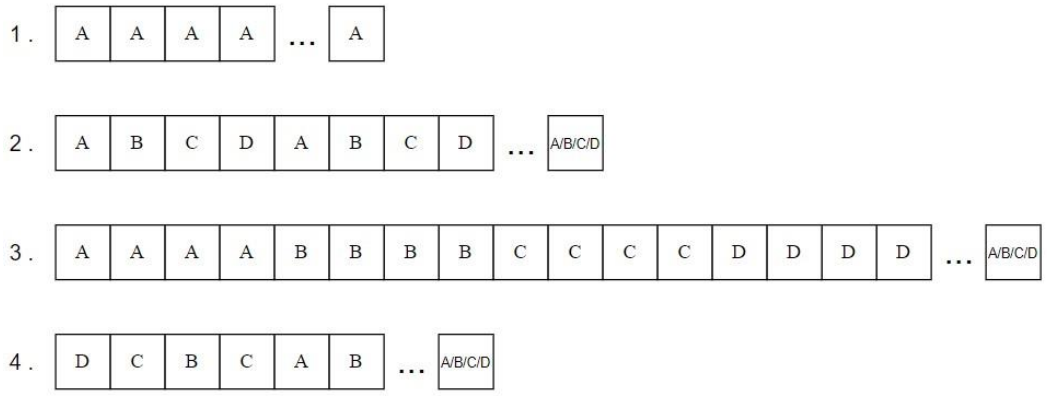


Схема 1. Формирование начальных поколений.

Количество различных матриц для расчета средних значений было сгенерировано равное 200. Диапазон параметров, который работа может принимать при выполнении на процессоре, — [20; 30]. Вероятность кроссовера и вероятность мутации — 1, т.е. выполняется в любом случае. Количество особей в популяции — 200 и 500. Количество повторений лучшего решения — 200 и 500.

Результаты вычислительного эксперимента для однородной минимаксной задачи. В таблице 1 представлены средние значения для количества задач M и процессоров N.

Таблица 1.

N*M	Модификации алгоритма				
	Статистика	1	2	3	4
2*73	200*200				
	Среднее значение	912.215	912.215	912.215	912.215
	Среднее время(МС)	814,52	891,56	893,52	894,02
	500*500				
	Среднее значение	912.215	912.215	912.215	912.215
	Среднее время(МС)	257,59	548,48	538,43	533,67
3*73	200*200				
	Среднее значение	609.715	609.775	609.78	609.795
	Среднее время(МС)	255,34	162,66	160,49	151,18
	500*500				
	Среднее значение	609.715	609.735	609.725	609.725
	Среднее время(МС)	463,12	523,9	526,08	521,78

Продолжение Таблицы 1.

4*73	200*200				
	Среднее значение	456.705	457.05	457.105	457.03
	Среднее время(МС)	533,8	323,97	327,7	311,2
	500*500				
	Среднее значение	456.335	456.695	456.69	456.685
	Среднее время(МС)	489,18	532,6	533,51	531,43
5*73	200*200				
	Среднее значение	367.785	368.62	368.655	368.565
	Среднее время(МС)	562,52	426,15	434,07	427,34
	500*500				
	Среднее значение	367.075	368	368.13	368.165
	Среднее время(МС)	511,97	376,55	391,74	353,96
6*73	200*200				
	Среднее значение	307.91	308.09	308.145	308.155
	Среднее время(МС)	464,98	566,92	529,57	549,66
	500*500				
	Среднее значение	306.8	307.37	307.685	307.345
	Среднее время(МС)	517,73	487,16	479	496,14
7*73	200*200				
	Среднее значение	266.145	266.71	266.81	266.735
	Среднее время(МС)	460,32	602,95	634,29	629,1
	500*500				
	Среднее значение	265.05	266.125	266.235	265.84
	Среднее время(МС)	494,6	487,16	505,68	458,16

Заключение.

Из таблицы видно, что случайное формирование начального поколения при работе модифицированной модели Голдьерга дает результаты более близкие к оптимуму.

Литература:

1. Головкин Б.А. Расчет характеристик и планирование параллельных вычислительных процессов. Москва: Радио и связь, 1983. С. 216.

2. Кобак В.Г., Титов Д.В. Исследование турнирного отбора в генетическом алгоритме для решения однородной минимаксной задачи // Математические методы в технике и технологиях — ММТТ — 21: сб. трудов Междунар. науч. конф. — Саратов. 2008. №.2. С. 12.

3. Кобак В.Г., Поркшеян В.М., Кузин А.П. Использование различных вариантов мутации при решении неоднородной минимаксной задачи

модифицированной моделью Голдберга // Научно практический журнал «Аспирант». 2017. №10. С. 26-29.

4. Аль-Хулайди А.А., Чернышев Ю.О. Разработка параллельного алгоритма нахождения оптимального решения транспортной задачи на кластере // Инженерный вестник Дона. 2011. №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2011/445/.

5. Нетёсов А.С. Эволюционно-генетический подход к решению задач оптимизации. Сравнительный анализ генетических алгоритмов с традиционными методами оптимизации // Инженерный вестник Дона. 2011. №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/459/.

6. Курейчик В. М., Кныш Д. С. Параллельный генетический алгоритм. Модели и проблемы построения // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте: сб. науч. тр. V Междунар. науч.- практ. конф., Москва: Физматлит, 2009. С. 41-51.

7. Goldberg D. Genetic Algorithms In Search, Optimization, and Machine Learning. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1989. pp. 28-33.

8. Affenzeller M., Wagner S., Winkler S., Beham A. Genetic Algorithms and Genetic Programming: Modern Concepts and Practical Applications. USA: CRC Press, 2009. P. 364.

9. Каширина И.Л. Введение в эволюционное моделирование. Воронеж, 2007. С. 40.

10. Панченко Т. В. Генетические алгоритмы. Астрахань: Астраханский университет, 2007. С. 87.

И.В. Решетникова

КОРПОРАТИВНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: беспроводные сети, корпоративные сети, оборудование беспроводных сетей, информационное общество.

В статье рассмотрены проблемы и актуальные тенденции современного корпоративных беспроводных сетей, представлены основные задачи, определены основные требования к оборудованию.

I.V. Reshetnikova

CORPORATE WIRELESS NETWORKS

North Caucasian Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: wireless networks, corporate networks, wireless network equipment, information society.

The article discusses the problems and current trends of modern corporate wireless networks, presents the main tasks, identifies the basic requirements for equipment.

Сегодня пользователи становятся все более мобильными, а бизнес-приложения – более интерактивными. Инновационные беспроводные сервисы и приложения помогают компаниям обеспечить высокую динамику бизнеса и выгодно позиционировать себя на рынке.

Грамотно спланированные и настроенные беспроводные сети позволят сотрудникам оперативно реагировать на нужды бизнеса вне зависимости от их местоположения в офисе.

Корпоративный Wi-Fi также необходим на промышленных и производственных предприятиях, в точках розничной торговли, гостиничных комплексах, транспортных предприятиях. Беспроводная сеть Wi-Fi нужна не только мобильным устройствам, но и средствам автоматизации бизнес-процессов. Сотрудники предприятий используют в работе персональные устройства и портативные компьютеры с поддержкой Wi-Fi, смартфоны, планшеты и ноутбуки. Сегодня беспроводные сети (WLAN) приобретают исключительно важное значение для бизнеса. Внедрение корпоративной беспроводной сети повышает продуктивность сотрудников, создает благоприятные условия для совместной работы и обеспечивает оперативное реагирование на обращения клиентов.

Построение Wi-Fi сетей корпоративного уровня, конечно, невозможно без использования надёжного оборудования. Решения для домашних пользователей здесь применять нельзя в силу целого ряда причин: низкая пропускная способность при большом числе подключенных Wi-Fi абонентов, невозможность строительства больших сетей, низкая надежность оборудования, отсутствие централизованного администрирования и т.п. Выбирать поставщика оборудования требуется очень тщательно. Радость от низкой цены оборудования всегда оборачивается разочарованиями от плохо работающей сети (низкая скорость, проблемы с подключением, «дыры» в покрытии и т.п.).

Однако строительство корпоративной беспроводной сети, вопреки расхожему мнению, должно начинаться отнюдь не с выбора Wi-Fi оборудования, а с проектирования сети. С помощью специальных решений первым делом производится радиообследование всех помещений компании, составляется их план, выбираются оптимальные места для установки точек доступа с учетом поглощающих способностей стен, полов, дверей, затем определяется необходимость использования внешних антенн и т.п. И только после этого этапа уже производится выбор оборудования под получившийся проект.

Ключевыми элементами беспроводной корпоративной сети являются, следующие элементы.

Беспроводные точки доступа. Осуществляют прием и передачу данных от и до клиентских устройств при помощи радиоволн, излучаемых антеннами.

Контроллер беспроводной сети. Устройство (отдельное или встроенное), которое позволяет управлять сразу несколькими точками доступа (мощность и частота передачи, аутентификация, политики доступа и безопасности, роуминг, QoS и т.д.).

ПО для централизованного управления сетью.

Беспроводные сети передачи данных являются либо продолжением проводной сети, либо основной сетью, покрывающей территорию предприятия.

Точки доступа должны быть двухдиапазонными. Хотя, может показаться, что для технологических сетей данное требование не является обязательным, тем не менее для сохранности инвестиций необходимо обеспечить совместимость как с можно с большим количеством типов подключаемого оборудования, как существующего, так и перспективного.

Точки доступа должны иметь аппаратную обработку сигнала. Хотя использование программной обработки позволяет выпускать значительно более дешевое оборудование, нагрузочная способность программных средств нестабильна, что недопустимо для корпоративных сетей. При крайне этом желательно, чтобы точки доступа имели отдельные процессоры сигналов на каждый радиодиапазон.

Точки доступа должны поддерживать массовые современные стандарты 802.11ac и 802.11n. Эти стандарты позволяют добиться высоких скоростей передачи и при этом поддерживаются большинством абонентских устройств. Стандарт 802.11ax, конечно, дает существенное преимущество в скорости и нагрузочной способности, однако пока абонентские устройства для него мало распространены, о стоимость точек доступа с его поддержкой весьма высока и применение этого стандарта экономически оправдано в весьма ограниченном наборе сценариев. Целесообразность же использования переходного стандарта 802.11ac wave 2 в текущих условиях неочевидна.

Точки доступа должны поддерживать объединение в кластер с поддержкой бесшовного роуминга. При этом крайне желательно. Чтобы для небольших сетей такой контроллер кластера мог быть запущен прямо на точке. Для больших сетей целесообразно использовать выделенный программный контроллер. Который кроме функции контроллера Wi-Fi, выполнял бы функцию системы управления сетью — централизованный мониторинг аварий, контроль конфигурации и ПО. Использование выделенных аппаратных контроллеров с ограниченным функционалом создает дополнительную точку отказа в сети и не дает никаких преимуществ.

Точки доступа должны позволять создавать несколько виртуальных сетей для разделения разных видов трафика. При этом требование большого количества таких сетей не имеет смысла, так как каждая виртуальная сеть загружает эфир своим служебным трафиком и уменьшает доступную для абонентов полосу пропускания.

Точки доступа должны иметь сканер радиоэфира, а контроллер сети — возможность настраивать частоты и мощность излучения в соответствии с актуальным радиоокружением.

Следует, также не забывать о защите беспроводных сетей. В отличие от проводной сети беспроводная сеть не позволяет ограничить подключения к себе, так как это требует повышенных мер безопасности к политикам авторизации и передаче данных. Справиться с такой задачей может система активной защиты корпоративной беспроводной сети. Это программно-аппаратный комплекс, позволяющий обнаруживать несанкционированное подключение к беспроводной

сети, определить место, где оно происходит, и принять контрмеры. Также это решение помогает сохранять все параметры инцидентов для последующего изучения, проводить тестирование безопасности путём имитации несанкционированного подключения.

Литература:

1. Беспроводные сети Wi-Fi, учебное пособие/ *А.В. Пролетарский* [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020.— 284 с.
2. Технологии современных беспроводных сетей Wi-Fi, учебное пособие/ *Е.В. Смирнова* [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2017.— 448 с.
3. *Мерритт, М. Максим, М.* Безопасность беспроводных сетей [Электронный ресурс] / Мерритт Максим, Дэвид Поллино; Пер. с англ. А. В. Семенова. - Москва : Компания АйТи : ДМК Пресс, 2008. - 288 с.: ил. - (Информационные технологии для инженеров). - ISBN 5-98453-007-4 (АйТи), ISBN 5-94074-248-3 (ДМК Пресс).
4. *Жуков, В. Г.* Беспроводные локальные сети стандартов IEEE 802.11 a/b/g : учеб. пособие / В. Г. Жуков. - Красноярск : Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т, 2010. - 128 с.

Н.О. Гроздовский, А.С. Мелешин

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАДИОНАВИГАЦИОНННЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Федеральное государственное казенное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства Обороны Российской Федерации, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: воздушное судно**,** радионавигационная система (РНС), скорость и угол сноса воздушного судна, доплеровские измерители скорости, широкополосные сигналы, OFDM, COFDM, технологии MIMO, АФАР.

Анализ применяемых радионавигационных систем показывает, что для обеспечения безаварийных полетов современных воздушных судов необходимо дальнейшее совершенствование используемых инфокоммуникационных технологий. Показано, что эту задачу можно решить с использованием технологий мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) и пространственного разнесения каналов (MIMO) в доплеровских измерителях с широкополосным доступом, что позволяет достичь увеличения информационной эффективности в условиях многолучевого распространения сигнала, повысить помехоустойчивость и иммитостойкость, скорость и достоверность определения параметров движения воздушного судна. Общность физических процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в цифровой форме позволяет осуществить переход к интегрированной структуре РНС, реализующей на основе многолучевых адаптивных АФАР и многоканальной микропроцессорной

системы совмещенного режима работы всех подсистем автономной навигационной системы.

N.O. Grothdovsky, A.S. Meleshin

WAYS OF IMPROVING RADIONAVIGATION SYSTEMS OF AIRCRAFTS

Federal state military professional educational institution
"183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, Russia

Analysis of the used radionavigation systems shows that to ensure trouble-free flights, the further improvement of modern information and communication technologies is needed. It is shown that this problem can be solved using the technology of multiplexing with orthogonal frequency division of channels and spatial (MIMO) diversity of channels in Doppler meters with broadband access, which allows to achieve an increase in information efficiency in conditions of multipath signal propagation, improve noise immunity, speed and reliability of determining the parameters of aircraft movement.

В общем составе бортовых информационно-измерительных систем воздушных судов (ВС) важное место занимают радионавигационные системы (РНС).

РНС ВС предназначены для определения параметров движения воздушных судов и являются основными источниками навигационной информации при полетах ВС над безориентирной местностью в любое время года, независимо от условий визуальной и радиовидимости. Решение этой задачи требует непрерывного автоматического измерения координат местоположения ВС автономно или в комплексе с навигационным оборудованием и точного прогнозирования положения ВС в последующие моменты времени на основе данных о составляющих скорости и углов сноса ВС, которые являются важнейшими параметрами движения ВС.

РНС ВС представляет собой комплекс разнотипных радионавигационных устройств, обеспечивающих при совместной работе, в первую очередь, определение местоположения ВС на основе данных о высоте ВС, составляющих вектора скорости и угла сноса, курсовом угле ведущей радиостанции. Эти задачи решаются как с помощью неавтономных систем радионавигации (спутниковая навигационная система, радиотехнические системы ближней и дальней навигации, система посадки и т.п.), так и автономных систем радионавигации (доплеровский измеритель скорости и угла сноса, радиовысотомер, метеонавигационная РЛС и т.п.).

РНС, в отличие от средств радиосвязи, являются измерительными системами. Информационные параметры сигнала в РНС образуются не в передающем тракте, а в тракте распространения радиоволн, благодаря функциональной зависимости параметров электромагнитного поля принимаемых сигналов от координат и скорости полета ВС.

В автономном режиме определения местоположения ВС, с целью определения параметров движения ВС во время полёта, излучаются непрерывные или частотно-модулированные радиосигналы в направлении земной поверхности, и на основе определения величины изменения отраженного сигнала по частоте и фазе (эффект Доплера) определяются составляющие вектора скорости, модуля путевой скорости и угла сноса. Такие системы, классифицируемые как доплеровские измерители скорости и угла сноса (ДИСС) [1], должны обеспечивать независимое и точное определение параметров движения, что особенно актуально при полетах на

предельно малых высотах в сложнопересеченной местности в условиях нулевой видимости и высоких скоростях полета.

Определение заданных параметров движения в ДИСС основано на обработке отраженных радиосигналов. Отраженные радиосигналы характеризуются замираниями, связанными с переотражением радиоволн от препятствий на пути своего распространения (здания, деревья, холмы, горные массивы и т.д.). При этом на антенну радиоприемного устройства ДИСС в каждый момент времени поступает множество копий переданного сигнала, которые при сложении в противофазе взаимоподавляются, сводя принимаемую мощность радиосигнала к нулю и образуя так называемые временные «мертвые зоны», когда у пилотов отсутствует информация о навигационных параметрах ВС.

Кроме того, современные средства радиоэлектронной борьбы могут легко пеленговать непрерывное излучение ДИСС, определять его параметры и, либо подавлять каналы приема, либо навязывать ложный сигнал с другим допплеровским сдвигом, в результате чего параметры, формируемые вычислителем ДИСС будут отличаться от реальных, может привести к крушению ВС.

В условиях реального применения ДИСС для обеспечения необходимой точности требуется высокая помехоустойчивость информационных сигналов. Решение этой задачи лежит в плоскости развиваемого в авиационной радиосвязи отказа от непрерывных или частотно-модулированных колебаний и переходе к использованию широкополосных сигналов (ШПС) [2, 3]. Применение ШПС обеспечит высокую помехоустойчивость ДИСС как информационной системы, поскольку позволит успешно бороться с многолучевым распространением радиоволн путем разделения сигнала во временной или частотной областях. При этом применение ШПС обеспечит надежный прием отраженного сигнала при воздействии мощных помех, когда отношение сигнал-помеха на входе приемника, при котором можно реализовать преимущества оптимальных методов обработки сигналов, может быть много меньше единицы.

При таком подходе ДИСС преобразуется в широкополосную информационную систему, которая, в отличие от обычной (узкополосной) системы, использует сигналы с полосой частот, значительно более широкой, чем полоса передаваемого сообщения и методы селекции, основанные на применении сигналов различной формы на передаче и согласованных с формой фильтров сигналов на приемной стороне.

Применение ШПС обеспечивают также переход к цифровым методам формирования и обработки радиосигналов на основе применения технологии OFDM [4], которая специально разработана для борьбы с помехами при многолучевом приеме. OFDM (англ. Orthogonal frequency division multiplexing - мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов) является цифровой схемой модуляции, которая использует большое количество близко расположенных ортогональных поднесущих, на каждой из которых передаваемые на основной частоте информационные сигналы независимо модулируются с помощью одного из типов модуляции (BPSK, QPSK, 8-PSK, QAM и др.) [5]. Далее этим суммарным сигналом модулируется излучаемый радиосигнал. Основным преимуществом OFDM по сравнению со схемой с одной несущей является её способность противостоять сложным условиям в радиоканале и, в первую очередь, устранять межсимвольную интерференцию и бороться с узкополосными помехами.

Возможность применения OFDM сигнала в ДИСС основывается на том, что эти сигналы также характеризуются доплеровским сдвигом частоты, вследствие чего будет происходить изменение значения несущей частоты с пропорциональным

смещением спектра [6,7,8], что является основой для определения параметров скорости и угла сноса.

OFDM относится к цифровым видам модуляции и технологии формирования и обработки таких сигналов достаточно хорошо отработаны в системах широкополосного беспроводного доступа (ШБД).

Технически метод OFDM реализуется путем выполнения быстрого преобразования Фурье (Fast Fourier Transform, FFT) в модуляторе передатчика и обратного быстрого преобразования Фурье - в демодуляторе приемника приемопередающего устройства.

Разновидность технологи OFDM - метод COFDM (сочетание канального кодирования, аббревиатура С, и OFDM). Главным преимуществом метода передачи COFDM является использование сочетания фактора многократных отражений излучаемых сигналов от объектов земной поверхности с коррекцией возникающих при приеме искажений и ошибок.

Преимущества технологии COFDM:

- обеспечение устойчивого приема информационного сигнала при любых режимах полета ВС;
- высокая точность определения доплеровского сдвига частоты информационного сигнала путём использования цифровых методов обработки;
- высокая помехоустойчивость и иммитостойкость информационного сигнала.

Разработанные и наиболее эффективные в настоящее время четырехлучевые ДИСС с использованием четырех передающих и четырех приемных антенн при переходе к цифровым методам формирования и обработки радиосигналов позволяет применить в ДИСС технологии MIMO (Multiple Input – Multiple Output, множественный вход – множественный вывод), в частности MIMO 4×4.

MIMO — метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, в котором передача и приема цифровых сигналов осуществляются системами из нескольких антенн [9]. MIMO позволяет в одном частотном диапазоне и заданном частотном коридоре передавать больше данных, т.е. увеличить скорость передачи цифровых сигналов и, соответственно повысить информационную скорость ДИСС. При этом, удается устранить временные «мертвые зоны» вследствие предотвращения противофазного сложения отраженных сигналов при многолучевом распространении, соответственно их взаимоподавления.

Практическая реализация технологии MIMO при создании цифровой ДИСС с использованием COFDM может быть реализована с использованием цифровых многолучевых адаптивных фазированных решеток (АФАР).

Общность физических процессов формирования, передачи, приема и обработки радиосигналов в цифровой форме позволяет осуществить переход к интегрированной структуре РНС, реализующей на основе многолучевых адаптивных АФАР и многоканальной микропроцессорной системы совмещенного режима работы всех подсистем автономной навигационной системы.

Реализация интегрированной структуры РНС с применением АФАР исключает влияние передающих трактов на приемные, значительно повышает показатели надежности РНС, упрощает процесс эксплуатации и регламентного обслуживания за счет уменьшения количества блоков, соединительных жгутов, фидерных связей, исключения из состава волноводных трактов и механических узлов, и агрегатов поворота антенн.

Литература:

1. Основные характеристики и схемное построение доплеровских измерителей скорости и угла сноса. Http://storage.mstuca.ru/bitstream.

2. Авиационные системы и комплексы радиосвязи. Учебник для слушателей и курсантов ВУЗов ВВС. Под ред. В.И.Тихонова — М.Изд.ВВИА им. проф. Н.Е, Жуковского, 2007. — 784с.

3. *P.A. Kuticov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva.* Directions of development of avionics radiocommunication in the interests of improving the quality air traffic control. Report on the youth scientific and practical Conference SCF MTUCI Infocom-2018 "

4. *Бакулин М. Г., Крейнделин В. Б., Шлома А. М., Шумов А. П*. Технология OFDM. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия - Телеком, 2015. — 360 с.

5. *Семенов О. Ю., Чаппаров Ф. Х., Трофимова М. А., Шаркова Н. А., Гамидов Ф. М., Сафроненко С. А.* OFDM-сигналы в телекоммуникационных системах беспроводной передачи данных // Техника. Технологии. Инженерия. — 2018. — №3. — С. 6-8. — URL https://moluch.ru/th/8/archive/95/3416/ (дата обращения: 01.03.2019).

6. *Туан Л. Е. Х. Ы. У., Полынкин А. В.* Влияние эффекта Доплера на эффективность передачи OFDM сигналов в системах связи с беспилотными летательными аппаратами //Известия Тульского государственного университета. Технические науки. — 2014. — №. 1.

7. *Robertson P., Kaiser S.* The effects of Doppler spreads in OFDM (A) mobile radio systems //Vehicular Technology Conference, 1999. VTC 1999-Fall. IEEE VTS 50th. — IEEE, 1999. — Т. 1. — 329–333 p.

8. *Майков Д. Ю., Вершинин А. С.* Влияние эффектов Доплера на OFDM сигнал // Молодой ученый. — 2014. — №21. — С. 175-179. — URL https://moluch.ru/archive/80/14271/ (дата обращения: 01.03.2019).

9. *Тихвинский В.О., Терентьев С.В., Юрчук А.Б.* Сети мобильной связи LTE: технологии и архитектура. — М.: Эко-Трендз, 2010, — 284с.

К.А. Батенков, В.Р. Кравченко, М.Ю. Красноус

РЕАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЙ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАДАНИЙ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ RIVERBED

Академия ФСО России, Орёл, Россия

Ключевые слова: сеть связи, имитационное моделирование, программное обеспечение, Riverbed, сетевой протокол.

Указывается, что систематическое применение основных функциональных возможностей пакета Riverbed Modeler позволяют создать практически любую модель сети. Отмечено, что лабораторных руководств довольно много, но полной систематизации и подробностью описания особенностей программного обеспечения характеризуются не многие.

К.А. Batenkov, V.R. Kravchenko, M.Yu. Krasnous

IMPLEMENTATION OF LABORATORY TASK DESCRIPTIONS IN THE RIVERBED SIMULATION SOFTWARE ENVIRONMENT

The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Keywords: communication network, simulation, software, Riverbed, network protocol.

It is indicated that systematic application of the main functionality of the Riverbed Modeler package allows you to create almost any network model. It is noted that there are quite a lot of laboratory manuals, but not many of them are characterized by complete systematization and detailed description of software features.

Целевая аудитория программного обеспечения Riverbed Modeler включает в себя специалистов в области информационных технологий и исследователей, которые работают в области компьютерных коммуникаций и сетей, а также студентов и аспирантов в этих и смежных областях [1, 2]. Непосредственно само программное обеспечение предоставляет возможность заглянуть в богатый мир возможностей проектирования путем создания имитационных моделей. Обучение новых пользователей работе в пакете Riverbed Modeler целесообразно осуществлять в логическом порядке, который соответствует уровням стека сетевых протоколов [3]. При этом наиболее важным моментом оказывается выполнение лабораторных работ, имеющих схожую организацию.

Систематическое применение основных особенностей пакета Riverbed Modeler позволяют создать практически любую модель сети [4, 5, 6]. Понятия проектов и сценариев, последовательность создания топологии сети, изменение атрибутов объектов и настройка топологии, требуемые конфигурации, настройка и запуск симуляции в конечном итоге делает возможным как наблюдать, так и анализировать результаты моделирования.

Наиболее приемлемым методом работы с различными уровнями протокола, является использование нисходящего подхода, который принят за основу во многих учебниках по телекоммуникационным сетям [7]. Программное обеспечение Riverbed Modeler позволяет работать с различными приложениями, включающими стандартные и пользовательские, в том числе разворачивать приложения и пользовательские профили в отдельных узлах сети. Реализация протоколов транспортного уровня выполнена для наиболее часто используемых протоколов TCP (Transmission Control Protocol) and UDP (User Datagram Protocol). Функции сетевого уровня включают в себя стандартный протокол адресации IP (Internet Protocol), расширенные функции, такие как многоадресные рассылки, качество обслуживания (QoS – Quality of Service) и IP версии 6 (IPv6), а также маршрутизация с на основе протоколов RIP (Routing Internet Protocol) и OSPF (Open Shortest Path First). Реализация двух нижних уровней стека протоколов (физического и канального) основано на применении технологии Ethernet и беспроводных локальных сетей.

В книге [8] приведены особенности Riverbed Modeler, классифицированные по главам, в которых шаг за шагом изложены инструкции о том, как работать с этими функциями во время сетевого моделирования. Логическая организация этих функций предназначена для использования в качестве ценного справочного инструмента. Единственным альтернативным доступным материалом является документация Riverbed Modeler. Однако она чересчур громоздкая, и отыскать

требуемый термин оказывается весьма затруднительно. Структуризация глав в книге [8] способствует более быстрому поиску инструкций для выполнения требуемой задачи. Кроме того, последняя ее часть содержит набор лабораторных работ, каждая из которых комплексно сосредотачивается на определенной теме.

В целом следует отметить, что для изучения программного продукта целесообразно последовательно выполнять тематические лабораторные работы, используя принцип от простого к сложному. Так, на начальном этапе необходимо отработать практические вопросы, являющиеся вводными по своей сути, которые служат для иллюстрации основных шагов, необходимых при создании любой модели. Далее разумно ознакомиться с лабораторными заданиями, затрагивающими моделирование на уровне приложений, затем – транспортный уровень, сетевой уровень и канальный.

Следует отметить, что лабораторных руководств довольно много, но полной систематизации и подробности описания особенностей программного обеспечения похвастаться могут не многие. При этом очень важным оказывается получение глубокого понимания сложной функциональности доступных в Riverbed Modeler функций для решения различных задач симуляции сетей.

Также отдельно выделяется особенность большинства лабораторных руководств приводить подробные пошаговые инструкции для выполнения каждого задания, которые несколько избыточны. При этом подобные инструкции для настройки моделирования однообразны, скучны, и зачастую ошибочны. В результате эти шаги можно просто пропустить, без потери качества моделирования.

Выявление и фиксация подобных ошибок очень трудны даже для опытных пользователей программного обеспечения Riverbed Modeler. Чаще всего гораздо проще повторить всю последовательность действий с самого начала, чем отыскать ошибку. Кроме того, читатель теряется в деталях, шаг за шагом, читая инструкции, что затрудняет выделение общих целей моделирования.

Обучающиеся, как правило, слепо следуют инструкциям, не пытаясь продумать каждый шаг, который они выполняют, что приводит к непониманию сути конфигурирования. В этой связи ряд лабораторных работы, например, в книге [8], намеренно не содержат пошаговых инструкций по использованию программного обеспечения Riverbed Modeler. Вместо этого они описывают цели эксперимента, общую топологию сети, и дают высокоуровневое описание конфигурации системы, необходимые для выполнения моделирования. Кроме того, подобные лабораторные работы содержат ссылки на материалы, содержащие пошаговые инструкции об отдельной подзадаче, реализуемой в проекте. Таким образом, начинающий пользователь, который не знает, как выполнить задачу, может легко просмотреть инструкции о том, как это сделать. В то же время опытный специалист будет пользоваться только описанием самой лабораторной работы. В итоге такой подход делает лабораторные задания более интересными и содержательными для обеих категорий пользователей.

Следует также отметить, что большинство описаний включает в себя лишь пояснения о работе со стандартными моделями. Однако в общем случае более сложные модели требуют определенных навыков и опыта создания собственных моделей, имитирующих как новые протоколы, так и изменения существующих.

Литература:

1. Батенков К. А. Анализ статистики голосового трафика сети Ethernet с помощью программы Wireshark / Батенков К. А., Королев А.В., Миронов А.Е., Орешин А.Н. // Телекоммуникации. – 2018. – № 10. – С. 39–48.

2. Батенков К. А. Числовые характеристики структур сетей связи // Труды СПИИРАН. – 2017. – № 4 (53). – С. 5–28.
3. *Батенков К. А.* Точные и граничные оценки вероятностей связности сетей связи на основе метода полного перебора типовых состояний // Труды СПИИРАН. 2019. Т. 18. № 5. С. 1093–1118.
4. *Батенков К. А., Батенков А. А.* Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости // Труды СПИИРАН. 2018. № 3 (58). С. 128–159.
5. Батенков К. А. Оценка параметров алгоритмов диспетчеризации на основе имитационного моделирования в программной среде Riverbed / Батенков К. А., Королев А.В., Миронов А.Е., Орешин А.Н. // Телекоммуникации. – 2018. – № 8. – С. 17–23.
6. Чечик В.В. Имитационное моделирование трафика HTTP с помощью программной среды Riverbed / Чечик В.В., Батенков К.А. // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – 2016. – Т. 1. – № 9. – С. 273–277.
7. Батенков К. А. Анализ и синтез структур сетей связи по детерминированным показателям устойчивости // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 3 (58). – С. 128–159.
8. Sethi A. S. The Practical OPNET User Guide for Computer Network Simulation / Adarshpal S. Sethi, Vasil Y. Hnatyshin // CRC Press Taylor & Francis Group, 2013. – 480 p.

Т.Д. Фатхулин, М.А. Пугачева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ КЛИЕНТСКОГО ТРАФИКА НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ ГАРАНТИРОВАННОЙ СКОРОСТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ПКОС

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия
t.d.fatkhulin@mtuci.ru

Ключевые слова: программно-конфигурируемые оптические сети, суперканал, оптические поднесущие, интенсивность поступающих заявок, доля потерянных заявок, сервис, клиент.

В статье рассмотрено влияние параметров создаваемого суперканала, передающего клиентский трафик, на возможность предоставления гарантированной скорости передачи данных в программно-конфигурируемой оптической сети. Исследование проводится при различных вариантах загрузки сети и изменении параметров исследуемого клиентского потока (числа требуемых для предоставления сервиса оптических поднесущих и интенсивности поступающего потока заявок), посредством которого реализуется сервис. В заключении по результатам исследования сделаны выводы и даны рекомендации по созданию суперканала.

T.D. Fatkhulin, M.A. Pugacheva

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF CLIENT TRAFFIC PARAMETERS ON THE POSSIBILITY OF PROVIDING A GUARANTEED DATA TRANSFER RATE IN SDON

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia
t.d.fatkhulin@mtuci.ru

Key words: software-defined optical networks, superchannel, optical subcarriers, intensity of incoming calls, share of blocking calls, service, client.

The article discusses the influence of the parameters of the created superchannel transmitting client traffic on the possibility of providing a guaranteed data transfer rate in a software-defined optical network. The research is carried out with various options for network loading and changing the parameters of the flow under study (the number of optical subcarriers required to provide the service and the intensity of the incoming flow of calls (requests) through which the service is implemented. In the end, conclusions, based on the results of the research, are drawn and recommendations for creating a superchannel are given.

Введение

В настоящее время в программно-конфигурируемых оптических сетях (ПКОС) для предоставления клиенту гарантированной скорости передачи данных используют технологию суперканалов. Программно-конфигурируемые оптические сети являются подвидом программно-конфигурируемых сетей (ПКС) [1, 2, 4]. Суперканал - совокупность оптических поднесущих, использующихся для совместной передачи клиентского трафика [3]. Актуальной остается задача по оценке возможности предоставления такого канала клиенту. Был разработан метод, уменьшающий требуемое количество оптических поднесущих для создания суперканала с запрашиваемой скоростью, что может увеличить вероятность реализации сервиса [5, 7]. Ранее [3, 6] были проведены исследования по оценке возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту в ПКОС при различном количестве используемых оптичесих поднесущих. Однако, требуется оценить влияние всех параметров суперканала на возможность предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту.

Целью настоящей работы является исследование возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту в зависимости от параметров создаваемого суперканала. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить основные параметры суперканала, провести исследования при фиксированном значении одного из параметров и варьировании значений другого параметра, что позволит оценить вклад каждого из параметров в вероятность отказа в предоставлении сервиса, а также обобщить и проанализировать полученные результаты и данные. Методологическую основу работы составляют сравнительный и описательный метод, метод научного эксперимента, а также метод обобщения.

Основные параметры суперканала и ограничения, накладываемые на модель ПКОС

Моделирование процесса предоставления гарантированной скорости передачи данных в ПКОС проведем посредством разработанного в работе [3] математического аппарата, что позволит получить основные представления о влиянии различных параметров сети на возможность реализации сервиса, которые в дальнейшем могут быть применены на практике. Граф анализируемой сети представлен на рисунке 1. Все используемые далее обозначения, символы, выражения и допущения подробно рассмотрены в работах [3, 6]. Перечислим основные из них. Пусть n - общее число поступающих потоков заявок. Возможность предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту будем оценивать посредством доли потерянных заявок (запросов) k-го потока π_k, $k = 1,2,\ldots,n$. Количество оптических поднесущих в суперканале (количество канальных единиц k-го потока) обозначим через b_k, а интенсивности поступающих заявок, выраженные в Эрлангах, через a_k (интенсивность поступающих заявок k-го потока). Через v обозначим количество канальных единиц в линии связи (максимальное число оптических каналов в линии). $B_{k,j}$ - доля заявок k-го потока, потерянных из-за того, что в j-ой линии сети недостаточно канального ресурса.

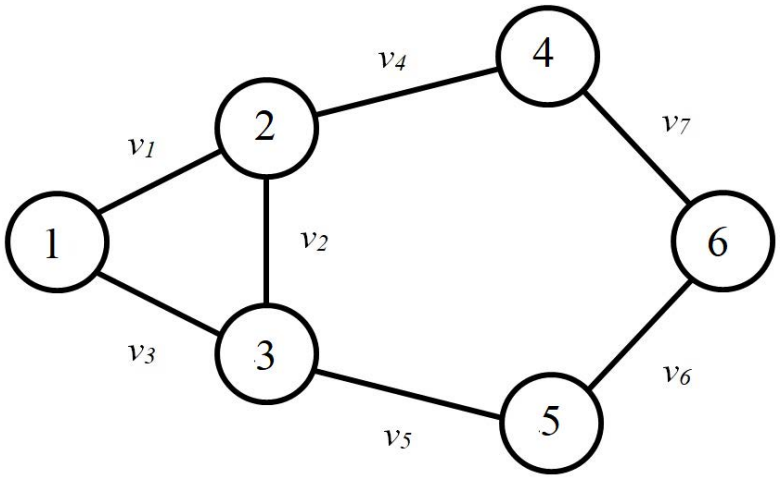


Рисунок 1. Граф программно-конфигурируемой оптической сети с управляемым оптическим уровнем

При проведении оценки возможности предоставления суперканала с гарантированной скоростью передачи данных клиенту в ПКОС полагаем, что параметры структуры ПКОС (число узлов, связи между ними, пропускные способности линий связи, количество потоков в сети, используемое ими число канальных единиц (оптических поднесущих), их интенсивности и маршруты) фиксированы. Это отображает объективную реальность, в которой клиент не может повлиять на структуру сети и запросы других клиентов.

Будем проводить исследование при различной загрузке сети, и изменять параметры исследуемого потока, посредством которого реализуется сервис (число требуемых для предоставления сервиса оптических поднесущих b_k и интенсивность

поступающего потока заявок (запросов) a_k). Эти значения выберем в диапазонах, которые обеспечивают весь интервал изменения величины доли потерянных заявок (от малых до больших значений), а также позволяют определить, какой параметр больше влияет на вероятность отказа в предоставлении сервиса.

Исследования проведем для потока, который проходит через узлы 1,3,5 и 6. Полагаем, что каналы связи дуплексные, следовательно, граф неориентированный. Три варианта загрузки определим следующим образом: малая ($a_{2i-1}=10$, $a_{2i}=5$ и $a_{13}=a_{12}, i=1,2,\ldots,6$), средняя ($a_{2i-1}=20$, $a_{2i}=10$ и $a_{13}=a_{12}, i=1,2,\ldots,6$) и высокая ($a_{2i-1}=30$, $a_{2i}=15$ и $a_{13}=a_{12}, i=1,2,\ldots,6$). Пусть количество канальных единиц, доступных в линиях связи между узлами, равно: $v_1=96$, $v_2=88$, $v_3=96$, $v_4=96$, $v_5=192$, $v_6=192$ и $v_7=88$.

Исследование возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту при фиксированном значении интенсивности поступающего потока заявок (запросов) и различном числе используемых оптических поднесущих

В работе [3] исследование было проведено для различного количества оптических поднесущих рассматриваемого потока (от 1 до 10). Занумеруем поступающие потоки заявок (запросов), определим их маршруты, интенсивности a_k, а также число используемых ими оптических поднесущих b_k. Предполагалось, что интенсивность сервиса на предоставление гарантированной скорости передачи клиенту в ПКОС фиксирована и довольно высока (25 Эрланг), т.к., возможно, будут передаваться данные между ЦОД.

Исходные данные для оценки значений доли потерянных заявок (запросов) при фиксированной интенсивности исследуемого потока представлены в таблице 1.

Все дальнейшие расчеты получены в результате использования математического аппарата, разработанного в [3, 6]. В работе [3] была решена система неявных уравнений (4) для исследуемого потока. Начальное приближении было выбрано равным нулю, использовался рекурсивный алгоритм и метод подстановок.

Значения доли потерянных заявок для 14 потока определяются соответственно из выражения [3]:

$$\pi_{14} \approx 1-\left(1-B_{14,3}\right)\left(1-B_{14,5}\right)\left(1-B_{14,6}\right).$$

Результаты расчетов доли потерянных заявок (запросов) для 14 потока при $a_{14}=25$ Эрланг, $b_{14}=1\ldots10$ и различной загрузке ПКОС приведены в таблице 2. Результаты проведенного экспериментального исследования также представлены на рисунке 2.

Таблица 1. Исходные данные для оценки значений доли потерянных заявок

Номер поступающего потока заявок (k)	**Маршрут (узлы, через которые проходит поток)**	**Количество единиц канального ресурса (оптических поднесущих), необходимых для обслуживания заявки (b_k)**	**Интенсивности поступающих заявок (a_k), Эрланг**		
			Малая загрузка сети	**Средняя загрузка сети**	**Высокая загрузка сети**
1	1, 2	7	10	20	30
2	1, 3, 5	5	5	10	15
3	1, 2, 4	9	10	20	30
4	3, 5, 6	7	5	10	15
5	3, 2, 4	10	10	20	30
6	1, 3, 2	7	5	10	15
7	4, 6	10	10	20	30
8	1, 3	1	5	10	15
9	2, 4, 6	10	10	20	30
10	1, 3, 2, 4	5	5	10	15
11	3, 5	10	10	20	30
12	5, 3, 1	8	5	10	15
13	3 5, 6	8	5	10	15
14	1, 3, 5, 6	**1…10**	**25**		

Таблица 2. Результаты оценки значений доли потерянных заявок (запросов) для 14-го потока π_{14} при различной загрузке сети и $a_{14} = 25$ Эрланг

Количество единиц канального ресурса - оптических поднесущих (b_{14})	**Значения доли потерянных заявок (π_{14})**		
	Малая загрузка сети	**Средняя загрузка сети**	**Высокая загрузка сети**
1	0,10341343	0,20380869	0,26293880
2	0,25792217	0,40422133	0,48365358
3	0,40834344	0,55780304	0,63645833
4	0,52751842	0,66634633	0,73831313
5	0,61659172	0,74297487	0,80747716
6	0,68322467	0,79830155	0,85586087
7	0,73402744	0,83930006	0,89066442
8	0,77352491	0,87041703	0,91628824
9	0,80492901	0,89452072	0,93550610
10	0,83033298	0,91351708	0,95012528

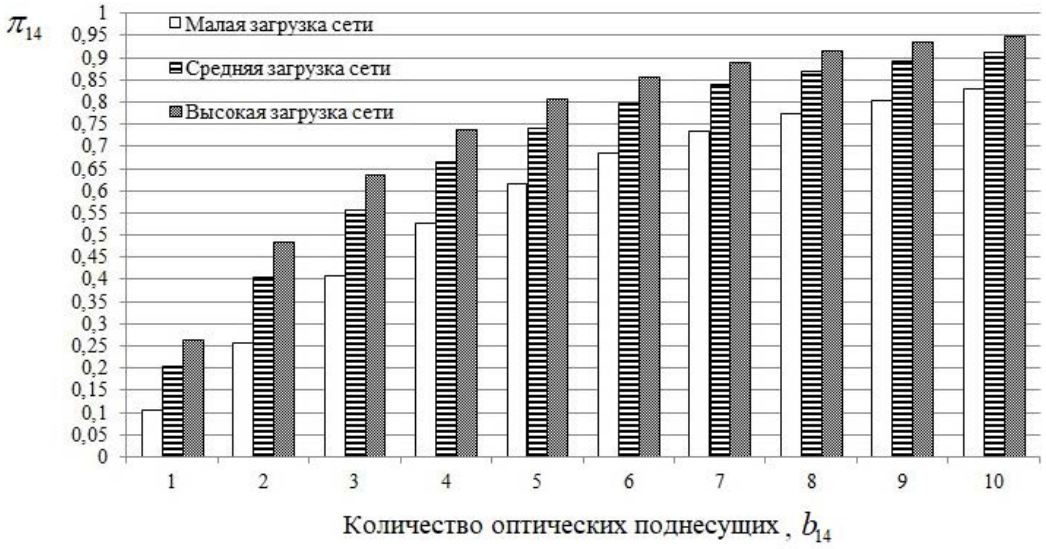


Рисунок 2. Результаты оценки значений доли потерянных заявок (запросов) для 14-го потока π_{14} при различной загрузке сети, $b_{14} = 1\ldots10$ и $a_{14} = 25$ Эрланг

При проведении эксперимента, в котором интенсивность исследуемого потока заявок была фиксирована, а используемое количество оптических поднесущих в суперканале варьировалось от 1 до 10, были выявлены две важные особенности:

- характер изменения значений π_{14} для средней и высокой загрузки сети близок для всех значений b_{14};
- при $b_{14} \geq 5$ для самой распространённой на практике средней загрузки сети значения доли потерянных заявок (запросов) π_{14} достигают довольно высоких значений (около 0,75), следовательно, рекомендуется использовать в суперканале не более 5 отпических поднесущих.

Исследование возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных клиенту при фиксированном числе используемых оптических поднесущих и различном значении интенсивности поступающего потока заявок (запросов)

Теперь исследование проведем при различной интенсивности поступления заявок (запросов) исследуемого 14-го потока для двух фиксированных значений количества используемых оптических поднесущих этого потока: минимальном – 1 ($b_{14} = 1$) и максимально рекомендуемом – 5 ($b_{14} = 5$). Это позволит оценить вклад каждого из этих параметров (интенсивности поступающего потока заявок и необходимого числа оптических поднесущих) в вероятность отказа в предоставлении сервиса клиенту. Также выбор этих значений обусловлен рекомендациями, данными ранее (следует использовать не более 5 оптических поднесущих в суперканале при реализации сервиса). Интенсивность поступающих заявок, проходящих через маршрут 1, 3, 5 и 6, будем изменять в диапазоне от 1 до 100 Эрланг ($a_{14} = 1,5,\ldots,100$ Эрланг) с шагом 5 Эрланг.

Исходные данные для оценки доли потерянных заявок (запросов) исследуемого потока при различной интенсивности поступления заявок и

фиксированных значениях числа используемых оптических поднесущих представлены в таблице 3.

Таблица 3. Исходные данные для оценки значений доли потерянных заявок 14-го потока при $a_{14} = 1{,}5{,}\ldots{,}100$ Эрланг, $b_{14} = 1$ и $b_{14} = 5$

Номер поступающего потока заявок (k)	**Маршрут (узлы, через которые проходит поток)**	**Количество единиц канального ресурса (оптических поднесущих), необходимых для обслуживания заявки (b_k)**	**Интенсивности поступающих заявок (a_k), Эрланг**		
			Малая загрузка сети	**Средняя загрузка сети**	**Высокая загрузка сети**
1	1, 2	7	10	20	30
2	1, 3, 5	5	5	10	15
3	1, 2, 4	9	10	20	30
4	3, 5, 6	7	5	10	15
5	3, 2, 4	10	10	20	30
6	1, 3, 2	7	5	10	15
7	4, 6	10	10	20	30
8	1, 3	1	5	10	15
9	2, 4, 6	10	10	20	30
10	1, 3, 2, 4	5	5	10	15
11	3, 5	10	10	20	30
12	5, 3, 1	8	5	10	15
13	3 5, 6	8	5	10	15
14	1, 3, 5, 6	**1 и 5**	**1…100**		

Результаты расчетов доли потерянных заявок (запросов) для исследуемого 14-го потока при $a_{14} = 1{,}5{,}\ldots{,}100$ Эрланг, $b_{14} = 1$ и различной загрузке ПКОС приведены в таблице 4, а также представлены на рисунке 3. Результаты расчетов доли потерянных заявок (запросов) для исследуемого 14 потока при $a_{14} = 1{,}5{,}\ldots{,}100$ Эрланг, $b_{14} = 5$ и различной загрузке ПКОС приведены в таблице 5, а также представлены на рисунке 4.

Проведенные эксперименты, в которых интенсивность исследуемого потока заявок варьировалась от 1 до 100 Эрланг с шагом 5 Эрланг, а используемое количество оптических поднесущих в суперканале было задано двумя фиксированными значениями (1 и 5), показали следующее:

1. При количестве оптических поднесущих $b_{14} = 1$ в суперканале характер изменения значений π_{14} для средней и высокой загрузки сети близок для всех значений a_{14};

2. При $b_{14}=1$ возможность отказа в предоставлении сервиса (т.е. значение π_{14}) менее 0,4 при максимальной интенсивности поступления заявок исследуемого 14-го потока (100 Эрланг) даже для высокой загрузки сети, а для малой загрузки сети она достигает максимальных значений в 0,28, что означает высокую доступность сервиса;

3. При $b_{14}=5$ значения π_{14} для средней и высокой загрузки сети достигают довольно высоких величин во всем диапазоне изменения интенсивности поступающих заявок, также характер изменения значений π_{14} близок для значений $a_{14}\geq 50$ Эрланг при таких вариантах загрузки сети;

Таблица 4. Результаты оценки доли потерянных заявок (запросов) для 14-го потока при $b_{14}=1$ и различной загрузке сети

Интенсивности поступающих заявок 14-го потока (a_{14}), Эрланг	**Значения доли потерянных заявок (π_{14})**		
	Малая загрузка сети	**Средняя загрузка сети**	**Высокая загрузка сети**
1	0,06671638	0,16651479	0,227093
5	0,07218925	0,17243169	0,23287035
10	0,07940171	0,18000251	0,24020688
15	0,08701627	0,18776043	0,24766821
20	0,09502317	0,19569789	0,25524738
25	0,10341343	0,20380869	0,2629388
30	0,11217948	0,21208781	0,27073748
35	0,12131554	0,22053165	0,27863952
40	0,13081786	0,22913805	0,2866421
45	0,14068474	0,23790628	0,29474355
50	0,15091638	0,24683701	0,30294338
55	0,16151456	0,25593217	0,31124228
60	0,1724822	0,26519475	0,31964197
65	0,18382272	0,27462853	0,32814508
70	0,19553931	0,28423774	0,33675492
75	0,20763397	0,2940266	0,34547515
80	0,22010644	0,30399881	0,35430944
85	0,23295302	0,31415697	0,36326104
90	0,24616518	0,32450194	0,37233227
95	0,25972828	0,33503208	0,38152399
100	0,27362018	0,34574261	0,39083505

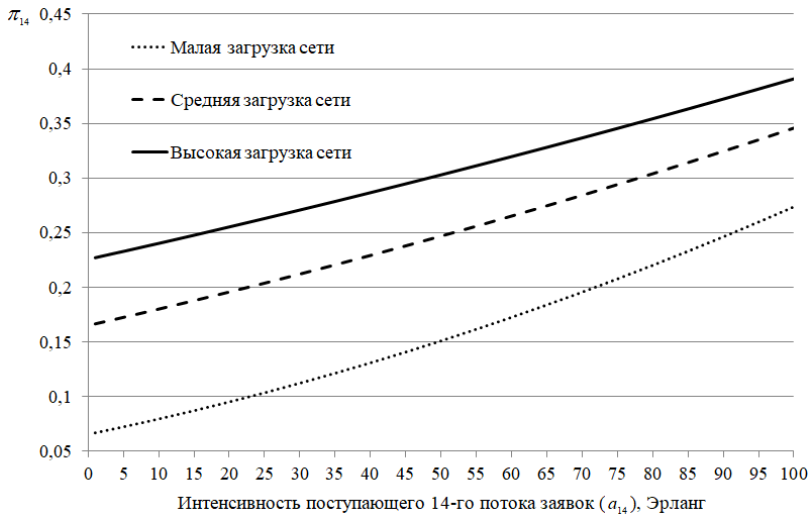


Рисунок 3. Результаты оценки значений доли потерянных заявок для 14-го потока π_{14} при $a_{14} = 1,5,\ldots,100$ Эрланг , $b_{14} = 1$ и различной загрузке сети

Таблица 5. Результаты оценки доли потерянных заявок (запросов) для 14-го потока при $b_{14} = 5$ и различной загрузке сети

Интенсивности поступающих заявок 14-го потока (a_{14}), Эрланг	**Значения доли потерянных заявок (π_{14})**		
	Малая загрузка сети	**Средняя загрузка сети**	**Высокая загрузка сети**
1	0,31880301	0,61161815	0,7327682
5	0,39062446	0,6418914	0,74914792
10	0,46575874	0,67388601	0,76694205
15	0,52652286	0,70070107	0,78230543
20	0,57593149	0,72344975	0,79569829
25	0,61659172	0,74297487	0,80747716
30	0,650496	0,75991218	0,81792001
35	0,67912539	0,77474473	0,82724552
40	0,70358112	0,78784387	0,83562751
45	0,72468954	0,79949878	0,84320555
50	0,74307838	0,80993762	0,85009288
55	0,75923081	0,81934268	0,85638221
60	0,77352373	0,82786132	0,86215022
65	0,78625491	0,83561393	0,86746081
70	0,79766245	0,84269987	0,87236769
75	0,80793891	0,84920187	0,87691633
80	0,81724162	0,85518944	0,88114551
85	0,82570034	0,86072139	0,88508848
90	0,83342299	0,86584784	0,88877396
95	0,84050008	0,87061178	0,89222688
100	0,84700802	0,87505031	0,89546899

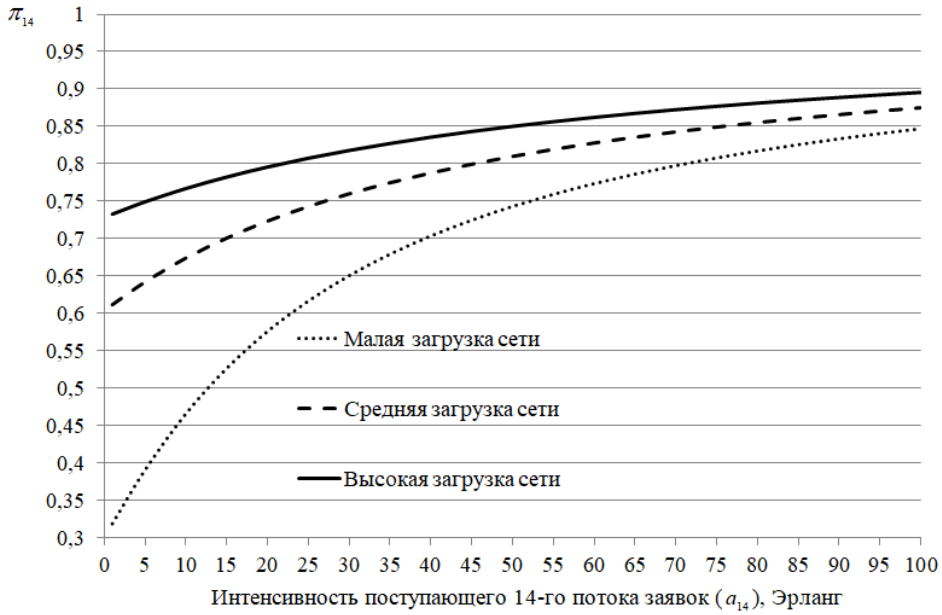


Рисунок 4. Результаты оценки значений доли потерянных заявок для 14-го потока π_{14} при $a_{14} = 1{,}5,\ldots,100$ Эрланг, $b_{14} = 5$ и различной загрузке сети

Исходя из полученных результатов, а также данных предыдущего эксперимента [3] (где $b_{14} = 1\ldots10$ и $a_{14} = 25$ Эрланг), важно отметить, что наибольший вклад в вероятность отказа в предоставлении сервиса вносит используемое количество оптических поднесущих в суперканале: при $b_{14} = 1$ значения π_{14} были относительно невысоки во всем диапазоне изменения a_{14}, однако при $b_{14} = 5$ наблюдается резкое увеличение значений π_{14};

Заключение

Таким образом, проведенное исследование и полученные результаты позволили выявить, что наибольший вклад в вероятность отказа в предоставлении сервиса вносит используемое количество оптических поднесущих в суперканале. Сформулированы рекомендации к формированию суперканла: следует использовать не более 5 оптических поднесущих в суперканале, чтобы высокая интенсивность поступающего потока заявок не привела к отказу в предоставлении сервиса клиенту. Выявлено, что для средней и высокой загрузки сети характер изменения значений доли потерянных заявок (запросов) близок как при различном количестве используемых оптических поднесущих, так и при различной интенсивности поступающего потока заявок (запросов). Исследования также дополнительно подтверждают актуальность разработанного метода формирования суперканала [7], который по сравнению с традиционным методом позволяет не только значительно повысить спектральную эффективность создаваемого суперканала, но и увеличить вероятность предоставления сервисов в ПКОС за счет уменьшения требуемого количества оптических поднесущих для создания суперкнала.

Литература:

1. *Давыдов К.С., Ухов Г.В., Фатхулин Т.Д.* Анализ ключевых особенностей технологии программно-конфигурируемых сетей (SDN) // «ИНФОКОМ-2019» / Труды Северо-Кавказского филиала Московского

технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019. – С. 288-296.

2. *Жаббаров И.Ш., Фатхулин Т.Д.* Обоснование выбора системы виртуализации, предоставляющей необходимый функционал для предприятия заданного уровня // «ИНФОКОМ-2019» / Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019. – С. 241-249.

3. *Леохин Ю.Л., Фатхулин Т.Д.* Оценка возможности предоставления гарантированной скорости передачи данных в программно-конфигурируемой оптической сети // Вестник РГРТУ. 2020. №71. – С. 45-59.

4. *Фатхулин Т.Д., Барабаш Е.С., Будаев Н.С.* Техническое решение по построению распределенного «облака» на основе принципов протокола OSPF // REDS: Телекоммуникационные устройства и системы. 2020. Т.10. №1. – С. 43-47.

5. *Фатхулин Т.Д.* Разработка алгоритма предоставления гарантированной скорости передачи для пользователя в сетях, построенных по технологии транспортных программно-конфигурируемых сетей (T-SDN) // «Телекоммуникационные и вычислительные системы -2018» / Труды международной научно-технической конференции. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – С. 126-129.

6. *Leokhin Yu., Fatkhulin T,* Approach to Estimating the Probability of Providing "Cloud" Services in the SDN // Proceeding of 2020 Systems of Signals Generating and Processing in the Field of on Board Communications. – 2020. Russian, 19-20 March 2020, - pp. 1-9.

7. *Леохин Ю.Л., Фатхулин Т.Д.* Программа вычисления возможных путей маршрута для передачи трафика с запрашиваемой гарантированной скоростью в программно-конфигурируемых оптических сетях // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020612465 от 25.02.2020.

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

INFORMATION SECURITY

А.А. Бречко, А.В. Вершенник, В.В. Никитин

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕЙ СВЯЗИ С УЧЕТОМ ДИНАМИЧЕСКИ ВОЗНИКАЮЩИХ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: моделирование, адекватность модели, угрозы безопасности.

Аннотация: В статье излагается способ моделирования, учитывающий взаимную зависимость элементов сети связи при распространении реализаций угроз безопасности, что повышает адекватность и достоверность моделирования.

A.A. Brechko, A.V. Vershennik, V.V. Nikitin

MODELING COMMUNICATION NETWORKS BASED ON DYNAMICALLY EMERGING SECURITY THREATS

Military Academy of communications. S.M. Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: modeling, model adequacy, security threats.

Annotation: The article describes a modeling method that takes into account the mutual dependence of the communication network elements in the distribution of security threat implementations, which increases the adequacy and reliability of the simulation.

Информационно-телекоммуникационные системы относятся к классу больших систем, этапы проектирования, внедрения, эксплуатации и эволюции которых в настоящее время невозможны без использования различных видов моделирования [1].

В настоящее время известен ряд способов и устройств для моделирования сетей связи [2 - 12]. Основными их недостатками являются отсутствие возможности оперативной корректировки моделируемой сети связи относительно реально функционирующей в реальном масштабе времени с учетом взаимной зависимости элементов сети при распространении реализаций угроз безопасности, что снижает адекватность и достоверность моделирования.

Авторами статьи предлагается способ, позволяющий устранить указанный недостаток.

Предлагаемый способ может быть реализован следующим образом [13]:

На первом этапе формируют граф моделируемой сети с заданным количеством N вершин графа и M ветвей, соединяющих их. Вершины графа соответствуют узлам сети (например, маршрутизаторы, серверы). Ветви графа соответствуют линиям связи, соединяющим узлы сети.

Задают исходные данные: число статистических экспериментов E; время моделирования T; длительность шага модельного времени Δt; угрозу безопасности

W; R информационных направлений между вершинами графа; время распространения реализаций угрозы безопасности $t_р$; время восстановления элемента сети $t_в$; точку входа угрозы безопасности; вероятность возникновения угрозы безопасности в точке входа $P_{УБ}$.

Строят кратчайшие маршруты по заданным информационным направлениям. Критерием при выборе кратчайшего маршрута служит наименьшее число транзитных элементов, как, например, в протоколе OSPF [14]. Запоминают построенные маршруты по заданным информационным направлениям. При этом для каждого из R информационных направлений запоминают множество $G=\{g_1, g_2, \ldots g_n\}$, состоящее из F последовательно соединенных узлов сети данного информационного направления.

Имитируют процесс функционирования моделируемой сети связи.

Моделируют процесс возникновения угрозы безопасности в точке входа. Под точкой входа угрозы безопасности понимают пограничный элемент сети, соединенный с элементом или элементами другой сети или сетей. Предполагается, что после реализации угрозы безопасности в отношении элемента сети распространение реализаций угрозы осуществляется в отношении всех связанных ним напрямую элементов. Время распространения реализаций угрозы безопасности $t_р$ должно быть кратно длительности шага модельного времени.

Для моделирования процесса возникновения угрозы безопасности в точке входа генерируют случайное число θ в интервале [0,1] и сравнивают с заданной вероятностью возникновения угрозы безопасности в точке входа $P_{УБ}$. Под вероятностью возникновения угрозы безопасности в точке входа $P_{УБ}$ понимают вероятность возникновения угрозы за длительность шага модельного времени. Если вероятность возникновения угрозы безопасности в точке входа меньше сгенерированного случайного числа $P_{УБ}<\theta$, то переходят к следующему шагу моделирования ($t_{тек}= t_{тек} + \Delta t$) и повторяют действия до тех пор, пока не выполнится условие $P_{УБ}>\theta$, что будет соответствовать моменту возникновения угрозы безопасности в точке входа.

Длительность шага модельного времени Δt выбирается исходя из минимального времени нахождения сети в неизменном состоянии [15, 16].

Имитируют реализацию угрозы безопасности в отношении точки входа, для чего исключают элемент из топологии сети и помечают его как поврежденный. В соответствии со временем распространения имитируют реализацию угрозы безопасности в отношении всех элементов, непосредственно связанных с уже поврежденными элементами. Блок-схема алгоритма реализации угрозы безопасности представлена на рис. 1.

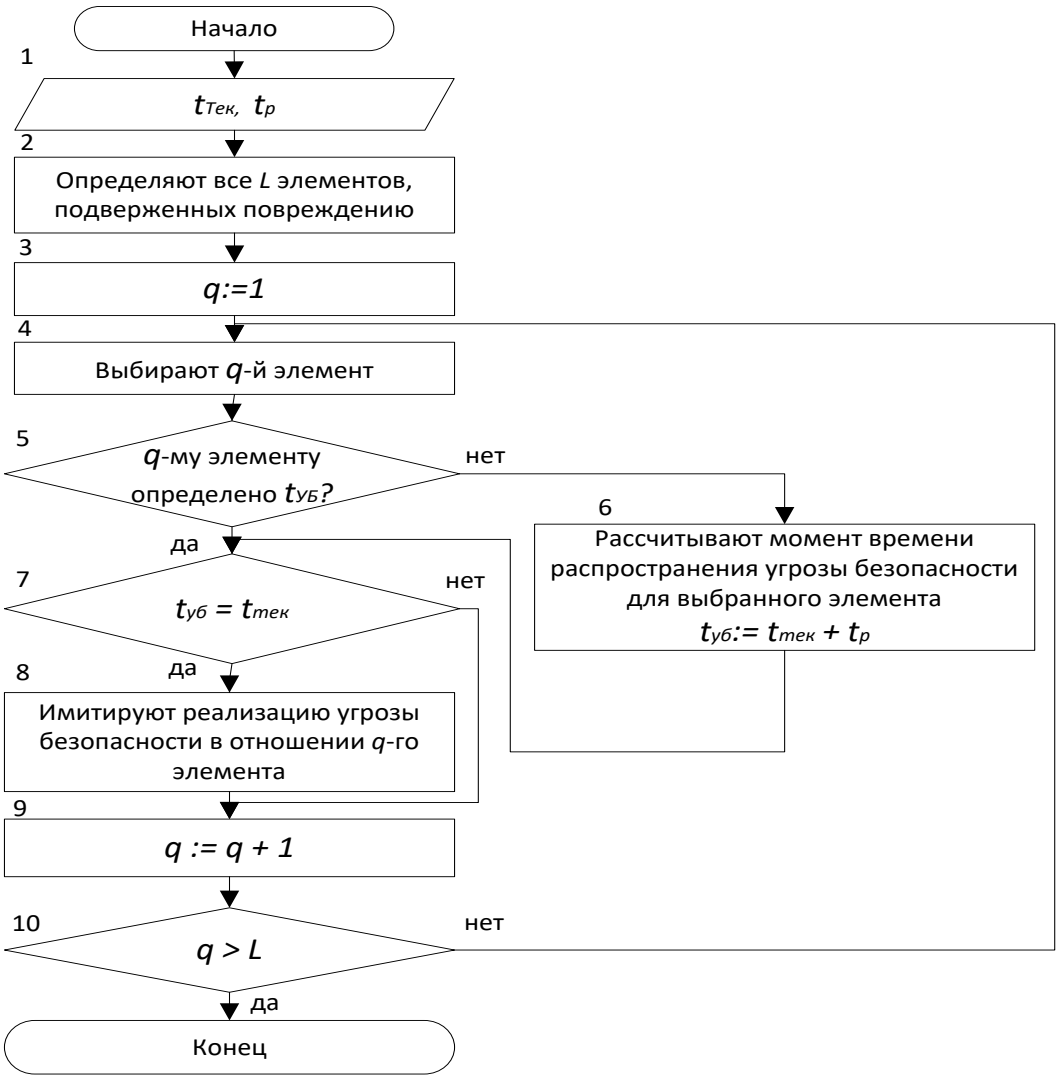


Рисунок 1. Блок-схема алгоритма реализации угрозы безопасности

Далее приступают к восстановлению поврежденных элементов в соответствии со временем восстановления. Блок-схема алгоритма восстановления поврежденных элементов представлена на рис. 2.

Если все поврежденные элементы проверены, то переходят к проверке информационных направлений. Для этого извлекают из памяти данные о транзитных элементах i-го информационного направления (G).

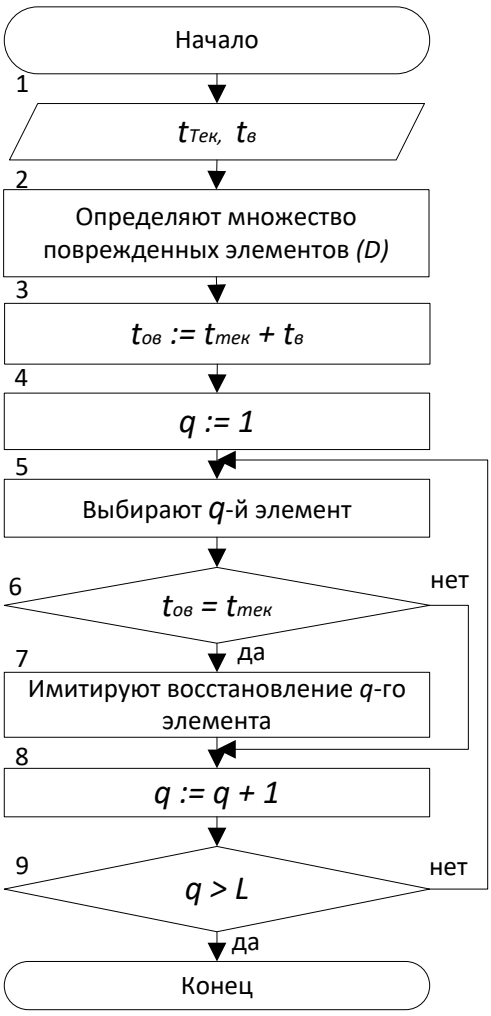


Рисунок 2. Блок-схема алгоритма восстановления поврежденных элементов

Поэлементно сравнивают множество транзитных элементов G с множеством поврежденных элементов D. Если в множестве G присутствует хотя бы один элемент из множества D, то i-е информационное направление считается неработоспособным. Если в множестве G отсутствуют элементы из множества D, то i-е информационное направление считается работоспособным.

Запоминают данные о состоянии информационного направлений на текущем шаге моделирования.

После окончания проведения всех статистических экспериментов рассчитывают вероятность работоспособного состояния и среднее время работоспособного состояния каждого информационного направления.

Вероятность работоспособного состояния i-го информационного направления на j-м шаге моделирования – это отношение количества экспериментов, на которых i-е информационное было работоспособно на j-м шаге моделирования к общему количеству экспериментов:

$$P_{РС}=X/E,$$

где $P_{РС}$ – вероятность работоспособного состояния i-го информационного направления на j-м шаге моделирования;

X – количество экспериментов, в которых i-е информационное направление было работоспособно на j-м шаге моделирования;

E – общее количество экспериментов.

Среднее время работоспособного состояния *i*-го информационного направления на *j*-м шаге моделирования – это среднее арифметическое от времени работоспособного состояния с момента начала процесса моделирования до *j*-го шага моделирования, на всех экспериментах:

$$\overline{t_{\mathrm{PC}i}} = \frac{\sum_{n=1}^{E} t_{\mathrm{PC}n}}{E},$$

где $\overline{t_{\mathrm{PC}i}}$ – среднее время работоспособного состояния *i*-го информационного направления на *j*-м шаге моделирования;

$t_{\mathrm{PC}n}$– суммарное время работоспособного состояния на период до *j*-го шага моделирования при *n*-м эксперименте;

E – общее количество экспериментов.

В результате описанных действий могут быть вычислены вероятность работоспособного состояния и среднее время работоспособного состояния информационного направления.

Таким образом, за счет учета возникновения угроз безопасности и взаимной зависимости ресурсов, используемых абонентами, достигается повышение адекватности и достоверности моделирования.

Литература:

1. Советов Б.Я., Яковлев С.А. «Моделирование систем».- М.: Высшая школа, 2009, - 343 с., Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. «Моделирование информационных систем». Учебное пособие. –М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.:ил.

2. Алисевич Е.А., Синев С.Г., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В., Чукариков А.Г., Шаронов А.Н. Способ моделирования сетей связи. Патент на изобретение RU 2546318 C1, 10.04.2015. Заявка № 2014103873/08 от 04.02.2014.

3. Гречишников Е.В., Любимов В.А., Клименко И.В. Устройство для моделирования системы связи. Патент 2251150 RU, 27.04.2005.

4. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В., Стекольщикова Г.А. Способ адаптивного повышения адекватности модели информационно-телекоммуникационной системы // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 94-100.

5. Гречишников Е.В., Любимов В.А., Поминчук О.В., Белов А.С., Шапошников Д.К. Анализатор сетей связи. Патент RU 2311675, 27.11.2007; Заявка № 2006107095/09 от 03.06.2006.

6. Беликова И.С., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В. Моделирование сетей связи с учетом топологических и структурных неоднородностей // Информационные системы и технологии. 2017. № 2 (100). С. 93-101.

7. Гречишников Е.В., Иванов В.А., Белов А.С., Панасенко А.Н. Устройство для моделирования системы связи. Патент RU 2286597, 27.10.2006 Заявка № 2005111458/09 от 18.04.2005.

8. Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Федоров В.Г., Чукариков А.Г. Способ целенаправленной трансформации параметров модели реального фрагмента сети связи // Патент на изобретение RU 2620200, 23.05.2017. Заявка № 2016119980 от 23.05.2016.

9. Агеев Д.А. Баленко О.А. Бухарин В.В., Жилков Е.А., Кирьянов А.В., Сагдеев А.К., Стародубцев Ю.И. Способ моделирования сетей связи. Патент 2488165 RU, 20.07.2013. Заявка 2012130787/08 от 18.07.2012.

10. Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Кириллова Т.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Чукариков А.Г. Способ адаптивного повышения адекватности

модели системы связи. Патент на изобретение RU 2562767 C1, 10.09.2015. Заявка № 2014111876/08 от 27.03.2014.

11. Баленко О.А., Бречко А.А., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Способ максимизации степени адекватности модели системы связи. Патент на изобретение RU 2675762, 24.12.2018. Заявка № 2017145427 от 22.12.2017.

12. Бречко А.А., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Первов М.С., Стародубцев Ю.И. Способ моделирования двусторонних воздействий при использовании конфликтующими системами управления общего технологического ресурса. Патент на изобретение RU 2692423, 24.06.2019. Заявка № 2018122181 от 15.06.2018.

13. Бречко А.А., Вершенник Е.В., Латушко Н.А., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Способ динамического моделирования сетей связи с учетом взаимной зависимости их элементов. Патент RU 2665506, 30.08.2018. Заявка № 2017142055 от 01.12.2017.

14. Олифер В, Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 992 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов») с. – 526.

15. Алисевич Е.А., Евграфов А.А., Нижегородов А.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В. Система моделирования динамических процессов. Патент на изобретение RU 2541169 C2, 10.02.2015. Заявка № 2013108784/08 от 26.02.2013.

16. Сухорукова Е.В., Закалкин П.В., Андреянов С.Н. Моделирование торговых бизнес-процессов: способы задания модельного времени // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2013. № 1. С. 104-109.

А.А. Бречко, Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник

СПОСОБ КОНТРОЛЯ ЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, мониторинг.

Аннотация: Понятие структуры информационно-телекоммуникационной сети раскрывает схему связей и взаимодействия ее элементов. В настоящее время выделяют следующие аспекты описания структуры сети связи: физический, определяющий состав и связи элементов, и логический, отображающий взаимодействие элементов в процессе функционирования сети. В статье рассматривается способ, позволяющий логической структуры сети связи и её среднего времени квазистационарного состояния.

A.A. Brechko, E.V. Vershennik, A.V. Vershenik

A WAY OF MONITORING THE LOGICAL STRUCTURE INFORMATION AND TELECOMMUNICATIONS NETWORK

Military Academy of communications. S.M. Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: information security, monitoring.

Annotation: The concept of information and telecommunications network structure reveals the scheme of connections and interaction of its elements. Currently, the following aspects of describing the structure of the communication network are distinguished: physical, which determines the composition and connections of elements, and logical, which displays the interaction of elements in the process of network operation. The article considers a method that allows the logical structure of the communication network and its average time of quasi-stationary state.

Понятие структуры информационно-телекоммуникационной сети раскрывает схему связей и взаимодействия ее элементов. В настоящее время выделяют следующие аспекты описания структуры сети связи: физический, определяющий состав и связи элементов, и логический, отображающий взаимодействие элементов в процессе функционирования сети.

Физическая структура сети – это схема связей физических элементов сети в их взаимном расположении с характеристиками передачи и распределения сообщений. К основным компонентам физической структуры можно отнести узлы, каналы и линии связи.

Логическая структура сети определяет принципы установления связей, алгоритмы организации процессов и управления ими, логику функционирования программных средств [1] .

Традиционно, при моделировании сетей связи, описывали ее физическую структуру. При этом использовали либо графический метод представления, либо матрицу смежности [2, 3]. Эти способы представления сети говорят о узлах сети и их связности друг с другом. Так, при использовании графического метода вершинами графа моделировали узлы сети, а именно: маршрутизаторы, оконечное оборудование, коммутаторы, мультиплексоры, ретрансляторы, серверы, а также различные варианты их объединения. Ребра графа представляли линии связи, соединяющие узлы, а именно: медный кабель, витая пара, оптический кабель, радиолиния и т.д. [4 – 9]. В матрице смежности номеру узла ставят в соответствие номера узлов, с которыми имеются физические линии связи. Матрица смежности графа, состоящего из n вершин, является квадратной матрицей размером $n \times n$, элемент которой C_{ij}равен числу рёбер из -й вершины графа в j-ю вершину [10 -11]. На этапе становления и активного развития сетей связи физическая структура сети однозначно определяла логику и порядок взаимодействия пользователей.

В настоящее время преобладают цифровые мультисервисные сети связи. В таких сетях их логическая структура, как правило, многовариантна, динамична и в большинстве случаев не совпадает с физической структурой.

Под логической структурой сети связи понимается совокупность взаимосвязанных логических элементов сети, настроенных на взаимную работу в целях предоставления услуг абонентам.

В общем случае, логическая структура определяется конфигурацией информационных потоков между компонентами сети, она может быть отлична от

физической структуры, более того она может принципиально изменяться в любой момент и за короткий интервал времени [12].

Отличие логической структуры сети поясняется мультисервисностью сети, означающей, что один физический элемент сети может обладать рядом служб (сервисов), т.е. предоставлять рад услуг, набор которых может отличаться от набора услуг других элементов этой сети [13].

Изменяемость логической структуры поясняется стохастическим поведением ее абонентов, которое, в целях оптимизации использования ресурсов сети, компенсируется самой сетью за счет перестройки логической структуры, адаптируя структуру к сложившимся условиям, например, изменение маршрутно-адресных таблиц маршрутизаторов в зависимости от изменения загрузки линий связи.

Также на динамику изменения логической структуры в той или иной степени оказывают влияние операторы сети и ее пользователи, природные явления, различного рода деструктивные воздействия, в том числе и преднамеренные, например, атаки типа отказ в обслуживании или зеркалирование трафика.

Задача определения логической структуры сети заключается в нахождении путей прохождения информационных потоков между компонентами сети в определенные моменты времени.

Необходимость определения логической структуры обусловлена необходимостью контроля и защиты логических элементов от различного рода воздействий.

Необходимость определения среднего времени квазистационарного состояния обусловлена необходимостью оптимизации ресурсов, затрачиваемых на контроль и защиту сети, её сегментов и логических элементов, поскольку средства защиты должны обеспечивать безопасность и быть устойчивыми к воздействиям не все время, а только в течение времени, пока логическая структура неизменна.

Также необходимость определения среднего времени квазистационарного состояния обусловлена необходимостью повышения эффективности управления сетью.

Вышеописанное доказывает важность и актуальность решения задачи определения логической структуры сети связи и её среднего времени квазистационарного состояния.

Авторами статьи разработан способ, позволяющий определить данные показатели.

Способ заключается в следующем:

На первом этапе определяют структуру контролируемой сети, ее компонентный состав и индивидуальные особенности функционирования.

Физическая структура контролируемой сети связи может быть задана графом (рис. 1), где вершины графа $c1, c2, c3 \dots c8$ представляют собой элементы сети, а соответствующие ребра – связи между ними, либо матрицей смежности (рис. 2), в которой значение ее элемента равно числу линий (каналов) связи между элементами сети связи $c1, c2, c3 \dots c8$.

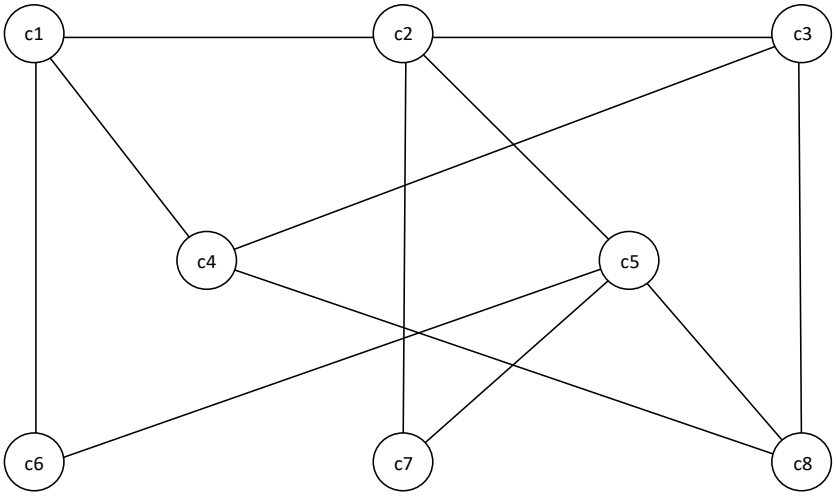


Рисунок 1. Граф физической структуры сети связи

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
c1	-	1		1		1		
c2	1	-	1		1		1	
c3		1	-	1				1
c4	1		1	-				1
c5		1			-	1		1
c6	1				1	-		
c7		1					-	
c8			1	1	1			-

Рисунок 2. Матрица смежности физической структуры сети связи

Задают критерии, характеризующие допустимые условия функционирования сети, а также общее время контроля (T) и периодичностиь контроля (Δt).

Периодичность контроля может быть выбрана исходя из [14].

Общее время контроля выбирается исходя из целей контроля и, как правило, составляет весь период жизни физической структуры сети связи.

Осуществляют выбор входных параметров, позволяющих на основании их значений сделать вывод о соответствии состояния сети допустимым условиям.

Определяют возможный диапазон значений входных параметров.

В процессе контроля на каждом этапе контроля по прибытию сообщения на компонент сети записывают в память идентификатор сообщения (mid), идентификатор времени прибытия сообщения (tid) и идентификатор компонента сети (cid).

Идентификатор сообщения (mid – *message identifier*) позволяет различать сообщения между собой в пределах контролируемой сети. Например, в сетях TCP/IP, в качестве идентификатора сообщения может быть выбрана пара IP-адрес отправления и IP-адрес назначения [15]. Также в качестве идентификатора сообщения может быть выбрана его хеш-функция [16].

Идентификатор времени прибытия сообщения (tid – *time identifier*) является его временно́й характеристикой, позволяющей судить о времени прохождения сообщения через компоненты сети. В качестве tid может быть использовано, например, значение поля времени жизни (TTL) IP пакета в TCP/IP сетях. Время

жизни пакета задается источником сообщения и уменьшается как минимум на единицу при прохождении сообщением очередного транзитного узла [15].

В качестве идентификатора компонента сети (cid – *component identifier*) может быть выбран любой идентификатор, позволяющий однозначно определить компонент в пределах контролируемой сети, например, mac-адрес устройства [15].

На рис. 3 представлена таблица, сохраненная, на элементе $c2$, где в столбце $\boldsymbol{mid}$ в качестве идентификатора, например, первого сообщения выбрана пара – IP-адрес отправления ($c7$) и IP-адрес назначения ($c8$) – $c7c8$ в столбце $\boldsymbol{tid}$ записано значение поля времени жизни (TTL) IP пакета – 9, в столбце $\boldsymbol{cid}$ указан идентификатор компонента сети, на котором осуществляется обработка сообщения. В данном примере, это элемент $c2$.

№ сообщения	mid	tid	cid
1	c7c8	9	c2
2	c6c7	8	c2
3	c6c3	8	c2

Рисунок 3. Данные, сохраненные на компоненте $c2$;

По окончанию каждого этапа контроля, хранящуюся в памяти информацию, со всех компонентов собирают в единую базу данных.

На рис. 4 представлена единая база данных с собранной информацией со всех компонентов сети связи.

mid	tid	cid
c6c3	9	c1
c6c7	9	c1
c7c8	9	c2
c6c7	8	c2
c6c3	8	c2
c3c8	10	c3
c6c3	7	c3
c6c8	9	c5
c7c8	8	c5
c3c5	9	c5
c6c3	10	c6
c6c8	10	c6
c6c7	10	c6
c7c8	10	c7
c6c7	7	c7
c6c8	9	c8
c3c5	10	c8
c7c8	7	c8

Рисунок 4. Единая база данных

В базе данных выделяют строки с одинаковым идентификатором сообщения (mid).

На рис. 5 представлен фрагмент единой базы данных с выделенными строками, где идентификатор сообщения $mid = c6c3$.

mid	tid	cid
c6c3	9	c1
c6c7	9	c1
c7c8	9	c2
c6c7	8	c2
c6c3	8	c2
c3c8	10	c3
c6c3	7	c3
c6c8	9	c5
c7c8	8	c5
c3c5	9	c5
c6c3	10	c6
c6c8	10	c6
c6c7	10	c6
c7c8	10	c7
c6c7	7	c7
c6c8	9	c8

Рисунок 5. Фрагмент единой базы данных с выделенными строками, где $mid = c6c3$;

Упорядочивают выделенные строки по убыванию идентификатора времени прибытия сообщения (tid). Сортировка может быть осуществлена, например, с помощью алгоритма сортировки выбором [16].

На рис. 6 представлена единая база данных, с упорядоченными по убыванию идентификатора времени прибытия строками, где $mid = c6c3$.

mid	tid	cid
c6c3	10	c6
c6c3	9	c1
c6c3	8	c2
c6c3	7	c3
c6c7	9	c1
c7c8	9	c2
c6c7	8	c2
c3c8	10	c3
c6c8	9	c5
c7c8	8	c5
c3c5	9	c5
c6c8	10	c6
c6c7	10	c6
c7c8	10	c7
c6c7	7	c7
c6c8	9	c8
c3c5	10	c8
c7c8	7	c8

Рисунок 6. Единая база данных, с упорядоченными по убыванию идентификатора времени прибытия строками, где $mid = c6c3$;

Формируют упорядоченный список (cid_list) из выделенных идентификаторов компонентов сети.

Список cid_list – список, характеризующий последовательность прохождения сообщения через компоненты сети с определенным идентификатором. Справедливость утверждения подтверждается тем, что значение идентификатора времени прибытия сообщения tid (в случае, если в качестве tid выбрано значение TTL IP пакета) уменьшается, по крайней мере, на единицу при прохождении очередного транзитного компонента сети [15].

На рис. 6 представлен сформированный список $cid\_list_{c6c3} = \{c6, c1, c2, c3\}$. Это означает, что сообщение с $mid = c6c3$ последовательно прошло через указанные в списке транзитные компоненты.

Формируют матрицу смежности логической структуры сети ($A_{\text{лог}t}$), структура которой совпадает со структурой матрицы смежности физической структуры сети ($A_{\text{физ}}$).

Поочередно выбирают каждый сформированный список идентификаторов cid_list.

На рис. 8 представлены все сформированные списки cid_list, каждый из которых последовательно необходимо выбрать для осуществления обработки.

$$cid\_list_1 = \{c6, c1, c2, c3\};$$
$$cid\_list_2 = \{c6, c5, c8\};$$
$$cid\_list_3 = \{c7, c2, c5, c8\};$$
$$cid\_list_4 = \{c6, c1, c2, c7\};$$
$$cid\_list_5 = \{c3, c8, c5\}.$$

Рисунок 8. Составленные списки cid_list из идентификаторов компонентов сети связи

Увеличивают на единицу значения в ячейках матрицы $A_{\text{лог}t}$, находящихся на пересечении строк и столбцов с именами, соответствующими всем соседним элементам выбранного списка.

Соседство элементов списка идентификаторов cid_list означает, что сообщение передалось от одного компонента к другому напрямую, без использования каких-либо других компонентов сети. Таким образом, между ними фиксируется прямая логическая связь.

На рис. 9 представлен пример полностью заполненной матрица смежности логической структуры сети связи, полученная после обработки всех сформированных списков, показанных на рис. 8.

Сравнивают матрицу смежности физической структуры сети с матрицей смежности логической структуры сети на текущий момент времени. Сравнение матриц происходит по принципу сравнения идентичных ячеек (ячеек с одинаковыми координатами).

Вычисляют коэффициент сходства логической и физической структуры сети.

Как известно, чтобы определить расстояние или различие между двумя объектами возможно использовать формулу Рассела и Рао [17]:

$$1 - \frac{i}{N},$$

где i – число совпавших признаков;

N – общее число сравниваемых признаков двух объектов.

Для вычисления коэффициента сходства двух матриц смежности разумно использовать выражение, обратное, нежели для определения расстояния (различия):

$$K_{\text{лф}} = \frac{i}{N},$$

где $K_{\text{лф}}$ – коэффициент сходства логической и физической структуры сети связи;

i – число идентичных ячеек, значения которых совпадают в обеих матрицах, причем, любое значение в ячейке матрицы смежности логической структуры, отличное от нуля считается совпадающим со значением, равным единице, в соответствующей ячейке матрицы смежности физической структуры сети связи;

N – общее число ячеек в матрице.

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
c1	-	2				2		
c2	2	-	1		1		2	
c3		1	-					1
c4				-				
c5		1			-	1		3
c6	2				1	-		
c7		2					-	
c8			1		3			-

Рисунок 9. Полностью заполненная матрица смежности логической структуры сети связи

Например, коэффициент сходства логической структуры сети, матрица смежности которой представлена на рис. 9, и физической структуры, матрица смежности которой представлена на рис. 2, будет равен:

$$K_{\text{лф}} = \frac{i}{N} = \frac{58}{64} \approx 0{,}906$$

Сравнивают матрицы смежности логической структуры сети связи. Сравнение матриц смежности логической структуры сети связи происходит по следующему принципу: сравнивают матрицу смежности, полученную на начальном этапе контроля (t_0) с матрицами, полученными на всех последующих этапах контроля ($t_0 + \Delta t, t_0 + 2\Delta t, \ldots$).

Вычисляют коэффициент сходства между матрицами смежности логической структуры сети.

Вычисление коэффициента сходства осуществляется по принципу, заложенному в выражении, обратном формуле Рассела и Рао [17]:

$$K_{\text{лл}} = \frac{\sum_{i=1}^{N} k_i}{N},$$

где N – количество элементов множества, полученного объединением множеств ненулевых ячеек сравниваемых матриц;

k_i – коэффициент сходства между идентичными ячейками матриц, характеризующийся отношением меньшего значения к большему в идентичных ячейках сравниваемых матриц и рассчитываемый по формуле:

$$k_i = \frac{l_{min}}{l_{max}},$$

где l_{min} и l_{max} – значения в идентичных ячейках сравниваемых матриц.

Множество коэффициентов сходства, рассчитанных после сравнения матрицы смежности, полученной на начальном этапе контроля (t_0) с матрицами, полученными на всех последующих этапах контроля ($t_0 + \Delta t, t_0 + 2\Delta t, ...$), является монотонно убывающей функцией от времени.

Сравнение матриц смежности логической структуры сети продолжается до тех пор, пока коэффициент сходства $K_{лл}$ не станет меньше 0,9 (или иного заданного порогового значения). При этом фиксируется момент времени проведения этапа контроля, после которого $K_{лл}$ стал меньше 0,9 (или иного заданного порогового значения), а момент времени следующего этапа контроля обозначается как начальный (t_0) и действия сравнения и вычисления коэффициента повторяются.

Пример расчета коэффициента сходства между матрицей смежности логической структуры сети, полученной на начальном этапе контроля (t_0) (рис. 9) и матрицей смежности, полученной на следующем этапе контроля ($t_0 + \Delta t$) (рис. 10):

$$K_{лл} = \frac{\sum_{i=1}^{N} k_i}{N} =$$

$$= \frac{\frac{2}{3} + \frac{2}{2} + \frac{2}{3} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{2}{2} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{1}{1} + \frac{3}{4} + \frac{2}{2} + \frac{1}{1} + \frac{2}{2} + \frac{1}{1} + \frac{3}{4}}{16} \approx$$

$$\approx 0{,}927$$

	c1	c2	c3	c4	c5	c6	c7	c8
c1		3				2		
c2	3		1		1		2	
c3		1						1
c4								
c5		1				1		4
c6	2				1			
c7		2						
c8			1		4			

Рисунок 10. Матрица смежности логической структуры сети связи, полученная на следующем ($t_0 + \Delta t$) этапе контроля

Вычисляют среднее время квазистационарного состояния логической структуры сети.

Среднее время квазистационарного состояния логической структуры сети ($\bar{t}_{кcc}$) вычисляется как среднее арифметическое [18]:

$$\bar{t}_{кcc} = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_{кcci}}{N},$$

где $\sum_{i=1}^{N} t_{\text{ксс}i}$ – сумма всех периодов времени квазистационарного состояния логической структуры сети;

N – количество периодов времени квазистационарного состояния сети на наблюдаемом временном отрезке.

Время квазистационарного состояния сети ($t_{\text{ксс}i}$) - это период времени, в течение которого логическая структура сети похожа сама на себя с коэффициентом сходства, $K_{\text{лл}} = 0{,}9$ (или равному иному заданному пороговому значению).

Время квазистационарного состояния сети рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{ксс}i} = N \times \Delta t,$$

где Δt_i – период контроля;

N – количество последовательных этапов контроля, по результатам которых выявлено, что логическая структура сети похожа на логическую структуру сети в момент времени t_0 с коэффициентом сходства $K_{\text{лл}} = 0{,}9$ (или равному иному заданному пороговому значению).

Таким образом, в результате выполнения действий разработанного способа достигается определение среднего времени квазистационарного состояния логической структуры сети связи в целях обеспечения эффективности и обоснованности управленческих воздействий на физическом и/или логическом уровне сети связи.

Литература:

1. Домарев, В. В. Информационная система как объект защиты. Электронный ресурс URL: http://ragnit-neman.narod.ru/study/gosi/ 2_29_arhitektura_raspred_ is.htm. Дата обращения 16.02.2018 г.

2. Иванов, Е. В. Имитационное моделирование средств и комплексов связи и автоматизации / Е. В. Иванов. – СПб.: ВАС. 1992. – 206 с., С. 111.

3. Беликова И. С. , Закалкин П. В. , Стародубцев Ю. И. , Сухорукова Е. В. Моделирование сетей связи с учетом топологических и структурных неоднородностей // Информационные системы и технологии. – 2017. – № 2 (100). – С. 93-101.

4. Патент 2546318 Российская Федерация, МПК G06F 17/10 (2006.01), G06F 17/50 (2006.01), H04W 16/22 (2009.01). Способ моделирования сетей связи. / Алисевич Е.А., Синев С.Г., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В., Чукариков А.Г.,Шаронов А.Н.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет». – 2014103873; заявл. 04.02.2014; опубл. 10.04.2015. бюл. № 10 – 21 с.;

5. Патент 2586858 Российская Федерация, МПК H04L 9/32 (2006.01). Способ управления потоками данных на основе контроля заданного потребителем маршрута и обнаружения факта деструктивного воздействия/ Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В., Кругленко Е.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет» – 2014150152; заявл. 10.12.2014; опубл 10.06.2016, бюлл. № 16. – 12 с.;

6. Патент 2620200 Российская Федерация, МПК G06N 5/00 (2006.01), H04W 16/22 (2009.01), G06F 17/10 (2006.01). Способ целенаправленной трансформации параметров модели реального фрагмента сети связи / Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Федоров В.Г., Чукариков А.Г..; заявитель и

патентообладатель Бегаев А.Н. – 2016119980; заявл. 23.05.2016; опубл 23.05.2017. бюл. №15 – 18 с.;

7. Патент 26311144 Российская Федерация, МПК H04L 12/70. Способ маршрутизации трафика, имеющего приоритетный класс в сети связи, включающей двух и более операторов / Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Попова А.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Федоров В.Г.; заявитель и патентообладатель Стародубцев Ю.И., Федоров В.Г. – 2016128288; заявл. 12.07.2016; опубл 19.09.2017. – 18 с.; Патент 2628913 Российская Федерация, МПК G06A 12/24.

8. Способ обнаружения удаленных атак на автоматизированные системы управления / Алисевич Е.А., Сорокин М.А., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В,, Федоров В.Г..; заявитель и патентообладатель Федоров В.Г. – 2016114970; заявл. 18.04.2016; опубл. 22.08.2017. бюл. №24 – 14 с.

9. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Краснов В.А. Применение средств моделирования в процессе обучения военных специалистов в области информационной безопасности за рубежом // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 355-357.

10. Бондаренко А.В., Применение теории графов для формализации задач автоматизации документооборота информационного портала предприятия / Бондаренко А.В., Рогова Н.Г. // Вестник компьютерных и информационных технологий .– 2013 .– №12 .– С. 45-53;

11. Патент 2568784 Российская Федерация, МПК H04L 12/729 (2013.01), H04L 9/32 (2006.01). Способ управления потоками данных распределенных информационных систем. /Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Ильина О.В..; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный торгово-экономический университет». – 2014150199; заявл. 10.12.2014; опубл. 20.11.2015. бюл. № 32 – 11 с.

12. Степанов, А. Н. Архитектура вычислительных систем и компьютерных сетей // учеб. пособие для вузов по специальности «Приклад. математика и информатика» / А. Н. Степанов. – СПб. и др.: Питер, 2007. – 508 с. ил. С. 457-460.

13. Стародубцев, Ю. И. Управление качеством информационных услуг / Ю. И. Стародубцев, А. Н. Бегаев, М. А. Давлятова ; под общ. ред. Ю. И. Стародубцева. – СПб. : Изд-во Политехн. Ун-та, 2017. – 454 с., С. 154-165.

14. Патент 2623791 Российская Федерация, МПК G05B 23/00 (2006.01), G06Q 10/04 (2012.01). Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния процессов / Синев С.Г., Сорокин М.А., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В.; заявитель и патентообладатель Стародубцев П.Ю.– 2015108734; заявл. 25.01.2016; опубл 29.06.2017, бюлл. № 19. – 13 с.

15. Олифер, В. Г., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. / В. Г. Олифер Н. А. Олифер. – СПб.: Питер, 2015. – 944 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов»).

16. Кормен, Алгоритмы: вводный курс. /Кормен, Х. Томас. : Пер. с англ. ¬¬– М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2015 ¬ 208 с. : ил. – Парал. тит. Англ. С. 37-67.

17. Жамбю М. Иерархический кластер-анализ и соответствия / М. Жамбю, : Пер. с фр. – М. : «Финансы и статистика», 1988. 342 с.: ил., С. 94.

18. Семенов В. А. Теория вероятностей и математическая статистика: учебное пособие. В. А. Семенов, – СПб.: Питер, 2013. – 192 с.: ил. С. 115.

В.В. Алашеев, А.В. Вершенник, В.В. Никитин

МОНИТОРИНГ КАЧЕСТВА ПРЕДОСТАВЛЯЕМЫХ СЕТЬЮ СВЯЗИ УСЛУГ ВНЕШНИМИ СПЕЦПОТРЕБИТЕЛЯМИ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: мониторинг, контроль качества, качество обслуживания.

Аннотация: В статье излагаются предложения по обеспечению реализации внешнего, независимого и объективного контроля за качеством предоставляемых услуг потребителями услуг связи без остановки любого элемента сети, без применения специальных средств измерения, в условиях всех воздействующих факторов.

V.V. Alasheev, A.V. Vershennik, V.V. Nikitin

MONITORING THE QUALITY OF SERVICES PROVIDED BY THE COMMUNICATION NETWORK BY EXTERNAL SPECIAL CONSUMERS

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: monitoring, quality control, quality of service.

Annotation: The article presents proposals for ensuring the implementation of external, independent and objective control over the quality of services provided by consumers of communication services without stopping any element of the network, without using special measurement tools, in the conditions of all influencing factors.

В настоящее время в развитии отрасли связи доминируют следующие тенденции, оказывающие влияние на ее правовое и технологическое регулирование:

1. Либерализация – снижение уровня государственного регулирования деятельности операторов связи в части постепенного отказа от регулирования тарифов, определения недискриминационного доступа к ресурсам сетей и приватизации инфраструктуры. Основная цель – поощрение развития конкурентной среды телекоммуникационных услуг.
2. Конвергенция – снижение роли технологии предоставления в определении услуги связи для конечного пользователя, что обусловлено, в основном, технологическим развитием оборудования отрасли.
3. Опережающее развитие сетей подвижной связи и Интернета – отражает рост роли информации в социуме в сочетании с бурным развитием инфокоммункикационных технологий. Эта тенденция приводит к резкому повышению коммуникативной доступности индивидуума и визуализации коммуникаций. Как следствие – рост нагрузки на транспортные сети из-за увеличения ширины полосы пропускания, доступной абонентам (ежегодно полоса пропускания каналов доступа активных абонентов увеличивается не менее чем в 2 раза) [1].

Ускоренные темпы научно-технического прогресса, все увеличивающееся разнообразие услуг, технологий и средств связи, несомненно, актуализируют проблему контроля качества предоставляемых операторами связи услуг внешними спецпотребителями [2 - 8].

Современный подход к регулированию качества услуг связи в РФ изложен в серии государственных стандартов:

- ГОСТ Р 53724–2009 «Качество услуг связи. Общие положения»;
- ГОСТ Р 53632–2009. Показатели качества услуг доступа в Интернет. Общие требования.
- ГОСТ Р 53725–2009. Качество услуги «Междугородная телефонная связь». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53726–2009. Качество услуги «Международная телефонная связь». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53727–2009. Качество услуги «Местная телефонная связь». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53728–2009. Качество услуги «Передача данных». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53729–2009. Качество услуги «Предоставление виртуальной частной сети (VPN)». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53730–2009. Качество услуги «Предоставление каналов связи в аренду». Показатели качества;
- ГОСТ Р 53731–2009. Качество услуг связи. Термины и определения;
- ГОСТ Р 53732–2009. Качество услуг сотовой связи. Показатели качества.
- ГОСТ Р 55542-2013. Управление качеством услуг связи. Мониторинг качества услуг связи;
- ГОСТ Р 55543-2013 Управление качеством услуг связи. Общие положения;
- ГОСТ Р 56087.3 – 2014. Качество услуг связи. Нормативные значения показателей качества услуг связи на этапах взаимодействия с потребителем;

  ГОСТ Р 56087.1-2014 Система национальных стандартов в области качества услуг связи. Методика проведения испытаний с помощью контрольных вызовов;
- ГОСТ Р 56088-2014 Качество услуги "Услуга по предоставлению местной телефонной связи с использованием таксофонов". Показатели качества;
- ГОСТ Р 56089-2014 Качество услуг Внутризоновая телефонная связь. Показатели качества;
- приказ Мининформсвязи России от 27.09.2007 № 113 «Об утверждении Требований к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования» и др.

Необходимо отметить ряд недостатков ГОСТов с точки зрения правоприменительной практики:

- имеют внутренние противоречия и расхождения с другими отечественными и международными нормативными документами, например, в части несоответствия терминологии, дублирования видов услуг;
- носят рекомендательный характер;
- не включены ни в одну из систем добровольной сертификации услуг связи и систем управления качеством услуг связи;

– не содержат норм на показатели качества услуг связи, что не позволяет их оценить.

Операторы связи имеют собственное оборудование для измерения параметров качества услуг связи и уровня покрытия сетей связи. Нередко операторы заказывают подобные измерения сторонним, как правило, зарубежным, организациям. Однако результаты этих измерений не разглашаются и служат всего лишь отправной точкой для самих операторов при модернизации и оптимизации собственных сетей связи. Более того, невозможно сравнить результаты, полученные в сетях разных операторов связи, поскольку измерения проводятся по разным методикам с использованием различного оборудования [1].

Авторами статьи предлагается способ, обеспечивающий объективный контроль параметров функционирования каналов передачи данных, а также степени соблюдения оператором показателей, закрепленных в соглашении о качестве обслуживания [9].

Заявленный способ может быть реализован следующим образом:

Предварительно задают в качестве исходных: объект измерения; пару корреспондирующих абонентов; тестовую последовательность, известную заданной паре абонентов, состоящую из K Бит (рис. 1); требуемую вероятность битовой ошибки $P_{ош}$; периодичность ($T_{изм}$) проведения измерений вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ при максимальной скорости передачи $V_{max\ пер}$.

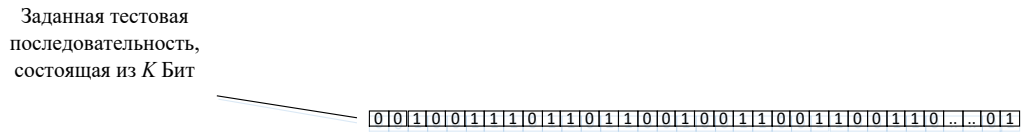


Рисунок 1. Пример тестовой последовательности

Под объектом измерения будем понимать функционирующую сеть связи с множеством параметров, а именно: количество узлов, связность, качество линий связи, тип маршрутизации, параметры протоколов, требуемая вероятность битовой ошибки $P_{ош}$.

В непрерывно функционирующей сети, в реальных условиях эксплуатации передают и принимают тестовую последовательность между парой корреспондирующих абонентов при максимальной скорости передачи $V_{max\ пер}$. Тестовая последовательность содержит бинарную последовательность случайных чисел, с равномерным законом распределения.

Далее обнаруживают битовые ошибки и подсчитывают их количество.

Рассчитывают вероятность битовой ошибки $P_{ош}$ тестовой последовательности на сети связи (Рис. 2). Периодичность ($T_{изм}$) проведения измерений вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ при максимальной скорости передачи $V_{max\ пер}$ может быть выбрана в соответствии с [10 - 14].

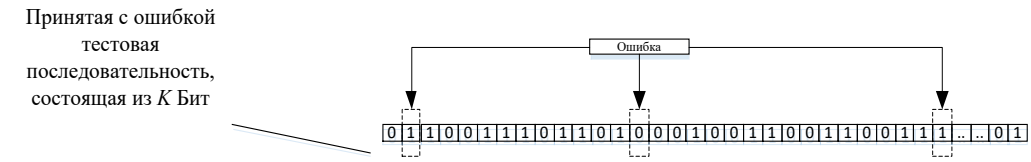


Рисунок 2. Пример принятой тестовой последовательности с ошибкой

Далее запоминают в двумерную матрицу M значения вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ тестовой последовательности на информационном направлении.

Матрица есть совокупность данных, каждое значение которых зависит от его местоположения в строке и в столбце, каждый элемент матрицы описывается как $A(i,j)$, где: $A(i,j)$ – значение элемента матрицы; A – имя матрицы; i – номер строки, характеризующий значение времени проведения измерений вероятности битовой ошибки; j – номер строки, характеризующий значение вероятности битовой ошибки.

Сравнивают значения требуемой вероятности битовой ошибки $P_{ош\ тр}$ со значениями вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ тестовой последовательности, если значения вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ совпадают или меньше значения требуемой вероятности битовой ошибки $P_{ош\ тр}$, то сеть связи удовлетворяет требованиям заданного качества услуг для заданной пары корреспондентов и формируется сигнал, подтверждающий качество представляемых услуг связи, если значения вероятности битовой ошибки $P_{ош}$ выше значения требуемой вероятности битовой ошибки $P_{ош\ тр}$, то формируется сигнал о несоответствии качества представляемых услуг связи.

Таким образом, в предлагаемом решении обеспечивается реализация потребителями услуг связи внешнего, независимого и объективного контроля за качеством предоставляемых услуг без остановки любого элемента сети, без применения специальных средств измерения, в условиях всех воздействующих факторов.

Литература:

1. Иванов О.А. Контроль качества услуг – новый ориентир развития сотовой связи России // Век качества. № 4. 2014. Стр. 8 – 12.

2. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В. Мониторинг корпоративных сетей // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2016. № 1 (13). С. 70-74.

3. Федоров В.Г., Вершенник А.В., Попова А.В., Стародубцев Ю.И. Обеспечение заданного качества обслуживания приоритетного трафика в многооператорных информационно-телекоммуникационных сетях // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 456-459.

4. Ахмадиев И.Р., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Закалкин П.В. Предложения по совершенствованию системы мониторинга информационно-телекоммуникационных сетей региона // Информационные технологии и системы: управление, экономика, транспорт, право. 2019. № 2 (34). С. 145-148.

5. Шостак Р.К., Лепешкин О.М. Актуальность развития сетевого контроля защищенности информационных систем // В сборнике: Региональная информатика и информационная безопасность 2017. С. 190-192.

6. Вершенник Е.В., Вершенник А.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Предложения по повышению эффективности функционирования комплексов мониторинга // В сборнике: Неделя науки СПбПУ материалы научной конференции с международным участием. 2017. С. 423-426.

7. Иванов Н.А., Иванов С.А., Краснов В.А., Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В. Способ измерения разборчивости речи. Патент на изобретение RU 2620569, 26.05.2017. Заявка № 2016119183 от 17.05.2016.

8. Коцыняк М.А., Осадчий А.И., Коцыняк М.М., Лаута О.С., Дементьев В.Е., Васюков Д.Ю. Обеспечение устойчивости информационно-телекоммуникационных

сетей в условиях информационного противоборства // Научно-исследовательский институт связи и автоматизации. Санкт-Петербург, 2014.

9. Алашеев В.В., Бегаев А.Н., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Давлятова М.А., Чеснаков М.Н., Стародубцев Ю.И. Способ внешнего контроля качества предоставляемых сетью связи услуг. Патент на изобретение RU 2669535, 11.10.2018. Заявка № 2017140025 от 16.11.2017.

10. Starodubcev U.I., Vershennik E.V., Balenko E.G. Method of monitoring the state of communication networks // В сборнике: 2019 International Science and Technology Conference "EastConf", EastConf 2019 2019. С. 8725400.

11. Стародубцев П.Ю., Стародубцев Ю.И., Вершенник Е.В., Чеснаков М.Н. Способ мониторинга состояния электрических сетей и сетей связи // Патент на изобретение RU 2646321, 02.03.2018. Заявка № 2017105612 от 20.02.2017 г.

12. Алашеев В.В., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Карпов А.В., Латушко Н.А., Чеснаков М.Н., Стародубцев Ю.И. Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния технических средств и систем при минимальном времени получения результата // Патент на изобретение RU 2659374, 29.06.2018. Заявка № 2017137312 от 24.10.2017.

13. Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Стародубцев Ю.И. К вопросу об определении оптимальной периодичности контроля состояния объектов и процессов // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 206-209.

14. Синев С.Г., Сорокин М.А., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В. Способ определения оптимальной периодичности контроля состояния процессов // Патент на изобретение RU 2623791, 29.06.2017. Заявка № 2016102219 от 25.01.2016.

В.В. Никитин, А.А. Бречко, Е.В. Вершенник

МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ В УСЛОВИЯХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АНТАГОНИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: моделирование, адекватность модели, угрозы безопасности.

Аннотация: В статье излагается способ моделирования, учитывающий взаимную зависимость элементов сети связи при распространении реализаций угроз безопасности, что повышает адекватность и достоверность моделирования

V.V. Nikitin, A.A. Brechko, A.V. Vershennik

MODELING INFORMATION AND TELECOMMUNICATION NETWORKS IN THE CONDITIONS OF FUNCTIONING OF ANTAGONISTIC CONTROL SYSTEMS

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: modeling, model adequacy, security threats.

Annotation: The article describes a method of modeling that takes into account the mutual dependence of the communication network elements in the distribution of security threat implementations, which increases the adequacy and reliability of the simulation.

Современные информационно-телекоммуникационные сети функционируют в интересах множества разнородных потребителей, в том числе и антагонистических [1].

Антагонистичность систем управления обусловлена конфликтом целей систем. Цели могут не только не совпадать, но и достижение своих целей одной системой управления, может быть следствием затруднения или невозможности достижения целей другой системой управления. Конфликт целей является ключом к возникновению преднамеренных повреждений элементов сети связи как технологической основы систем управления [2].

В настоящее время известен ряд способов и устройств для моделирования сетей связи [3 - 13]. Основным их недостатком является то, что выбор элемента сети связи для имитации преднамеренных повреждений осуществляется либо случайным образом, либо с учетом их структурной значимости. При этом структурная значимость элемента определяется только на основе показателя живучести всей сети связи, без учета функционирования заданных информационных направлений между элементами множеств разнородных, в том числе антагонистических, систем управления и используемых протоколов маршрутизации, что снижает адекватность моделирования. При функционировании заданных информационных направлений между элементами множеств разнородных, в том числе антагонистических, систем управления, использующих единый телекоммуникационный ресурс, могут быть задействованы одни и те же элементы сети. В отношении таких элементов имитация преднамеренного повреждения не адекватна реальности, поскольку система управления не будет выводить из строя элемент сети, который использует сама.

Авторами статьи предлагается способ, позволяющий устранить указанный недостаток.

Предлагаемый способ может быть реализован следующим образом [10]:

На первом этапе задают следующие исходные данные:

- интервал моделирования T_m;
- длительность шага модельного времени Δt . Способы задания длительности шага модельного времени известны и описаны в [11, 12].
- обслуживаемые сетью связи системы управления, а именно: $k = \{k_1, k_2, \ldots, k_n\}$ элементов исследуемой системы управления, R информационных направлений между ее элементами, а также $l = \{l_1, l_2, \ldots, l_m\}$ элементов антагонистических систем управления, P информационных направлений между их элементами.
- протокол маршрутизации — протокол, в соответствии с которым будут строиться маршруты по заданным информационным направлениям.

– среднее время восстановления каждого элемента сети связи и его среднеквадратическое отклонение. Среднее время восстановления элемента и среднеквадратическое отклонение должно быть кратно длительности шага модельного времени Δt.
– пороговое значение вероятности повреждения для отнесения элементов сети связи к множеству поврежденных.

Далее определяют показатель относительной структурной значимости каждого элемента сети связи [13, 14]:

$$Z_i = 1 - \frac{G_i^{поврежд}}{G_i^{функ}}, \quad (1)$$

где $G_i^{поврежд}$ – показатель живучести сети связи при поврежденном i-м элементе сети связи, $G_i^{функ}$ – показатель живучести сети связи при функционирующем i-м элементе сети связи.

В качестве показателя живучести сети связи может быть выбран суммарный объем передаваемого трафика при функционирующем i-м элементе и объем трафика при поврежденном i-м элементе.

Генерируют время возникновения повреждений элементов сети связи. Генерируют моменты времени возникновения преднамеренных повреждений, время генерации кратно длительности шага модельного времени Δt. Сгенерированные моменты времени запоминают.

Размещают элементы систем управления по элементам сети связи. Каждый элемент каждой системы управления размещается на одном из элементов сети связи.

Строят маршруты для обслуживания информационных направлений систем управления. Маршруты строятся по каждому заданному информационному направлению в соответствии с заданным протоколом маршрутизации [15].

Определяют элементы сети связи, используемые исследуемой системой управления и антагонистическими системами управления.

Поскольку системы управления используют единый телекоммуникационный ресурс, после построения маршрутов по заданным информационным направлениям, некоторые элементы сети связи могут участвовать в обслуживании как исследуемой системы управления, так и антагонистических систем управления.

Запоминают элементы сети связи, используемые для обеспечения связи по каждому информационному направлению исследуемой системы управления.

Переопределяют структурную значимость хранящихся в памяти элементов сети связи с учетом их использования антагонистическими системами управления.

Элементам сети связи, которые используются как исследуемой системой, так и антагонистическими системами управления, структурную значимость приравнивают к нулю.

Ставят в соответствие структурную значимость элементов сети связи и вероятность их преднамеренного повреждения. При этом вероятность преднамеренного повреждения элементов сети связи, используемых и исследуемой, и антагонистическими системами будет равна нулю.

Генерируют преднамеренные повреждения, реализуемые антагонистическими системами управления.

Инициируют начало процесса восстановления неработоспособных элементов сети связи. Восстановление каждого неработоспособного элемента осуществляется за заданное среднее время восстановления, с учетом среднеквадратического отклонения.

Проверяют, все ли элементы информационного направления работоспособны. Информационное направление состоит из последовательно соединенных элементов сети связи, поэтому оно считается работоспособным только в том случае, когда работоспособны все его элементы.

Рассчитывают коэффициент готовности для *N*-го информационного направления.

Коэффициент готовности – это вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени и рассчитывается в соответствии с выражением:

$$К_г = \frac{\sum_{i=1}^{M} t_i}{\sum_{i=1}^{M} t_i + \sum_{i=1}^{M} \tau_i}, \quad (2)$$

где t_i – суммарная наработка *i*-го объекта в заданном интервале эксплуатации;

τ_i – суммарное время восстановления *i*-го объекта за тот же период эксплуатации;

M – число наблюдаемых объектов в заданном интервале эксплуатации [16] .

Поскольку наблюдается один объект – одно информационное направление, тогда *N = 1* и, следовательно, выражение примет вид:

$$К_г = \frac{t_i}{t_i + \tau_i}, \quad (3)$$

Наработка – это продолжительность или объем работы объекта [16] .

Продолжительность работы информационного направления равнозначна времени работоспособного состояния t_p, значит:

$$t_i = t_р, \quad (4)$$

Интервал эксплуатации равнозначен интервалу моделирования T_m, а поскольку информационное направление было только в работоспособном и неработоспособном состоянии, то:

$$t_i + \tau_i = T_m, \quad (5)$$

Тогда, учитывая выражения 3, 4, 5, коэффициент готовности информационного направления:

$$К_г = \frac{t_р}{T_m}, \quad (6)$$

где t_p – суммарное время работоспособного состояния N-го информационного направления,

T_m – интервал моделирования, равный общему времени функционирования (наблюдения) информационного направления.

После расчета коэффициента готовности выводят перечень неработоспособных элементов сети связи на каждом шаге модельного времени.

Рассчитывают коэффициент готовности для всех информационных направлений и выводят перечень неработоспособных элементов.

Таким образом, за счет исключения возможности преднамеренных повреждений элементов сети связи, использующихся антагонистическими системами управления одновременно, достигается повышение адекватности моделирования.

Литература:

1. Анисимов В.В., Бегаев А.Н., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Федоров В.Г., Чукариков А.Г. Способ целенаправленной трансформации параметров модели реального фрагмента сети связи. Патент на изобретение RUS 2620200, 23.05.2016

2. Боговик А. В., Игнатов В. В. // Теория управления в системах военного назначения: Учебн. ВАС, 2008. С. 35;

3. Алисевич Е.А., Синев С.Г., Стародубцев П.Ю., Сухорукова Е.В., Чукариков А.Г., Шаронов А.Н. Способ моделирования сетей связи. Патент на изобретение RU 2546318 C1, 10.04.2015. Заявка № 2014103873/08 от 04.02.2014.

4. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Закалкин П.В., Стекольщикова Г.А. Способ адаптивного повышения адекватности модели информационно-телекоммуникационной системы // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2015. № 2 (10). С. 94-100.

5. Беликова И.С., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В. Моделирование сетей связи с учетом топологических и структурных неоднородностей // Информационные системы и технологии. 2017. № 2 (100). С. 93-101.

6. Алисевич Е.А., Закалкин П.В., Кириллова Т.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Чукариков А.Г. Способ адаптивного повышения адекватности модели системы связи. Патент на изобретение RU 2562767 C1, 10.09.2015. Заявка № 2014111876/08 от 27.03.2014.

7. Баленко О.А., Бречко А.А., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Способ максимизации степени адекватности модели системы связи. Патент на изобретение RU 2675762, 24.12.2018. Заявка № 2017145427 от 22.12.2017.

8. Бречко А.А., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Первов М.С., Стародубцев Ю.И. Способ моделирования двусторонних воздействий при использовании конфликтующими системами управления общего технологического ресурса. Патент на изобретение RU 2692423, 24.06.2019. Заявка № 2018122181 от 15.06.2018.

9. Бречко А.А., Вершенник Е.В., Латушко Н.А., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Способ динамического моделирования сетей связи с учетом взаимной зависимости их элементов. Патент RU 2665506, 30.08.2018. Заявка № 2017142055 от 01.12.2017.

10. Бречко А.А., Бухарин В.В., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Львова Н.В., Стародубцев Ю.И. Способ моделирования преднамеренных повреждений элементов сети связи, функционирующей в интересах разнородных, в том числе антагонистических, систем управления. Патент на изобретение RU 2655466, 28.05.2018. Заявка № 2017127332 от 31.07.2017.

11. Сухорукова Е.В., Закалкин П.В., Андреянов С.Н. Моделирование торговых бизнес-процессов: способы задания модельного времени // Проблемы экономики и управления в торговле и промышленности. 2013. № 1. С. 104-109;

12. Алисевич Е.А., Евграфов А.А., Нижегородов А.В., Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В. Система моделирования динамических процессов. Патент на изобретение RUS 2541169, 26.02.2013

13. Стекольников Ю.И. Живучесть систем. – СПб.: Политехника, 2002. – с.129;

14. Войцеховский А.И., Белов А.С., Киселев А.А., Иванов В.А., Кривенцов О.Б., Мельнов А.И. Способ моделирования преднамеренных повреждений элементов сети связи. Патент Российской Федерации №2449366, G06N 5/00, опубл. 27.04.2012 г.

15. Олифер В, Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 992 с.: ил. – (Серия «Учебник для вузов») с. – 526.

16. Федотов А.В. Основы теории надежности и технической диагностики: конспект лекций / А.В. Федотов, Н.Г. Скабкин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2010 – 64 с., стр. 24.

В.И. Юхнов, А.А. Бородина

ВЫБОР СРЕДСТВ CISCO ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: обеспечение безопасности, CISCO, атаки, защита, сетевая безопасность, система доменных имен, списки контроля доступа, туннелирование, шифрование данных, NAT.

В статье следующие рассмотрены следующие вопросы: обеспечение безопасности сети, почему сейчас уделяется повышенное внимание к безопасности информационных систем, как предотвратить атаки на сеть, как реализовать политику безопасности в домашней и корпоративной сетях. В статье перечислены возможные решения проблем безопасности сети.

V.I. Yukhnov, A.A. Borodina

THE DEVELOPMENT OF THE ICT INDUSTRY IN RUSSIA

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: security, CISCO, attacks, protection, network security, domain name system, access control lists, tunneling, data encryption, NAT.

The article considers the following questions: ensuring network security, actual reasons of an increased attention paid to the security of information systems, ways to prevent network attacks, methods of implementing a security policy in home and corporate networks. The work offers some possible solutions to network security problems.

Целью данной работы является выбор наилучшего средства Cisco для решения проблем безопасности компьютерной сети. Обеспечение безопасности в сети является одним из наиболее важных аспектов сетевого проектирования, который часто упускается из виду, поскольку он в основном связан с функционированием сети.

Cisco («Циско» или «Циска») — это известный бренд ИТ-корпорации Cisco Systems из США, под которым по всему миру выпускаются сетевые маршрутизаторы, коммутаторы, беспроводные устройства, системы видеонаблюдения.

Рассмотрение вопросов безопасности перед проектированием сети позволяет избежать проблем масштабирования сети и повышения ее эффективности, возникающих при добавлении средств безопасности к уже законченному проекту. Пока сеть находится на стадии логического проектирования, можно удовлетворить различные противоположные сетевые требования и найти решение, отвечающее требованиям безопасности.

Основываясь на опыте работы с десятками тысяч клиентов, компания Cisco разработала защищенную корпоративную сетевую архитектуру, основной целью

которой является предоставление заинтересованным сторонам информации о современном опыте проектирования и развертывания безопасных сетей, которые не препятствуют росту и качеству государственных и муниципальных услуг, а способствуют этому.

Повышенное внимание к вопросам безопасности информационных систем обусловлено активным внедрением новых технологий (в том числе мобильных и облачных) в процесс обработки, передачи и хранения информационных ресурсов.

Угрозой безопасности являются целенаправленные, изощренные атаки, нацеленные на конфиденциальную информацию, служебную тайну и т.д. Проблема заключается не столько в самих атаках, сколько в изменении характера сетей и появлении так называемого размытого периметра, границы которого выходят за рамки традиционных межсетевых экранов и включают облачные инфраструктуры и распределенные центры обработки данных, а также оконечные устройства, в том числе мобильные и виртуальные.

Разработанная Cisco модель информационной безопасности, ориентированная на угрозы, позволяет защищать информационные системы от атак любого типа во всех направлениях и в любое время суток. Чтобы обезопасить сеть от всевозможных атак, необходимо знать и понимать современную сетевую среду и устройства, обрабатывающие конфиденциальную информацию. Защита должна основываться на глубоком понимании и анализе образа мышления нападающих. Cisco выполняет эти задачи, обеспечивая беспрецедентную прозрачность и непрерывную защиту от самых изощренных атак. Это позволяет заказчикам действовать быстрее и разумнее до атаки, в момент ее совершения и после ее отражения.

Реализация политики безопасности в домашней сети осуществляется на подключающихся оконечных устройствах, а также в точке подключения к Интернету, и даже может быть реализованы в виде услуг, предоставляемых по договору Интернет-провайдером. Реализация политик сетевой безопасности для корпоративной сети обычно включает в себя множество встроенных в сеть компонентов для контроля и фильтрации трафика. В идеале предполагается, что все компоненты работают вместе, что повышает безопасность и снижает объем обслуживания.

Выбор средств для решения проблем безопасности:

- **Защита службы системы доменных имен.**

Серверы системы доменных имен (Domain Name System- DNS) должны подвергаться строгому контролю и постоянному мониторингу. Преобразование имени в адрес имеет решающее значение для любой сети. Злоумышленник, которому удается управлять DNS-сервером или отправлять сообщения от его имени может создать хаос в сети. Серверы DNS должны быть защищены от угроз безопасности с помощью пакетных фильтров на маршрутизаторах, а также с помощью версий программного обеспечения DNS, выполняющих функцию обеспечения безопасности.

Традиционно система DNS не обладает защитными функциями. В частности, нет возможности проверить информацию, полученную от DNS в ответ на запрос. Хакер может перехватить запрос и вернуть поддельное преобразование имени в адрес. Для предотвращения этой и других угроз безопасности к протоколу добавляется цифровая подпись и другие функции ее обеспечения.

- **Списки контроля доступа.**

Одним из наиболее важных навыков сетевого администратора является управление списками контроля доступа, которые предоставляют возможности фильтрации пакетов для управления потоком трафика.

Сетевые разработчики используют межсетевые экраны для защиты сети от несанкционированного использования. Межсетевые экраны или брандмауэры – это программные или аппаратные решения, предназначенные для повышения степени защищенности сети. На маршрутизаторе Cisco можно настроить простой брандмауэр, который позволяет фильтровать трафик на базовом уровне с помощью списков контроля доступа, использование которых позволяет администраторам фильтровать трафик, допуская или блокируя в сеть только определенные пакеты.

Фильтрация пакетов обеспечивает контроль доступа к сети на основе анализа входящих и исходящих пакетов с последующей переадресацией или отбрасыванием этих пакетов в соответствии с заданными критериями. Фильтрация пакетов может выполняться на уровне 3 или 4. Стандартные списки контроля доступа (ACL - Access Control List или список контроля доступа, который определяет, кто или что может получить доступ к определенному объекту, и какие именно операции разрешены или запрещены этому субъекту выполнять над объектом) обеспечивают фильтрацию только на уровне 3. Расширенные списки контроля доступа (ACL) обеспечивают фильтрацию на уровнях 3 и 4.

– **Туннелирование**

GRE (Generic Routing Encapsulation) — это протокол туннелирования, разработанный компанией Cisco, который позволяет отделять пакеты протоколов различных типов внутри IP-туннелей и создавать виртуальный канал «точка-точка» до маршрутизаторов Cisco в удаленных точках поверх IP-сети. Туннелирование IP с помощью GRE позволяет расширить сеть через однопротокольную магистральную среду путем соединения различных многопротокольных подсетей.

GRE предназначен для управления передачей многопротокольного и группового IP-трафика между двумя и более площадками, которые могут обеспечивать связь только по IP. Он может отделять пакеты протоколов различных типов в IP-туннеле.

– **Шифрование данных**

Под шифрованием понимается процесс кодировки данных таким образом, что они могут быть прочитаны только предполагаемым получателем.

Шифрующее устройство выполняет такую кодировку перед передачей данных в сеть. Дешифрующее устройство осуществляет обратную операцию кодирования исходных данных перед передачей их приложению. Устройство шифрования или дешифрования может быть конечной системой, сервером, маршрутизатором или выделенным устройством.

Шифрование – это полезная функция безопасности, поскольку оно обеспечивает конфиденциальность передаваемых данных. Оно также может использоваться для идентификации отправителя данных, хотя авторизация и аутентификация должны обеспечивать конфиденциальность данных и идентификацию отправителя. Шифрование рекомендуется реализовывать в сети по крайней мере в тех случаях, когда другие методы по какой-либо причине не могут быть использованы.

Шифрование следует применять, когда пользователь проанализировал возможные угрозы безопасности и пришел к выводу о серьезных последствиях нарушения конфиденциальности данных, а также если аутентичность отправителя данных не гарантирована. Во внутренних сетях и сетях, которые используют Internet только для навигации, передачи файлов и электронной почты, шифрование обычно

не требуется. Шифрование рекомендуется для организаций, которые взаимодействуют между частными узлами через сеть Internet с использованием виртуальных частных сетей (virtual private networking - VPN) для обеспечения конфиденциальности данных организации.

– **NAT**

Для обеспечения безопасности Internet-соединений можно использовать трансляцию сетевых адресов (network address translation – NAT), которая защищает внутреннюю схему адресации корпоративной сети. Трансляция NAT скрывает внутренние сетевые адреса от внешнего наблюдения и преобразует их, когда это необходимо для доступа к внешним сетям.

Таким образом, можно сделать вывод, что быстрое расширение использования интернета приводит ко все большим проблемам с сетевой безопасностью. Повсеместное подключение к интернет-среде повышает риск проникновения извне и появляются дополнительные предпосылки для нарушения защиты информации. В связи с этим вопрос безопасности сети становится чрезвычайно актуальным. Компанией Cisco разработано несколько современных решений, позволяющих повысить безопасность компьютерных сетей. При этом ни одно решение не может полностью защитить сеть от многочисленных угроз. Поэтому меры по обеспечению сетевой безопасности должны быть реализованы сразу на нескольких уровнях и с применением нескольких решений одновременно. Если один компонент системы безопасности не может обнаружить угрозы и защитить сеть, то на помощь придут другие.

Литература:

1. https://www.netcube.ru/solutions/security/resheniya-cisco-dlya-zashchity-gosudarstvennykh-informatsionnykh-sistem/
2. Научный журнал Современные наукоемкие технологии 2017. – № 8 – С. 19-24
3. https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36773
4. Программа Сетевой академии Cisco CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство. : Пер. с англ. – М. : ООО “И.Д. Вильямс”, 2007, с. 843-862.
5. https://www.zeluslugi.ru/info-czentr/it-glossary/term-cisco
6. https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/15388

Г.В. Петров

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО НАСТРОЙКЕ УДАЛЁННОГО ДОСТУПА НА УЗЛЕ КОММУТАЦИИ ОРГАНИЗАЦИИ

Федеральное государственное казённое военное образовательное учреждение высшего образования Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации, Орел, Россия

Ключевые слова: сеть с коммутацией пакетов, узел коммутации, аутентификация, авторизация, учёт событий, удалённый доступ.

В статье рассмотрены проблемы безопасного удаленного доступа к сетевому оборудованию, представлены методы конфигурации узла коммутации для

удалённого доступа, определены рекомендации по настройке сервисов аутентификации, авторизации и учёта с применением резервирования сервера.

G.V. Petrov

SUBSTANTIATION OF METHODS AND RECOMMENDATIONS FOR CONFIGURING REMOTE ACCESS ON THE ORGANIZATION COMMUTATION NODE

Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education
Academy of the Federal Guard Service of the Russian Federation, Oryol, Russia

Keywords: packet-switched network, switching node, authentication, authorization, event accounting, remote access.

The article discusses the problems of secure remote access to network equipment, presents methods for configuring a switching node for remote access, defines recommendations for setting up authentication, authorization and accounting services using server redundancy.

На данный момент при удалённом и локальном доступе к узлу коммутации СКП (сеть с коммутацией пакетов) аутентификация и авторизация происходит на самом узле коммутации. Настройка аутентификации и авторизации с использованием сервиса AAA (Authentication, Authorization, Accounting) может быть затруднительной для администратора сети, поэтому воспроизведена общая схема аутентификации в различных вариациях настройки узла коммутации СКП. Неправильная конфигурация может повлечь за собой проблемы с безопасным соединением или вовсе его отсутствие.

Общая схема была разделена на три составляющие:

1. От настройки управляющих линий до методов аутентификации;
2. Настройка различных вариаций методов аутентификации;
3. Настройка групповых методов аутентификации.

Первая часть схемы (рисунок 1) подразумевает настройку от управляющих линий до методов аутентификации. Её также можно разбить на две составляющие:

1. Настройка включенной службой AAA, т.е. с использованием встроенного или отдельного сервера или группы серверов (левая область рисунка 1);
2. Настройка без использования службы AAA, т.е. с использование встроенных функций аутентификации (правая область рисунка 1).

Существует 5 возможных вариантов окончания схемы (рисунок 2):

1. Окончание “не задан” сигнализирует о допущенных ошибках и о будущих проблемах при удалённом доступе;
2. Окончание “method” является составным способом составления различных методов аутентификации;
3. Окончание “None” сигнализирует о недостаточном количестве введенной информации для конфигурации управляющих линий;
4. Окончание “line” информирует о правильной настройке управляющих линий для удалённого доступа конкретно одним методом аутентификации;
5. Окончание “local” информирует о правильной настройке управляющих линий для прямого доступа конкретно одним методом аутентификации.

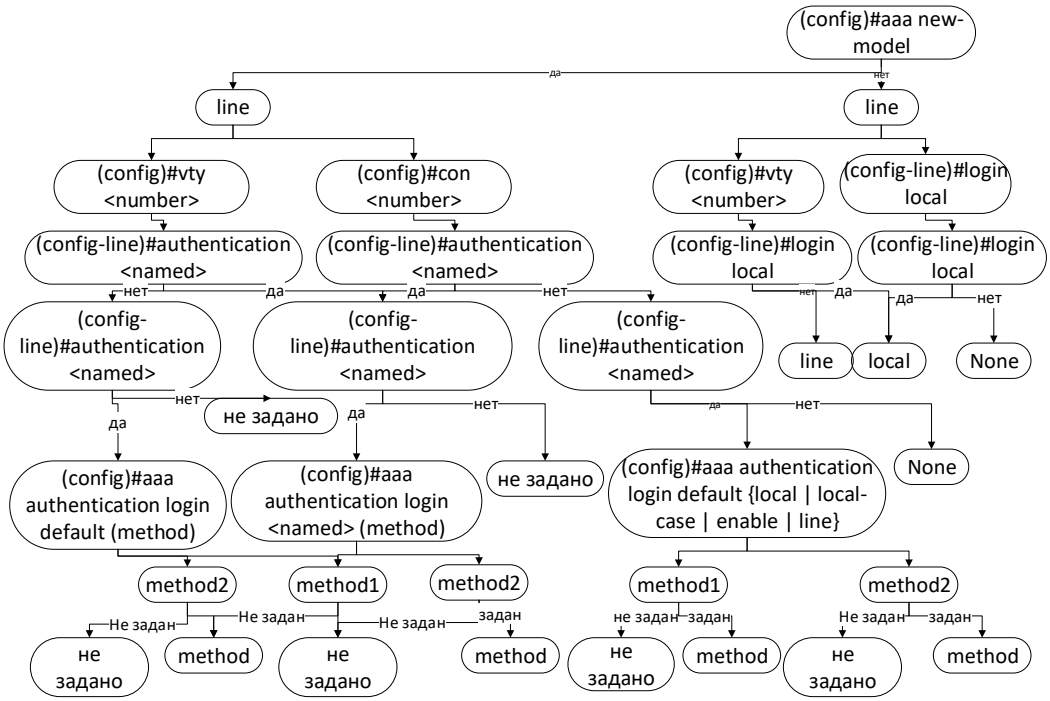


Рисунок 1. Иерархическая структура команд от настройки управляющих линий до методов аутентификации

Вторая часть обобщенной схемы представляет собой продолжение конфигурации узла коммутации СКП, а именно используемых вариаций методов аутентификации. Её также можно разделить на три составляющие:

1. Настройка встроенных методов аутентификации:
   - Установлением пароля при входе в узел коммутации СКП;
   - Установлением логина и пароля при входе в узел коммутации СКП;
   - Установление пароля при входе в привилегированный режим узла коммутации СКП.
2. Неправильная конфигурация управляющих линий приведет к невозможности установления методов аутентификации.
3. Настройка вариацией “method” обеспечивающая добавление помимо централизованного сервера аутентификации и авторизации также добавление резервного сервера, а в случае его отсутствия или отказа аутентификацию через встроенные методы аутентификации.

Окончанием второй части обобщенной схемы является две вариации “true” или “false”. Вариация “true” говорит об успешной конфигурации узла коммутации СКП и обо всех корректно настроенных методах аутентификации, как при удаленном, так и при локальном доступе. Окончание “false” говорит либо о частично неполном функционировании методов аутентификации, что может привести к небезопасному соединению, либо о вовсе нефункционирующей управляющей линии.

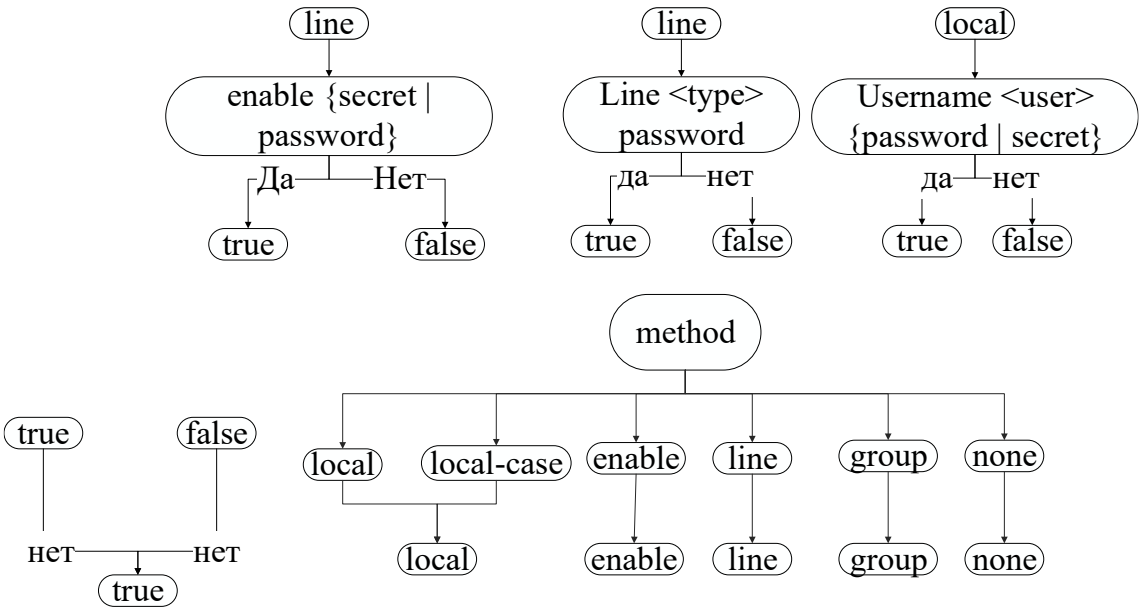


Рисунок 2. Иерархическая структура команд настройки методов аутентификации

На данный момент в организационной СКП используется встроенные в узел коммутации СКП методы аутентификации и авторизации (рисунок 3). Данные методы представляют собой настройку и определение виртуальных линий “vty”, а также настройку прямого соединения “local” к узлу коммутации СКП.

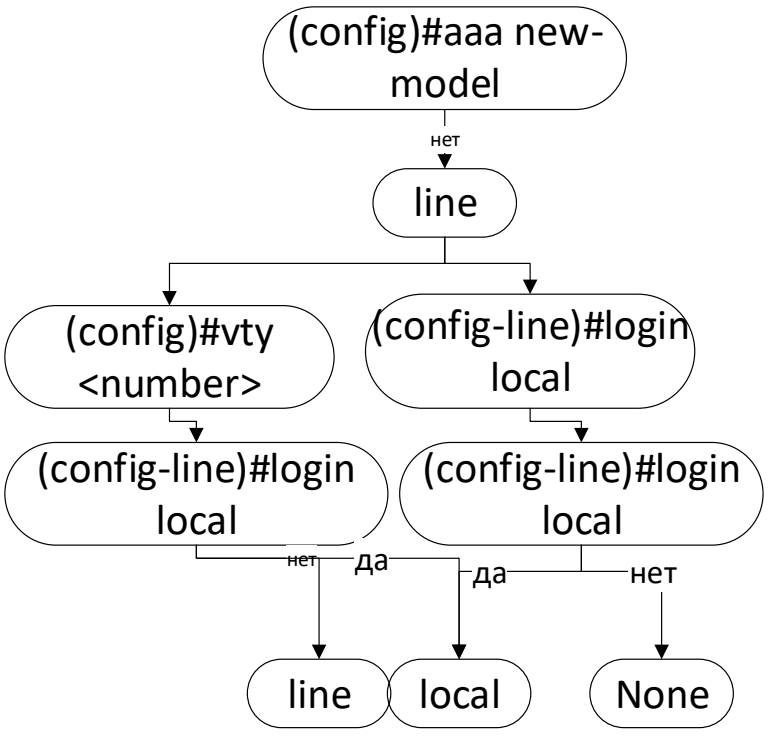


Рисунок 3. Структура команд удалённого и локального подключения к узлу коммутации СКП

Использующая на данный момент схема аутентификации предполагает установления пароля на подключаемую линию либо занесения логина и пароля в локальную базу данных на узле коммутации СКП.

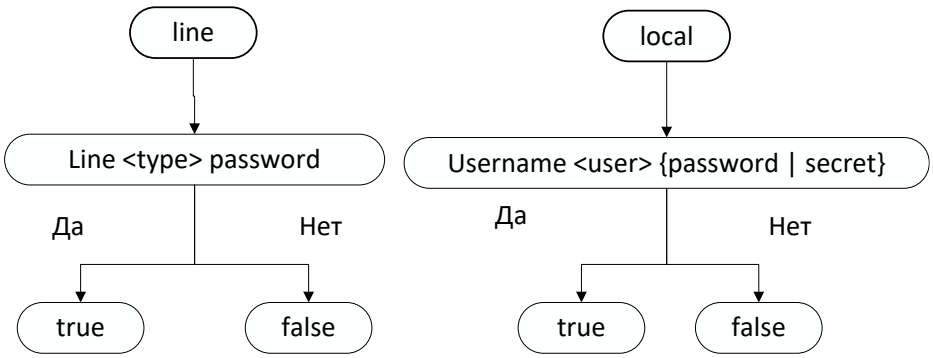


Рисунок 4. Структура команд удалённого и локального подключения к узлу коммутации СКП

Предложенная схема построения узла коммутации СКП с использованием сервера RADIUS (Remote Authentication in Dial-In User Service) имеет различные вариации:

1. С использованием одного сервера RADIUS
2. С использованием группы серверов RADIUS
3. С использованием группы серверов функционирующим по различным протоколам, например сервер RADIUS и TACACS+ (Terminal Access Controller Access Control System plus).

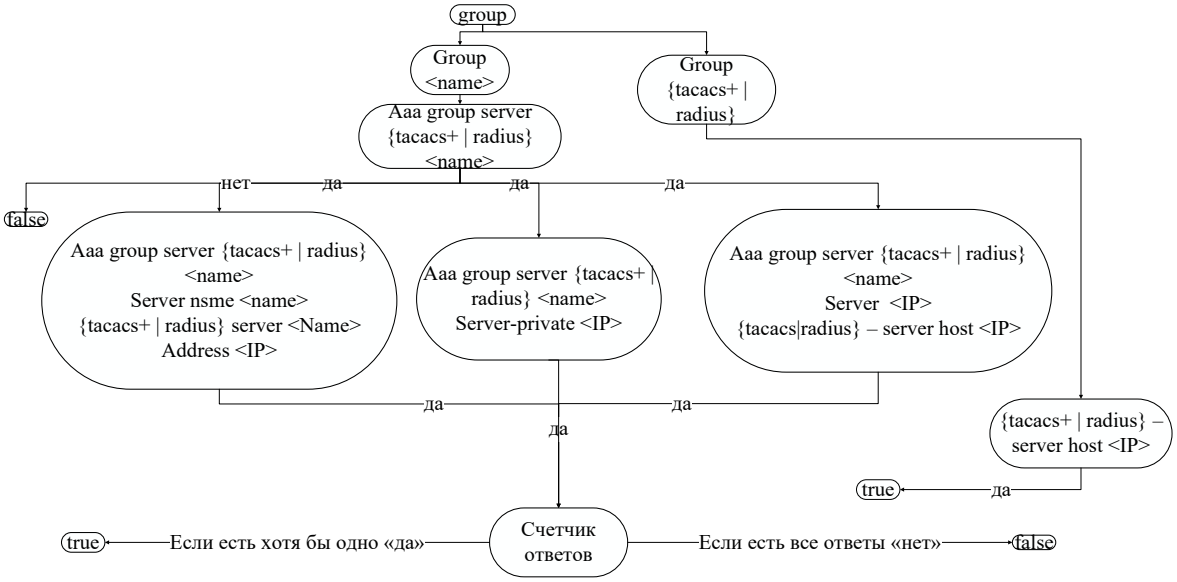


Рисунок 5. Иерархическая структура команд настройки методов аутентификации с помощью разветвления group

В заключении определены следующие выводы:

1. Текущий метод удалённого доступа не удовлетворяет предъявляемым требованиям контролирующих органов;
2. Предложена схема аутентификации пользователя узла коммутации с использованием централизованного RADIUS–сервера;

3. Представлена как простая, так и расширенная конфигурация методов аутентификации узла коммутации СКП в схематичном, удобном для администратора сети режиме.

Литература:
1. Меры по обеспечению безопасности сети. Подавление сетевых атак. Методика удаленного доступа. [Электронный ресурс] : [сайт] Режим доступа : http://ccna.mpei.ac.ru/IntroductionToNetworkTech/course/module11/11.2.3.2/11.2.3.2.html – Дата обращения: 17.04.2020.
2. Протокол AAA [Электронный ресурс] : [сайт] Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_AAA – Дата обращения: 19.04.2020.
3. Протокол RADIUS [Электронный ресурс] : [сайт] Режим доступа : http://ru.wikipedia.org/wiki/RADIUS – Дата обращения: 20. 04.2020.
4. Шот, Р. О Radius подробно [Электронный ресурс] / Роберт Шотт// Журнал сетевых решений/LAN 2003 № 01 : интернет–портал. – Режим доступа: https://www.osp.ru/lan/2003/01/137078/. – Дата обращения: 12. 04.2020.
5. RADIUS [Электронный ресурс]. — Страница в интернете. — Режим доступа http://xgu.ru/wiki/RADIUS, Дата обращения: 15.04.2020.

Е.В. Вершенник, А.В. Вершенник, В.В. Никитин

ПРАКТИКА ПОДГОТОВКИ ВОЕННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ОБЛАСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В США

Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург, Россия

Ключевые слова: информационная безопасность, киберпространство, кибервойна, кибероперации.

Аннотация: Современная война перешла в киберпространство и сражения проходят не на линии, а на всей поверхности территорий воюющих стран; воюют в четырехмерном пространстве, где четвертым измерением является виртуальное пространство глобальных информационных сетей – киберпространство. Статья рассматривает вопросы подготовки военных специалистов в области информационной безопасности в США.

E.V. Vershennik, A.V. Vershennik, V.V. Nikitin

PRACTICE OF TRAINING MILITARY SPECIALISTS IN THE FIELD OF INFORMATION SECURITY IN THE UNITED STATES

Military Academy of communications. Sm Budyonny, St. Petersburg, Russia

Keywords: information security, optical fiber, information security, unauthorized access.

Annotation: Currently, fiber-optic cable is widely used for the construction of telecommunication networks of different levels. The article presents the main methods of

unauthorized access to fiber-optic communication lines. The classification of methods of unauthorized connection to fiber optic cable is proposed.

Военные конфликты последних десятилетий ознаменовали новый этап в развитии средств вооруженной борьбы. Результаты боевого применения новейшего высокоточного оружия, средств РЭБ и информационного воздействия оказались настолько впечатляющими, что позволили сделать заключение о возможности достижения оперативно-стратегических целей без вторжения сухопутных войск на территорию противника.

Непрерывно увеличивающиеся возможности кибернетических воздействий обуславливают необходимость обучения соответствующих специалистов, а также постоянное совершенствование подходов к процессу обучения [1 - 9].

В США самое серьезное внимание уделяют проблеме подготовки специалистов для защиты национальных информационных структур.

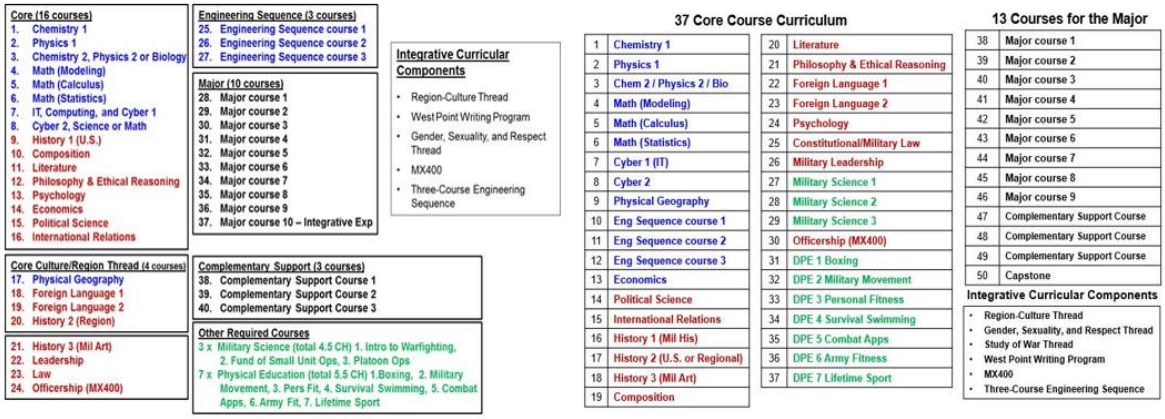
Подготовка офицерского состава в области информационной безопасности, имеет отлаженную систему, которая включает в себя военно-учебные заведения МО США, обучение в гражданских университетах офицеров для резерва всех видов ВС, прямой набор гражданских специалистов на офицерские должности.

Подготовка основной части офицеров начинается в трех академиях – Сухопутных войск (Вест-Пойнт, шт. Нью-Йорк), ВМС и МП (Аннаполис, шт. Мэриленд), ВВС (Колорадо-Спрингс, шт. Колорадо).

В каждой из академий ведется подготовка специалистов в области информационной безопасности с учетом специфики выполняемых задач. Основными предметами, которые преподаются в данных учебных заведениях, являются: кибернетическая, компьютерная и сетевая безопасность; аппаратно-программные платформы; информационные операции; криптология; разведка [10].

Общая характеристика академий такова. Срок обучения – 4 года, набор – 1200 – 1400 курсантов в год. Организационно курсанты сведены в учебную бригаду, состоящую из четырех учебных полков (четыре учебных курса) по восемь курсантских рот. Учебное время в академиях – 6075 часов, примерно 45 учебных дисциплин, из них 25 дисциплин профилирующих, больше внимания уделяется технической подготовке. Полевая подготовка проводится в летний период. Войсковая стажировка на должности командира взвода после третьего курса или с курсантами 1, 2-го курса, или в войсках. Состав учебной группы – 12 – 18 человек, девушки – 10 %. Преподавательский состав примерно 500 человек, на 75% комплектуется кадровыми офицерами. Докторов наук – не менее 30%. Соотношение преподавателей/курсантов 1 к 9. Предельный возраст пребывания на преподавательской работе – 64 года.

Так, в составе академии Сухопутных войск создан кибернетический институт СВ, в котором специалист в области информационной безопасности должен успешно освоить 40-41 курсов (рис. 1, 2), 26 (до 2022 года, с 2023 г. – 24 курса) из которых являются базовыми академическими, 14 (до 2022 года, с 2023 г. – 16 курсов) – являются вариативными и могут выбираться обучающимися в соответствии с требованиями образовательного маршрута (рис. 3). Образовательные маршруты подробно расписаны в так называемой «Красной книге» академии [11].



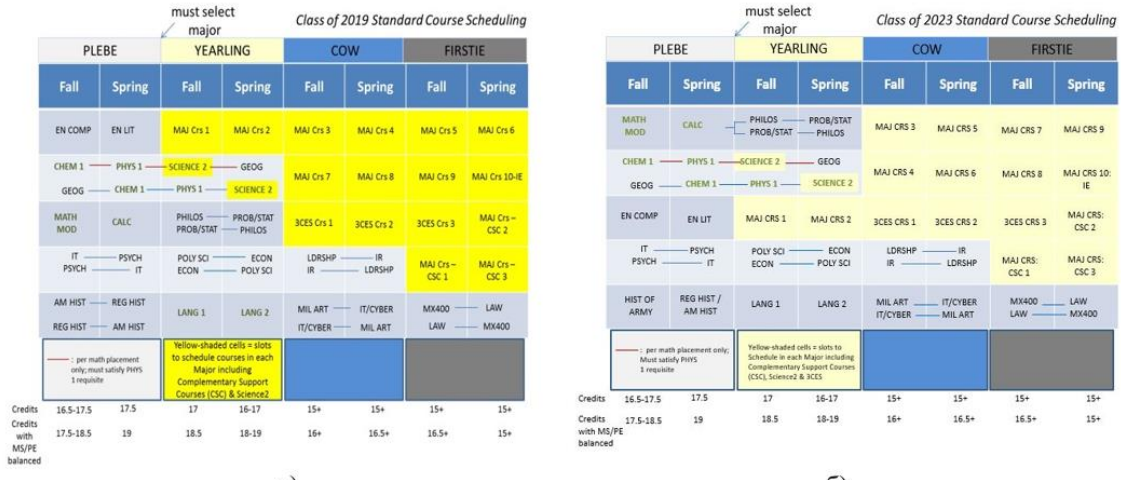
а) б)

Рисунок 1. Перечень обязательных (базовых) и вариативных курсов академии Сухопутных войск (Вест-Пойнт): а) до 2022 года, б) с 2023 года

В таблице 1 представлена краткая характеристика основных курсов в области информационной безопасности.

Выпускникам академии присваивается воинское звание – второй лейтенант, среднее общее военное образование, степень бакалавра, гражданский диплом инженера: -механика, -по техническим средствам управления, -в области компьютерных технологий и т.д.

После окончания Академии выпускники направляются в соответствующие специализированные военно-учебные заведения, называемые в ВС США «Школы – Учебные центры» на 2 – 4 – 10 месяцев, где они получают доподготовку по определенной им военной профессии. Таких специализированных военных училищ примерно 25. Они обеспечивают доподготовку офицеров для всех родов войск и служб. Это, например центры – школы: пехоты – Форт Беннинг, шт. Джорджия, бронетанковых войск – Форт Нокс, шт. Кентукки, войск связи (3500 чел.) – Форт Гордон, шт. Джорджия, войск ПВО, полевой артиллерии, пехоты, армейской авиации, военной разведки, артиллер.-технической службы, финансовой, химической службы и др.



а) б)

Рисунок 2. Распределение дисциплин по срокам обучения в академии Сухопутных войск (Вест-Пойнт): а) до 2022 года, б) с 2023 года

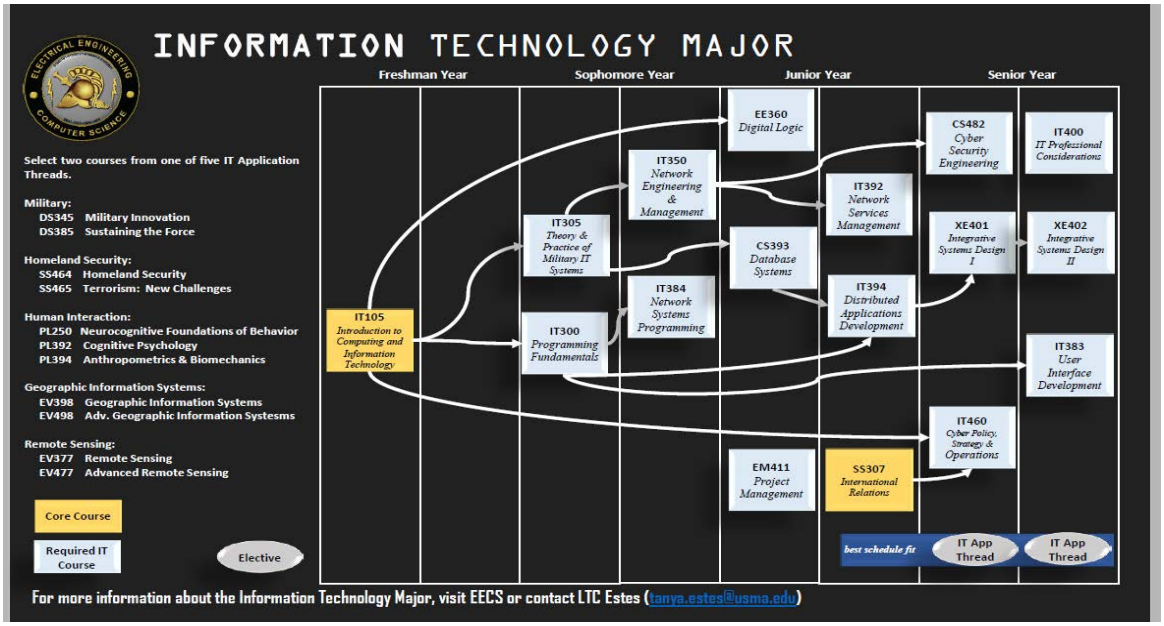


Рисунок 3. Пример распределения и порядка выбора специальных дисциплин по основной специальности «Информационные технологии» в академии Сухопутных войск (Вест-Пойнт).

Таблица 1. Краткая характеристика основных изучаемых курсов в области информационной безопасности.

CY305 Киберосновы 3.0 кредитных единицы (BS=0.0,ET=1.5,MA=0.0) Уч. занятия 40 @ 55 мин (2.500 Att/wk) лабораторные работы: 0 @ 0 мин Специальные требования: нет Необходимые условия: IT105 или IT155 Дисквалификация: IT305 или CY355	Курс обеспечивает более глубокое понимание сенсорных и коммуникационных технологий и сетей; компьютерной обработки и хранения данных; операций в киберпространстве, планирования и управления; взаимодействия ИТ-компонентов.; ИТ-поддержки принятия решений; правовой и этической основ использования ИТ и функционирования в киберпространстве. Вопросы обеспечения информационной безопасности рассматриваются на протяжении всего курса. Курсанты выполняют проекты на протяжении всего курса.
PY326 Киберэтика 3.0 кредитных единицы (BS=0.0,ET=0.0,MA=0.0) Уч. занятия: 40 @ 55 min (2.500 Att/wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 Специальные требования: нет Необходимые условия: PY201	Этот междисциплинарный курс рассматривает текущие этические, социальные и правовые вопросы, связанные с киберпространством, с особым акцентом на: (1) регулировании или регулируемости киберпространства; (2) внутренней напряженности между традиционным государственным надзором и усилиями по обеспечению общественной безопасности и растущей необходимостью в сильной практике кибербезопасности; (3) этических проблемах, связанных с государственной тайной; (4) конфиденциальности и анонимизации в киберпространстве; и (5) кибероружии и кибервойне.

Продолжение Таблицы 1.

CY355 Киберосновы вычислительной техники 3.0 кредитных единицы (BS=0.5,ET=1.5,MA=0.0) Уч. занятия: 40 @ 55 min (2.500 Att/wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 Специальные требования: нет Необходимые условия: IT105, SS307 или IT105, SS357 , или IT155, SS307 , или IT155 SS357 Специальные требования: предназначен в первую очередь для основной специальности «Информационные технологии» и «Компьютерные науки» и дополнительной «Cyber». Зачисление других курсантов - с разрешения заведующего кафедрой Необходимые условия: IT105 или IT155 Дисквилификация: CY305 или IT305	Обеспечивает более глубокое изучение вычислительной техники для курсантов, которые продемонстрировали способности за пределами уровня CY305. Курс охватывает материал, представленный в CY305 в ускоренном темпе, чтобы предоставить курсантам дополнительные возможности для изучения и получения практического опыта с кибер-принципами и концепциями, изучения принципов шифрования и машинного обучения, с меньшим акцентом на сети.
CY450 Проектирование систем кибербезопасности 3.0 кредитные единицы (BS=0.0,ET=3.0,MA=0.0) Уч. занятия: 40 @ 55 мин (2.500 Att/wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 мин Специальные требования: нет Необходимые условия: CS484 или CY350 Дисквалификация: CS482	Основное внимание в этом курсе уделяется проектированию, созданию и тестированию защищенных сетевых компьютерных систем. Рассматриваются такие темы, как операционная система и сетевая безопасность, безопасная сетевая архитектура, наступательные и оборонительные информационные операции. Практические упражнения, которые дают студентам практический опыт работы с современными инструментами и методами сетевой безопасности, дополняют серию лабораторных упражнений, в которых небольшие группы курсантов защищают свою собственную небольшую сеть. В итоговом упражнении курсанты проектируют, строят и тестируют защитные меры для защиты производственной сети от вторжений.
IT460 Киберполитика, стратегия и операции 3.0 кредитные единицы (BS=0.0,ET=1.5,MA=0.0) Уч. занятия: 40 @ 55 min (2.500 Att/wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 Специальные требования: нет Необходимые условия: IT105, SS307 или IT105, SS357 , или IT155, SS307 , или IT155 SS357	Этот курс охватывает весь спектр вопросов подготовки и проедения информационных войн: от политических, правовых и этических аспектов до технологий и методов кибератак. Курс преподается совместно факультетами политологии и информатики. Изучаются вопросы нападения и защиты в киберпространстве. Выполняются практические упражнения в лаборатории IWAR. Курс завершается групповым проектом, в котором курсантам дается реальный сценарий и возможные цели США, а затем разрабатывается и кратко излагается план информационной операции.

Продолжение таблицы 1.

LW462 Киберправо 3.0 кредитные единицы (BS=0.0,ET=0.0,MA=0.0) Уч.занятия: 40 @ 55 мин (2.500 Att/wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 мин Специальные требования: нет	Этот курс рассматривает вопросы правового регулирования действий в киберпространстве. В частности, курс посвящен правовым аспектам кибероперациий. Рассматриваются как международные, так и внутренние нормативные акты США.
CS482 Проектирование систем кибербезопасности 3.0 кредитных единиц (BS = 0,0, ET = 3,0, MA = 0,0) Групповые занятия: 40 @ 55 мин (2,500 Att / wk) Лабораторные работы: 0 @ 0 мин Особые требования: Нет Необходимые условия: CS484, или IT350, или CY350	Основное внимание в этом курсе уделяется проектированию, созданию и тестированию защищенных сетевых компьютерных систем. Рассматриваются такие темы, как операционная система и сетевая безопасность, безопасная сетевая архитектура, наступательные и оборонительные информационные операции. Практические упражнения, которые дают студентам практический опыт работы с современными инструментами и методами сетевой безопасности, дополняют серию лабораторных упражнений, в которых небольшие группы курсантов защищают свою собственную небольшую сеть. В итоговом упражнении курсанты проектируют, строят и тестируют защитные меры для защиты производственной сети от вторжений.
CS482 Кибербезопасность* 3.5 кредитные единицы (BS = 0,0, ET = 3,5, MA = 0,0) Групповые занятия: 40 @ 55 мин (2,500 Att / нед). Лабораторные работы: 7 @ 120 мин. Особые требования: итоговый проект. Необходимое условие: CS481 или IT382.	В центре внимания курса - кибербезопасность в контексте обеспечения безопасной работы сетевых компьютерных систем. Рассматриваемые темы: операционные системы, системы сетевой безопасности, наступательные и оборонительные информационные операции. Курсовое проектирование по планированию и осуществлению защитных мер производственной сети от вторжений.
CS483 Цифровая криминалистика 3.0 кредитные единицы (BS = 0,0, ET = 3,0, MA = 0,0) Групповые занаятия: 40 @ 55 мин (2,500 Att / нед) Лабораторные работы: 0 @ 0 мин Особые требования: Нет Необходимое условие: CS481, EE375.	Цель курса: исследование и нахождение доказательств вредоносной активности в информационной системе. Изучаемые темы: операционные системы, форматы файлов, структура файловой системы, компьютерная архитектура, проектирование сетей, поиск доказательств вредоносной активности. Три курсовых проектирования.

В апреле 2014 года на базе учебного центра войск связи СВ (Форт-Гордон) командования учебного и научных исследований по строительству сухопутных войск (Форт-Юстис, штат Виргиния) был образован учебный центр боевых действий в киберпространстве. Он включает два отделения - подготовки специалистов войск связи и операторов кибероперациий. Осуществляется подготовка по специальностям 17A (кибер-офицер), 170A (техник по кибер-операциям), 17C (специалист по кибер-операциям) [13, 14].

На центр возложено решение следующих задач: разработка стратегии действий СВ в киберпространстве; подготовка наставления по веденю боевых действий в киберпространстве; разработка предложений совершенствования организационно-штатной структуры киберсил; обучение и тренировка личного состава; согласование и объединение разнообразных учебных программ подготовки киберспециалистов (в том числе согласование с учебными программами, имеющимися в ВВС, ВМС и УНБ); материально-техническое обеспечение киберсил.

В августе 2015 года был осуществлен первый набор группы вторых лейтенантов в количестве 25 человек для обучения по указанным специальностям. Срок обучения составляет 37 недель, что делает его вдвое длиннее существующих программа подготовки офицеров в армии. В течение года обучающиеся будут получать технические и эксплуатационные навыки, которые подготовят их для захвата позиций в кибер-пространстве.

Одной из первых программ подготовки офицеров является программа Cisco Certified Network Associate (техническая программа). Далее, они проходят обучение по программе Certified Information Security Systems (программа профессиональной сертификации, управленческий уровень). На следующем этапе изучается процесс принятия решений в киберпространстве (Army Cyber Operations Planner Course). Окончательный этап подготовки - Cyber Common Technical Core (техническая программа).

Каждый обучающийся на протяжении всего обучения должен участвовать в научно-исследовательском проекте в области кибербезопасности [13, 14].

Следующий этап подготовки офицеров ВС США – обучение офицеров в военных колледжах и школах, дающих высшее военное образование и степень магистра. Фактически эти учебные заведения – военная магистратура, а сами учебные заведения идентичны по статусу «военному университету». Они имеют в своем составе порядка 50 кафедр профессионального обучения. На кафедрах преподают, как правило, преподаватели с учеными степенями, совмещающими свою преподавательскую и научную работу с преподаванием в ведущих университетах страны. Для поступления в такие учебные заведения необходимо прослужить не менее 5 лет. Срок обучения 1 -2 года. Набор составляет 500 офицеров в год.

Высший этап военного образования – это обучение офицеров руководящего и командно-штабного состава для Министерства обороны США, Комитета начальников штабов ВС США и штабов Объединенных командований ВС США и ОВС НАТО. Обучение производится в Университете национальной обороны (г. Вашингтон). Организационно Университет национальной обороны состоит из трех колледжей: Национальный военный колледж, Военно-промышленный колледж, Колледж управления информационными ресурсами. Все три колледжа размещены в Форт-Макнейр (шт. Северная Каролина) рядом с Вашингтоном.

Подготовка офицеров в области информационной безопасности осуществляется в Университете национальной обороны (г. Вашингтон), где создана соответствующая специальность. По данной специальности обучаются представители всех видов и родов вооруженных сил США. В июне 1995 года проведен первый выпуск из 16 офицеров, подготовленных по всем аспектам информационной войны – от защиты против компьютерных атак до использования виртуальной реальности в организации планирования боевых действий.

Кроме этого, в учебных заведениях Министерства обороны США (а также в отдельных гражданских высших учебных заведениях) введены курсы по обучению вопросам ведения информационной войны и информационных боевых действий (выполнения функциональных обязанностей) в условиях применения противником

информационного оружия. Организована подготовка специалистов по специальностям “защита от информационного оружия” и “администратор систем и сетей”.

Для формирования офицерского состава высококвалифицированными специалистами уникальных профессий проводится прямой набор на военную службу выпускников ведущих элитных Университетов США, таких как Гарвардский, Принстонский, Колумбийский, Калифорнийский, Йельский и др., специализированных институтов, таких как Массачусетский технологический, Крипто–математический, Вычислительной техники и информатики (Беркли), Международных проблем и др. Это ограниченное число специалистов, которые не имеют аналогов подготовки в ВУЗах МО США.

Подготовку специалистов в области информационной безопасности также осуществляет ряд таких государственных структур, как аспирантура NAVAL (предлагает 12 различных курсов), агентство по защите информационных систем (Defense Information Systems Agency, DISA) (8 курсов), колледж управления информационными ресурсами (Information Resource Management College) (1 курс). При приеме на военную службу эти специалисты проходят краткую (1 – 2 месяца) военную подготовку в военных центрах начальной военной подготовки.

Кроме государственных структур, подготовку специалистов по информационной безопасности в США осуществляют ряд коммерческих компаний. Это Check Point Software Technologies, Cisco Systems, IBM Tivoli Systems Global Security Laboratory, Internet Security Systems, Microsoft, Network Associates, Prosoft Training. Com, Sun Microsystems, Symantec. Среди учебных центров, специализирующихся на подготовке специалистов по защите информации можно отметить: CERT, GIAC, CSI, Cisco Systems .

Для отработки способов применения информационного оружия МО США периодически проводит военные игры и учения, в ходе которых осуществляется моделирование атак на собственную информационную инфраструктуру.

Начиная с 2006 года США раз в два года проводила учения «Кибер Шторм» (Cyber Storm). В них принимало участие две команды. Нападающая сторона с помощью сетевые технологий осуществляла воздействия, направленные на нарушение функционирования энергетических, финансовых, транспортных и других ключевых объектов информационной инфраструктуры. Защищающаяся сторона проводила сбор информации в соответствующих сферах, проводила подготовительную работу по оценке угроз и усилению мер защиты, проверяла процедуру реагирования на инцидент и улучшала возможности обмена информацией [15].

С 2012 года проводятся ежегодные учения Стратегического командования США (USSTRATCOM) Cyber Guard, которые являются общенациональными учениями для отработки реагирования на внутреннюю кибератаку и разрушение киберпространства по причинам природного или антропогенного характера. Участниками учений являются организации, управляющие инфраструктурой киберпространства и критической инфраструктурой, а также эксперты более 100 учреждений и организаций, включая правительство, академические круги, ИТ-индустрию и представителей союзников (Австралия, Канада, Великобритания). Руководство учениями совместно осуществляли Киберкомандование США, Министерство внутренней безопасности и ФБР. Целями учений являлись: отработка взаимодействия силовых ведомств с гражданскими властями, проверка возможности МО США действовать в киберпространстве и продолжение работы по созданию Постоянной тренировочной среды (Persistent Training Environment, PTE) для

кибервойск. PTE представляет собой закрытую сеть для проведения учений, планирования тренировок, управления и оценки, натурной отработки действий, с возможностью проведения полного спектра общенациональных учений и тренировок в киберпространстве [16].

С 2016 по 2018 годы Министерство обороны США проводило многочисленные военные учения, такие как «Взломай Пентагон» (Hack the Pentagon), «Взломай Армию» (Hack the Army), «Взломай ВВС» (Hack the Air Force), «Взломай систему путешествий Министерства обороны» (Hack the DTS) и «Взломай Корпус морской пехоты» (Hack the Marine Corps). Учения «Взломай ВВС 3.0», третий перезапуск «Взломай ВВС» продолжались до ноября 2018 года [15].

В 2017 году проводились учения Транспортного командования (USTRANSCOM) Ultimate Guardian 2017, которые взаимосвязаны с учениями Тихоокеанского командования США (USPACOM) Pacific Century 17–2. Целью проведения учений была отработка действий USTRANSCOM и оценка его готовности к осуществлению оборонительных кибероперациий на стратегическом, операционном и тактическом уровнях. Сюда включается отработка процессов обнаружения, снижения ущерба и восстановления после кибератаки, а также отработка взаимодействия с подразделениями поддержки из состава кибервойск [16].

В 2019 году США были организаторами и/или участниками следующих учений:

«Кибер молния» (13-26 марта 2019 г.) - участвовало 4500 человек из стран НАТО, под руководством Интегрированного киберцентра и Объединенного центра по проведению операций Киберкомандования США.

«DreamPort» (18-21 июня 2019 г.) – проводились Киберкомандованием США совместно с партнерами на базе Мэрилендского института по инновациям и безопасности. Согласно заданию нужно было обнаружить вход хакера в сеть, сканирование и нахождение в ней, а также возможность использования промышленного протокола посторонним агентом ненадлежащим образом.

«Кибер-флаг 19-1» (21-28 июня 2019 г.) - проводились на базе в Саффолке, штат Вирджиния. Участвовало 650 человек из всех подразделений Министерства обороны США, а также представители Великобритании, Австралии, Новой Зеландии и Канады. Помимо этого от США принимали участие Департамент внутренней безопасности, министерство энергетики, ФБР, Палата представителей и даже почтовая служба. Учения заключались в отработке сочетания наступательных и оборонительных действий в киберпространстве с полным спектром военных операций Пентагона. [16, 17].

«Locked Shields 2019» («Сомкнутые щиты 2019)(апрель 2019 г.) – крупнейшие киберучения в Таллине. Принимавшие в них участие команды из 22 стран оттачивали свои навыки по отражению атак на объекты современной инфраструктуры. Причем, одновременно с решением технических задач в комплексе рассматривались стратегические, правовые и медийные аспекты кибероборонs государства. Учения серии Locked Shields (далее также – LS), проводятся Объединенным центром передового опыта киберзащиты НАТО (NATO Cooperative Cyber Defence Center of Excellence, NATO CCDCOE) с 2010 г. Мероприятие направлено на обобщение и систематизацию военной, промышленной и научной экспертизы в данной области. [18]

«Cyber Coalition» (декабрь 2019) - крупные международные учения НАТО по кибербезопасности. Участникик - почти 700 специалистов по кибербезопасности, военных и правительственных чиновников, а также представителей бизнеса из 27 стран НАТО, а также шесть государств-партнеров и ЕС. Участники отрабатывали

вопросы предотвращения кибератак на жизненно важные системы государственного управления, а также взаимодействие экспертов на внутригосударственном и международном уровнях [19]. Учения «Cyber Coalition» проводятся НАТО с 2012 г.

Кроме того, США планируют построить новые «киберполигоны», на которых будут проводиться тренировочные кибератаки, в штатах Флорида, Южная Каролина и Мэриленд [20].

Таким образом, Соединенные Штаты продолжает развивать свою стратегию в области кибер-безопасности, а также политику и инициативы, которые в максимально возможной мере соответствуют национальным приоритетам в области безопасности.

Литература:

1. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Краснов В.А. Подготовка военных специалистов в области информационной безопасности за рубежом // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 351-355.

2. Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И. Кибернетические воздействия на информационно-телекоммуникационные сети связи // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Труды III Межвузовской научно-практической конференции. 2018. С. 210-213.

3. Бречко А.А., Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И. Взгляды командований зарубежных государств на проведение операции в киберпространстве // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Труды IV межвузовской научно-практической конференции. 2019. С. 132-136.

4. Бречко А.А., Вершенник Е.В., Закалкин П.В., Стародубцев Ю.И. Проблемы использования киберпространства при проведении операций // В сборнике: Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Труды IV межвузовской научно-практической конференции. 2019. С. 137-140.

5. Стародубцев Ю.И., Сухорукова Е.В., Краснов В.А. Применение средств моделирования в процессе обучения военных специалистов в области информационной безопасности за рубежом // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2016. № 1. С. 355-357.

6. Безуглый Ю.А., Вершенник А.В., Вершенник Е.В., Стародубцев Ю.И. Обеспечение безопасности государственных информационных систем // В сборнике: Региональная информатика и информационная безопасность 2017. С. 41-43.

7. Закалкин П.В., Вершенник Е.В. Характеристика основных операторов связи общемирового единого инфокоммуникационного пространства // В сборнике: Современные информационные технологии. Теория и практика Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции . Отв. ред. Т.О. Петрова. 2018. С. 174-177.

8. Закалкин П.В., Вершенник Е.В. Проблема оценки защищенности государственных информационных систем // В сборнике: Современные информационные технологии. Теория и практика. Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции . Отв. ред. Т.О. Петрова. 2018. С. 171-174.

9. Вершенник Е.В., Вершенник А.В., Закалкин П.В., Корнюшенко Р.А. Концепция проведения наступательных операций в киберпространстве. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2019. № 2. С. 80-84.

10. Белый А. Подготовка Сухопутных войск США к ведению боевых действий в киберпространстве // Зарубежное военное обозрение. № 11. 2015 г.
11. ACADEMIC PROGRAM. CLASS OF 2020. Curriculum and Course Descriptions. https://www.westpoint.edu
12. Абасова С. Подготовка специалистов в области информационной безопасности // Информационное противодействие угрозам терроризма. – 2011 г. - № 7.
13. George I. Seffers. U.S. Army Builds Cyber Branch One Step at a Time. https://www.afcea.org/content/?q=Article-us-army-builds-cyber-branch-one-step-time
14. Jim Tice. Staffing goal for Cyber branch totals nearly 1,300 officers, enlisted soldiers. https://www.armytimes.com/news/your-army/2015/06/15/staffing-goal-for-cyber-branch-totals-nearly-1300-officers-enlisted-soldiers/
15. https://inosmi.ru/politic/20190411/244928696.html
16. Селянин Я. В. Роль Пентагона в обеспечении кибербезопасности США // Проблемы национальной стратегии. № 3 (42). 2017. Стр. 130 – 148.
17. https://www.geopolitica.ru/article/cifrovaya-modernizaciya-pentagona
18. https://invoen.ru/sily-obespecheniya/kiberutshenija-locked-shields-2019/
19. https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/7245485
20. https://www.armiya.az/ru/news/142764/

Р.Р. Гусейнов, Д.В. Маршаков

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПОЧТОВЫХ ОТПРАВЛЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: почтовое отправление, сохранность, безопасность, блокчейн, хэш-сумма.

Один из самых распространенных способов доставки посылок адресату, использующих почтовые технологии, подвержен ряду угроз, в связи с чем одной из важнейших задач почтовой логистики является обеспечение сохранности почтовых отправлений при их обработке в объектах почтовой связи и перевозке транспортными средствами. В данной работе предлагается методика применения технологии блокчейн к почтовым доставкам, состоящая в представлении каждого этапа обработки почтового отправления в цепи передачи в виде блока блокчейн. Предложенная методика обеспечивает контроль сохранности отправления в цепи доставки, где каждое действие последующего участника звена этой цепи зависит от действий предыдущего участника.

R.R. Guseinov, D.V. Marshakov

ENSURING POSTAL CONSERVATION USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: mail, safety, security, blockchain, hash.

One of the most common methods of delivering parcels to recipients using mail technology is subject to many threats. Therefore, one of the most important problems of postal logistics is to ensure the safety of postal items during their processing in postal communication objects and transportation. The paper proposes a method for using blockchain technology to mail deliveries. The method consists in representing each stage of mail message processing in the transmission chain as a block of the blockchain. The proposed method provides control of the safety of the post in the delivery chain, in which each action of the next member of the chain link depends on the actions of the previous participant.

Почтовые технологии являются одним из самых распространенных способов доставки посылок адресату. При этом данный способ подвержен ряду угроз [1], среди которых выделяют: хищение почтовых отправлений, нарушение сроков прохождения и доставки, мошенничество при операциях, выполняемых на франкировальных машинах, киберпреступность и т.п. В связи с этим одной из важнейших задач почтовой логистики является обеспечение сохранности почтовых отправлений при их обработке в объектах почтовой связи и перевозке транспортными средствами.

Степень сохранности почтовых отправлений можно оценивать по их утратам и хищениям, то есть по количеству (в единицах) и по суммам, выплаченных возмещений и компенсаций (в рублях), в том числе учитывая эти же показатели по вине организаций почтовой связи.

В работах [2,3] рассматриваются актуальные вопросы повышения уровня сохранности информации на почтовом предприятии в момент ее обработки, защитно-охранные технологии и средства системы почтового предприятия, подчеркивается актуальность развития информационного обеспечения сопровождающего почтовые потоки, однако не предлагаются методы по разработке непосредственных направлений и механизмов отслеживания вскрытия отправлений по пути их доставки. Таким образом, разработка средств и методов минимизации числа конфликтных ситуаций, связанных с порчей, несоответствием или пропажей посылок в процессе их доставки получателям, при заданных исходных данных об отправителе, получателе, посылке и почтовом отделении отправителя и получателя является актуальной задачей.

Принцип осуществления почтовых отправлений заключается в определенной последовательности действий участников цепи доставки, где каждое действие последующего участника звена этой цепи зависит от действий участника предыдущего звена. Вследствие этого, весь процесс передачи отправления можно представить в виде непрерывной последовательной цепочки блоков, функционирующих по определенным правилам, что позволяет описать его в виде модели, основанной на технологии блокчейн.

Блокчейн представляет собой распределенную базу данных, хранящую постоянно растущий список упорядоченных записей, называемых блоками [4], являющимися некими файлами, которые записываются без изменений в конец цепи блоков. Каждый блок содержит в себе информацию о предыдущем блоке, которая представлена в виде хеш-суммы, но может содержать и любую другую необходимую дополнительную информацию. В момент добавления следующего блока, на основе информации из предыдущего блока происходит генерация новой хеш-суммы, которая записываться в следующий блок цепи, в результате чего можно просмотреть информацию текущего блока.

В настоящей работе предлагается методика применения технологии блокчейн к почтовым доставкам состоящая в том, чтобы представить каждый этап обработки почтового отправления в цепи передачи в виде блока блокчейн. Первоначальный блок содержит в себе информацию об отправителе, получателе, почтовом отделении и т.д., а все последующие блоки хранят в себе хэш-суммы предыдущих блоков и данные, которые будут вносить участники процесса о состоянии отправления. Основным связующим звеном между всеми блоками в цепи, являются хэш-суммы, обеспечивающие контроль целостности почтового отправления.

Суть методики состоит в следующем.

1. Сотрудником приема отправления создается новая цепочка для блоков (чеклист), которая будет храниться удаленно в формате «для чтения». При этом обязательным условием является наличие подключения к сети Интернет. После создания цепочки блоков генерируется идентификационный ключ (ID), необходимый в дальнейшем для подключения к цепи остальных участников процесса доставки отправления, также он будет служить для отслеживания отправления получателем.
2. После создания цепочки блоков, в ней создается первый блок, который будет пустым до тех пор, пока сотрудник приема отправлений не заполнит данные об отправлении.
3. После создания первого блока в цепочке блоков, на локальном устройстве одновременно создается локальный файл, дублирующий информацию блока в цепочке блоков. Поскольку данные в первом блоке пока отсутствуют, на этом этапе локальный файл также остается пустым, но все дальнейшие блоки в удаленной цепи уже будут хранить в себе хэш-суммы, сгенерированные на основе данных из предыдущих блоков, и поэтому все последующие создаваемые файлы на локальных устройствах уже будут создаваться с хэш-суммами.
4. Сотрудником приема отправлений вводятся в систему данные об отправлении, заносимые в локальный файл.
5. При подключении к сети Интернет устройства сотрудника приема отправлений, данные с его локального файла сохраняются в первый блок цепи блоков (который на данном этапе является и последним незаполненным блоком).
6. На основе данных первого блока, находящегося в удаленной цепочке блоков, генерируется хэш-сумма. Далее создается второй блок в удаленной цепочке блоков, куда помещается сформированная хэш-сумма.

Для всех последующих блоков, в отличие от первого блока, хэш-суммы будут генерироваться на основе данных об отправлении, которые будут указывать соответствующие их блокам участники доставки отправления, а также на основе хэш-сумм, которые будут помещаться в блок соответствующего участника, в момент создания блока.

7. Для подключения каждого нового участника процесса доставки отправления к системе, применяется уникальный идентификационный ключ цепи, передаваемый от предыдущего участника к следующему.

Например, при поступлении отправления на склад от сотрудника приема отправлений сотруднику склада передается идентификационный ключ цепи блоков, который сотрудник склада применяет на своем локальном устройстве в специально предусмотренном поле в системе. После этого сотрудник склада будет добавлен как новый участник цепи, а на его локальном устройстве будет создан новый файл для хранения данных об отправлении, который в момент создания уже будет хранить в себе хэш-сумму, сформированную на основе данных первого блока, т.к. скопирует все данные в себя из последнего блока в удаленной цепочке блоков.

8. Описанный процесс занесения данных в систему и дальнейшее их хранение будет повторяться и продолжатся до тех пор, пока отправление не поступит в руки получателю. В момент, когда получателю передается отправление, цепочка блоков считается закрытой.

Описанная последовательность действий по обеспечению сохранности отправлений с применением технологии блокчейн представлена на рисунке 1.

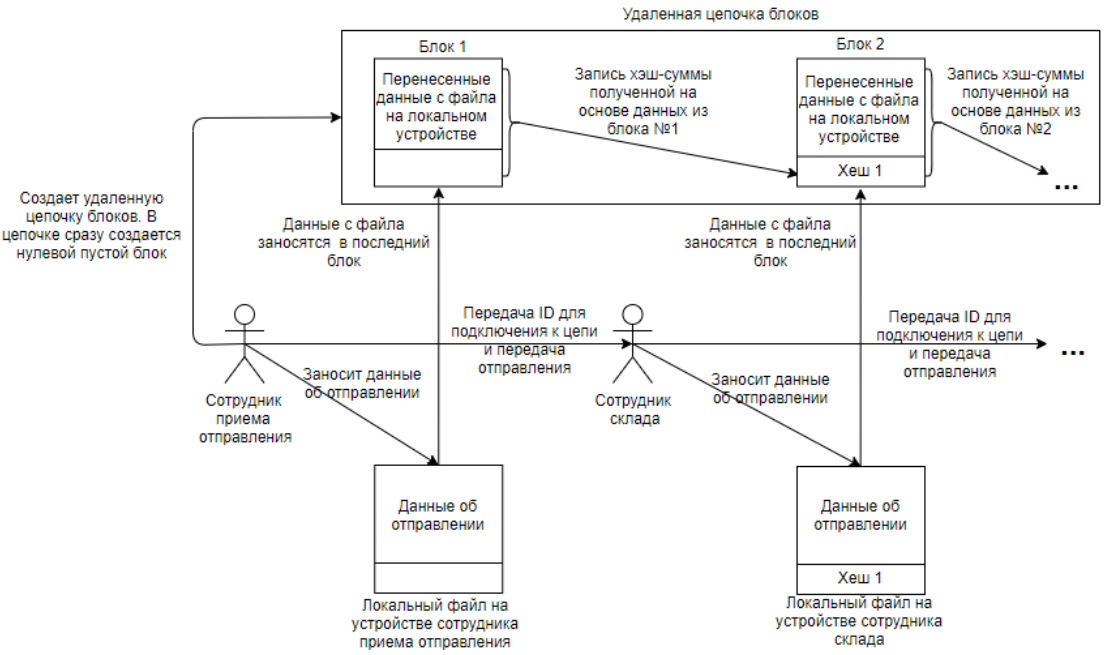


Рисунок 1. Схема обеспечения сохранности отправлений с применением технологии блокчейн.

Представленная схема хеширования и хранения данных исключает возможность изменения содержимого блока без последующих изменений во всех других блоках и обеспечивает целостное хранение данных. Алгоритм контроля целостности данных заключается в следующем: если какой-либо участник цепи попытается внести изменения в блок данных и после подключится к сети Интернет, система определит несоответствие данных файла, находящегося на локальном устройстве с соответствующим блоком в чеклисте и оповестит о подмене данных на определенном блоке.

При этом в процессе внесения данных в блоки участвуют: лицо, передаваемое отправление и лицо, принимающее отправление для дальнейшей передачи. В

результате каждый участник цепи доставки несет полную материальную ответственность за посылку до момента её передачи следующему участнику цепи, поскольку информация о её состоянии фиксируется в соответствии блоку, и в случае нарушения сохранности отправления, имеется возможность отследить предшествующее этому событию звено.

Для оценки эффективности предложенной методики возможно использование относительных показателей качества услуг почтовой связи, таких как, количество утрат и хищений на 1 000 принятых почтовых отправлений или выплаченное возмещение и компенсации на 1 000 руб. тарифных доходов. Однако наряду с сохранностью отправлений, качество услуг почтовой связи также характеризуется скоростью прохождения почтовых отправлений и надежностью доставки (устойчивостью и регулярностью почтовых сообщений), в связи с чем, требуется проведение её комплексной оценки, для чего предлагается построение вероятностной модели на основе статистических данных, учитывающей все показатели услуг почтовой связи. Данная задача является предметом дальнейших исследований.

Литература:

1. *Барсук И.В., Петраков А.В.* Информационные охранно-защитные мероприятия в почтовой логистике // Спецтехника и связь. – 2012. – №1. – С. 39-42.

2. *Раздоркина Н.М. Голобородова А.Н.* Характеристики и классификации услуг почтовой связи // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. – 2009. – №1. – С. 22-24.

3. *Мелешко Д.А.* Актуальные вопросы развития международной почтовой связи в России // T-Comm. – 2009. Спецвыпуск T-Comm. – С. 69-70.

4. *Шольц Ю., Шелер Т., Соколов Ю.И., Коцоева В.С., Элькина А.А.* Технология Blockchain. Принципы работы и перспективы применения // ЭТАП: экономическая теория, анализ, практика. – 2017. – С. 67-76.

И.Ф. Файсханов, А.Н. Комарова

АНАЛИЗ И ОБЗОР ПРЕСТУПЛЕНИЙ, СОВЕРШЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия
f_irek@mail.ru

Ключевые слова: компьютерные преступления, компьютерная криминалистика, информационные технологии, сеть Интернет.

В статье рассмотрена проблематика преступлений, совершенных с использованием информационных технологий, применен эмпирический метод исследования, проанализирована статистика подобного рода преступлений.

I.F. Fayskhanov, A.N. Komarova

ANALYSIS AND REVIEW OF CRIMES COMMITTED WITH THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGIES

Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Yekaterinburg, Russia
f_irek@mail.ru

Keywords: computer crimes, computer forensics, information technology, the Internet.

The article considers the problems of crimes committed using information technology, empirical research method is applied, the statistics of such crimes are analyzed.

Объектом исследования в данной работе являются преступления, совершенные с использованием средств вычислительной техники: так называемые преступления с информационной составляющей. В настоящее время отмечается высокий рост преступлений информационной направленности: взломы социальных сетей, хищения банковских средств, Интернет-мошенничество – это далеко не весь перечень преступных деяний, направленных против законопослушных граждан.

Целью данной работы является исследование преступлений, совершенных с использованием сети Интернет, а также проанализировать причины роста данного вида преступлений. Для достижения данной цели были сформулированы следующий задачи:

1. Охарактеризовать преступления с помощью технических устройств;
2. Проанализировать статистику преступлений за 2017 – 2019 год.
3. Выявить причины роста данных преступлений;
4. Предложить решение по минимизации данного вида преступлений.

Задачей данной работы является на основе проанализированных данных продемонстрировать важность исследований преступлений информационной направленности.

Метод исследования, который применялся в данной работе – теоретический, состоящий из исследований, поиска актуальных сведений и анализа. Был применен эмпирический метод, состоявший из сравнения и изучения. Новизна данной работы заключается в следующем: данная работа комплексно анализирует преступления с использованием информационных технологий, исследуются причины, подводится вывод и решение, каким образом можно повлиять на ситуацию, связанную с компьютерными преступлениями.

Вторая половина XX века была ознаменована новым направлением деятельности человечества – информационными технологиями. Колоссальная область для исследований и разработки, масштабное пространство для реализации самых сложных целей и задач, новая отрасль для инвестиций и перспективных дивидендов и многое другое привнесло масштабное развитие информационных технологий. Появилась возможность расширить границы исследований науки, автоматизировать сложные технические процессы, оптимизировать технологию практически во всех отраслях деятельности человека. С одной стороны данный шаг стал новой ступенью развития цивилизации, а с другой стороны возникло множество отрицательных составляющих, начиная с экологических проблем, заканчивая составляющей правоохранительной деятельности, исследования которой посвящена данная работа. Если во второй половине XX века кибер-преступления только

начинали процесс активизации, то с конца XX века и по настоящее время они прочно заняли нишу преступлений, популярность которых в настоящее время только возрастает. Данному факту поспособствовало в немалой мере активное развития международной сети Интернет [1].

Появление и популяризация использования всемирной паутины стала одним из ключевых событий конца XX – начала XXI века: Интернет стал модной тенденцией, определенным укладом жизни. Анализируя использование сети Интернет в жизни общества можно сделать вывод, что интеграция с человеком происходит огромными шагами: если в начале 2000-х годов Интернет был, по сути своей, стационарным объектом, поскольку мобильное его использование было мало распространено, то в настоящее время доступ к всемирной паутине у человека может не прекращаться достаточно долгий промежуток времени. Соответственно, имеется множество положительных аспектов, например, таких как оперативный доступ к необходимой в данный момент информации, отсутствие проблем с коммуникацией, при условии, что лицо в зоне действия базовой станции, практически полное стирание границ между населенными пунктами не только одного государства, но и всего мира. Анализ положительных составляющих, несомненно, может являться темой еще не одного исследования, однако возвращаясь к теме исследования, стоит отметить, что сеть Интернет дала шаг к развитию нового направления преступности – компьютерным преступлениям, которые в настоящее время являются актуальной проблемой и решение которых должно быть комплексным и всесторонним. Преступления данной направленности в своем разнообразии многогранны: интернет-мошенничество, DDoS-атаки, создание вредоносного программного обеспечения, нарушение авторских прав и многое другое [2]. Также стоит отметить тот факт, что сети Интернет присущи такие свойства, как виртуальный характер, т.е. отсутствие физических свойств, анонимность, а также удаленность. Данные свойства дают некоторую мотивацию лицу, которое совершает преступление с использованием сети Интернет, поскольку имеется ложная уверенность в том, что правоохранительные органы не обнаружат данного преступника, в том числе и потому, что данное лицо, совершившее преступление может находится в другом государстве и рассчитывает, что данный факт может, если не остановить правоохранителей, то, как минимум, замедлить. Однако, как показывает практика, подобные преступления раскрываются, даже вне зависимости от того, где и в каком месте подозреваемый совершал преступное деяние. Например, в октябре 2019 года стало известно об экстрадиции российского хакера, который подозревался в совершении кражи в особо крупном размере [3]. Также, достаточно ярким примером является ликвидация крупнейшей в России группировки, основным направлением деятельности которой являлось хищение денежных средств с банковских счетов. Одной из важных особенностей является то, что члены данной группировки действовали из 17 регионов Российской Федерации [4].

Согласно ч.1 ст. 14 УК РФ преступлением признается виновно совершенное общественно опасное деяние, запрещенное настоящим Кодексом под угрозой наказания [5]. Необходимо более детально разобрать данную выдержку из Уголовного кодекса. Термин «деяние» представляет собой действие или бездействие лица, которое привело к общественно опасным последствиям по различным направлениям [5]:

- жизни и здоровья личности;
- свободы, чести и достоинства личности;
- половой неприкосновенности и половой свободы личности;

- конституционных прав и свобод человека и гражданина;
- семьи и несовершеннолетних;
- собственности;
- сферы экономической деятельности;
- интересов службы в коммерческих и иных организациях;
- общественной безопасности;
- здоровья населения и общественной нравственности;
- экологии;
- безопасности движения и эксплуатации транспорта;
- безопасности в сфере компьютерной информации;
- основ конституционного строя и безопасности государства;
- государственной власти, интересов государственной службы и службы в органах местного самоуправления;
- правосудия;
- порядка управления;
- военной службы;
- мира и безопасности человечества.

Таким образом, уголовное законодательство содержит широкий перечень видов преступлений, одними из них являются преступления в сфере информационных технологий. Преступления данной направленности можно считать достаточно новым типом деяний, исследование которых привлекает внимание многих выдающихся специалистов [6,7,8]. Стоит отметить, что разнообразие механизмов преступных посягательств постоянно обновляется, преступники используют все более изощренные способы для реализации преступных замыслов [9]. Однако, несмотря на это, большинство преступлений данной направленности остаются достаточно примитивными в плане своей реализации. Стоит рассмотреть несколько примеров из судебной практики.

Согласно одному из дел, было установлено, что гражданин совершил умышленное преступление из корыстной заинтересованности, с целью продажи информации аутентификационной составляющей для доступа к сети Интернет при помощи компьютерных технологий. Он подобрал логин и пароль, тем самым совершил неправомерный доступ к охраняемой законом компьютерной информации, после чего поменял данные пользователя, что повлекло за собой блокировку компьютерной информации, содержащейся на данном сайте сети Интернет. Преступник был привлечен к ответственности по ч.2 ст.272 УК РФ. В Постановлении был сделан вывод о том, что преступление относится к категории преступлений средней тяжести.

Другим примером будет являться Приговор суда по делу, в котором установлено, что некий гражданин совершил незаконное разглашение сведений, которые составляли коммерческую тайну без согласия их владельца лицом, которому она была доверена по работе, совершенное из корыстной заинтересованности. Его коллега совершил пособничество в незаконном разглашении сведений, составляющих коммерческую тайну без согласия их владельца лицом, которому она была доверена по работе, совершенное из корыстной заинтересованности. Данные лица совершили неправомерный доступ к охраняемой законом компьютерной информации, повлекшее копирование компьютерной информации, совершенное из корыстной заинтересованности, совершенное группой лиц по предварительному сговору. По данному преступлению указанные граждане были привлечены к ответственности по ч.3 ст.272 УК РФ. В Постановлении сделан

вывод о том, что преступление относится к категории преступлений средней тяжести.

Таким образом, такие заурядные действия как копирование информации, изменение информации, передача информации могут привести к уголовной ответственности и при совершении подобного вида преступлений данные лица не всегда понимают не только всю серьезность совершаемых деяний, но и то, что данные деяния находятся за рамками закона. Поэтому одна из задач для минимизации подобного рода преступлений – это доведение до граждан информации о том, что подобного рода действия являются незаконными и могут привести к возбуждению уголовного дела.

Следующим шагом целесообразно будет обратиться к статистике.

Анализируя рост кибер-преступности в Российской Федерации за последние годы можно отметить, что за первые восемь месяцев 2019 года в России было зарегистрировано 180153 кибер-преступлений. Это на 66,8% больше, чем за такой же период предыдущего года, сообщает Генпрокуратура [10]. Речь идет о преступлениях, совершенных с использованием информационно-коммуникационных технологий или в области компьютерной информации.

С января по сентябрь 2018 года в России зарегистрировано 1247 преступлений, совершенных с использованием информационно-коммуникационных технологий или в сфере компьютерной информации. Как отметила тогда Генпрокуратура, по сравнению с аналогичным показателем за 2017 год количество преступлений такого направления почти удвоилось.

За весь 2017 год в стране было зарегистрировано 90587 таких преступлений. Если в 2017 году сообщалось в среднем 7,5 000 таких инцидентов в месяц, то в 2018 году в общем числе преступлений в течение года было зарегистрировано более 13000. Расследования с января по сентябрь 2018 года были проведены только по 31,8 тыс. киберпреступлений.

Если сравнивать рост других видов преступлений, не связанные компьютерными технологиями. То он гораздо меньше, т.е. данный вид преступления все больше и больше становится распространенным.

Продолжая анализ роста количества уголовных дел, связанных с информационными технологиями стоит также отметить тот факт, что одной из причин является то, что сами пользователи относятся безразлично к собственной информационной безопасности. Большинство пользователей всерьез не рассматривают проблему кибер-угроз, не принимают никаких действий, направленных на защиту конфиденциальной информации, а также не предполагают, что используемое техническое устройство заражено вредоносной программой, поскольку нет никаких предпосылок в виде замедления работы устройства и иных, свидетельствующих о возможном внедрении вирусным программным обеспечением.

Другой немаловажной причиной роста является существующая законодательная база. Проблема законодательства даже не в том, что она слабо развита, а в том, что она не в полной мере учитывает текущие реалии, например, определение местоположения абонента сотовой сети может растянуться на несколько недель, тоже самое касается и идентификация IP-адресов. Поэтому в настоящее время отмечается негативная тенденция при расследовании дел информационной направленности.

Еще одной причиной является невысокое количество экспертов-криминалистов в области компьютерных преступлений. Рассматривая работу криминалиста, который исследует улики на месте преступления, где была

совершена, например, кража имеет отлаженную годами методику и инструментарий, поскольку данная процедура обозначена в литературе и отработана на практике достаточно продолжительное время, то специалисты в области компьютерных преступлений вынуждены иногда по сути своей становиться, если не первооткрывателями тех или иных направлений, то теми редкими специалистами, кто расследует данное направление. Например, расследуя преступления в закрытом сегменте сети Интернет Darknet специалисты вынуждены осваивать новые направления, поскольку веб-ресурсы данного сегмента анонимны и установить владельца сайта не всегда возможно. Соответственно, если специалисты-правоохранители в области информационных технологий иногда сталкиваются с новыми направлениями, то сотрудники, деятельность которых не связана с информационными технологиями, вынуждены в оперативной обстановке осваивать новые темы и незамедлительно принимать решения.

Рассматривая исторические особенности, необходимо учитывать что информационные технологии в России развивались медленнее, чем во всем мире, и как следствие, ответ на кибер-преступления дан несколько позже. В начале XXI-го века компьютеризация России поднялась на высокий уровень, т.е. когда весь мир уже продуктивно боролся с киберпреступностью, Россия только начинала активно включаться в борьбы с данного рода преступлениями.

Исходя из вышепоставленных целей, стоит подвести итог, что рост преступлений компьютерных и с использованием информационно-коммуникационных технологий достаточно высок. Данному факту способствует значительный рост пользователей в сети Интернет, большинство из которых не предполагают в должной мере о том, какие опасности могут скрываться в сети Интернет. Для этой цели необходимо, во-первых, массово предупреждать о данного рода проблеме при помощи средств массовой информации, во-вторых, в учебных заведениях включать в занятия по дисциплинам направленности информационных технологий материал о мерах информационной безопасности, в-третьих, необходимо на уровне провайдеров сети Интернет вводить меры, позволяющие блокировать нежелательные для пользователя вторжения.

Также рост преступлений компьютерной направленности связан с некоторыми особенностями в нормативно-правовых актах, недостаточным количеством экспертов-криминалистов в области информационных технологий, недостаточной подготовкой правоохранителей по данному вопросу. Решение данного вопроса должно быть последовательным и комплексным: корректировка действующего законодательства с учетом современной криминогенной обстановки в информационном пространстве, полная и основательная подготовка и переподготовка сотрудников правоохранительных органов с обязательной обратной связью между учебным заведением и территориальными органами для того, чтобы обучение происходило с учетом того, что требуется современным правоохранителям.

Литература:

1. Федотов Н.Н. Форензика – компьютерная криминалистика. – М., 2017. – 360 с.

2. Айков Д.В. Компьютерные преступления. Руководство по борьбе с компьютерными преступлениями / Д. Айков, К. Сейгер, У. Фонсторх. - М.: Мир, 2014. –351 с.

3. Спутник – международная новостная лента [Электронный ресурс]. – URL: https://sputnik-georgia.ru/georgia/20191024/246837584/Georgia-peredala-Rossii-khakera-Yaroslava-Sumbaeva.html (дата обращения: 25.10.2019).
4. Газета «Деловой Петербург» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.dp.ru/a/2017/02/08/MVD_likvidirovalo_krupnej (дата обращения: 25.10.2019).
5. Уголовный кодекс Российской Федерации" от 13.06.1996 N 63-ФЗ (ред. от 04.11.2019) // "Собрание законодательства РФ", 17.06.1996, N 25.
6. Минаев С.В. Компьютерные преступления: сущность, особенности и возможности предотвращения // Научные ведомости БелГУ. Серия: Философия. Социология. Право. 2017. №24 (273). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-prestupleniya-suschnost-osobennosti-i-vozmozhnosti-predotvrascheniya (дата обращения: 19.09.2019).
7. Маякова Анастасия Станиславовна, Шелепова Светлана Алексеевна Компьютерные преступления: отдельные вопросы квалификации // Проблемы экономики и юридической практики. 2017. №6. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/kompyuternye-prestupleniya-otdelnye-voprosy-kvalifikatsii (дата обращения: 01.09.2019).
8. Россинская Е. Р., Рядовский И. А. Современные способы компьютерных преступлений и закономерности их реализации // Lex Russica. 2019. №3 (148). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-sposoby-kompyuternyh-prestupleniy-i-zakonomernosti-ih-realizatsii (дата обращения: 01.09.2019).
9. Федотов Н.Н. Форензика – компьютерная криминалистика. – М., 2017. – 360 с.
10. CNews — крупнейшее издание в сфере высоких технологий в России и странах СНГ. [Электронный ресурс]. – URL: https://safe.cnews.ru/news/top/2019-09-27_kiberprestupnost_v_rossii (дата обращения: 01.10.2019).

И.Ф. Файсханов, Я.Н. Скупкина

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОВ ЗАКРЫТОГО СЕГМЕНТА СЕТИ ИНТЕРНЕТ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, Даркнет, закрытый сегмент сети Интернет, онион, браузер Tor.

В статье рассматривается проблематика закрытого сегмента сети Интернет, так называемого Даркнета (Darknet). Приводятся примеры сайтов, раскрывается содержимое сайтов. Приводятся выводы относительно развития данного направления в рамках расследования преступлений.

I.F. Fayskhanov, Y.N. Skupkina

RESOURCE RESEARCH OF A CLOSED INTERNET NETWORK SEGMENT

Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: information technology, Darknet, closed segment of the Internet, onion, browser Tor.

The article discusses the problems of the closed segment of the Internet, the so-called Darknet. Examples of sites are given, the contents of sites are revealed. Conclusions are given regarding the development of this area as part of the investigation of crimes.

В настоящее время отмечается устойчивая тенденция виртуализации общественной жизни: коммуникация, покупки различных товаров и услуг, трудовая деятельность – все это в той или иной степени переходит в рамки телекоммуникационных технологий. С одной стороны, стоит отметить удобство и простоту, с которыми возможно выполнить различные действия, а с другой нельзя не отметить и негативные моменты, которыми наполнилась жизнь общества. Что стоит ожидать от цифровизации общества, что принесет с собой данная эпоха, не станет ли данный шаг очередным препятствием в проблеме поколений [1] – эти и многие другие вопросы, включая вопросы экологии, физического и психического здоровья людей, несомненно, появляются на сегодняшний день. Но одним из серьезных моментов является вопрос анонимности в сети Интернет. Анонимность, с одной стороны является позитивной составляющей, позволяющей не раскрывать личность пользователя, если он сам этого не желает: например, это позволяет оградиться от не совсем адекватных личностей, которые могут попытаться, исходя из собственных убеждений, найти пользователя в реальной жизни. Однако в анонимности есть и большая отрицательная составляющая: если данный пользователь намерен совершить незаконное деяние, то в данном случае анонимность не может являться позитивной стороной, поскольку это может создать препятствия для поиска преступника. Однако на сегодняшний день правоохранительные органы успешно идентифицируют того или иного пользователя, который совершил незаконное деяние в просторах сети Интернет, при условии, если он не прибегает к средствам, позволяющим его скрыть. А такие возможности имеются, и достаточно популярным средством является VPN-протокол, позволяющий с определенной долей надежности обеспечить анонимность пользователя в сети. Более того, имеется даже определенный сегмент сети Интернет, где анонимность – это один из принципов. Данный сегмент называется Даркнет, от английского слова dark – темный. Задача данной работы – проанализировать источники сети Интернет на предмет исследуемой тематики, выявить, что содержится на различных ресурсах про тематику Даркнета, осуществить вход в данный сегмент и ознакомиться с содержимым сайтов. Исследуемая тематика, несомненно, является актуальной виду того, что с принятием в 2016 году таких документов как Федеральный закон РФ от 6 июля 2016 г. № 375-ФЗ «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации и Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации в части установления дополнительных мер противодействия терроризму и обеспечения общественной безопасности» и Федеральный закон РФ № 374-ФЗ от 6 июля 2016 г. «О внесении изменений в

отдельные законодательные акты Российской Федерации в части установления дополнительных мер противодействия терроризму и обеспечения общественной безопасности», которые получили неофициальное название «пакет Яровой» многие ресурсы покинули открытый сегмент сети Интернет и продолжили функционирование на площадках сети Даркнет. Однако справедливо будет отметить, что и до принятия данных законопроектов данный сегмент успешно функционировал.

Цель данной работы – сформировать материал, в котором в краткой, но в доступной форме будет представлена информация о тематике Даркнета и какие ресурсы имеются в данном сегменте. Методы исследования, которые применялись в данной работе следующие. Теоретические:

- анализ (в данной работе были рассмотрены источники сети Интернет по данной тематике);
- синтез (на основе полученных данных информация систематизирована и обобщена).

Эмпирические методы, которые исследовались в данной работе:

- исследование различных источников информации;
- экспериментальные исследования (для формирования полной картины относительно данной тематики было принято решение осуществить вход на ресурсы сети Даркнет).

Даркнет – завуалированное пространство сети Интернет, доступ к которому невозможно осуществить посредством обычных средств доступа, например, распространенных браузеров. Для того, чтобы получить доступ к данному сегменту самый простой способ использовать браузер с так называемой луковой маршрутизацией – браузер Tor. Луковая маршрутизация – технология анонимного обмена информацией через компьютерную сеть. Сообщения неоднократно шифруются, а затем отсылаются через несколько сетевых узлов, называемых луковыми маршрутизаторами. Каждый маршрутизатор удаляет слой шифрования, чтобы открыть трассировочные инструкции и отослать сообщения на следующий маршрутизатор, где все повторяется [2]. Таким образом, промежуточные узлы не знают источник, пункт назначения и содержание сообщения. Луковая маршрутизация не предоставляет гарантированной анонимности для отправителя или получателя от всех потенциальных прослушивающих – локальный прослушивающий может просматривать всё, что было отослано или получено с данного компьютера. Она обеспечивает высокую степень несвязности, затрудняя лицу, анализирующему трафик данного пользователя, определять адреса того, кто сообщения посылает, и того, кто эти сообщения принимает.

Большинство луковых сайтов имеет домен .onion. Onion – псевдо-домен верхнего уровня, созданный для обеспечения доступа к анонимным или псевдо-анонимным адресам сети Tor. Подобные адреса не являются полноценными записями DNS, и информация о них не хранится в корневых серверах DNS, но при установке дополнительного программного обеспечения, необходимого для выхода в сеть Tor (например, Orbot для Android или плагин Torbutton для Firefox), программы, работающие с Интернетом, получают доступ к сайтам в доменной зоне .onion, посылая запрос через сеть Tor-серверов [2]. Эта сеть специально создавалась скрытой и анонимной, чтобы никто не мог установить цензуру или ограничить деятельность участников. Таким образом, идея Даркнета заключается в обеспечении инкогнито пользователей, которую обеспечить должны они самостоятельно: т.е. при соблюдении определенных мер анонимности имеется определенная вероятность того, что пользователь не будет идентифицирован. Если же пользователь не

применяет каких-либо дополнительных мер защиты, то продолжительность его анонимности – вопрос времени.

Сеть Даркнет можно разделить на два направления: веб-ресурсы с незапрещенным содержимым: различные форумы, магазины, развлекательные ресурсы без какой-либо цензуры со стороны органов государственной власти и теневые магазины по продаже товаров различной незаконной направленности [3]. Ситуация на сегодняшний день в сети Даркнет выглядит следующим образом: в теневом сегменте успешно функционируют Интернет-магазины по продаже товаров запрещенного сегманта, расширяя аудиторию также посредством каналов программы для быстрого обмена сообщениями Телеграмм. В данных каналах содержатся чаты различной направленности, позволяющие оперативно приобретать те или иные товары и услуги. Для примера можно привести Интернет-магазин MEDUSA, где представлены различные товары и услуги: продажа оружия, наркотиков, услуги по физическому устранению или шантажу обидчиков или конкурентов.

Однако стоит отметить, что правоохранительные органы также активно осваивают данный сегмент и принимают меры по задержанию лиц, нарушающих закон[4]. Например, в 2013 году был арестован Росс Ульберхт-владелец одно из крупнейших нелегальных площадок Silk Road по продаже наркотиков. Silk Road – анонимная торговая интернет-площадка, находившаяся в зоне .onion анонимной сети Tor и работавшая с 2011 по 2013 год. Большинство продаваемых товаров были нелегальны, однако владельцами сайта запрещены к купле-продаже краденые реквизиты банковских карт, фальшивые деньги, персональные данные, услуги киллера и оружие. Сайт был наиболее известен как площадка по торговле запрещенными психоактивными веществами, которые составляли 70% товаров, кроме них продавались другие товары, включая легальные, например порнография или электронные копии незапрещённых книг. Покупатели и продавцы проводили все денежные операции через криптовалюту Биткоин, которая позволяет обеспечивать анонимность участников сделки и невозможность блокировки платежа. Покупатели регистрировались на Silk Road бесплатно, а продавцы были обязаны покупать аккаунт через аукцион, чтобы уменьшить риск мошенничества. 2 октября 2013 года Уильям Росс Ульбрихт (Dread Pirate Roberts) был арестован в Сан-Франциско. Ему были предъявлены обвинения в наркоторговле, хакерских атаках и сговоре с целью отмывания денег. Агенты смогли арестовать его благодаря обнаруженной канадским правительством посылке с девятью поддельными документами, отправленной в Сан-Франциско, которые Ульбрихт планировал использовать с целью аренды серверов для Silk Road [5].

Для формирования более полной картины сети Даркнет было решено осуществить вход в данный сегмент для того, чтобы ознакомиться с ресурсами данной сети. Для этой цели была использована операционная система Linux. На данную операционную систему установлен браузер Tor посредством которой и осуществлялся выход. Первый сайт, который был посещен – это поисковый веб-ресур not Evil (рис. 1).

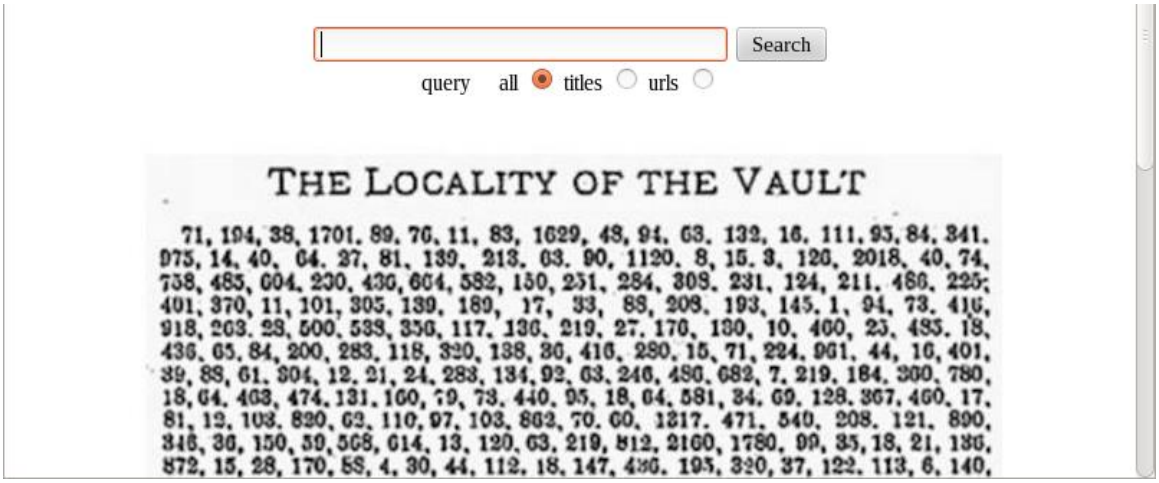


Рисунок 1. Фрагмент учебного материала: поисковый веб-ресурс not Evil

Стоит отметить, что поиск на поисковых системах сети Даркнет осуществляется крайне неэффективно и достаточно сложно найти то, что требуется.

Далее, был найден один из веб-ресурсов, на котором можно было приобрести паспорт подданного Соединенного Королевства примерно за 1000 фунтов стерлингов (рис. 2).

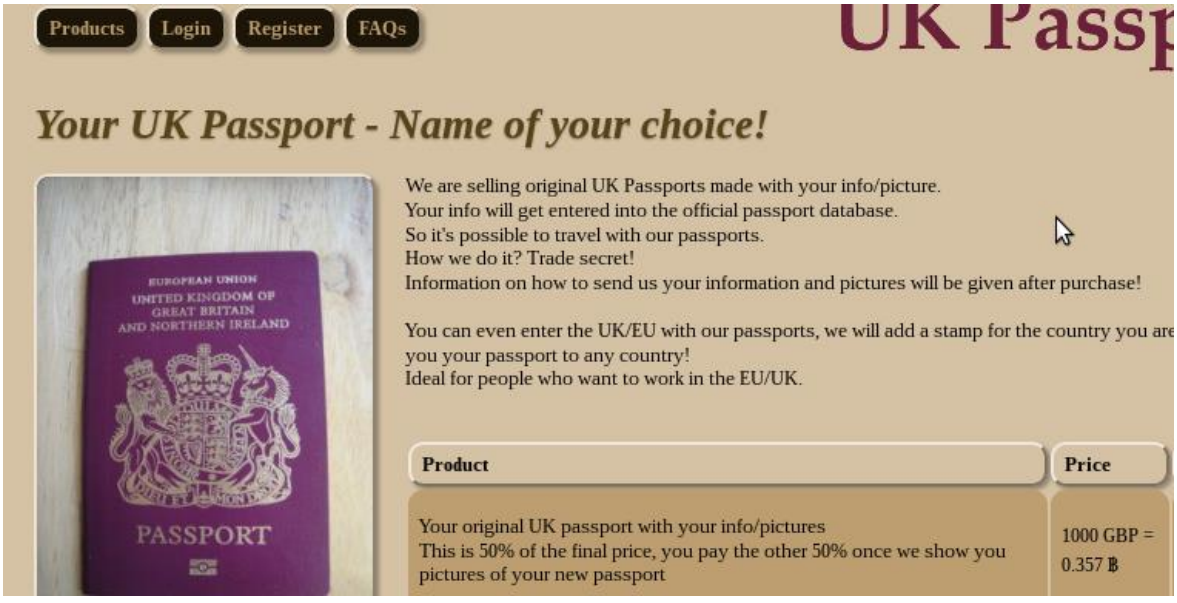


Рисунок 2. Фрагмент учебного материала: продажа паспорта подданного Великобритании

Третий ресурс, который был посещен – это сайт по продаже оружия. Согласно информации с данного сайта, швейцарский пистолет P 229 Sig Sauer можно приобрести за тысячу евро (рис. 3).

Рисунок 3. Фрагмент учебного материала: сайт по продаже оружия

Таким образом, посетив три ресурса, складывается лишь небольшая картина относительно ресурсов сети Даркнет. Не были посещены ресурсы информационные, развлекательные и иные, которые могут содержать полезную информацию, поскольку данные ресурсы успешно функционируют и на просторах открытого Интернета.

В заключение можно отметить, что Даркнет нельзя однозначно отметить с негативной стороны, при грамотном использовании на данных ресурсах можно найти достаточно большой объем полезной информации, начиная с принципов выживания на дикой природе, заканчивая азами защиты информации. Но имеется и негативная составляющая: незаконные сделки, кража денежных средств, обучение преступным действиям, вовлечение в преступные сообщества и многое другое перевешивают в отрицательную сторону данную ситуацию. В настоящее время имеются и положительные результаты обнаружения лиц, которые занимались незаконной деятельностью в сети Даркнет, с дальнейшим их привлечением к соответствующей ответственности, но правоохранителям однозначно стоит не игнорировать данное направление и в рамках своей деятельности учитывать возможности данного ресурса сети Интернет.

Литература:

1. Инкижекова М. С. Вопросы поколенческого взаимодействия и будущее цифровой цивилизации // Alma Mater (Вестник высшей школы). – 2019. – № 2. – С. 14-16.

2. Райтман, М.А. Искусство легального анонимного и безопасного доступа к ресурсам Интернета /М.А. Райтман. — СПб: БХВ-Петербург, 2016. — 624с.

3. Мазур А .А. Актуальные проблемы предупреждения преступности в социальной сети Даркнет // Вестник РУК. 2018. №3 (33). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-preduprezhdeniya-prestupnosti-v-sotsialnoi-seti-darknet (дата обращения: 10.01.2020).

4. Васильев А., Ибрагимов Ж., Васильева О. Даркнет как ускользающая сфера правового регулирования // Юрислингвистика. 2019. №12. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/darknet-kak-uskolzayuschaya-sfera-pravovogo-regulirovaniya (дата обращения: 10.03.2020).

5. ФБР изъяло 144 тысячи биткоинов, принадлежавших Россу Ульбрихту [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/199176/. – Дата доступа: 11.01.2020.

И.Ф. Файсханов, А.М. Молчанова

ОБЗОР СИСТЕМ ПО РАСПОЗНАВАНИЮ ЛИЦ: ОПЫТ РОССИИ И ИНОСТРАННЫХ ГОСУДАРСТВ В ПРАВООХРАНИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия
f_irek@mail.ru

Ключевые слова: распознавание лиц, правоохранительные органы, коронавирус, видеорегистраторы, розыск людей.

В данной статье рассматривается достаточно актуальная проблематика – системы по распознаванию лиц. Авторы проанализировали мировую практику применения данных систем в правоохранительной деятельности, рассмотрели российскую практику.

I.F. Fayskhanov, A.M. Molchanova

OVERVIEW OF FACE RECOGNITION SYSTEMS: EXPERIENCE OF RUSSIA AND FOREIGN STATES IN LAW ENFORCEMENT

Ural Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Yekaterinburg, Russia
f_irek@mail.ru

Key words: face recognition, law enforcement, coronavirus, video recorders, people search.

This article discusses quite relevant issues - facial recognition systems. The authors analyzed the world practice of using these systems in law enforcement, reviewed Russian practice.

Объектами исследования в данной работе являются системы по распознаванию лиц: в настоящее время большое количество камер видеонаблюдения имеется в распоряжении организаций, ведомств, учреждений. Все они ведут запись в режиме 24/7, соответственно, система, позволяющая определять лица на основе данных, полученных с камер видеонаблюдения позволила бы уменьшить процент преступлений и повысить их раскрываемость. Цель данной работы – проанализировать практику применения подобных систем в мировой и отечественной правоохранительной деятельности. Задачи данной работы:

1. Проанализировать тему распознавания лиц;
2. Рассмотреть мировую практику применения систем по распознаванию лиц;

3. Рассмотреть отечественную практику применения систем по распознаванию лиц;

4. Составить выводы.

Методы исследования, которые применялись в данной работе: теоретические и эмпирические.

Теоретические:

- исследование и анализ различных источников информации (научных публикации, веб-ресурсов);
- синтез исследованной информации.

Эмпирические:

- сбор информации;
- анализ полученной информации.

Современный технологический мир не стоит на месте, он постоянно развивается, открывая для человека всё больше новых возможностей и горизонтов, которые раньше могли существовать только в воображении человека [1]. Одной из таких полезных разработок является технология распознавания лиц, которая все больше усложняется и совершенствуется. Некоторые компании утверждают, что алгоритмы уже способны даже читать эмоции, анализировать эмоциональное состояние и улавливать подозрительное поведение людей. Данная технология существует уже десятки лет, но за последние годы она прогрессирует все с большими темпами, благодаря достижениям в области компьютерного зрения и искусственного интеллекта [2,3].

В данной статье раскрываются аспекты использования технологий распознавания лиц правоохранительными органами в качестве розыска лиц, входящих в «черный список» (ранее совершившего преступление или подозреваемого в незаконных действиях), поиск пропавших людей, и в перспективе выявление эмоций, в качестве меры безопасности, путем считывания микровыражений. Последнее, в свою очередь, имеет большие перспективы применения, а именно, при проведении интервью подозреваемых, свидетелей и потерпевших; выявления в толпе лиц, с признаками подозрительного поведения (в метро, на стадионах, аэропортах, митингах), что во много поможет предупредить потенциальные террористические угрозы.

Несомненно, важность и глобальность применения «технологий будущего» дает надежду на существенное снижение уровня преступности. Но не нужно забывать о двух сторонах одной медали. Выше перечисленные положительные стороны во многом упростят правоохранительным органам несение службы. Что касается отрицательных моментов, то они тоже имеют место быть. Эксперты в области современных технологий отмечают высокий уровень точности систем распознавания лиц [4], однако в тоже время нельзя не отметить тот факт, что на сегодняшний день большая доля камер, размещенных в общественных местах имеют низкое качество разрешения, более того, в темное время суток некоторые из них вообще не пригодны для идентификации лиц. Но, стремительный прогресс в области информационных технологий постоянно улучшает имеющиеся технические средства и, возможно, в ближайшее время на всех криминогенных местах на страже закона будут новейшие камеры с высоким разрешением, идентифицирующие людей, нарушивших или нарушающих закон. Далее, целесообразно рассмотреть несколько примеров использования подобных технологий.

В качестве примера, может послужить эксперимент полиции Южного Уэльса (США) [5], которая сканирует лица, используя камеры наблюдения. В этом эксперименте, в качестве испытуемых выступили посетители фестиваля в Суонси.

Полиция использует систему распознавания лиц (AFR), которая подключена к камерам наблюдения, и программное обеспечение от компании NEC, чтобы идентифицировать «искомых людей» и сравнивать их лица с базой данных по лицам в розыске. Результаты эксперимента были следующими: один человек по ордеру был найден и арестован в первые 10 минут, с момента установления программы на фестивале. Однако, имеются сведения о множестве ложных результатов на других мероприятиях, например, таких как финал Лиги Чемпионов в Кардиффе в прошлом году. Глава отдела биометрического тестирования Национального Института стандартов и технологий федерального агентства США, который руководит исследованиями распознавания лиц, говорит о совершенствовании и стремления к надежности технологии. Китайские коллеги не отстают от запада и также в арсенале полиции своей страны пользуются системами распознавания лиц – камерами, очками и т.д. Интересный случай произошел в китайском городе Чунцин (город с населением более 1 млн. чел.), где полиция арестовала подозреваемого в убийстве 17-летней давности с помощью технологии распознавания лиц. Фото подозреваемого совпало с тем фото, что хранилось в базе данных полиции и подозреваемый сознался в совершении преступления [6].

Что касается МВД России, то дано начало тестированию портативных видеорегистраторов с системой распознавания лиц от российской компании NtechLab [7]. Данные гаджеты представляют собой по форме небольшие рации, которые крепятся на одежду. Принцип действия прост: регистраторы выделяют из толпы людей отдельные лица и сравнивают их со снимками уже имеющихся в базах данных. В случае совпадения, на гаджет приходит уведомление, фото, которое выводится на экране с обратной стороны, и сведения о человеке. Радиус действия распознавания лица до 4,5 м, но также имеет значение и степень освещения, скорость движения человека. Стоит отметить, что технологию распознавания лиц от российской компании NtechLab используют и в органах ФСБ, была применена на чемпионате мира-2018 в России и в дальнейшем планируется в штатном режиме использование технологии и на чемпионате мира-22 в Катаре.

Сегодняшний опыт применения технологий распознавания лиц – это будущее новое «оружие» в помощь правоохранительным органам. Наглядный пример - недавний случай вспышки короновируса, который контролируется властями Российской Федерации, в том числе и с помощью системы распознавания лиц, за гражданами, получивших по прибытии из Китая постановления о двухнедельной изоляции. Всего на момент публикации новости их получили 2,5 тысячи человек [7].

Таким образом, технологии распознавании лиц и эмоций людей во многом облегчают деятельность правоохранительных органов: они помогают найти преступника и даже предотвратить ещё только запланированное правонарушение или преступление. Также в данной работе были рассмотрены отрицательные моменты, которые имеют место быть даже в самых совершенных технологиях. Технологический прогресс не стоит на месте и развивается все большими скачками. Благодаря распространению технологий распознавания лиц, совершенствуется и модернизируется сбор данных, что снижает процент вероятности ошибки системы. На данный момент, системы распознавания лиц способны к распознаванию эмоций, но не намерения, чтобы предотвратить что-либо. Следует ожидать, что распознавания намерения – это будущее, благодаря ведущимся разработкам в данной области. И, может быть, в ближайшем будущем снизится количество преступлений, пойдет на снижение число злоумышленников и окружающий мир станет еще безопаснее и спокойнее.

Литература:
1. Инкижекова, М.С. Цифровой контекст деятельности правоохранительных органов / М.С. Инкижекова // Философия права. – 2019. – № 3 (90). – С. 139-144
2. Исследование рынка систем распознавания эмоций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/133686/. – Дата доступа: 12.01.2020.
3. Сивцов, В.А. Разработка программы для распознавания эмоций человека в видеопотоке с помощью глубокого обучения / В.А. Сивцов, П.Л. Николаев // Информатизация и связь. – 2019. – . – № 4. – С. 50-54
4. «Наша точность распознавания лиц — 99,99997%» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.hightech.plus/2019/11/29/nasha-tochnost-raspoznavaniya-lic--9999997. – Дата доступа: 12.01.2020.
5. Как технология распознавания лиц помогает полиции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://habr.com/ru/post/434280/. – Дата доступа: 12.01.2020.
6. Китайская полиция с помощью технологий распознавания лиц арестовала человека, подозреваемого в убийстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://russian.news.cn/2019-08/09/c_138296866.htm. – Дата доступа: 12.01.2020.
7. Полицейские тестируют компактные камеры для распознавания лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2019/05/21/802109-politseiskie-testiruyut. – Дата доступа: 12.01.2020.

[1]Д.А. Земляная, [2]Н.В. Болдырихин, [1]Е.М. Шипшова

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВИРУСНЫХ СИГНАТУР

[1]Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону, Россия,
[2] Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: вирус, антивирусная программа, сканирование сигнатур, эвристическое сканирование, эмуляция процесса, проверка целостности, универсальное обнаружение, троян.

Рассмотрены методы обнаружения вирусных сигнатур, проанализированы их сильные и слабые стороны.

[1]D.A. Zemlyanaya, [2]N.V. Boldyrikhin, [1]E.M. Shipshova

ANALYSIS OF METHODS FOR DETECTING VIRUS SIGNATURES

[1]Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia,
zemlyanaya.daria@yandex.ru,
[2]North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: virus, antivirus program, signature scanning, heuristic scanning, process emulation, integrity checking, generic detection, Trojan.

Methods for detecting virus signatures are considered, and their strengths and weaknesses are analyzed.

Введение.

В настоящее время важную роль играют процессы обеспечения информационной безопасности [1-9], важнейшей составляющей которых является антивирусная защита [1-6]. Компьютерные вирусы - это созданные человеком разрушительные программы, которые намеренно разработаны для заражения информационных систем и причинения вредоносных действий пользователям [1]. Создание вирусов началось в середине 1980-х годов, когда персональный компьютер начал использоваться для бизнеса и дома. С появлением и распространением вредоносного программного обеспечения (ПО) стали развиваться антивирусные программы, предназначенные для предотвращения деструктивных действий такого ПО. Антивирусное программное обеспечение выполняет несколько важных функций, таких как обнаружение вирусов и защита файлов, удаление вирусов из зараженных файлов и восстановление поврежденных файлов и объектов [3].

Популярные методы обнаружения вирусов

Одной из важнейших функций антивирусной программы является обнаружение угрозы в компьютерной системе. Как только вирус найден, программное обеспечение обычно информирует пользователя об его выявлении. Поскольку вредонос часто записывает свой код в программу в нескольких разных местах, антивирус пытается удалить вирусные коды и восстановить исходную программу [4].

Антивирусная программа использует различные методы обнаружения. Поскольку характеристики вирусов различны, отличаются и методы их обнаружения. Все типы атак не могут быть выявлены каким-либо одним методом. Популярные методы, используемые антивирусными программами для их обнаружения, заключаются в следующем:

- сканирование сигнатур;
- проверка целостности;
- эвристическое сканирование;
- эмуляция;
- мониторинг активности.

Сканирование сигнатур.

Простые вирусы копируют себя в каждый исполняемый файл, который они заражают. Эти типы вирусов копируют идентичную копию самих себя байт за байтом. Они могут быть легко обнаружены путем поиска определенной строки байтов, называемой "сигнатурой вируса", которая была извлечена из его тела.

Сигнатура вируса - это последовательность байтов, которая может быть найдена в коде вирусной программы, но вряд ли будет найдена где-либо еще. Антивирусный исследователь должен тщательно проанализировать тело вируса, чтобы извлечь его сигнатуру. Когда появляется новая угроза, специалист должен проанализировать зараженный файл и найти образец или “сигнатуру”.

После нахождения различных вирусных сигнатур они хранятся в базе антивирусной программы. Эта база распространяется среди клиентов вместе с антивирусом. Программа использует их для сканирования каждой уязвимой области компьютера, включая исполняемые файлы, загрузочные записи, файлы документов с макросами и т. д., чтобы обнаружить наличие любой из этих сигнатур. Если какая-либо из них найдена, то целевая программа считается зараженной, в противном случае - незараженной [5].

Универсальное сканирование сигнатур.

Хотя сканирование сигнатур является простым и надежным методом, оно имеет ограничение, заключающееся в том, что таким способом могут быть обнаружены только известные вирусы, сигнатуры которых уже извлечены и включены в базу данных. Сканирование не может выявить другие варианты известного вируса, хотя различия между их сигнатурами очень незначительны.

В отличие от этого, общая сигнатура использует шаблон, найденный в семействе вирусов. Это более быстрый метод обнаружения всех вирусов, принадлежащих к одному семейству. Этот метод работает, так как большинство вирусов изначально не программируются, а создаются путем модификации кода ранее существовавших. В таких случаях обнаруживается большое сходство между основным вирусом и его вариантами. Универсальные сигнатуры используют различные подстановочные знаки для обнаружения всех вариантов семейства вирусов. Этот метод также способен обнаруживать новые и будущие вирусы того же семейства. Универсальное сканирование сигнатур называется эвристическим сканированием сигнатур [2].

Проверка целостности.

Проверка целостности - это еще один метод обнаружения вирусов. Метод обнаруживает наличие вирусов, сравнивая хэш-значения файла с хэш-значением его незараженной версии. Если между двумя хэш-значениями не обнаружено никакой разницы, то файл считается незараженным.

Проверка целостности обычно хранит небольшую контрольную сумму или хэш-значение незараженных программ (таких как исполняемые файлы, загрузочные записи и т. д.) в защищенном месте в самом начале, когда они предположительно не заражены. Во время проверки целостности программа пересчитывает новые контрольные суммы или хэш-значения и сравнивает их с исходными. Если оба отпечатка совпадают, то файлы считаются неизмененными и, следовательно, считаются незараженными. Если они не совпадают, то антивирусная программа должна использовать дополнительный интеллект, чтобы определить, является ли модификация "вирусной" или вызванной пользователем [6].

Проверка целостности работает, потому что вирусы должны вносить изменения в свои программы хоста. Другими словами, ни один вирус не может заразить хост-программу без изменения ее кода. Эта ситуация создает разницу между хэшем незараженного файла и зараженного файла.

Поскольку проверка целостности не использует сигнатуры вирусов, ее можно использовать для обнаружения любых вирусов, включая новые и неизвестные.

Кроме того, проверка проходит гораздо быстрее, чем проверка сигнатур. Как и в случае со сканерами сигнатур, средства проверки целостности также могут использоваться для верификации всего диска или могут быть резидентными для проверки отдельной программы.

Эвристическое сканирование.

Эвристическое сканирование - это еще один метод обнаружения вирусов, который не основан ни на сигнатурах, ни на целостности. Эвристическая антивирусная программа исследует целевую программу (исполняемый файл, загрузочную запись или, возможно, файл документа с макросом) и анализирует ее программный код, чтобы определить, является ли этот код вирусоподобным. Другими словами, эвристический движок обнаруживает команды внутри программы, которые не встречаются в типичных прикладных программах, таких как механизм репликации вируса, процедура распространения червя или полезная нагрузка трояна. Если код целевой программы выглядит вирусоподобным, то сканер сообщает о возможном заражении [3].

Поскольку данный метод не использует сигнатуры вирусов, он может обнаруживать новые и неизвестные угрозы, которые еще не были проанализированы антивирусными исследователями. Эвристический метод не использует информацию о целостности, он не требует, чтобы отпечатки пальцев программ были взяты и сохранены, когда компьютер находится в чистом состоянии [9].

Типы эвристического обнаружения:

- обнаружение аномалий кода - эвристическое сканирование ищет определенные коды или команды в программе, которые не встречаются в типичных прикладных программах, таких как механизм репликации вируса, процедура распространения червя или полезная нагрузка трояна;
- обнаружение аномалий протокола, например, приложения, использующие протоколы TCP/IP, используют определенные типовые правила. Если сканер обнаруживает какое-либо отклонение от стандартов, то он подозревает возможность сетевого вторжения;
- смешанное эвристическое обнаружение - в настоящее время все антивирусы следуют комбинации различных методов эвристического обнаружения наряду с общими методами обнаружения, чтобы аутентифицировать обнаружение и избежать ложных срабатываний.

Мониторинг поведения.

Метод мониторинга поведения пытается обнаружить активность типа вируса, например, попытки переформатировать диск, что обычно не является активностью обычной программы. В другом случае программа может попытаться переместить файл в одну из папок операционной системы. Эти действия немедленно помечаются методом мониторинга поведения.

Мониторинг поведения - это широкое понятие, которое включает в себя такие методы, как эвристическое сканирование, эмуляция процессора и другие общие методы обнаружения [4].

Резидентное сканирование.

Сканирование может быть как по требованию, так и при доступе. Сканирование по требованию обычно выполняется в автономном режиме. Пользователь должен инициировать операцию сканирования или запланировать

операцию позже. Хотя сканирование по требованию способно обнаруживать вирусы, оно не предотвращает заражение ими других файлов [5].

С другой стороны, сканирование при доступе запускается в момент обращения к файлу или выполнения программы. Оно выполняется резидентным сканером автоматически, когда файл доступен для копирования, редактирования или других подобных целей. Сканер работает как резидентный модуль памяти и запускает проверку файла прежде чем он будет доступен. Этот метод обеспечивает хорошую защиту, поскольку он блокирует вирусные инфекции в режиме реального времени.

Заключение.

Основными функциями антивирусной программы являются предотвращение проникновения вирусов и защита файлов, сканирование, обнаружение, удаление вирусов из зараженных файлов и восстановление поврежденных файлов и объектов.

Антивирусные программы обычно используют различные стратегии для обнаружения и удаления вирусов. Популярными методами их выявления являются сканирование сигнатур, эвристическое сканирование и проверка целостности. Однако каждый из этих методов имеет свои сильные и слабые стороны.

Сканирование сигнатур (или поиск известных вирусных паттернов) является наиболее распространенным методом обнаружения вирусов. Но он не может обнаружить вирусы, сигнатуры которых отсутствуют в базе данных. Другим популярным методом является использование эвристического алгоритма для поиска вирусов на основе общих моделей поведения. Этот метод может быть сложным, но он обладает способностью обнаруживать неизвестные или новые вирусы. Проверка целостности - это еще один универсальный метод, но он может применяться только для определенных типов файлов, которые обычно не изменяются пользовательскими операциями.

Литература:

1. Клименьев К.Е. Компьютерные вирусы и антивирусы: взгляд программиста. М.: ДМК Пресс, 2013. 656 с.

2. Шелудько А.А., Болдырихин Н.В. Поиск информационных объектов в памяти компьютера при решении задач обеспечения кибербезопасности. Молодой исследователь Дона. 2018. № 6 (15). С. 81-86.

3. Атамкулова М.Т., Саримсаков А.А. Компьютерные вирусы и антивирусные программы / М.Т. Атамкулова, А.А. Саримсаков // Известия. – 2016. - № 28843519 . – 136-140 с.

4. Измалков А.А., Польшакова Н.В. Компьютерные вирусы и антивирусные программы / А.А. Измалков, Н.В. Польшакова // Картуш. – 2012. - №25827231. – 166 – 170 с.

5. Карпова Е.И., Николенко Д.В. Компьютерные вирусы / Е. И. Карпова, Д.В. Николенко // Ставрополь. – 2010. - №25483522. – 67-69 с.

6. Веревкин С.А., Миклуш В.А. Современное развитие компьютерных вирусов / С.А. Веревкин, В.А. Миклуш // ООО "Андреевский издательский дом". – 2017. - № 32470433. – 96-100 с.

7. Мазуренко А.В., Болдырихин Н.В. Ускоренный препроцессинг в задаче поиска подстрок в строке / Вестник Донского государственного технического университета. 2019. Т. 19. № 3. С. 290-300.

8. Буковшин В.А., Болдырихин Н.В. Современные проблемы информационной безопасности // Современные материалы, техника и

технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 47-52.

9. Буковшин В.А., Болдырихин Н.В. Кибербезопасность как неотъемлемая часть информационного мира // Современные материалы, техника и технология: Сб. статей / Юго-Западный государственный университет. Курск: Университетская книга, 2018. С. 52-55.

ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ, ЭКОНОМИКИ И МЕНЕДЖМЕНТА

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGYIN EDUCATION, ECONOMICS AND MANAGEMENT

А.А. Мержвинский

СТАТУС И СООТНЕСЕНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОГО МИРА

Институт кибернетики им. В.М. Глушкова,
г. Киев, Украина, merzh3@ukr.net

Ключевые слова*:* переносчики взаимодействий, объект-отображение, формы представления объектов, состояние.

Анализ феномена движения информации в средствах информационных технологий позволил определить статус материальных и информационных объектов в пространстве информационных операций и лингвистических операций деления, замещения и абстрагирования объектов. Предложены и обоснованы выбор, интерпретация и аспекты применения лингвистических понятий: Денотат, Десигнат, Имя и Концептуум. Четкое определение позволяет учесть все аспекты их интерпретации и взаимосвязи в модели представления объекта реального мира в виде четырехвершиного графа.

A.A. Mierzvinskyi

STATUS AND RELATIONSHIP OF PHYSICAL AND INFORMATION OBJECTS OF A REAL WORLD

Institute of Cybernetics named after V.M. Glushkova, Kiev, Ukraine,
merzh3@ukr.net

Keywords: interaction carriers, display object, representation forms of objects, state.

The analysis of the phenomenon of the movement of information in the means of information technology made it possible to determine the status of material and information objects in relation to information operations of transformation of mappings and linguistic operations of dividing, replacing and abstracting objects. The choice, interpretation and aspects of the application of linguistic concepts are proposed and justified: Denotat, Designat, Name and Conceptum. A clear definition allows you to take into account all aspects of their interpretation and relationship in the representation model of a real-world object in the form of a four-vertex graph.

ВВЕДЕНИЕ

Предпосылкой данной работы явилось участие автора в разработке и моделировании технологий и средств вычислительной техники [1], в исследовании элементов, структур и технологий производства вычислительных машин на новых

физических принципах в Институте кибернетики НАН Украины [2-8]. На материалы статьи определенное влияние оказало участие автора в работе семинара "Образный компьютер" организованном проф. В.И. Гриценко и проф. М.И. Шлезингером в марте 2000 года.

Переход от человека чувственной ступени познания к логическому мышлению характеризуется, прежде всего, как переход от восприятий к их отражению в форме слов и *понятий*. Реальный мир (РМ) рассматривается как пространство единичных объектов, носителей взаимодействий, их свойств и отношений, классов объектов, свойств и отношений. Взаимодействия материальной и семиотической реальностей порождает множество ситуаций. Любая языковая единица, любой термин является репрезентантом ситуации, представляющей собой сочетание трех величин: «…мира действительности, мира понятий и мира значений» [9]. Мир действительности есть исходная величина; мир понятий обусловливается процессом познания действительности и стремится быть адекватным ему…; мир значений есть тот конкретный способ, которым фиксируется в языке мир понятий…». В системе понятий «концептуальной информатики», чётко разделяется «человеческое» и «машинное». Знания, информация и коды относятся к человеку и его интеллекту, данные и цифровые данные — к машине [10].

Информационный мир описываеся понятиями лингвистики. Характерные отношения между языковыми единицами и объектами действительности часто отображаются с помощью семантических треугольников. Семантический треугольник (англ. *semantic triangle*) — схематическое изображение для представления о том, что у каждого *знака* есть, по крайней мере, два типа значен ий - денотативное и сигнификативное [11]. К семантическому треугольнику сводится система трех миров Сковороды, где вершины треугольника - реальность, разум, знак [12 Валькман]. Знак (лат. signum) — это материальный, а значит, чувственно воспринимаемый предмет, выступающий в качестве заместителя другого предмета.

Рисунок. 1 Логическая модель знака Готлиба-Фреге

Понимание логики, содержания, смысла и взаимосвязей материльного и информационных объектов обычно иллюстрируется семантическим треугольником Готлиба-Фреге (рис.1). Модель включает три связанные составляющие: имя знака, смысл знака и значение знака. Имя знака – это символ, слово (изображение), обозначающее в сознании человека объект реального мира. Под смыслом знака Фреге понимает описание объекта реального мира, отличающего его от других объектов. И, наконец, под значением знака Фреге понимает реальный объект, который определяется смыслом знак.

В нем часто возникают неоднозначности: Синонимия, Омонимия, Полисемия**.** Существует и ряд других позднейших терминологических вариаций этой триады.

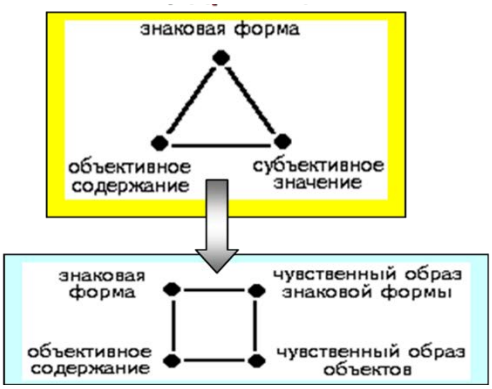


Рисунок 2. От треугольника Огдена к квадрату Щедровицкого

Известен тругольник Огдена «Знаковая форма - Объективное содержание - Объективное значение» (рис.2). Его преимущество перед треугольником Г. Фреге в том, что он разграничивает материальную и идеальную сторону знака (план выражения и план содержания).

Взаимосвязи некоторых представлений объектов показаны в квадрате Щедровицкого, в вершинах которого представлены различные формы объективного содержания (рис. 2). Особенностью модели является левая вертикальная связь. Это связь замещения между объективным содержанием (не объектами!) и знаковой формой [13].

Применительно к процессам мышления, понятие образ логично использовать в определении психологов: *Образ* — чувственная форма психического явления, имеющая в идеальном плане пространственную организацию и временную динамику. Ментальные образы психологи делят на три класса: образы восприятия, представления и воображения.

Рисунок 3. Двухэтажнеая языковая модель действительности Турчина В.Ф.

Анализ систем реального времени требует введения в модель изменяющихся объектов внешнего мира. Известна двухэтажная языковая модель действительности В. Турчина (рис. 3) [14 Турчин В.Ф.]. Для неформализованного языка результат преобразования языкового объекта Li зависит не только от вида самого представления Li, но и от представления si, которое он порождает в голове человека, от ассоциаций, в которые он входит.

При формальном мышлении сознание оперирует с языковыми объектами, как с некоторыми самостоятельными и самодовлеющими сущностями. Для того чтобы формальное мышление приводило к правильным результатам, семантика языка должна обладать определенными свойствами, которые мы характеризуем такими терминами, как *точность, определенность, однозначность* [15, Валькман].

Исследования показывают, что в теориях, принадлежащих разным авторам, вершины семантических фигур и связи имеют разное наименование. Термины, обозначающие типы «значений», образуют весьма пестрый ряд: Пирс различает «объект» и «интерпретанту» знака; Фреге - «значение» и «смысл» имени; Моррис и Черч - «денотат» и «десигнат»; Огден и Ричардс «референт» и «мысль о нем»; Выготский (говоря о слове как знаке) - «предметную отнесенность» и «значение» [16].

Увлечение лингвистическими моделями имеет тот недостаток, что каждый из авторов строит свой философско-методологический фундамент соответственно своему видению проблемы [17, Лозовский]. Обилие семиотических уровней «затрудняет делать представительный обзор подобной области исследований, составлять энциклопедические словари используемых терминов». В реальных устройствах при вводе обычно в некоторой неоднородности формируется пространственный аналоговый образ. Такое пространственно-временное представление объектов внешнего мира, по нашему мнению, является более фундаментальным основанием по сравнению с лингвистическими описаниями и должно быть учтено в структуре взаимосвязей.

Проблема: Что должно быть основой соотнесения физических и лингвистических представлений объектов материального и лингвистического мира? Какова должна быть методология создания единой терминологии, пригодной для описания физического и информационого миров?

1. МЭИ-процессы и статус имен участников взаимодействий

Для экспликации характерных отношений между понятиями и объектами действительности существенно понимание их онтологического статуса. С упрощённой точки зрения статус объекта или субъекта — это его состояние либо позиция, ранг в любой иерархии, структуре, системе. Отправной точкой решения заявленной выше проблемы является:

- представление о материально-энергоинформационной структуре объектов и процессов образений [18];
- в процессе деятельности и мыслительных операций субъект имеет дело не только с образами восприятия, представления и воображения РМ, но и отображениями, которые в текущей ситуации могут взаимодействовать с реальными объектами РМ.
- Физико-информационный подход к анализу информационных процессов образений [4,18] позволяет выделить таких участников процесса:
  - материальные объекты, характеризуемые материальным и энергетическими состояниями (объекты внешнего мира, операнты, технологические линии),
  - *коммуникэты* - переносчики отражений макромира (например, фотонные и электронные потоки, обычно изображаемые стрелками),
  - выходные продукты информационного процесса в виде отражений, образов, концептов и др

Концепт в философии — содержание понятия, смысловое значение имени (знака).

Отличается от самого знака и от его предметного значения (денотата, объёма понятия). Отождествляется с понятием и сигнификатом.

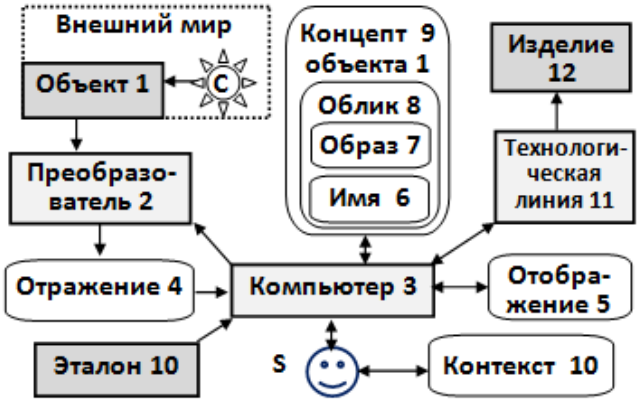


Рисунок 4. Физико-информационные участники феномена движении информации (формирования и преобразование отражений)

Взаимосвязи участников простейшего цикла информационных процессов показаны схемой на рис. 4, на котором: 1 - *МО*-прототип (объект внешнего мира), 2 - аналоговый преобразователь, 3 - компьютер (оперант + память), 4 - *отражение* объектов внешнего мира, 5 - *отображение* – конкретное пространственно-временное отражение реального мира, возможно подвергнутое обработке, 6-10 - расширенные материально-информационные представления результатов информационной деятельности S, 11- технологическая линия, под управлением компьютера 4, завершающаяся, например, действиями 3D-принтера, 12 - материальный объект-воплощение. *C* - источник облучения, характеризуемый плотностью потока в области объекта 1, *S* - субъект (например, инженер). Субъект обычно определяется как источник активности, направленной на объект, носитель предметно-практической деятельности и познания.

Для различения сущностей материально-энергетических объектов на рис. 4 используется их представление, как *объектов композитов* [18].

Объект-композит - композиционный объект, формально представляющий объект, состоящий из двух или более компонентов с четким различием между ними.

МЭИ-объект - фундаментальное научное понятие - **это композиция материального, энергетического и информационного объектов.**

Комбинации материального, энергетического и информационного представлений объектов могут рассматриваться как *агрегации* и *композиции. Агрегат* (авт.)– любая выделенная совокупность равноправных объектов по приципу «отношения принадлежности» (объект-прототип – считанное состояние). *Композиция* (агрегирование по значению) — более строгий вариант агрегирования, когда включаемый объект может существовать только как часть контейнера (объект-прототип и его реальное состояние; объект-отображение и состояние объекта-отображения). Тогда

Понятие *МИ*-объекта есть абстракция *МЭИ*-объекта. Означает переход на более высокий уровень абстракции представления движения материи, а именно к представлению состояния *М*- или *Э*-объектов в обобщенном виде – в виде *И*-состояния носителя (прототипа, объекта-отображения). *И*-состояние носителя – пространственно-временной образ, формируемый при воздействии на *М*-объект-прототип некоторого *коммуникэта* и его рецепции некоторым носителем. Особенность вещественно-полевого или энергетического представления при этом игнорируется.

Коммуникэты (переносчики взаимодействий макромира) **- составляющие вещественного, энергетического или полевого потоков, суть которых определяется *способностью распространяться в пространстве и воздействовать на Ф-объекты.***

Определения объектов-участников отображений могут быть построены исходя из возможности таких уровней представления:

1. Уровень универсума (объекты РМ, облучатель, субъект).
2. Уровень потенциально взаимодействующих *М*-объектов (грубо – источник освещения отсутствует, новые объекты-отображения и объекты-воплощения не формируются). Актуальные *М*-объекты - важные в рассматриваемой ситуации объекты -объекты-прототипы, объекты-**отображения** и объекты-воплощения.
3. Уровень *МЭИ*-объектов - уровень расширенного вещественно-полевого, энергетического и информационного представления актуальных *МЭ*-объектов (грубо - освещение включено).
4. Уровень *МИ*-объектов - материально-информационных локальных и нелокальных форм на конкретных МЭ-носителях. Вид носителя вещественно-полевой или энергетический - в процессе абстракции игнорируется.
5. Информационный уровень отчужденного внешнего представления в виде объектов-состояний; материальные носители определяются ссылками.

В зависимости от того как осознается объект, как вещь или как знак, какие свойства актуализируются, важно понимание их материя-статуса и семиотического статусов. Термин «материя-статус» введен вместо, естественно казалось бы, «материального статуса» во избежание толкования его как имущественного или финансового статусов.

Возможные наименования участников информационных преобразований внешнего объекта-прототипа в объекты-отражения, применительно к приведенным материально-информационным уровням, приведены на рис. 5. Преобразования по оси Х соответствуют преобразованию исходного объекта-прототипа в соответствующие отражения. Изменения представлений по оси У соответствуют лингвистическим операциям деления, замещения и абстрагирования понятий. Типология участиков процесса может представлена следующими видами объектов:

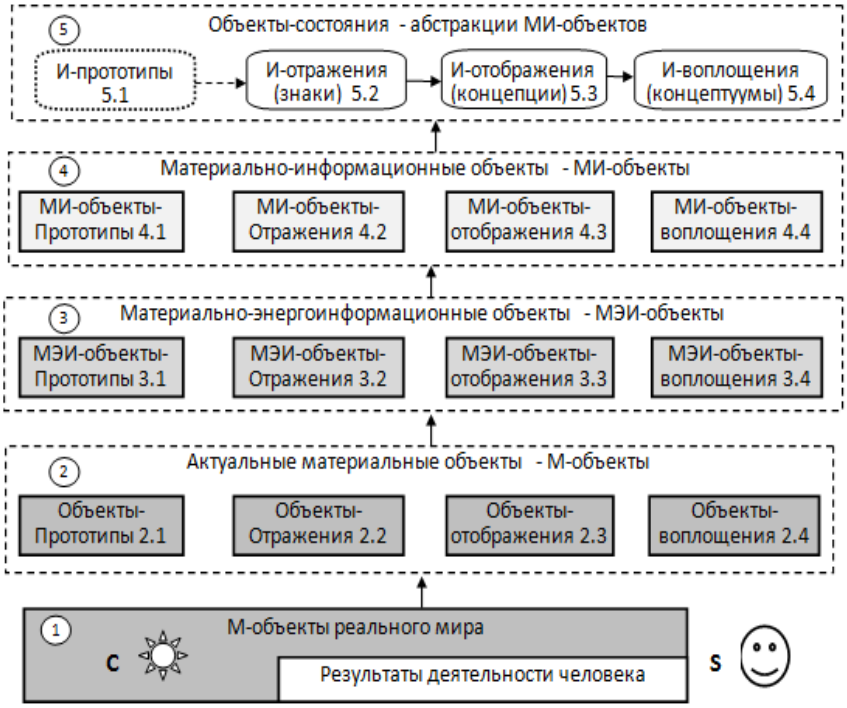


Рисунок 5. Взаимосвязи основных понятий феномена движения информации. Материально-информационные статусы понятий феномена движения информации

1) Объекты реального мира. Могут характеризоваться:
- качественно (вещество, лед, пар),
- описанием физических свойств (состав, характеристики взаимодействия, например, отражающая способность);
- описанием энергетического состояния материального объекта (например, яркости) для определенных условий наблюдения, в частности, с учетом особенностей зондирования (типа и характеристики *коммуникэта*) и, также,
- соотнесением объекта с другими объектами (принадлежность к классу, собственность).

2) Актуальные объекты, как результат декомпозиции объектов РМ и как исходное представление на участников информационного процесса в виде *МЭ*-композитов:

2.1. *Объект-прототип* – объект, являющимся прообразом *объекта–отображения*.

2.2. *Объект-отражение* – первичная физическая неоднородность, сформированная коммуникэтами в результате процесса прямого или опосредствованного взаимодействия с *объектом-прототипом* (в общем случае, в процессе информационных преобразований).

2.3. ***Объект-отображение*** **это физическая неоднородность, сформированная в средстве ИТ в результате процессов отражения и кодирования, воспринимаемая субъектом, как объект некоторой целостности.**

Разработка основных понятий и категорий материального информационного миров предполагает возможность существования и пространственно-временную идентификацию материальных и информационных (знаковых) объектов [19 Зверев].

2.4. ***Объект-воплощение*** **– результат материализации (воплощения) информационного объекта (образа, идеи, мечты) в телесном объекте** или его модели**.**

Воплощение **-** осуществление идеи, замысла в некоторой конкретной форме, например, в материальной либо в промежуточной информационной форме.

3) Расширенное представление актуальных объектов в виде материальной, энергетической и информационной структур (*МЭИ*-структур) - объекта-композита.

3.1-3.4 Пространственно-временные структуры, характеризуемые *М*-, *Э* и *И*-состояниями.

Материально-энерго-информационные объекты (МЭИ-объекты) – композиция материального, энергетического и информационного объектов. *Э-объект* (*Энергетический объект)* – энергетическая составляющая некоторого материального объекта или системы (нагретого, поднятого или движущегося тела, заряда конденсатора, сжатой пружины). Характеризуется величиной запасенной энергии. Значение энергии, отнесенное, например, к некоторому номинальному значению (например, единице измерения), было определено как энергетическое состояние.

4) Абстрактные материально-информационные (*МИ*-объекты), характеризуемые *И*-состояниями. Изменение *М*- и *Э*-состояний при этом игнорируется.

Таким образом, в случае рассмотрения МИ-мира,

МИ-объект = <*ВП*-объект + *И**-объект>,

где *ВП*-объект - объект, определяемый собственными физическими свойствами,

*И**-объект – объект-состояние: а) объекта-прототипа РМ; б) объекта-отражения (объекта-отображения, памяти, объекта-воплощения), определяемое условиями наблюдения *МИ*-объекта и особенностями *коммуникэт*.

Заметим, что не только компоненты средств ИТ, но и освещенные источником облучения материальные объекты РМ, как и *М*-объекты средств ИТ, характеризуются состоянием вещественно-полевой структуры и/или энергии и подпадают под определение *МИ*-объекта.

4.1 *МИ*-объект-*прототип*, *И*-состояние может зависеть от плотности облучения, создаваемой источником *коммуникэт.*

4.2 Объект-*отражение.* Состояние определяется коэффициентом передачи зондирующего сигнала преобразователем 2 (рис. 4).

4.3 Объект-*отображение.* Отличается нормализованным значением параметров пространственно-временной структры 4, сформированным компьютером 3 или субъектом S в соответствии с контекстом 9.

4.5 Объект-*воплощение.* Реализуется в материальной форме технологиченской линией 10 либо информационной форме компьютером 3 в виде концепта 8.

Постулат: Любой материальный объект, характеризующийся реакцией на воздействующий на него поток *коммуникэт,* может рассматриваться как МИ-объект.

5. Абстрактные информационные объекты в форме знаков или концептов, характеризуемые структурой и *И*-состояниями.

Информационные объекты (объекты-состояния) характеризуются значением (качества, признака, составляющего отличительную способность объекта) свойств материального объекта формируемых в процессе наблюдения за МО. *Наблюдение* (наука) — это целенаправленный процесс восприятия предметов действительности,

результаты которого фиксируются в описании. Обобщая, можно сформулировать такие особенности описания процесса отображения:

5.1-5.4 Информационные объекты, характеризуемые структурой и И-состояниями.

5.1 - Состояние *И*-прототипов определяется как состояние объекта внешнего мира.

5.2 - Состояние элементов объектов-отражений. Может определяться относительными уровнями зондирующих и воспринятых сигналов, которые далее могут кодировщиками (средствами ИТ либо субъектами) преобразовываться в знаки.

5.3 Состояние сложных отображений может отображаться именами, понятиями организованными в некоторые концепции.

5.4 И-воплощения - определены как концептуум. Могут быть представлены в виде репрезентаций, моделей, законов, теорий, монографий. Определения основных терминов, описывающих различные аспекты участников взаимодействие приведены в таблице 1.

Таблица 1. Примеры и определения объектов – участников взаимодействий

Имя	Определение	Пример, примеч.
М-объект (авт.)	Различимая вещественно-полевая сущность и характеризуемая определенными значениями свойств (атрибутов).	Микросхема, вода, лед, пар. *М*- объекты внешнего мира
Э-объект,	Распределение энергии в пространстве определенного материального носителя.	Распределение энергии триггера, Поток излучений.
И-объект (отражение)	Отражение МО-*прототипа* или другого ИО на некотором носителе в виде совокупности состояний их элементов. Например, в виде значений физических величин или знаков.	Значения атрибутов, стандартно считанных с *объекта-источника*
Объект-прототип	*О*бъект, являющийся образцом *объекта –отображения*. Синонимы: прообраз, оригинал.	Естественный объект
Объект-отображение	Вещественно-полевая неоднородность, сформированная 1) в результате процесса взаимодействия актуального объекта-отображения с объектом-прототипом, 2) в процессе информационных преобразований с участием субъекта.	Сенсор ПЗС-камеры Mh- объекты hardware-мира
Объект-воплощение	Результат материализации информационного объекта (образа, идеи, мечты) в телесном. От глагола воплотить ИО, осуществлять идею, замысел, и т.п. в телесный объект.	Изделие 3D технологии
Объект-память	МО, характеризуемый возможностью записи, хранения и считывния состояния в номинальном режиме	*Ячейка памяти*
МЭИ-объект	Композиция физического, энергетического и информационного объектов.	Схемотехнический элемент
МИ-объект	Объект-композит. Абстракция МЭИ-объекта, в котором игнорируется энергетическая составляющая.	Память

О статусе состояний. Системный подход к анализу феномена взаимодействий состоит в различении записанного/считанного *состояния* искусственными средствами считывания (Art-состояния или a-состояния) объекта *j* и реального *бытийного состояния* (b-состояния) объекта *i*). Тогда

- Состояние объекта *a-статуса: считанное* состояние, как результат *зондирования*, зафиксированный на каком-либо носителе;
- Состояние объекта *b-статуса (b*-состояние бытия): реальное свойство объекта РМ.

2. Физико-информационный подход к представлению объекта РМ

Базовые понятия форм представлений объектов макромира.

Анализ феноменов взаимодействий материальных и информационных объектов РМ показал, что понятия материя, энергия и информация - понятия одного уровня общности [7]. Материальные и информационные связи объектов реального мира (РМ) достаточно глубоко проработаны в [19 Зверев]. Недостаток этой и ранее предложенных методологий в том, что, формализация понятий объект, процесс, связь, состояние, информация, знак и других абстрактных понятий привязываются не к физическим феноменам природы, а к понятиям разделов ИТ верхнего уровня.

Представляется естественным построить модель взаимосвязей, которая бы учитывала не только языковые формы, но материальные и энергетические формы. Такое представление уже не соответствует семантическому представлению. Его можно назвать МЭ-представлением или композитным представлением. Предлагаемая гибридная модель различных форм репрезентаций макрообъектов (представлений) материального мира включает физический объект или ПдО и различные формы его отражений. Поэтому может быть названа физико-информационной. ФИ-модель основана на следующих постулатах движения отображений:

1. Объекты материального мира могут подвергаться воздействию носителей взаимодействий *С* и восприниматься субъектом *S*, как отражения реального мира.
2. Отражения формируются сенсорами устройств ввода в виде аналогового пространственно-временного образа *О* объекта-прототипа.
3. Идеальные объекты формируются сознанием субъекта на материальных носителях.

Формирование пространственно-временного представление характерно для любых процессов зонди рования объектов внешнего мира и также должно быть учтено при разработке модели представления объектов действительного мира.

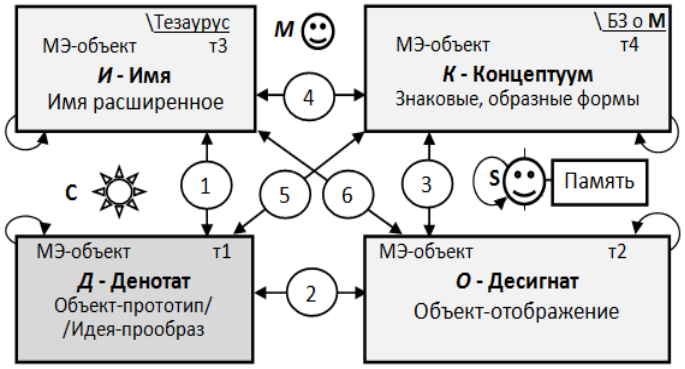


Рисунок 6. Взаимосвязи представлений объекта действительного мира

Физико-информационная модель объекта реального мира и его представлений в виде графа из четырех вершин представлена на рис.6. Каждый прямоугольник (вершина графа) - материально-энергетический объект (*МЭ*). Содержимое вершин графа - базовые представления *МЭ*-объектов РМ - именовано четырьмя близкими к лингвистике понятиями, а именно: вершина (top) т1 - Денонат *Д*; вершина т2 - Десигнат (объект-отображение *О*); вершина т3 - имя (раскрытое) *И*; вершина т4 - Концептуум *К*. Добавление префикса де- образует имена существительные со значением действия, обратного, противоположного или неправильного по отношению к тому, что названо мотивирующим именем существительным.

Как было указано, у каждого представления имеется свой МЭ-носитель. Физические взаимодействия между МЭ-объектами обеспечиваются источником носителей взаимодействий *C* ☼, субъектами *S* ☺ и средствами ИТ. Носители взаимодействий макромира *C* (Carriers of the interaction of the macrocosm) более кратко именуются как *коммуникэты.* Информационным результатом деятельности субъекта являются концепты, которые в свою очередь есть результаты обработки чувственных и чувственно-инструментальных восприятий мира, его мышления, обыденного и научного познания. Деятельность субъекта *S* может координироваться наблюдателем *M*, воспринимающим как реальный мир, так и действия субъекта *S*.

Т1 представляет объект-прототип в процессах познания и объект-воплощение в процессах созидания. Т2 - мир *коммуникэтных* отображений (чувственных или сенсельных представлений), Т3 -мир субъектных отображений верхнего уровня: идентификаторов, имен, связей и ограничений (валентных представлений), Т4 - мир концептов - совокупности чувственных/сенсельных образов предмета или явления, схем, понятий, фреймов, сценариев, гештальт.

Сущности базовых понятий ФИ-модели представления объектов реального макромира:

Т1- *МЭ*-объект. Для именования исходного представления объекта реального макромира использовано лингвистическое имя - *Денотат. МЭ*-объект реального мира может быть реализован как или материальный денотат, сущность которого состоит в его физической форме, или языковой денотат, сущность которого в записанной неким субъектом информации. *МЭ*-объект денотат - это *объект-прототип* формирования отображения, имени и концептов в процессе познания и *объект-воплощение* в процессе созидания.

Для субъекта S значение понятия *Денотат* — это объект наблюдения или мысли, отражающей предмет или класс предметов действительности и обозначаемый языковым выражением (именем, знаком). В нашем случае любой предмет, процесс, явление, составляющие языкового (знакового) выражения и определяемого посредством денотата [13]. Например, а) шар, как объект природы, б) шар, как объект мысли в виде находящейся на некотором носителе идеи в знаковой форме. Идея шара может быть выражена: математически: R=const, вербально - независимость параметров тени шара от угла разворота объекта и др. В общем случае может быть конкретным физическим объектом либо носителем определенной идеи ситуации и действий (информационной сущности) на некотором языке. Например, произнесенным или написанным субъектом словом, однако относящимся к действительности.

В лингвистике термином денотат, как правило, обозначают одиночный предмет, в отличие от референта, который именует класс предметов.

Т2 - МЭ-объект. Формируется как аналоговый результат воздействия коммуникэт на сенсели средства ИТ либо на рецепторы субъекта. Может рассматриваться как сформированный в некоторой среде пространственно-временной или спектральный образ материального объекта внешнего мира.

Для именования вершины т2 воспользуемся лингвистическим понятием *Десигнат.* Согласно лингвистическому определению ДЕСИГНАТ (лат. designatio - обозначение)
- идеальный объект, обозначаемый данным именем, в отличие от денотата
- предметной области, референтной данному имени [20, словарь]. Применительно к субъекту *десигнат* - «субъективный образ», «значение» или «концепт» денотата. В

общем случае физическое представление десигната - сенсельный либо чувственный *объект-отображение* - *О*-объект. Определим его как:

***Объект-отображение* - пространственно-временная неоднородность, сформированная в средстве ИТ в результате процессов отражения.**

Материальная часть объекта-отображения интерпретируется как носитель образа, а состояние объекта-отображения - как *образ О* объекта наблюдения. В случае, когда объект-отображение человек, *образ О* может иметь известные формы: образ восприятия, представления, воображения. В случае неживого носителя *Образ О* (информация) — воспроизведение объекта, его отражение или его описание, структурно сходное, но не совпадающее с ним. Например, формирование отображения транзистора в сенсоре видеокамеры. Может отличаться по форме - аналоговый образ, мультимедийный образ, образ-понятие. Такое понимание важно для образного мышления, которое, в отличие от словесно-логического, оперирует не словами, а образами [13].

Объект-*отображение* может отображать не только *М*-объект, но и слово, звук, смысл, некоторую ситуацию. Например, формирование уровня напряжения на входе элемента усилителя омметра в соответствии с величиной тестирующего тока.

Образ идеи - воплощение субъектом некоторой идеи *денотата* в виде развернутой идеи или воплощение многомерного образа виде пространственно-временной структуры.

Понятие *десигнат* интерпретируется и как результат действий субъекта: противопоставления исходному объекту (денотату) объектом равным, или отличающимся. Для обозначния т2 также используются термины синонимы: десигнат и сигнификат. Сигнификат (от лат. significātum — значимое) - субъективный образ, возникающий при понимании языкового денотата (например,текста, понятийное содержание). *Сигнификат* всегда фиксирует некоторый комплекс признаков денотата.

Сигнал связи «денотат- десигнат» (на коммуникэтном входе объекта-отображения) - аналоговый ненормализованный (сигнал, образ). Сигнал коммуникэтного выхода - нормализованный в аналоговой либо неаналоговой форме (цифровой, знаковой, языковой).

Т3. -объект. Имя. Имя — слово или словосочетание для идентификации (отождествления) конкретного, определённого предмета или явления. Результат действия именование. Имя денотата *Д* присваивается субъектом *S.* Имя - элемент верхнего уровня имени концепта *К*, десигната *О*.

Пространство имён — некоторое множество каким-либо образом взаимосвязанных имён или терминов. Во избежание путаницы, именам в одном пространстве имён не дают более одного значения.

Именования теория – теория, развитая Г.Фреге для семантического анализа формального языка арифметики, пригодного для построения теоретической арифметики, но применяемая как самим Фреге, так и рядом его последователей и для анализа естественного языка. В основе теории лежит метод отношения именования – деление всех языковых выражений на имена и функции. Имена понимаются как знаки, обозначающие (именующие) объекты. В роли имен могут выступать как отдельные слова, так и определенные словосочетания, а также целые предложения. [21].

В качестве основных принципов теории именований выделяют принципы однозначности, предметности и взаимозаменимости.

Согласно принципу однозначности, каждое имя должно иметь ровно один денотат (значение). Данный принцип, по существу, запрещает использование в языке науки многозначных выражений, например, омонимов

Принцип предметности гласит: для того, чтобы нечто утверждать о предмете, необходимо употребить имя этого предмета, но сами утверждения, выраженные в языке, должны относиться не к именам, а к обозначаемым ими предметам.

Принцип взаимозаменяемости накладывает ограничения на использование в языке синонимичных имен — имен с одинаковыми денотатами. Его формулировка такова: если имя, входящее в состав некоторого сложного имени, заменить другим именем с тем же денотатом, то значение сложного имени не должно измениться (разновидностью сложных имен Фреге считал повествовательные предложения, в качестве их денотатов он рассматривал абстрактные объекты «Истина» и «Ложь»). [21 http://ponjatija.ru/node/174].

Структура и функции имен подробно изложены в [17 Лозовский]

Т4. *МЭ*-объект. *МЭ*-объект в данном случае - носитель отражений в виде знаковых /символьных/ графических и более сложных структур (абстрактных и конкретных форм объектов и действий).

Для именования *МЭИ*-представлений объектов действительного мира введем лингвоподобное имя *Концептуум* - совокупность концептов и концепций, относящихся к выбранному денотату. Это понятие - развитие генетической цепочки таких терминов: элемент, образ, понятие, концепт, концепция. Это аналог «концептосферы» акад. Д.С.Лихачева - понятия, относящегося ко всему миру.

Концепт - «многомерное ментальное образование, в составе которого выделяются образно-перцептийная, понятийная и ценностная стороны», «фрагмент жизненного опыта человека», «переживаемая информация», «квант переживаемого знания». [22 Валькман].

Концепт *К* разрабатывается субъектом *S*. Концепт может интерпретироваться как изначальная идея; замысел, проект. «Концепт – основная ячейка культуры в ментальном мире человека» (Степанов: 1997, с. 40).

Концепт - это означенный в языке национальный образ, символ, идея. Концепт может иметь сложную структуру представления, реализуемую различными языковыми средствами.

По мнению Н.К.Рябцевой **концепт** - сложное, многоаспектное понятие. Это не хаотичное нагромождение значений или смыслов, а логическая структура, имеющая внутреннюю организацию. (Рябцева 1991 - цит. по Плотникова 2000: 15).

Валькман Ю.Р. исходя из [23] предлагает следующую типологию концептов.

1. *Представление* - обобщеный чувственно-наглядный образ предмета или явления.
2. *Схема* - концепт, представленный некоторой обобщенной пространственно-графической или контурной схемой.
3. *Понятие* - концепт, который отражает наиболее общин, существенные признаки предмета или явления, результат их рационального отроажения и осмысливания.
4. *Фрейм* - мыслимый в целостности его составных частей многокомпонентный концепт, объемное представление, некоторая совокупность стандартних знаний о предмете или явлении.
5. *Сценарий* (скрипт) - последовательность нескольких эпизодов во времени; это стереотипне эпизоды с признаком движения, развития.
6. *Гештальт* - комплексная, целостная функциональная мыслительная структура, упорядочивающая многообразие отдельных явлений в сознании.

Применительно к данной трактовке объекта-отображения т2 Валькман Ю.Р. считает необходимым ввести понятие *облик*. Под обликом сложного объекта в узком смысле будем понимать систему формализованных, апробированных на модельном уровне требований к создаваемому изделию [24 Валькман Ю.Р.]

Концептуализация (conceptualization) Процесс выведения понятий из наблюдений, процесс формулирования утверждений общего характера. Модное слово, основное достоинство которого заключается в том, что оно позволяет тому, кто его использует, избежать выбора между словами "формулирование", "обобщение", "абстрагирование" и "размышление".

Концептуализация - это структура реальности, рассматривая независимо от словаря ПдО и конкретной ситуации. Например, если описываются кубики на столе, то концептуализацией является набор возможных положений кубиков, а не конкретное расположение в текущий момент времени.***Валькмпн***

Концептуализация - это разработка неформального описания знаний о предметной области, способ организации мыслительной работы, позволяющей двигаться от материала и первичных теоретических концептов ко все более и более абстрактным конструктам.

Концепция – 1) система взглядов, комплекс ключевых положений, то или иное понимание явлений, процессов; 2) единый, определяющий замысел научного произведения [25 Ю.Лапыгин].

Концептуальное моделирование (КМ) предметной области (ПО) – моделирование понятий (концептов) и концептуальных структур ПО [26. Когаловский]

К - Концептуум - множество возможных концептов и концепций. Кластер концепций. Для разработки концепций ПдО используются языки моделирования, языки программирования высокого уровня. Основаниями разработок является:

- представления *физических* объектов как объектов-композитов - композиции материального, энергетического и информационного объектов;
- представления структуры мира в виде совокупности объектов и систем;
- выделение из физического мира переносчиков воздействий (*коммуникэт*);
- представление коммуникационных взаимодействий как процессов взаимодействий объектов на основе перемещения *коммуникэт*.

Концептуум - результат разработки модели взаимосвязей, которая учитывает не только языковые формы, но физические формы. Такое представление уже не соответствует лингвистическому представлению. Его можно назвать *МЭ*-представлением или композитным представлением.

Взаимосвязи представлений объектов реального макромира .

Использование понятий лингвистики недостаточно для описания сущностей материальных и лингвистических объектов и их взаимосвязей. Для описания физического, знакового, семантического, лингвистического, теоретического и философского уровней отражений предлагается подход, основанный на возможности использования любых видов *МЭИ*-представлений объектов. Связи между объектами вершин т1-т4, реализуются механизмами взамодействий, обозначенными 1-6, и соответствующими *коммуникэтами*. В состав механизмов взаимодействий могут входить как субъекты, так и агенты в виде программных или аппаратных средств ИТ. Обобщения, систематизация и унификация основных

научных понятий, принципов модели рис. 6 - важнейшая задача теории информации и теоретической семиотики (теории знаков).

Процесс материальных и информационных взаимодействий *МЭ*-объектов т1-т4, как и мышление человека, происходят с участием знаковых и пространственно-временных образов. Образное мышление оперирует не словами, а образами. Это не означает, что здесь не используются словесные знания в виде определений, суждений и умозаключений. Но в отличие от словесно-дискурсивного мышления, где словесные знания являются основным его содержанием, в образном мышлении слова используются лишь как средство выражения, интерпретации уже выполненных преобразований образов [24].

В приведенном графе на рис. 6 можно выделить отношения и процессы: рефлексии, проектного описания (Имя - понятие), обозначения (понятие - имя), проектных представлений (имя -представление), проектирования документации (представление - Имя), смены этапа или уровня проектирования (Понятие - представление) , обобщения - представление - понятие, воплощения (представление -денотат) .

Рефлексия и понимание - это такое явление, когда какой-либо компонент производного замещается другим, сходным с ним по формальному и семантическому признакам или по одному из них. Рефлексия Субъекта *S-S* - формирование образа представления, воображения.

СС- преобразование коммуникэта.

ДД - рефлексия ДД, например, изготовление копии.

ОО - рефлексия ОО, например, изменение масштаба.

ИИ - рефлексия ИИ, например, добавление атрибута..

КК - реформирование К, например, изменение концептов.

Субъектами либо средствами ИТ могут производиться следующие семиотические операции.

S-Д-процесс - а) выбор объекта (денотата), формирование МИ-объекта.

Д-S - чувственное или чувственно-инструментальное формирование образа-восприятия (*О*-образа *Д*)

Взаимосвязи и взаимодействия субъектов и источников зондирующего облучения с *Д-, О-, И-, К*-объектами - важнейшие феномены движения информации.

S-И - формирование субъектом имени И, например присваивание имени И детоната Д.

И-S - Включеие И в семиотическое пространство субъекта S.

S-О - Выбор объека-отображения.

О-S -Восприятие субъектом S образа О.

S-К - творческая деятельность субъекта S по созданию Концептуума.

К-S - Изучение (восприятие) концептуума.

- Контроль облучения.

S- С - Разрешение/запрет операций (отображения, замещения)

С-М - облучение денотата М; результат: формирование И-денотата.

М-С- процесс физического отражения от денотата.

С-И - облучение (выбор) имени И.

И-С - процесс физического отражения от носителя имени.

С-К - облучение концептов К с целью считывания.

К-С - спецификация (выбор) переносчика.

С-О - выбор объекта-отображения (десигната).ю

О-С - процесс физического отражения от объекта-отображения; нет операции. *1,2,3,4,5,6* **-** связи, содержащие *операнты* - реализаторы операций.

Таблица 2. *МЭ*-объекты и межобъектные операции

№	Тип связи	Оперант	Операции
1	*Д→И*	Субъект	Именование М субъектом
	И→Д	Субъект, инструмент	Шильдикование
2	*Д→О*	Сенсель	Формирование объекта-отображения
	О→Д	3D-принтер	Материализация объекта-отображения
3	*О→К*	Субъект	Анализ и концептуализация
	К→О	Субъект	Формирование макета (прообраза)
4	*И→К*	Средства ИТ	Запрос данных/концептов по имени
	К→И	Субъект	Дополнение десигната И атрибутами
5	*Д→К*	Субъект-конструктор	Описание объекта, разработка ТЗ и К
	К→Д	Технологическая линия	Материализация К (изготовление М)
6	*О→И*	Субъект-оператор	Именование субъектом S прообраза О
	И→О	Средство ИТ	Считывание БЗ образа М по его имени

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основополагающий гносеологический акт эмпирического познания МО состоит в возможности формирования его отражений. На основании типовой схемы такого процесса в средствах ИТ определен статус материальных и информационных объектов применительно к информационным операциям преобразования отображений и лингвистическим операціям деления, замещения и абстрагирования объктов.

Предложены и обоснованы выбор, интерпретация и аспекты применения базовых понятий представлений объекта действительного мира: Денотат, Десигнат, Имя и Концептуум. Их четкое определение позволяет учесть все аспекты интерпретации и взаимосвязи этих понятий в модели представления объекта РМ в виде четырехвершиного графа (*квадрата замещений)*.

Парадигма представления знаний, в основе которой лежит представление о денотатах и десигнатах, как о материально-энергоинформационных объектах, может быть с успехом применена к анализу проблемы онтологического статуса материальных и информационных объектов и созданию единой терминологии описания физического и информационого миров.

Литература:

1. Васюхин М.И. Институт кибернетики им. В.М.Глушкова – колыбель микроэлектронной базы компьютерных систем.- К: ЦП «Компринт», 2016.-290 с.

2. Мержвинский А.А. МОДЕЛЬ ИНДУСТРИИ ИНТЕГРАЛЬНІХ МИКРОСХЕМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. Технология и конструирование в электронной аппаратуре,2000 г. №2-3 С.3-10.

3. Voitovych I., Merzhvynskyi A., Merzhvynskyi P. et al Development of Intelligent Tools for Noninvasive Hemoglobinometer. The 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisiton Computing Systems: Technology and Applications 15-17 September 2011, Prague, Czech Republic. P. 85-90. https://doi.org/10.1109/IDAACS.2011.6072716 #dblp.

4. Мержвинский А.А. Синтез модели универсума — как теоретическая проблема кибернетики/ж. Проблемы управления и информатики, №3,| 2017, с. 160-171.

5. Мержвинский А.А. Модель универсума. Informations Models of Knowledge, XVI-th International Conference Knowledge – Dialogue – Solution, N. 15. – ITHEA, Sofia, 2009. p.31- 39. http://wiki.ithea.org/tiki-read_article.php?articleId=571.

6. Мержвинский А.А. Мержвинский П.А. От структуры канала связи к знаковой модели мира. Труды Северокавказского филиала московского технического университета связи и информатики, 2012, с.225-229.
7. А.А.Мержвинский. ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ – БАЗОВОЕ ЯДРО ТЕОРИИ ИНФОРМАТИКИ. ТРУДЫ СЕВЕРОКАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ Подготовлено по результатам Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2018» 19 – 20 апреля 2018 года Ростов-на-Дону с. 282-295.
8. А.А. Мержвинский, А.А. Нерсесянц. ОБ ОБЪЕКТАХ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ. *Труды СКФ МТУСИ – 2019.* Подготовлено по результатам Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2018» 29 – 30 апреля 2018 года Ростов-на-Дону с. 49-62.
9. ЯШИНА Т. В. ВАРИАТИВНОСТЬ СЕМАНТИЧЕСКОГО ТРЕУГОЛЬНИКА В АСПЕКТЕ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ http://journal.mrsu.ru/wp-content/uploads/2013/10/V
10. Р. С. Гиляревский, Информатика как наука об информации, Системы и средства информ., 2006,спецвыпуск, 59–87 Общероссийский математический портал
11. https://knigi.news/uchebniki-psiholog/semanticheskiy-treugolnik-47471.htm
12. Ю. Р. Валькман, Р. Ю. Валькман, Л. Р. Исмагилова, СВОЙСТВА ГИПОТЕЗЫ КАК МОДЕЛИ ЗНАНИЙ. Международный научно-учебного центр информационных технологий и систем НАН и МОН Украины http://dspace.nbuv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/29673/09-Valkman.pdf
13. Ю.Р. Валькман ОБРАЗЫ И ОБРАЗНОЕ МЫШЛЕНИЕ: НЕКОТОРЫЕ СТРУКТУРЫ
14. Международный научно-учебный центр ЮНЕСКО информационных технологий и систем НАН Украины и МОН Украины.
15. Турчин В.Ф. Феномен науки. https://tech.wikireading.ru/5443
16. Ю.Р.Валькман. ОНТОЛОГИИ:формальное и неформальное. https://www.slideserve.com/ryann/yur-valkman-kiev-ua-powerpoint-ppt-presentation
17. https://books.google.com.ua/books
18. Лозовский В.С. К ДЕСИГНАТИВНОЙ ТЕОРИИ ИМЕН. н. http://vloz.mylivepage.com/wiki/155/83.
19. А.А.Мержвинский, А.А.Нерсесянц. ИНФОРМАЦИЯ – «ХИМЕРА» ИЛИ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КАТЕГОРИЯ?
20. Зверев Г.Н Теоретическая информатика и ее основания. Уфа: УГАТУ, 1995-2001 г.
21. Новейший философский словарь. 2012
22. ИМЕНОВАНИЯ ТЕОРИЯ. https://iphlib.ru/library/collection/newphilenc/document/HASH0132ab
23. Ю.Р.Валькман, Р.Ю.Валькман, А.Ю.Рыхальский. Когнитивная лингвистика: концепты и образы.
24. Попова З.Д., Стернин И.А. Когнитивная лингвистика. - Москвка;АСТ, Восток - Запад, 2006. - 315 С.
25. Валькман Ю.Р.Исчисление моделей — основа интеллектуализации процессов исследовательского проектирования «Программные продукты и системы» № 4 за 1995 год.
26. Ю. Лапыгин. Диссертационное исследование https://books.google.com.ua/books?id

27. М.Р.Когаловский, Л.А.Калиниченко. КОНЦЕПТУАЛЬНОЕ И ОНТОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ* https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13618387

А.А. Мержвинский*, А.А. Нерсесянц**

ИНФОРМАЦИЯ – «ХИМЕРА» ИЛИ ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ КАТЕГОРИЯ?
(Очерк о теории информации макромира)

*Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, г. Киев, Украина,
merzh3@ukr.net
** «Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Картина мира, *коммуникэты,* отражение, объект-отображение.

В результате анализа феноменов «физическое взаимодействие» и «отражение» и оценки ведущих ученых на ситуацию в теоретической информатике и разработаны концепты физического, физико-информационного и антропоцентрического подходов и определений сущностей реального макромира и движения информации. Обоснован тезаурус иерархии базовых понятий, в частности определены понятия «отображение», «информационный объект», «информация» «моделирование», «моделирование универсума. Приведены модели информационных процессов в материальном макромире и вытекающие из них взаимосвязи теории информации и теории информатики.

A.A. Mierzvinskyi*, A.A. Nersesyants**

INFORMATION – «CHIMERA» OR FUNDAMENTAL SCIENTIFIC CATEGORY
(Essays on the theory of information in the macrocosm)

*Institute of Cybernetics. VM Glushkova, Kiev, Ukraine
** North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: Picture of the world, carriers of interactions, reflection, object-display.

As a result of the analysis of the phenomena of “physical interaction” and “reflection” and the assessment of leading scientists on the situation in theoretical informatics, the concepts of physical, physical-informational and anthropocentric approaches and definitions of the entities of the real macrocosm and the movement of information were developed. The thesaurus of the hierarchy of basic concepts is justified, in particular, the concepts of “mapping”, “information object”, “information”, “modeling”, and “modeling of the universe” are defined. The models of information processes in the

material macrocosm and the relationship between the theory of information and the theory of computer science resulting from them are given.

ВВЕДЕНИЕ

Предпосылкой данной работы явилось участие авторов в разработке и моделировании технологий и средств вычислительной техники [1], в исследовании элементов, структур и технологий производства вычислительных машин на новых физических принципах в Институте кибернетики НАН Украины [2-8], средств связи [9]. На содержание данной работы существенное влияние оказали работы Глушкова В.М., Деркача В.П., Зверева Г.Н., Палагина А.В., Колина К.К, К.Маркова [10-15].

Потребность четкого определения информации – не только в научной среде, но и в огромной преподавательской среде различных курсов по основам информатики. Развитие информатики и кибернетики пионерами XX века не закончилась созданием общей теории информации. Понятие *Информация* часто рассматривается как принципиально неопределяемое, либо как «омоним, который используется для обозначения различных и не связанных между собою сущностей» [16]. В Китае и России продолжилось соперничество двух философских концепций природы информации – атрибутивной (информация существует в живой и неживой природе) и функциональной (информация – функция организма, деятельности сознания; вне сознания информация не существует) [12]. Недостаточность теоретических знаний и потребность в них привели к огромному числу теоретических статей, которые воспринимаются уже, как информационный шум.

Удачная попытка составить перечень и определения понятий общей теории информации состоялась в процессе разработки «понятийного каркаса» [14, Markov et al.]. Понятия «Сущность», «Воздействие», «Взаимодействие», «Отражение» и «Информация» определены в статье как представления самого верхнего уровня. Далее были дополнены понятиями «Память», «Деятельность» и «информационный субъект» [15 Markov et al.]. И это важная исходная позиция теории информации.

Основания, категории и проблемы теоретической информатики достаточно глубоко изложены в часто цитируемой, но малоизученной монографии Г.Н.Зверева [11]. Выделены основные компоненты средств информационных технологий (ИТ), однако анализ фундаментальных законов информационного мира, единства природы, вещества, энергии, информации исходят только из системного представления процессов: «*Информация* – (не) формализованные сведения о фрагменте действительности, получаемые, передаваемые и сохраняемые людьми и автоматами при помощи *И*-знаков (в узком смысле), а смыслы знаков … хранятся в источниках и восстанавливаются в приемниках информации» [11]. Такое определение соответствует *семиотическому* уровню представления информационных процессов. Привязка же к физическим процессам отсутствует, поэтому сущность *информации* на физическом уровне не раскрывается.

О «химеризации» информации. Со времен античности информацию понимали как средство передачи сведений, *имеющих смысл* от одного человека к другому. Среди философов долгое время шли ничем не закончившиеся споры о возможности существования информации в период, когда на земле не было еще биологических систем. В связи развитием теории связи термин «информация» стал использоваться для обозначения сигналов. В результате смешения сигналов и смыслов в одном термине… возникло явление, названное И.М. Докучаевым «химерой информации». «Крайняя степень «химеризации» достигнута, пожалуй, в объединении теории связи с термодинамикой» [16, Денискин]. «Химера» информации прочно утвердилась в научной терминологии и в массовом сознании, продолжая творить свое дело...[17,

Докучаев]. Противоречия и несовместимость подходов к существующим определениям информации, как и ее претензии на фундаментальную научную категорию отмечаются в большинстве работ по данной проблеме.

Причины противоречий. Одна из причин формулируется как отсутствие достаточно общей точки зрения на ее природу [13]. К. Колин пришел к формулировке таких двух важных определений, отражающих суть информации.

1) Определение на основе интеграции подходов В.М. Глушкова и Г.В. Встовского: «Информация, в широком понимании этого термина, представляет собой объективное свойство реальности, которое проявляется (обнаруживается) в *неоднородности* (асимметрии) распределения материи и энергии в пространстве и в *неравномерности* протекания во времени всех процессов, происходящих в мире живой и неживой природы, а также в человеческом обществе и сознании».

2) Определение – на основании работ А.Д.Урсула:

«Информация представляет собой всеобщее фундаментальное свойство реальности, которое проявляется в том, что отдельные фрагменты реальности различным образом проявляют себя в пространстве и времени, то есть обладают свойством различия. Совокупность этих различий и есть информация» [13].

На наш взгляд, можно дать такие замечания по этим определениям:

Во-первых, утверждение, что информация – свойство реальности - это очень широкая трактовка сущности информации. *Сущность* – это совокупность таких свойств предмета, без которых он неспособен существовать. Свойств реальности может быть много; а эмпирически познаваемая сущность неоднородности проявляется в *отражении* прототипа на некотором носителе, в его возможности находиться в различных состояниях.

Во-вторых, неполнота определений. Известно: информация «передается», а свойство, например неоднородность плотности вещества, обычно не передается.

Третье – сомнителен вывод, что в однородных средах и в равномерно протекающих процессах информация отсутствует [13]. Дело в том, что в сознании специалиста или в ИС обычно существует эталон неоднородности, поэтому результат соотнесения *отражений* прототипа и эталона или его модели, очевидно, также является информацией.

В литературе все еще встречаются утверждения о невозможности дать единственное определение информации: «строгого и достаточно универсального определения информации не только нет, но и быть не может; это понятие чересчур сложно» [18]. При этом существует постановление Правительства РФ 3.12: «Информация - фиксируемое каким-либо способом воспринимаемое отражение реального мира».

Зарубежные специалисты иногда скептически относятся к нашему, как им кажется, чрезмерному пристрастию к обсуждению чисто терминологических проблем. Но термины обычно связаны с иерархией структуры и функционированием предметной области (ПдО), а, следовательно, с ее теорией и отношениями <«субъект», «объект»>. Предлагаемые ниже концепции – по существу обобщения материалов, приведенных в [5-7] и других статьях авторов.

Цель статьи – изложить представление о подходах к терминологии, концепциям и противоречиям определений «информации» и путях разрешения противоречий; как возникает информация, обосновать ее онтологический статус; очертить иерархию категориального каркаса материально-энергоинформационной картины мира.

Исходные концепты сущностей макромира и движения информации. Реальный Мир (РМ) рассматривается как пространство физических объектов при физическом подходе (рис. 1), и как связанное с ним пространство ментальных сущностей [14, Марков], при информационном (рис. 2). На рисунке 1: 1 - излучатель, 2 - вещественно-полевые объекты, 3 - переносчики взаимодействий, 4 - субъект, воспринимающий макромир органами зрения, слуха, осязания, обоняния, вкуса, непосредственно или опосредствовано с помощью инструментальных средств и органов мышления. Объекты создаются в результате взаимодействий других объектов. К *макромиру* отнесем макроскопические тела размерами 10^{-6}—10^{7} см. Вселенная может быть правильно разложена на различные и отдельно существующие «элементы реальности»; каждый из этих элементов может быть представлен точно определенной физической величиной.

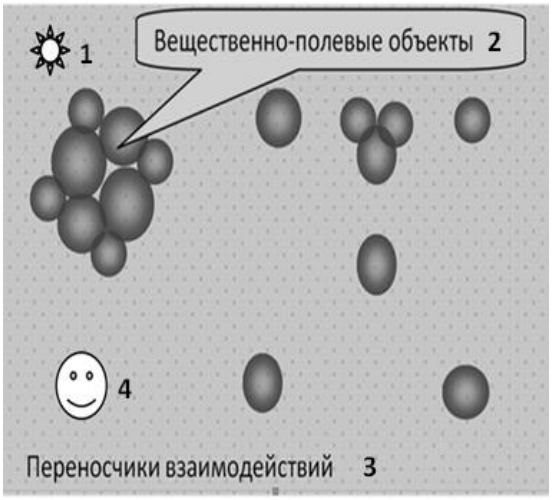


Рис.1. Представление пространства объектов

Рис. 2 Иерархия И-процессов МЭИ-макромира

Реальность - определяется как бытие вещей, в общем случае объектов, в их сопоставлении с небытием, а также с другими (возможными, вероятными и т.п.) формами бытия.

Предлагаемые концепции теории исходят из представления макромира, как иерархии совокупностей физических объектов (ФО), материально-энергоинформационных систем (*МЭИ*-систем) и *МЭИ*-процессов. Структуру общей теории информации макромира, на наш взгляд, целесообразно строить исходя из состава известных *МЭИ*-процессов, иерархия которых представляется в виде вложенных сфер, как на рис. 2. Предполагается, что каждый из *МЭИ*-объектов и процессов сегодня эмпирически познаваемы. Особенности терминолов и тезауруса соответствующих сфер изложены в виде логически связанных концептов теории:

- Концептов сущностей реального макромира - К1;
- Концептов сущностей движении информации К2.*x* … К2.*y*.

Наиболее весомые, на наш взгляд, концепты выделены шрифтом.

***МЭИ*-структура макромира**

Описание реальности

Реальность **-** всё существующее, в нашем случае весь физический макромир, включая все его идеальные продукты. *Объект* – устойчивое в определенном аспекте и временном интервале материально-информационное образование, которое можно выделить из реальности инструментальными средствами, образование, в котором возможно выделить неизменную и изменяемую части, определить свойства, состояния, связи с внешним окружением. *Объективация* **–** формализация явления, устранение субъективности его модельного представления, материализация модели, оценка ее адекватности.

Концепты, определения и сущности объектов предметной области

Концепты сущности физических объектов макромира:

К1.1. *Физические объекты макромира* обладают способностью эмитировать, преобразовывать и воспринимать вещественные или полевые потоки (*коммуникэты*)**, суть которых определяется способностью распространяться в пространстве и воздействовать на состояние других физических объектов.**

Данный концепт - источник построения понятийной базы информационной технологии. Сознание либо информационная система (ИС) воспринимает сущность физического объекта (ФО) в виде образа формы либо описания:

- Атрибутов материальной и энергетической структур;
- Состояния ФО;
- Поведения.

К1.2. ***Состояние* - абстрактный термин, обозначающий множество стабильных значений переменных параметров объекта.**

К1.*3.* ***Важнейшие участники процесса воздействий* - переносчики воздействий.**

У каждого объекта свой уровень чувствительности. Это означает, что внутренние изменения происходят, когда воздействие превышает порог чувствительности объекта.

Физические элементы характеризуются наличием некоторой области энергетических, материальных либо *функциональных* состояний. В простейшем случае состояние может быть описано двоичным или десятичным кодами, в общем случае кодами с другими основаниями. *Функциональное состояние* — это относительно устойчивая структура функциональных средств в некоторой ситуации. Поведение будем рассматривать, как способность изменять свое состояние и, как следствие состояний, свои *действия* под влиянием внутренних и внешних факторов.

К1.4. ***МЭИ-объект* – существующий в РМ материально-энерго-информационный объект, который может быть обнаружен органами чувств субъекта либо путем его зондирования инструментальными средствами ИС.**

Для различения сущностей МО целесообразно использовать концепты *МЭИ*-объекта, как *объекта композита,* – фундаментального научного понятия.

К1.5. ***Объект-композит — композиционный объект, формально представляющий объект, состоящий из двух или более компонентов с четким различием между ними.***

Концепт представления физического объекта как *МЭИ*-объекта:

К1.6. ***МЭИ-объект* - это композиция материального, энергетического и информационного объектов.**

Например, схемотехнический элемент устройства ИТ, характеризующийся диапазоном энергетических состояний. *МЭИ*-объекты – основа строения РМ.

Термины феномена *МЭИ*-объекта, могут быть определены, как абстракции композита:

- *М-объект* - *МЭИ*-объект, энергетические и информационные состояния которого игнорируются (обесточенная микросхема).
- *МЭ-объект* – физический объект, характеризуемый материальной и энергетической структурой (схема триггера с распределением потенциалов).
- *Состояние* МО, обычно отражающее некоторую сущность объекта РМ, например, освещенность объекта естественно определить как *информационный объект* (*И*-объект). Таким образом, *И*-объект есть абстракция *МЭИ*-объекта. При его описании *МЭ*-структура игнорируются; например, состояние работающего триггера описывыается как «0» или «1». При таком представлении *И*-объект не является материальным объектом и принадлежит к миру информационной реальности. Тогда концепт *МИ-объекта*:

К1.7. ***МИ-объект*** **- абстракция *МЭИ*-объекта, в котором игнорируется энергетическая составляющая.**

Например, схема памяти. Таким образом, *МЭИ*-концепция представления РМ может исходить из следующих базовых определений сущностей объектов *МЭИ*-мира:

К1.8. ***Объект Физический*** **(*Ф*-объект, ФО) - некоторая физическая сущность из вещества и/или поля, имеющая определенные значения свойств (атрибутов) и характеризуемая определённым состоянием или поведением.**

К1.9. ***Энергетический объект*** **(*Э*-объект, ЭО) – распределение энергии в пространстве некоторого материального носителя.**

К1.10. ***Информационный объект*** **(*И*-объект) –** ***отражение*** **некоторой сущности объекта РМ либо результата деятельности субъекта в виде материального или энергетического *состояния* носителя** (физического объекта)**.**

Таким образом, *И*-объект (ИО) – это *состояние* физического объекта, который может отражать некоторую сущность объекта РМ либо деятельности субъекта. Такое определение ИО пригодно для отражений и неживой и живой природы: тень, ДНК, фоточувствительная матрица, нейронная система. Деятельность субъекта обычно складывается из процессов взаимодействий с объектами внешнего мира, процессов, определяемых генетикой развития организма и процессов мышления, включающих: а) текущее отображение воспринимаемых объектов в сознании, а также ситуаций в некотором временном интервале; б) накопленные субъектом практические и теоретические знания человечества. Удивительно, что в теориях этих процессов крайне поверхностно анализируется участие и роль *переносчиков взаимодействий* .

К1.11. ***Переносчики взаимодействий макромира*** *(Синоним* **- *коммуникэты*** *Communicat*, *Kommuniket* -от англ. Common case - общий чемодан**) - составляющие вещественного, энергетического или полевого потоков, суть которых определяется *способностью распространяться в пространстве и воздействовать на Ф-объекты.***

Эмпирическое познание состоит в выделении объекта и восприятии реакции объекта на характерные воздействия. Неоднородность распределения материи - ключевое понятие определения информации [19, Глушков В.М]. Познаваемая *МЭ-неоднородность* характеризуется ее реакцией на воздействие *коммуникэтами*, в отличие от известной неоднородности, сущность которой определяется известными

структурой и составом атомов. Таким образом, *коммуникэты* - основа познания мира, что иллюстрируется постулатом эмпирического познания, как процесса:

К1.12 *Эмпирическое познание* материального мира включает зондирование познаваемых объектов *коммуникэтами* и анализе актуальных реакций.

***МЭИ*-взаимодействия**

Понятие *взаимодействие объектов* вытекает из анализа фактов реального мира (РМ) и закономерностей движения материи. Рассмотрим особенности процесса *взаимодействия объектов* в рамках материально-энергоинформационных представлений п. 1. В простейшем случае взаимодействие между объектами - результат контакта между ними. Важной характеристикой объектов является *валентность* – число возможных связей, определяющее возможности взаимодействий [14]. При этом во время установления контакта влияние исходного объекта временно или постоянно изменяет состояние или внутреннюю структуру второго объекта.

Рис. 3 Виды полевых взаимодействий

Физические взаимодействия - такие взаимодействия, при которых может изменяться энергия и взаимоположение элементов взаимодействующих объектов, однако сохраняется их целостность. Виды и природа полевых воздействий приведена на рис. 3 [20.] Строго говоря, непосредственных взаимодействий в природе не бывает: посредником являются приведенные поля.

При системном подходе взаимодействия - это особые интерактивные отношения между субъектами (*S*) или объектами (*O*), которые могут принимать в нем участие. В любом случае структура процесса может быть отображена схемотехнически концептом «Источник→Посредник→Реципиент». Символ → означает воздействие *коммуникэтом*.

Структура возможных связей Источник→Реципиент РМ на рис. 1 может быть представлена как на рис. 4. Наряду с объектом-облучателем во взаимодействиях участвуют: *исток* (объект-прототип), *объект-посредник* (или *оперант*) и получатель отражения – *сток* (объект-отражение). Механизмы *воздействия* и аксиомы *взаимодействий*, очевидно, определяются свойствами потока переносчика воздействия и связями объектов, а свойства *истока* и *стока* – состояниями и переходными характеристиками.

К2.1**.** ***Коммуникэт*** **(**переносчик взаимодействий макромира**) - составляющая вещественного, энергетического или полевого потоков, способной осуществлять воздействие на реципиента** (например, в виде некоторой пространственно-временной структуры)

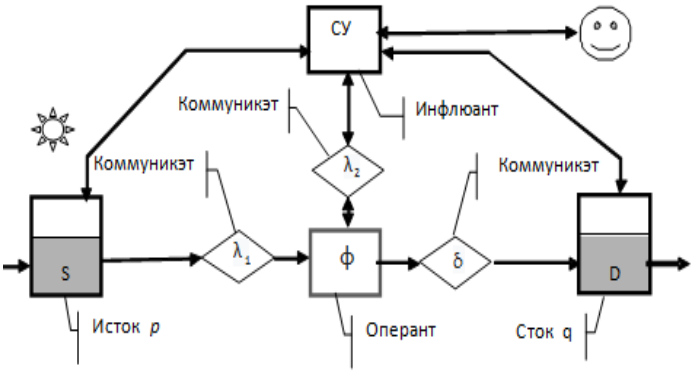


Рисунок 4. Схема опосредствованного воздействий в управляемом триплете *Исток, Оперант, Сток*

Понятие *коммуникэт* введено в первую очередь для описания физического аспекта механизма взаимодействий.

Коммуникационная субстанция – субстанция, в виде потоков *коммуникэт,* движущихся от одного объекта к другому. Формы потоков *коммуникэт* – ненаправленный, направленный, канализированный ограниченный, сфокусированный, нефокусированный, определяют механизм взаимодействия МО.

Постулат поток *коммуникэт*а:

К2.2. *Потоки коммуникэт* – основа феноменов взаимодействий и движения ИО макромире.

К2.3. *Воздействие* (процесс) - движение *коммуникэт* и реакция объекта.

Подход к построению теории взаимодействия МО на основе *коммуникэт* (рис. 1), может быть назван *коммуникэтным*, а парадигма теории взаимодействий – *коммуникэтная*; для отличия от фундаментальной теории взаимодействий, от теории сигналов, от теорий столкновений и рассеяния. *МЭ*-объект, формируемый как результат воздействия *коммуникэт* на МО, определим как *объект-отражение.*

К2.4. ***Объект-отражение* – физическая неоднородность, сформированная в результате процесса прямого или опосредствованного взаимодействия с *объектом-прототипом*** (в общем случае, в процессе информационных преобразований)**.**

Объект-отражение называют носителем *отражения,* акцентируя тем самым его материальную или энергетическую сущность. Для акцентирования рассмотрения состояния *объекта-отражения*, не как физической сущности, а как информационной сущности, в соответствии с К1.10 она именуется *информационным объектом*. Как назвать *объект-отражение*: носитель или ИО, определяется контекстом.

Введенное выше понимание *коммуникэтных* взаимодействий не противоречит их общеизвестному философскому определению:

К2.5. *Взаимодействие* - (категория движения) базовая философская категория, отражающая процессы воздействия объектов (субъектов) друг на друга, их изменения, взаимную обусловленность и порождение одним объектом других.

Отметим, что на философском уровне результаты прямого взаимодействия, как и последовательности взаимодействий, именуются обобщенным понятием *отражение***.**

Отражения

Характерный пример простейшего отражения – отражение пейзажа с помощью отверстия в камере обскуре [7]. Особенности такого отражения определяются, в первую очередь, свойствами *коммуникэт* и размером отверстия.

К3.1. *Отражение* - важнейший атрибут материи, определяемый как способность материальных тел запечатлевать, сохранять воздействие других тел и явлений [21,22].

Различают физическое, физиологическое и психическое виды отражения:

Физическое отражение - простейший вид отражения (след), в процессе которого воспроизводятся лишь начальные формы движения материи: элементарного, физического и химического. По своей природе *отражение* может рассматриваться, как феномен формирования нелокальных форм объектов природы (в отличие от локальных форм).

Физиологическое отражение - более сложный вид отражения, соответствующий органической жизни (органическому движению).

Психическое отражение способность субъекта отражать вещи в некоторой совокупности их свойств.

Сущность обобщенного процесса *отражение,* как формы движения материи, определяется входным и выходным объектами и игнорированием его физической сути:

К3.2. ***Отражение*** (процесс) **– формирование и преобразование сущности объекта-прототипа в его «изображение», «образ», «представление», как некоторую «модель».**

Постулаты существования и состава носителей отражений:

К3.3. *МЭИ-объекты* могут быть представлены, как *носители* отражений. *Носитель* может включать отражающую и конструктивную части.

Постулат абстрактного объекта-отражения:

К3.4. *МЭИ*-объект, состояние которого соответствует некоторому прототипу, есть *объект-отражение*.

Сущность процесса «Отражение» может быть описана с помощью понятий *функция*, *оператор*, *преобразование*. Постулат содержания и формы объекта-отражения:

К3.5. *Содержание отражения* – состояние (образ); форма отражения (след)– способ существования в виде объекта-отражения.

Запоминание – информационная операция отражения и фиксации ИО в элементе памяти. *Элементом памяти* называют обычно физический или схемотехнический элемент, который сохраняет свое состояние после прекращения воздействия. Таким образом, понятие «отражение» относится к физическим процессам, а с другой стороны как процесс и результат познавательной деятельности. «В гносеологическом аспекте *отражение* рассматривается как нематериальное (идеальное) отображение, образ, выделение которого … осуществляется познающим субъектом, а в менее развитом виде – всеми живыми существами» [16 С. А. Денискин]. Так как *отражение* определяется и как процесс и как всеобщее свойство материи, необходимо различать понятия *отражение* и *отображение,* и их жизненные циклы.

Отображения

Термин *отображение* может иметь различный смысл. В нашем случае процесс *отображения* будем рассматривать как этап процесса *отражения* в широком смысле. В [23] были рассмотрены способы формирования отображений,

из которых может быть сформулирована концепция участников физического процесса отображения:

К4.1 ***Процесс отображения*** **характеризуется исходным объектом, преобразователем образа объекта и результатом -** ***объектом-отображением.***

Пример физического процесса *отображения* - формирование и фиксация фотоизображения на носителе. Отображения имеют место как в неживых объектах природы и искусственных средствах, так и живых, начиная от вирусов, клеток, органов и организмов растений и животных и заканчивая человеком и обществом. Во всех случаях имеют место физические и информационные процессы, в которых участвуют *М*- и *И*-объекты.

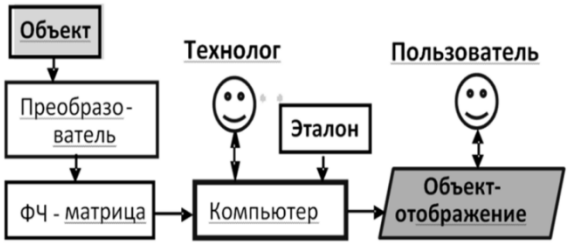


Рис.5. Формирование отражения ФЧ-матрицей и отображения объекта РМ в компьютере.

Устранение смысловой неоднозначности понятий *отражение* и *отображение* иллюстрируется процессами, приведенными на рис. 4 и 5. Уже обработка первичного *отражения* с участием системы управления может включать несколько циклов обработки, вероятности наступления некоторых событий или некоторых ограничений. В каждом цикле *объект-отображение* с помощью обратных связей может влиять даже на ситуацию вокруг объекта-прототипа (рис.4).

На рис. 5 формирование объекта-отображения может происходить с участием эталона объекта и иметь несколько стадий обработки. Компьютер 5 в роли реализатора операций может именоваться более общим понятием – *оперант*. Будем различать смыслы *отображения*:

- как *И*-результат *М*-процесса;
- как технологический процесс преобразования сущности объекта прототипа в его «отражение», «изображение», «образ», некоторую «модель» и наоборот;
- как феномен движения объектов природы;
- как способность *М*-объектов оставлять в себе следы других *М*-объектов при взаимодействии с ними.

Для анализа процесса, по аналогии с объектом-*отражением* (К3.4), целесообразно ввести концепт объекта-*отображения*:

К4.2 ***Объект-отображение*** **- физическая неоднородность, сформированная в средстве ИТ в результате процессов отражения и кодирования, воспринимаемая субъектом, как объект некоторой целостности.**

Объект-*отображение* может отображать не только М-объект, но и слово, звук, некоторую ситуацию, смысл. При материалистическом подходе определение К4.2 не противоречит более общему определению С.А.Денискина [16]:

К4.3. *Отображение* феномен - способность живых объектов фиксировать в изменениях специализированной структуры целостности признаки, свойства и отношения отображаемого в образной и знаковой формах.

К4.4. *Отображение* результат – конкретное отражение реального мира, подвергнутое обработке субъектом, в частном случае - интеллектуальной системой.

При рассмотрении технологических процессов объект-*отображение* может выполнять функции памяти и именоваться как *носитель* (образов, команд), и, при необходимости, рассматриваться как *И*-объект или объект-*состояние*. Основными характеристиками отображающей составляющей носителя является ее физическая

сущность и *состояние.* В простейшем случае *состояние* объекта-о*тображения* может рассматриваться как *нелокальная форма* объекта-прототипа, характеризуемого *локальной* формой. Тогда:

К4.5. Применительно к *М*-объектам РМ *состояние* объекта-*отображения* - составляет сущность нелокальной формы объекта-*прототипа*.

К4.6. Объект-*состояние* это абстракция *МИ*-объекта и его статус может относиться или объекту-*прототипу* или *объекту-отображению*.

Формирование информационных объектов

Количество публикаций, посвященных изучению феномена информации, раскрытию ее сущности, анализу различных определений понятия *информация* - огромно. Характерными являются атрибутивный, функциональный, функционально-кибернетический, антропоцентрический и метафорический подходы [22]. Сторонники *атрибутивного* подхода считают *информацию* свойством (атрибутом) всех *МЭ*-объектов.

Антропоцентрический подход отождествляет *информацию* со сведениями и фактами, которые могут быть получены и преобразованы в знания человеком. Антропоцентрическое определение содержится в ГОСТ 7.0-99: «Информация: Сведения, воспринимаемые человеком и (или) специальными устройствами как отражение фактов материального или духовного мира в процессе коммуникации». При этом в центре *антропоцентрической* концепции исходным является концепты знака, понятия, текста и т.д. Определение понятия *И*-объект базируется на феномене *языка*, как продукта культуры. Его основные категории объект, язык, законы, модель, абстракция, знания. Согласно официальной терминологии «Информационный объект - формированные по определенным правилам данные, трактуемые информационной системой как единое целое» [24], соответствует антропоцентрическому подходу. В областях коммуникации, связи и информационных технологий эти совокупности данных представлены в виде *состояний* материального объекта-*отображения* (*МИ*-объекта).

Соответствует антропоцентрическому подходу и такое определение ИО:

К5.1. *Информационный объект* — совокупность данных, обладающая атрибутами (свойствами) и методами, позволяющими определенным образом вести их обработку [25].

Различают: *инфоген* – естественный носитель ИО, *инфотрон* – искусственный носитель ИО [15]. Так как МИ-объект характеризуется: а) материальной и информационной составляющими и б) входными и выходными объектами, то может быть отображен абстрактными схемами рис. 6. С учетом 4.2 может быть принят постулат:

Рисунок. 6 И- и М-представления МИ-объекта.

К5.2. **Вещественно-полевая неоднородность, отражающая некоторую сущность РМ** в **виде его материального или энергетического состояния, может рассматриваться как материально-информационный объект (***МИ*-объект**).**

Актуальный *МИ*-объект характеризуется формой, состоянием и, в необходимых случаях, – именем. Тогда с учётом К1.10 могут быть приняты определения К5.3, К5.4, приемлемые и атрибутному и антропоцентрическому подходам.

К5.3**.** ***Информационный объект*** **– это состояние неоднородности МО (объекта-носителя), отображающее некоторые свойства объекта РМ (объекта-прототипа либо результата некоторой деятельности субъекта).** *И*-объект также характеризуется состоянием и, в необходимых случаях, именем. Кратко:

К5.4 ***Информационный объект*** **– это отражение некоторых свойств и связей объектов РМ в виде его материального или энергетического *состояния* объекта-носителя.**

Отметим постулат феномена связи *И*-объекта и РМ:

К5.5. *И*-объект – результат феномена *отражения* РМ.

Постулат связей сознания и РМ:

К5.6. *И*-объект сознания - результат сложного отражения и преобразования МО или ИО в *И*-объект сознания.

Важно, что такой подход не противоречит ранее приведенным определениям и известному определению более высокого уровня: *Информационный объект* — это описание некоторой сущности (реального объекта, явления, процесса, события) в виде совокупности логически связанных *реквизитов* (информационных элементов) [27].

И-объект выступает здесь, как исходное понятие теории информации.

При иерархическом представлении совокупность ИО также может быть представлена, как ИО. Тогда совокупность ИО, определенных К5.1, естественно назвать *информацией.* Определение понятия «информация», как *И*-объекта:

К5.7**.** ***Информация*** **– совокупность информационных объектов, которые организованы в некоторую структуру.**

Исходя из сущности МИ-объекта, отметим, что его состояние может отображать: а) некоторую форму объекта, ассоциируемую с локальной формой объекта-прототипа, б) некоторый *смысл* ПдО РМ, например, отношения «часть-целое» или др., заложенные конкретным субъектом. Тогда, с учетом концептов *информационный объект* (К1.10), *отражение (*К3.2) и определения *информация* (К5.7), может быть сформулировано более широкое определение понятия *информация,* как *МИ*-объекта. Концепт, направленный на установление единого понимания информации:

К5.8. ***Информация*** **– это результат процесса *отражения* материальных объектов-*прототипов* и/или результатов протекания процессов (природных, деятельности человека) в виде совокупности *состояний* ее носителя, способных произвести некоторое действие.**

Приведенное неметафорическое определение соответствует известному философскому пониманию информации: *Информация* - это *отражения* объективной реальности в её распространении и изменчивости, разнообразии и проявленности. Определение К5.8, связанное и с *М*- и с *И*-мирами, относится к процессу физических, биологических и психических *отражений*, не противоречит ранее перечисленным подходам определения *информации*, поэтому может считаться универсальным.

Рис.7 МИ-преобразователи входных объектов

Таким образом, *информационные процессы это*, прежде всего, процессы формирования, именования, наделения смыслом и обработки отражений РМ. Они могут быть вероятностными и использоваться не только в коммуникациях, но и при моделировании вероятностных процессов или решении вероятностных задач.

Движение информации в средствах ИТ

- ***Коммуникации***

Известно определение:

К6.1 *Коммуникация* — это тип активного *взаимодействия* между объектами любой природы, предполагающий *информационный обмен* [28].

Под термином «коммуникация» также понимают как процесс обмена информацией, так и системы, в рамках которых осуществляется обмен информацией, способы создания, передачи и приема информация. *Теория коммуникации,* иногда отождествляемая с *теорией информации*, возникла в конце 40-х годов XX века при изучении процессов передачи информации в технических системах, таких как телеграф, радио, телевидение. Возможность образования цепочки последовательных воздействий между объектами *МЭИ*-мира, как и возможность *коммуникации,* предопределена существованием в природе таких *МЭ*-объектов, как *коммуникэты*. Эмиссия, распространение и рецепция *коммуникэт* – ключевые физические процессы *коммуникации.*

- ***Классификации МЭИ-процессов и МЭИ-машин***

При коммуникациях, в общем случае, в процессе возможно участие любых пар входных и выходных *М* -, *Э* - и *И*-объектов. В таблице 1 показаны примеры процессов. Буквами М обозначены входные или выходные *М*-объекты, Э - *Э*-объекты, И – *И*-объекты. Отметим, что в соответствии с контекстом результат информационной операции *И→М* может именоваться не *объект-отражение*, а *объект-воплощение*.

К6.2. ***Объект-воплощение*** **– результат материализации (воплощения) информационного объекта (образа, идеи, мечты) в телесном объекте.**

Таблица 1. Преобразования входных объектов

S / Ict	М	Э	И
М	М-М Дробление	М-Э Горение	М-И Фотография
Э	Э-М Подогрев	Э-Э Ускорение ракеты	Э-И Демодуляция
И	И-М 3D-печать	И-Э Модуляция (Управление Э-потоком)	И-И И-машины Коммуникация

На основе приоритета в выборе входных и выходных *МЭИ*-объектов, приведенных в таблице 1, могут быть найдены определения *М* -, *Э* - и *И*-машин. Машины, оперирующие *Э*-объектами, естественно отнести к классу энергетических машин. Применительно к информатике детали энергетических преобразований интереса не представляют и могут быть опущены. Тогда взаимодействия входных и выходных *М* - и *И*-объектов-*коммуникантов* с помощью *коммуникэт* (полевых или материальных потоков) могут быть изображены как на схеме рис. 7. *Среда*, в которой распространяются *коммуникэты*, опущена. Связи реализуются сенсорами, актуаторами и *И-И*-преобразователями.

Вид {*М*,*И*}-преобразований определяет вид аппаратуры: *М→И* - устройства ввода объектов внешнего мира; *И→И* – устройства аналоговых, аналого-цифровых,

цифроаналоговых и цифровых преобразований, а также устройства коммутации распространения ИО; *И→М* – устройства вывода (эффекторные устройства [11]). Из рис. 7 следует, что к информационным машинам должны относиться только средства, выполняющие *М→И -, И→И* - и *И→М*-преобразования. Тогда определение ИМ:

К6.3. ***Информационная машина*** **- средство выполнения определенных действий с целью уменьшения нагрузки на человека или полной замены человека при выполнении задач, в которых имеют место операции с *И-объектами.***

Приведенные категории средств ИТ - основа классификации информационных машин (ИМ), в частности: теории *И→И* машин, в т.ч. многоядерных вычислителей (таксономия Флинна с учетом одиночного/ множественного потоков команд/данных); теории *М→И* и *И→М* машин – теории периферийных устройств. Отметим различие вероятностных *И→И*-преобразователей (как *МИ*-объектов) и моделей случайных процессов РМ (как *И*-объектов) при решении вероятностных задач.

- ***Постулаты коммуникации***

Применительно к процессам табл. 1 справедливы постулаты К6.4 и К6.5:

К6.4 Основными категориями участников коммуникации являются: источник *коммуникэт*, *коммуникэты,* объект-прототип, реализатор операций (*оперант*) и объект-*отражение* (объект-*воплощение*).

К6.5. Носители взаимодействий макромира (*коммуникэты*) - важнейший фактор формирования и перемещения информации от прототипа к реципиенту.

К6.6 Информационные объекты между собою не взаимодействуют, взаимодействуют только через *операнты* (*МЭ*-объекты).

- ***Абстрактные модели компонент средств ИТ***

Использование традиционных схемотехнических компонент И/ИЛИ, регистр, сумматор, ОЗУ, интегральная схема, микропроцессор, ПЛИС, искусственная нейронная сеть, искусственный агент, и др. затрудняет обобщенное описание средств ИТ на системном уровне. Понятие машина Тьюринга – всего лишь теоретическая модель и почти не отражает структуру аппаратуры. В качестве универсального компонента К.Марковым было предложено ввести понятие «Информационный субъект», сокращенно «Инфос» [15]. Применительно к *МЭИ*-представлению РМ понятие *Инфос* удобно трактовать как *МИ*-объект, характеризуемый «состоянием», способный воспринимать входные воздействия и формировать выходные воздействия (рис. 6).

Понятие «инфос» родилось из анализа информационных процессов «сверху». Для построения теоретического каркаса теории, согласованной с МИ-процессами, необходим анализ на более низких уровнях. Одно из решений - скрупулезно разработанный Г.Зверевым комплекс схемотехнических компонент [11]:

1. *Сенсор* – материально-информационный процессор, преобразующий свойства материальной реальности *М* в ее модели *И*.
2. *Рефор* – произвольный знаковый процессор, реформирующий модельный мир…
3. *Сенсфор* – композиция сенсора *А* и рефора *В;* модель *АВ* процессов наблюдения и обработки информации.
4. *Сенсформер* – композиция сенсора *А*, рефора *В,* эффектора *Е;* обобщенная модель *АВЕ* материально-информационной системы **….**
5. *Полюс* – место взаимодействия объекта с внешней средой при слиянии полюсов объектов в узел ....

6. *Уза* – формальный базисный объект *системологии*, представляющий идеальную бинарную связь между полюсами внутренних или внешних объектов ….

7. *Узел* – соединение двух и более полюсов вместе с их узами в связующий объект, который определяет полюсные и узловые состояния системы.

8. Объект-прототип – произвольный реальный или абстрактный объект, система, процесс произвольной природы, в частности, материальный предмет, вещь, явление, состояние, событие, знаковый *объект ….*

9. *Полюсник* – абстрактная модель системы или объекта с явным заданием изолирующей оболочки ….

- ***О коммуникэтном уровне отображения средств познания РМ***

Приведенный комплекс – результат системологического проектирования на среднем уровне и не отражает природу информационных процессов средств ИТ. Для устранения проблемы также недостаточно введенных понятий физико-информационный автомат и информационная машина [29]. Уточнение природы информации и структур *М→И* и *И→М преобразований* целесообразно на *коммуникэтном* уровне теории [4,5]. Представление связей между компонентами средств РМ на уровне *коммуникэт* - позволяет объединить *узел* и *сенсформер* в один компонент – *оперант.* Иллюстрация - реализация операций И/ИЛИ объединенным потоком *коммуникэт.*

При таком представлении описание функционирования совокупности средств познания РМ и средств ИТ может быть представлено описанием объектов и операций *сети* соответствующих *триплет* (рис.4). Выделенные компоненты - *полюсники*, в общем случае, могут именоваться «инфосы» и, в частном случае, реализоваться как информационная машина, блок, устройство [29]. Тогда комплекс средств познания РМ может быть описан концептом:

К6.7 **Эмпирическое познание объекта-прототипа РМ может быть реализовано комплексом компонент в *составе*: облучатель, связь, *коммуникэт,* среда, *оперант, объект-отображение,* эталон познаваемого объекта и *объект-воплощение*.**

- ***Сети средств ИТ***

Информационные сети – совокупность технических средств, предназначенных для обработки передачи информации от источника до потребителя. Простейшее отображение сети включает: Источники и потребители информации (субъекты или объекты РМ), устройства приема, обработки и передачи информации и системы (каналы) связи. При этом системы связи могут содержать *узлы уплотнения* (мультиплексирования) и *узлы коммутации* каналов (потоков *коммуникэт*). Конфигурация сетей может быть представлена иерархическим графом. Источникам и потребителям информации обычно присваивается свой адрес. Каждый иерархический уровень сети характеризуются своим протоколом передачи данных.

Познание, мышление и машинное моделирование РМ

- ***Познание и интерпретация***.

Свойства познаются с помощью ощущений, сущность – путем мышления. Активное и пассивное зондирование – важнейшие способы познания неоднородных свойств материального мира, создания их *М*- и *И*-моделей (рис. 6). *Модель* – некий объект-заменитель реальной действительности, отражающий свойства, необходимые для исследования [30, Ю.Лапыгин]. Существуют модели материальные и информационные. Даже название считается моделью, потому что говорит о том, что объект существует.

Основными МИ-операциями зондирования в общем случае *МЭИ*-мира являются: облучение объекта *коммуникэтами*, рецепцию *коммуникэт*, запоминание и опознавание. Как же связаны объекты мира сознания субъекта и объекты РМ? Познание включает, выявление связей, сходства и различия, соотнесение познаваемого объекта с другими, саморефлексию. В операциях опознавания может участвовать эталон объекта РМ. Формирование эталонов в общем случае – достижения цивилизации. Постулат эталона:

К7.3 ***Эталон объекта*** (*модель*)**– результат деятельности человека – важнейший компонент для соотнесения в рамках единой системы мира субъекта и качественных и количественных характеристик объектов РМ.**

- ***Моделирование, как метод познания***.

Информационные модели **-** представляют объекты и процессы в образной или знаковой форме. Образные модели МО - образы форм МО. Знаковые информационные модели строятся на основе словаря и знаков некоторого языка. *Знание* – это высшая форма отражения действительности. *Интерпретация* - фундаментальная *операция мышления*, лежащая в основе *понимания*, придания смысла проявлениям деятельности в некоторой области, в том числе *информационной деятельности*, выраженным в знаковой или в чувственно-наглядной *форме*. Постулат:

К7.4 Участниками моделирования являются:

1. Оригинал (моделируемые объект, ситуация);
2. Моделирующий субъект (человек);
3. Объект-заменитель оригинала и среды (модель).
4. Средства моделирования.

Исходная ситуация, процессы и результаты моделирования могут быть представлены в форме ментально-ориентированной (экспертная, научная, неформальная модели), машинно-ориентированной, машинной и пользовательской моделей.

- ***Систематика моделей***

Рис. 8 Взаимосвязи некоторых моделей объектов

Различным концепциям выделенных структур РМ соответствуют свой терминологический аппарат, философская основа, способ понимания, различения и трактовки каких-либо явлений, порождающие присущие только для данного способа соображения и выводы. В связи с этим классификаций моделей существует очень много, а единой классификации моделей не обнаружено. Ниже предлагается инженерное видение авторами некоторых взаимосвязей основных видов моделей (рис. 8).

Когнитивная модель. Наблюдая за объектом, исследователь формирует в голове некий мыслительный образ объекта, его идеализированную модель,

способствующую познанию. При формировании когнитивной модели стремятся найти ответы на конкретные вопросы, поэтому от сложного устройства или объекта отсекается все второстепенное.

Содержательная модель. Представление когнитивной модели на естественном языке называют содержательной моделью. По функциональному признаку и целям содержательные модели подразделяют описательные, объяснительные и прогнозирующие.

Абстрактная модель — это модель, отражающая лишь самые общие характеристики моделируемого явления. *Абстрактные модели* – не имеют реального воплощения. Создаются на основе применения теоретических методов познания окружающей среды, например, *универсальная* модель [31-33].

Первичными, исходными формами знания являются классификационные модели.

- ***Примеры классификационных моделей***

Ниже приведены взаимосвязи категорий РМ верхнего уровня (таблица 2), информационных теорий (рис. 9).

Пример 1. Концепции формирования сущности И-объекта.

Для систематизации *МЭИ*-подходов представляется целесообразным отдельно выделить источники, способы и концепции формирования сущностей ИО, содержание и смысл операций (табл. 2). В левой колонке приведены примеры объектов-прототипов.

Таблица 2. *МЭИ*-подходы формирования сущностей *И*-объектов

Источник ИО	Отображающий объект	Способы отображения ИО	Содержание и форма ИО	МЭИ-подходы формирования ИО	
1. Материальный объект-прототип	Неоднородность объекта	Естественное физическое отображение	Значение неоднородности		*Физический
2. Объект внешнего мира	МЭ-объект	Информационное отображение (атрибутный)	Отношение значений неоднородности и эталона	Физико-информационный	
3. Память компьютера, книга	Носитель образа, текста	Технократический			
4.ДНК, хромосомы клетки	Гены	Функциональное преобразование на языке природы	Генетический код		
5. Органы, организм	Нейроные функциональные образования		Образ		
6. Организмы, человек, общество	Совокупности нейронов	Творческая и коммуккативная деятельность	Образы, смыслы, тексты		** Атропоцентрический

Источник 1 относится к естественному неживому миру, когда под влиянием источников энергии, независимо от наличия человека, в пространстве и времени возникают святящиеся участки и тени.

Источник 2, в частности, иллюстрирует возможность формирования оптического образа *М*-объекта, например, в камере-обскуре, либо электронного образа под действием фокусирующих полей и последующего использования образа, как *И*-объекта.

Источник 3 относится к случаю формирования отображения объекта внешнего мира или, например, ментальной идеи в виде информационной модели.

Источник 4 может быть иллюстрирован случаем преобразования хромосомы ДНК в РНК и далее ее воплощением в белок. РНК и белок характеризуются химическим составом и генетическим кодом. *Код* — взаимно однозначное отображение конечного упорядоченного множества символов, принадлежащих некоторому конечному алфавиту, например, четырехбуквенному алфавиту РНК или двадцати буквенному белка [34].

Источник 5 относится к функционированию нейронной сети организма, Например, безусловный рефлекс отстранения конечности от горячего тела.

В примере 6 процесс формирования сущности ИО может включать как восприятие М-объекта внешнего мира, так и формирование некоторого *образа-идеи* в результате творческой деятельности субъекта на некотором языке. Из анализа табл. 2 следует постулат концепций К7.6:

К7.6, Коммуникэт, носитель, объект-прототип, объект-воплощение, образ-идея – основа физической, физико-информационной и антропоцентрической концепций определения сущностей И-объекта.

Основные постулаты теории К7.7 и К7.8.

К7.7. **Постулаты физико-информационной концепции*:***

- *Взаимодействие, отражение, информационный объект* - основополагающие понятия теории информации макромира.
- ИО формируются в результате операции зондирования объекта прототипа.
- Сущность информации – существование в виде состояния некоторого *М*-носителя;
- Информация формируется, передается, сохраняется только на *М*-носителе;
- Информация формируется только в ПдО, включающей источники, рецепторы (сенсели) и *коммуникэт*.
- Объекты-*воплощения* формируются как результат материализации *И*-объекта.

Антропоцентрическая концепция выводит на первое место человека и его язык.

К7.8. **Постулаты антропоцентрической концепции:**

- Информация существует в виде состояния носителя, концептуально связанного с некоторым объектом (треугольник Фреге) или ментальной деятельностью.
- Информация имеет различные формы (структурная, семантическая, статистическая), каждая из которых описывается своими информационными единицами.

Пример 2. Соотнесение теорий информации, информатики и кибернетики.

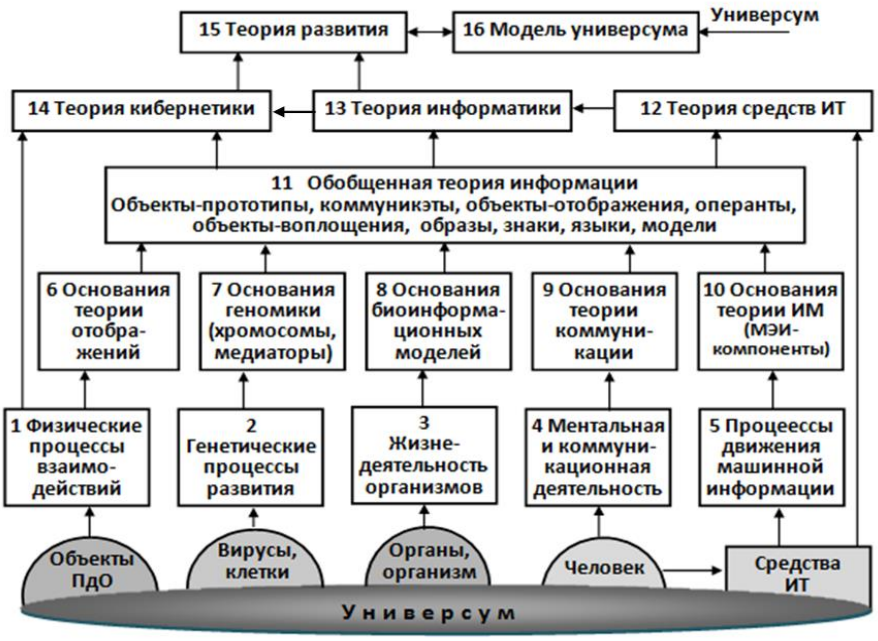


Рисунок 9. Классификационная модель информационных наук

Онтологические связи между миром *М*-объектов и *И*-миром информационных наук видятся как на когнитивной модели рис. 9. Структура связей образует пирамиду знаний, внизу которой расположен физический мир, а на вершине - теория развития. **С**ущности и основания процессов 1-5:

1) *Физические процессы взаимодействий и отображений* с помощью *коммуникэт. Основания* теории отображений 6 – *коммуниканты* и *коммуникэты*.

Коммуниканты могут представлять: объекты-прототипы, *операнты,* объекты-*отображения*, объекты-*воплощения*.

2) *Генетические процессы развития* клеточных форм жизни. Суть процессов – воплощение генетической информации в *жизненном цикле и гомеостазе клетки.*

Генетическая информация — информация о строении белков, закодированная с помощью последовательности нуклеотидов —генетического кода — в генах. Включают физико-информационные процессы: репликация и репарация ДНК, биосинтез белка и генетической рекомбинации. Основные законы: генетики Менделя и Моргана, организма.

*Основания 7 (*в рамках общей теории информаци*и)* - участники генетического процесса*:* объекты-прототипы *(хромосомы (ДНК))*, *коммуникэты (ИРНК, тРНК и рРНК), операнты (рибосомы),* объекты-*воплощения* (б*елки структур*).

Рибосомы являются центрами и организаторами белоксинтезирующей системы, которая способна работать также и вне клетки. *Рибосома - оперант.*

*3) Физико-информационные процессы жизнедеятельности организмов***.** Суть процессов - жизненный цикл организма, метаболизм и поведенческие реакции, процессы генетические, запрограммированные в нервной системе (обеспечение гомеостаза и активного взаимодействия организма с внешней средой).

Основные компоненты - участники взаимодействий в организме:

А) *Коммуниканты*: клетки, органы, ткани, рецепторы органов чувств, акупунктурные точки, эффекторы, системы органов, организм.

Б) *Биокоммуникэты* (участники, обеспечивающие взаимодействие компонент): медиаторы, гормоны, парагормоны, нейромедиаторы.

В*) Операнты* - преобразователи *биокоммуникэт* (например, рибосомы, белки, их комплексы) и ускорители процессов преобразований (ферменты).

Основания 8 физические*:* Компоненты уровней организации организма – клетки, ткани, органы, системы органов и биокоммуникэты, обеспечивающие межкомпонентные взаимодействия, целостность и гомеостаз организма. *Основания* 8 информационные: Отражения, биологические модели и базы данных биологических объектов.

4) Процессы умственной деятельности и коммуникации. Участники процесса: адресант, адресат, сообщение, модулятор, кодер, линия связи, демодулятор, декодер, контекст, организм.

Суть процессов: формирование, поиск, хранение, передача, обработка и использование информационных объектов**.**

Основания 9: Отправитель, получатель, передатчик, канал связи, приемник информации, знаки, символы, смыслы, данные, носители информации.

5) Процессы движения информации в средствах ИТ.

Суть процессов: А) Ввод, обработка образов объектов внешнего мира, Б) Ввод данных субъектов, В) Генерация данных, принятие решений и материализация данных.

Участники процесса: Средства ИТ, объекты РМ, действующий субъект, база данных (знаний).

Основания 10: объект-прототип, *МЭИ*-объекты (облучатель и другие элементы схемотехники), *коммуникэт*, отображение, образ-идея, *оперант*, модель универсума.

11) Обобщенная теория информации макромира – наука о феноменах отражений и движения информации. *Основания* - включает общие категории оснований *частных теорий информации* 6-10: объект-прототип, *коммуникэт, оперант*, объект-воплощение, математические объекты и теории.

12) Теория программно-технических средств ИТ.

Включает схемотехнику и языки программирования средств ИТ.

13) Теория информатики. Термин «информатика» обозначает и компьютерную науку, и информационную науку, и всю область, связанную с использованием информационной техники и информационных технологий для социальных коммуникаций, проведения научных исследований, развития образования, экономики и культуры, а также всю информационную сферу деятельности, включая отрасли промышленного производства. [35].

14) Теория кибернетики. Кибернетика осуществляет формализованный подход к объектам различной природы — техническим, биологическим, социальным. Смысл этого подхода состоит в том, чтобы наряду с законами физических процессов, учесть законы функционирования систем, связанные с управлением и переработкой информации.

16) Теория развития Теория развития может включать законы и механизмы технико-экономического и социального развития.

17) *Модель универсума* Особенность модели - возможность отражения не только статики мира, но и преобразований в пространстве и времени массы и энергии объектов, процессов формирования, преобразования и материализации *И*– объектов.

Вывод: Понятие *информация*, определенное концептом К5.8, как результат фундаментального явления *отражения*, естественно отнести к фундаментальной научной категории - основы научной картины мира.

Моделирование универсума

- ***О картине и универсальной модели мира***

Основные факторы сдерживания «упорядочивания и интеграции научных знаний» - разнородность наук, значительное количество отраслей, научных школ [12], отсутствие *системологии* междисциплинарных и транс-дисциплинарных научных исследований, отсутствие Универсальной Модели Мира (УМ) [33].

Первые шаги в этом направлении - это конкретные каталоги крупнейших объектов и систем, толковые словари понятий, энциклопедии. Формально множество *И*-объектов РМ может быть представлено тройкой $I = <X,\Theta,\Psi>$, X - класс элементов x, в котором элементы x - образы сущностей материального мира, полученные с помощью инструментов (фото, показание измерительных приборов и др.), Θ-класс, в котором θ - продукты умственной деятельности, которые зафиксированы на любом носителе, Ψ- класс, в котором ψ - биологические модели живом организма.

В [31-32] обоснованы определение, условия создания и основные свойства *универсальной модели.* Согласно концепции УМ, Мир может быть представлен конструкцией РМ, над которым имеется надстройка в виде иерархии развивающихся Абстрактных Миров. УМ, например, в виде вселенской абстрактной пирамиды - альтернатива частным моделям. Определение:

К8.1 *Универсальная модель* - модель, отображающая всю Вселенную как единое целое.

Исходящая от *«Ничто» м*одель радикально изменяет научную методологию и открывает принципиально новые возможности познания сложных вселенских явлений. Однако, необходимы также методы отображения не только статики, но и динамики мира.

- ***Композиционная модель универсума***

Исходя из онтологического подхода к описанию предметной области (ПдО), формально ПдО может быть представлено четвёркой [12, Палагин]:

$O = <X,R,F, A(D,Rs)>,$

где X – множество концептов; R – множество концептуальных отношений между ними; $F: X$ x R – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях; A – конечное множество аксиом, которые используются для записи всегда истинных высказываний; D – множество дополнительных определений понятий; Rs – множество ограничений, определяющих область действия понятийных структур.

В [5,36] предложена и в [4] подробно описана абстрактная модель РМ, в виде композиции ячеек в форме куба. Принцип построения модели включает: А) Выделение для каждого объекта u_i универсума U ячейки объекта $я_i$ из множества $Я$; Б) Формирование в ячейке объекта $я_i$ отображения сущности объекта или ссылки на внешнюю память; В) Объединение ячеек, упорядоченных по категориям и ролевым признакам отображаемых объектов, в структурные элементы. Например, модули, в форме параллелепипедов; Г) Формирование отображения универсума объектов в виде композиции модулей $Я_\alpha$.

Концептуальное единство структуры модели макромира и ее категориального аппарата, обеспечивается построением связей на основе

обобщенных физических носителей взаимодействий – *коммуникэт.* Постулат компонент модели:

К8.2 ***Коммуникэт, объект-прототип, лок, оперант, носитель, образ-идея, объект-воплощение – основные компоненты модели универсума.***

Единый поход к отображению статики и динамики ПдО позволили сформулировать такое определение синтезированной модели актуального мира.

К8.3 ***Модель универсума*** **- некоторая композиция *локов* и соответствующих им информационных компонент, отображающих статику и динамику базовых сущностей природы: человека, объектов и среды.**

Модели, в зависимости от наличия в них недостающих или несуществующих компонент, могут классифицироваться как белые, серые и черные модели [31].

Создание *моделей универсума* – завершающий этап развития теории информации. Конкретную композиционную модель универсума, по аналогии с географическим глобусом, естественно назвать «информационный глобус».

1. Философия движения информации в РМ

Среди первых работ по философии информации можно отметить работы Поппера [37] и Лозовского [38]. В своих работах К. Поппер выделил три «мира»:

— первый — физический мир (мир физических вещей) - объект познания;

— второй — мир ментальных состояний и процессов (мир сознания);

— третий — мир продуктов сознания (мир объективного коллективного знания),

Лозовский В.С., также, исходя из взгляда «сверху», кратко определил эти миры как «*физикал*», «*ментал*» и «культурал». Такие представления исследовал К.Колин, который в реальном мире усмотрел четвертый мир – мир отражений [13].

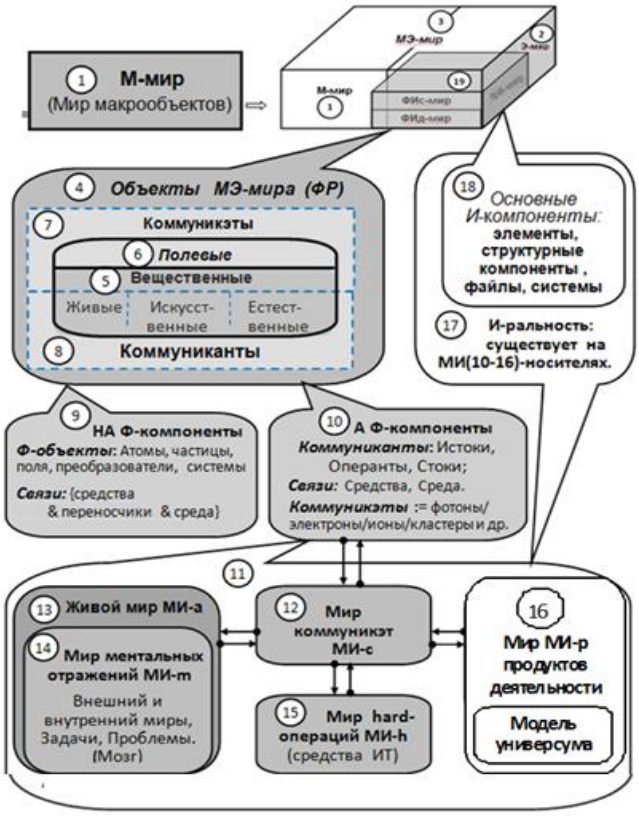


Рисунок 10. Декомпозиция реального мира на МЭ- и И-составляющие

В рамках наших исследований оказывается существенным разделить относительно неподвижные вещественные участники информационных процессов (*коммуниканты)* и мир носителей отражений (рис. 10). Онтологические связи между компонентами миров на рис.10 состоят в следующем

1 ∈2 - Энергетический мир 2 является составной частью физического мира 1.

3φ1 - Мир 3 есть представление Ф-мира 1. *МЭ*-мир ≡Мир 1 + Мир2.

3≡4 - Мир 4 есть объекты мира 3.

4 Э 9, 4 Э 10 - Мир 4 включает (Э) миры 9 и10.

10 Э 11 - Мир 10 включает (Э) физический мир 11.

11 Э <12,13,14,15, 16> -Мир 11 включает *(Э) мир* 12 - 16

13 Э 14 - Мир 13 включает мир 14.

Объекты мира 11 содержат объекты-отражения мира 10.

- Объекты мира 14 - результаты мыслительной деятельности субъекта 13 на основе знаний и восприятия ФО 10 и ИО 11.

14 - Ментальный мир 14 осуществляет обмен *И*-объектами с hard-миром 15.

14-16 - Результаты функционирования 14 отображаются в мире 16.

17=<12, 15, 16>* Искусственная *МИ*-реальность 17 есть hard-мир, *МИ-р* (продуктов деятельности 16) и искусственные *коммуникэты* мира 12.

18- *И*-компоненты ∈ составная часть искусственной *МИ*-реальности 17.

18-19 И-мир 18 - является ∈ *составной* частью существующего *МИ*-мира 19.

19 φ3 И-мир 19 есть состояния *МЭ* 3.

При таком подходе мир носителей отражений включает мир *коммуникэт* и мир вещественных носителей, что может быть отображено концептом К9.1.

К9.1. **Мир носителей отражений макромира включает мир:**

- **Мир *коммуникэт* (полевых и вещественных подвижных носителей);**
- **Мир вещественных *М*- и *МЭ*-носителей**:
  - **физических отражений,**
  - **биологических отражений,**
  - **отражений в средствах ИТ,**
  - **отражений продуктов деятельности**.

Таким образом, разработана модель РМ в виде *МЭИ*-объектов РМ 1, в том числе мира отражений 17 актуального РМ 10 и мира переносчиков отражений 12, который обеспечивает взаимодействия. Компоненты мира 12 представляют потоки *коммуникэт,* каждый из которых может отличаться своей *субстанцией*. Применительно к рисунку 10:

К9.2. ***Коммуникационная субстанция*** - **материальная компонента** (12) **связей *локальных* форм объектов материального макромира** (10) **и *нелокальных* форм объектов физического мира отображений** (13-16)**.**

Взаимосвязи *субстанций «*Материя, Энергия и Информация», согласно структуре физического *МЭ*-мира на рис. 10 и К.7.6, реализуются соответствующими *МЭИ*-машинами или субъектами. Взаимосвязи *МЭИ*-субстанций могут быть отображены как на рис.11. При этом из субстанции «Информация» выделена субстанция «Знания», как категория *И*-объектов, создаваемых субъектами на основании на основании фундаментальных законов РМ и исследований. Приведенный подход и соотнесение субстанций на рис.11, на наш взгляд, более естественно отражают соотнесение понятий «Информация» и «*коммуникационные субстанции»*, чем подход и схема «взаимосвязь понятий» приведенными в недавно изданном пособии «ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ» [35].

Рис. 11 Взаимодействия субстанций

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что один из путей снятия противоречий определений понятия *информация* выделение процессов макромира их анализ исходя из *МЭИ*-картины мира. В частности:

- представления *физических* объектов как объектов-композитов - композиции материального, энергетического и информационного объектов;
- представления структуры мира в виде совокупности объектов и систем;
- выделение из физического мира переносчиков воздействий (*коммуникэт*);
- представление коммуникационных взаимодействий как процессов взаимодействий объектов на основе перемещения *коммуникэт*.

В результате исследований взаимодействий макрообъектов на физическом уровне:

1) Разработано и обосновано универсальное определение информации: ***Информация* – это результат процесса отражения материальных объектов реального мира или результатов протекания процессов в виде совокупности состояний ее носителя, способных произвести некоторое действие.**

2) Концепция общей теории информации, построенная К. Марковым «сверху», дополнена концепцией физико-информационной теории информации макромира, строящейся «снизу». Последняя включает такие категории движения информации: эмпирическое познание, формирование, движение и обработка в средствах ИТ, моделирование РМ, синтез модели и моделирование универсума.

3) Философия «четырех миров реальности» К.Колина дополнена*:*

- *Миром «*переносчиков отображений макромира (*коммуникационной субстанции* или *коммуникэт)*», важнейшим компонентом механизмов связей между мирами;
- *Эталоном объекта* (моделью) – важнейшим и необходимым звеном, связывающим мир субъекта и мир отображаемых объектов РМ, в единую систему;
- *Моделью универсума.*

Анализ взаимосвязей структур РМ показывает, что понятия материя, энергия и информация - понятия одного уровня общности. Именно *МЭ*-объекты обуславливают фундаментальные проявления движения материи и онтологический

статус информации. Основной вопрос философии «Что первично, дух или материя?» должен быть заменен вопросом о соотнесении материи и информации.

В дальнейших исследованиях целесообразно оптимизировать линию раздела и терминологию рассмотренной *коммуникэтной* теории информации макромира (нижнего уровня) и теорию «Инфосов», как теорию информации «верхнего уровня».

Литература:

1. Васюхин М.И. Институт кибернетики им. В.М.Глушкова – колыбель микроэлектронной базы компьютерных систем.- К: ЦП «Компринт», 2016.-290 с.
2. Мержвинский А.А. МОДЕЛЬ ИНДУСТРИИ ИНТЕГРАЛЬНІХ МИКРОСХЕМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ. Технология и конструирование в электронной аппаратуре,2000 г. №2-3 С.3-10.
3. Voitovych I., Merzhvynskyi A., Merzhvynskyi P. et al Development of Intelligent Tools for Noninvasive Hemoglobinometer. The 6th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisiton Computing Systems: Technology and Applications 15-17 September 2011, Prague, Czech Republic. P. 85-90. https://doi.org/10.1109/IDAACS.2011.6072716 #dblp.
4. Мержвинский А.А. Синтез модели универсума — как теоретическая проблема кибернетики/ж. Проблемы управления и информатики, №3,| 2017, с. 160-171.
5. Мержвинский А.А. Модель универсума. Informations Models of Knowledge, XVI-th International Conference Knowledge – Dialogue – Solution, N. 15. – ITHEA, Sofia, 2009. p.31- 39. http://wiki.ithea.org/tiki-read_article.php?articleId=571.
6. Мержвинский А.А. Мержвинский П.А. От структуры канала связи к знаковой модели мира. Труды Северокавказского филиала московского технического университета связи и информатики, 2012, с.225-229.
7. А.А.Мержвинский. ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ – БАЗОВОЕ ЯДРО ТЕОРИИ ИНФОРМАТИКИ. ТРУДЫ СЕВЕРОКАВКАЗСКОГО ФИЛИАЛА МОСКОВСКОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА СВЯЗИ И ИНФОРМАТИКИ Подготовлено по результатам Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2018» 19 – 20 апреля 2018 года Ростов-на-Дону с. 282-295.
8. А.А. Мержвинский, А.А. Нерсесянц. ОБ ОБЪЕКТАХ ТЕОРИИ ИНФОРМАЦИИ. *Труды СКФ МТУСИ – 2019.* Подготовлено по результатам Международной научно-практической конференции «ИНФОКОМ-2018» 29 – 30 апреля 2018 года Ростов-на-Дону с. 49-62.
9. А.А. Нерсесянц, Моделирование инфокоммуникационных систем и сетей связи. Учебное пособие «Мультисервисные сети связи» Ростов-на-Дону 2017. С.127.
10. Академик В.М.Глушков – пионер кибернетики/Составитель В.П. Деркач – К.:Изд. Юпитер 2003 -384 с. Ил.
11. Зверев Г.Н Теоретическая информатика и ее основания. Уфа: УГАТУ, 1995-2001 г.
12. Палагин А.В., С.Л. Крывый, Н.Г.Петренко. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний / Луганск 2012, с.324.
13. К.К.Колин. ФИЛОСОФИЯ ИНФОРМАЦИИ: СТРУКТУРА РЕАЛЬНОСТИ И ФЕНОМЕН ИНФОРМАЦИИ. Институт проблем информации РАН. Метафизика. 2013, №4 (10), с.61-84.
14. BASIC STRUCTURE OF THE GENERAL INFORMATION THEORY
15. Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov. International Journal "Information Theories & Applications" Vol.14 / 2007.

16. FORMAL DEFINITION OF THE CONCEPT “INFOS”Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov, Evgeniya Velikova-Bandova. International Journal "Information Theories & Applications" Vol.11

17. С.А. Денискин. Понятие информации В КОНТЕКСТЕ КАТЕГОРИЙ «ОТРАЖЕНТИЕ», «ОТОБРАЖЕНИЕ», «СВЯЗЬ».

18. И.М. Докучаев ХИМЕРА ИНФОРМАЦИИ. http://artevik.narod.ru/publ/himera_informatio.html.

19. Моисеев Н.Н. Расставание с простотой. – М. : АГРАФ, 1998, с. 98.

20. Глушков В.М. О кибернетике как науке / В.М. Глушков // Кибернетика, мышление, жизнь. – *1964,* стр.53.

21. http://nuclphys.sinp.msu.ru/antimatter/ant18.htm.

22. https://terme.ru/termin/otrazhenie.html.

23. Iskandar Asadullaev· https://www.researchgate.net/publication/268732741_Ekspansia_podobia_kak_kategoria_filosofii_universalnyj_zakon_i_universalnaa_forma_dvizenia_materii.

24. Мержвинский А.А. От реального мира к объектам информатики и математики. /International Journal “Information Technologies & knowledge”, Vol.9, Number 2, 2015 p. 163-199.

25. А.А. Майоров, В.П. Седякин Общая и теоретическая информатика: учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2017.— 128 с.

26. ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ. ПОСТАНОВЛЕНИЕ. от 14 июня 2005 г. N 439-ПП. О ДАЛЬНЕЙШЕМ ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ МОСКОВСКОГО ГОРОДСКОГО ПОРТАЛА.

27. ГОСТ 2.053 2006.

28. В.В. Персианов, Е.И. Логинова Информационные системы / М. Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 191 с. https://books.google.com.ua/books?id=ouPS.

29. http://gtmarket.ru/concepts/7132.

30. Мержвинский А.А. ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАШИНЫ: НЕКОТОРЫЕ КАТЕГОРИИ ФУНКЦИЙ И КОМПОНЕНТ. International Journal “Information Theories and Applications”, Vol. 20, Number 1, 2013.

31. Ю.Лапыгин. Диссертационное исследование https://books.google.com.ua/books?id

32. А.В. Сосницкий . УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ КАК РАДИКАЛЬНАЯ РЕФОРМА СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ Математичні машини і системи, 2014, № 2 с. 161- 177А.В.

33. Сосницкий Формальное определение Интеллекта ж. «Штучний інтелект» 2014 № 2 С.15-27.

34. А. В. Сосницкий Искусственный интеллект и Универсальная гармоническая Методология Познания. ;ж. «Искусственный интеллект» №2, 2011.

35. Золян С.Т. Генетический код: грамматика, семантика, эволюция. https://cyberleninka.ru/article/v/geneticheskiy-kod-grammatika-semantika-evolyutsiya.

36. ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ НАУКИ Учебное пособие. Москва. Коллектив авторов. 2016. https://monographies.ru/ru/book/view?id=564.

37. Мержвинский А.А Патент Украины Промышленный образец № 19543 від 12.10.2009 «Комплект пристроїв для відображення універсума».

38. Поппер Карл Р. Объективное знание. Эволюционный подход. Пер. с англ. Д. Г. Лахути.Отв. ред. В. Н. Садовский. — М.: Эдиториал УРСС, 2002. — 384 с.

39. V. Lozovski. Towards the Semiotics of Noosphere/ International Journal "Information Theories & Applications, 2003, Vol.10, pp. 29-36.

А.М. Коршун, Е.А. Коломиец

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: образовательный процесс, внеаудиторная самостоятельная работа, электронное обучение, дистанционные образовательные технологии, информационно-коммуникационные технологии.

В работе рассмотрены некоторые вопросы модернизации самостоятельной работы обучающихся на базе информационных технологий. Предложены виды внеаудиторной самостоятельной работы с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий. Приведены информационные ресурсы и формы телекоммуникации, рекомендуемые для самостоятельной работы в учебном процессе.

A.M. Korshun, E.A. Kolomiets

ORGANIZATION OF INDEPENDENT WORK OF BACHELOR 'S DEGREES IN STUDY OF NATURAL AND SCIENTIFIC DISCIPLINES USING E-LEARNING AND REMOTE EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

North Caucasus Branch of the Order of the Red Banner of Labor of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Moscow Technical University of Communication and Informatics," Rostov-on-Don, Russia

Key words: educational process, off-site independent work, e-learning, remote educational technologies, information and communication technologies.

Some issues of modernization of independent work of students on the basis of information technologies are considered in the work. Types of off-site independent work using e-learning and remote educational technologies are proposed. Information resources and forms of telecommunications recommended for independent work in the educational process are given.

В условиях пандемии вызванной распространением коронавируса (COVID-19) системы образования во всем мире принимают меры по пересмотру организации образовательного процесса. В большинстве стран полностью или частично обучающиеся переведены на дистанционное обучение.

В соответствии с Положением «О реализации образовательных программ с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в условиях распространения коронавирусной инфекции на территории Российской Федерации» в СКФ МТУСИ осуществляется освоение образовательных программ с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Главными целями применения дистанционного образовательного процесса как важной составляющей в системе непрерывного образования в сложившихся условиях являются:

- сохранение качества образования студентов в соответствии с их интересами, способностями и потребностями;
- предоставление студентам возможности освоения образовательных программ непосредственно по месту жительства или временного пребывания (нахождения);
- создание условий для удовлетворения потребностей студентов в области образования [1].

Переход к использованию дистанционных образовательных технологий ставит перед преподавателем вуза проблему организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов, как основной составляющей учебно-воспитательного процесса, необходимой для качественной подготовки будущих бакалавров к их профессиональной деятельности.

Данная модель обучения предполагает принципиальный пересмотр организации учебно-воспитательного процесса в вузе, который должен строиться так, чтобы развивать у студентов творческие способности, путем перехода к индивидуальному обучению с учетом потребностей и возможностей каждой отдельно взятой личности [2].

В связи с этим можно сказать, что в настоящее время внеаудиторная самостоятельная работа студентов с использованием дистанционных образовательных технологий занимает лидирующее место в учебном процессе и служит достижению следующих целей:

- формирование навыков самообразования, развитие познавательных и творческих способностей личности;
- формирование научно-исследовательских компетенций обучающихся;
- внеаудиторное формирование общекультурных, профессиональных компетенций в рамках учебных дисциплин (модулей).

Успешность этой работы определяется рядом условий, к которым можно отнести:

- целенаправленное планирование и рациональную организацию;
- эффективную консультационную помощь;
- разнообразие видов и форм самостоятельной работы;
- обеспечение обучающихся необходимыми методическими и информационными ресурсами с целью превращения самостоятельной работы в творческий процесс;
- мотивированность обучающихся на выполнение заданий.

В данной статье мы поставили задачу определить возможные пути модернизации самостоятельной работы обучающихся как формы организации обучения, с использованием дистанционных образовательных технологий на примере дисциплины «Экология».

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов в рабочей программе дисциплины «Экология», разработанной в нашем ВУЗе в соответствии с

требованиями ФГОС ВО нового поколения, а так же на основании учебного плана направления подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», представлена следующим образом:

Модули дисциплины	Направление подготовки 11.03.02
	внеаудиторная самостоятельная работа студентов (ВСРС) (час.)
Модуль 1. Основы общей экологии	16
Модуль 2. Биосфера и её антропогенное загрязнение	28
Модуль 3. Рациональное природопользование и система обеспечения экологической безопасности	28

В первом модуле выделяются три основных направления:

- экология организмов (аутэкология), которая изучает индивидуальные связи отдельной особи или групп особей одного вида с окружающей средой;
- экология популяций (демэкология), в задачи которой входит изучение структуры, динамики популяций отдельных видов (механизмы регуляции численности организмов, оптимальная плотность и др.);
- экология сообществ, или биоценология (синэкология), которая изучает взаимоотношения популяций, сообществ и экосистем со средой, структуру и механизмы функционирования биогеоценозов.

Во втором модуле рассматриваются следующие вопросы: основные биосферные циклы (кислорода, углерода, азота, фосфора); глобальные экологические проблемы; учение Вернадского В.И. о биосфере и его основные положения.

Особое внимание уделяется вопросам загрязнения атмосферы, гидросферы, почвы.

Модуль три представлен следующими направлениями: экология и экономика, экология урбанизированных территорий, система обеспечения экологической безопасности в России и международное экологическое сотрудничество.

Рабочая программа дисциплины содержит как самостоятельную работу студентов, так и аудиторные занятия, при этом происходит перераспределение рабочего времени между самостоятельной работой обучающихся и аудиторными занятиями в пользу первых, которая составляет 2/3 учебного времени по дисциплине.

Однако, виды внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся с использованием дистанционных образовательных технологий могут быть различными, например [3]:

- работа с электронным учебником и электронными образовательными ресурсами (основной и дополнительной литературой, учебно-методическим обеспечением дисциплины для самостоятельной работы обучающихся, рекомендуемыми источниками для углубленного изучения учебного материала);
- просмотр онлайн-лекций;
- компьютерное тестирование;
- подготовка ответов на контрольные вопросы по теме;
- ознакомление с нормативными и правовыми документами;
- подготовка рефератов, докладов и т.д.;
- выполнение расчётно-графических работ;

– самостоятельное изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области профессиональной деятельности.

Кроме электронных образовательных ресурсов, в процессе дистанционного обучения могут использоваться традиционные информационные источники, в том числе учебники, учебные пособия, задачники, энциклопедические и словарно-справочные материалы, прикладные программные средства и пр.

Для контроля усвоения учебного материала целесообразно проводить контрольные работы в виде короткого письменного ответа на несколько вопросов, тестирование и т.д. Контрольные мероприятия при должной их организации позволяют не только оценить знания материала, но и закрепить его у обучаемых.

Каждый преподаватель имеет право использовать различные методы и средства обучения, которые он считает наиболее эффективными при реализации дистанционного обучения, а также может по своему выбору использовать любые информационные технологии и прикладное программное обеспечение, сочетая их для различных способов взаимодействия (синхронном или несинхронном) со студентами.

Реализация и освоение образовательных программ с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий предусматривает применение для самостоятельной работы обучающихся информационно-коммуникационных технологий, в части использования информационных ресурсов и виртуальной среды для общения и обучения.

Дистанционные образовательные технологии позволяют сегодня обеспечить эффективное взаимодействие преподавателя и студента, которые разделены во времени и пространстве.

Надо сказать, что сами информационно-коммуникационные технологии, по сути, являются совокупностью методов обучения, обеспечивающих оптимальное и эффективное восприятие, усвоение и использование учебной информации в интерактивном режиме.

К информационным ресурсам, рекомендуемым для самостоятельной работы в учебном процессе по дисциплине «Экология» можно отнести [3;4]

а) интернет-ресурсы

«Россия в окружающем мире» (ежегодник) http://eco-mnepu.narod.ru/book/

б) Сайты:

Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации http://www.mnr.gov.ru,

Гринпис России http://www.greenpeace.org/russia/ru/,

WWF (Всемирный фонд дикой природы) http://www.wwf.ru/,

Центр экологической политики России и др. сайты государственных и общественных экологических организаций http://www.ecopolicy.ru,

а так же словари, энциклопедии, виртуальные библиотеки (научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, Электронно-библиотечная система Znanium.com и др.),

Справочная система КонсультантПлюс (некоммерческая интернет-версия), информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" и т.д.

Для организации диалога в сети «преподаватель – студент», целесообразно использовать такие формы телекоммуникации, как электронная почта, социальные сети, форум, веб-конференция, видео-телефония и т.д.

Остановимся на некоторых из них [3;4]:

- электронная почта является альтернативным способом оказания помощи студенту дистанционно. Электронная почта воспринимается преимущественно как средство для передачи инструкций преподавателем студентам, проведения индивидуальных консультаций, выполнения и сдачи письменных работ и переписки студентов между собой;
- социальная сеть сегодня – это, в первую очередь, инструмент для общения on-line, который нам предлагает Интернет. Это интернет-площадка, которая позволяет зарегистрированным на ней пользователям размещать информацию о себе и общаться, устанавливая социальные связи. Контент на такого рода сайтах размещается непосредственно самими пользователями (UGC - user-generated content);
- видео-телефония (Skype, WhatsApp и др.) – это возможность видеть друг друга во время телефонного общения. Видеосвязь позволяет более продуктивно общаться т.к. посредством голоса передается лишь 20% информации;
- видеоконференция (Zoom и др.) – это интерактивный инструмент, который включает в себя аудио, видео, компьютерные и коммуникационные технологии для осуществления связи удаленных территориально собеседников «лицом к лицу» в реальном времени, а также разделения всех типов информации, включая данные, звук, изображение, документы и т.п. В сущности, видеоконференция позволяет преодолеть барьер расстояния, который нас разделяет.

Все выше перечисленные информационно-коммуникационные технологии позволяют повысить активность студентов и из пассивного получателя информации они превращаются в её добытчиков. Образовательные технологии, реализуемые с применением информационно-телекоммуникационных сетей при дистанционном взаимодействии обучающихся и профессорско-преподавательского состава, становятся неотъемлемой частью для организации диалога в сети «преподаватель – студент».

Завершающим этапом самостоятельной работы обучающихся является представление полученных результатов на итоговом дистанционном занятии с дальнейшим их обсуждением в режиме видеоконференции.

Важно, чтобы в обсуждении и оценке результатов выполненной работы принимали участие, как преподаватель, так и сами обучающиеся. Открытое оценивание результатов деятельности однокурсников в режиме видеоконференции позволяет сформулировать субъективные критерии оценивания, корректно выразить замечания и предложения.

В заключение отметим, что это лишь ряд возможностей, которые нам предоставляют современные информационно-коммуникационные технологии, в части применения различных информационных ресурсов и виртуальной среды для общения и обучения. Внедрение электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в образовательную среду послужит эффективным инструментом не только в модернизации организации внеаудиторной самостоятельной работы студентов, но и всего учебного процесса.

Литература:

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 23.08.2017 г. № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями,

осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ».

2. Милованова Г.В. Самостоятельная работа студентов в условиях дистанционного образования//Гуманитарий: актуальные проблемы гуманитарной науки и образования. – Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск), 2014. – №3 (27), с.72– 76.

3. Коршун А.М., Коршун М.С. Роль информационных технологий в экологическом образовании//«ИНФОКОМ-2012»/ Материалы международной молодежной научно-практической конференции СКФ МТУСИ, 22-25 апреля 2012 г. Ростов-на-Дону. – ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2012, ч. 1., с. 250-253.

4. Коломиец Е.А., Коршун А.М. Совершенствование внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся на базе информационных технологий//«ИНФОКОМ-2017»/ Материалы международной молодежной научно-практической конференции СКФ МТУСИ, 16-18 мая 2017 г. Ростов-на-Дону. – ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, ч. 2., с. 309-314.

А.Н. Чикалов, Д.С. Цветков, И.П. Рыбалко, А.П. Зверев[1]

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА ТЕЛЕТАЙПА TELCO F2500 ДЛЯ УПРОЩЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Академия гражданской защиты МЧС России[1]

Ключевые слова: симулятор, учебный процесс, телетайп, разработка приложений.

На предприятиях связи используется большое количество систем и средств передачи информации. Студент, в процессе обучения, должен получить звания, умения, навыки работы на максимальном количестве техники. Однако возникает проблема – учебные заведения не в состоянии обладать средствами и системами в достаточном количестве для обучения.

Решением этой проблемы является создание симуляторов на базе ПЭВМ. В статье рассматривается принципы выбора языка программирования и операционной системы при создании симулятора телетайпа F2500.

A.N. Chikalov, D.S. Tsvetkov, I.P. Rybalko, A.P. Zverev[1]

DEVELOPMENT OF THE TELCO F2500 TELETYPE SIMULATOR TO SIMPLIFY THE EDUCATIONAL PROCESS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia, Rostov-on-don, Russia
Academy of civil protection of EMERCOM of Russia[1]

Keywords: simulator, educational process, teletype, application development.

Communication companies use a large number of systems and means of transmitting information. The student, in the course of training, should receive titles, skills, and skills to work with the maximum amount of equipment. However, there is a problem-educational institutions are not able to have sufficient funds and systems for training.

The solution to this problem is to create simulators based on PC. The article discusses the principles of choosing programming languages and operating systems when creating a teletype simulator F2500.

Одной из важных составляющих образовательного процесса является формирование профессиональных навыков у студентов, добиться этого позволяет освоение умений и навыкав, полученных на основе теоретических знаний, приобретённых в ходе аудиторных занятий. Однако существует ряд причин, снижающих эффективность обучения и приобретения студентами практических навыков в рамках учебного процесса:

- невозможность обеспечения студентов необходимым количеством учебных средств для приобретения практических навыков к полученным ранее теоретическим знаниям;
- «изучаемая на практических занятиях специальная техника дорогостоящая, нередко в наличии в единственном экземпляре, что препятствует ее массовому использованию» [1];
- ежегодное увеличение стоимости ремонта и обслуживания используемого специального оборудования;
- невозможность детального рассмотрения принципов работы устройств в виду их сложности освоения устаревшей техники.

Поэтому возникает потребность в учебном процессе к использованию виртуальных симуляторов. Они хорошо решают задачу формирования устойчивых профессиональных навыков тем самым позволяя решать перечисленные выше проблемы.

На основе всего вышеперечисленного в рамках нашего университета возникла потребность в разработке модели виртуального симулятора телетайпа Telco F2500.

В процессе разработки симулятора возник вопрос выбора платформы для написания проекта. Изначально выбор пал на несколько платформ для разработки приложений. На начальном этапе обсуждалось использование платформы Delphi 7, но с ней возникли следующие проблемы:

- последняя версия платформы вышла в 2002 году и за прошедшее время многие технологические решения утратили актуальность;
- Delphi 7 из-за своих технологических решений не может гарантировать стабильную работоспособность на современных операционных системах;

– недостаточность базовых функций редактирования кода;
– устаревший синтаксис и среда программирования.

Исходя из перечисленных выше причин от платформы Delphi 7 было решено отказаться в пользу более новых платформ.

Были рассмотрены следующие платформы: Windows Forms, WPF и UWP. Платформу UPW было решено не использовать сразу, так как приложения, написанные на ней, работают лишь на операционной системе Windows 10. Платформы Windows Forms и WPF имеют схожий функционал. Каждая из них позволяет сделать удобный пользовательский интерфейс с использованием «большой коллекции элементов управления от корпорации Микрософт и ее партнеров» [2], использовать преимущества высокого разрешения и воспользоваться широкими возможностями ввода и выводами информации. Но платформа Windows Forms имеет ряд дополнительных приемуществ:

– широкие возможности работы с графикой и пользователями (например, сенсорный ввод и анимация);
– редактор WYSIWYG для создания пользовательского интерфейса;
– быстрая разработка приложений.

А платформа WPF же имеет несколько существенных недостатков таких как, сложность при разметке пользовательского интерфейса и ограниченные возможности работы с графикой.

После анализа преимуществ и недостатков различных платформ, было решено остановится на Windows Forms.

На втором этапе стал вопрос выбора языка программирования. Из рассмотренных в приоритете оказались языки программирования C# и C++. Язык программирования C++ обладает большим ассортиментом библиотек, менее требователен к ресурсам персонального компьютера и является кроссплатформенным. Несмотря на наличие этих качеств, в условиях поставленной задачи язык C++ в сравнительной характеристике проигрывает языку C#. C# имеет следующие преимущества для реализации задачи создания симулятора Telco F2500:

– C# позволяет стартовать разработку быстрее, а это позволяет быстрее получить прототип решения;
– приложения на C# удобнее отлаживать в время разработки;
– синтаксис на C# выглядит проще и лаконичнее, что упрощает написание кода
– стоимость поддержи приложений на C# несколько дешевле чем на C++.

Приведенные преимущества оказались решающими в выборе языка программирования для реализации проекта.

После окончания аналитической работы по выбору платформы и языка программирования приступили к созданию пользовательского интерфейса. Итоговый пользовательский интерфейс можно увидеть на рисунке 1.

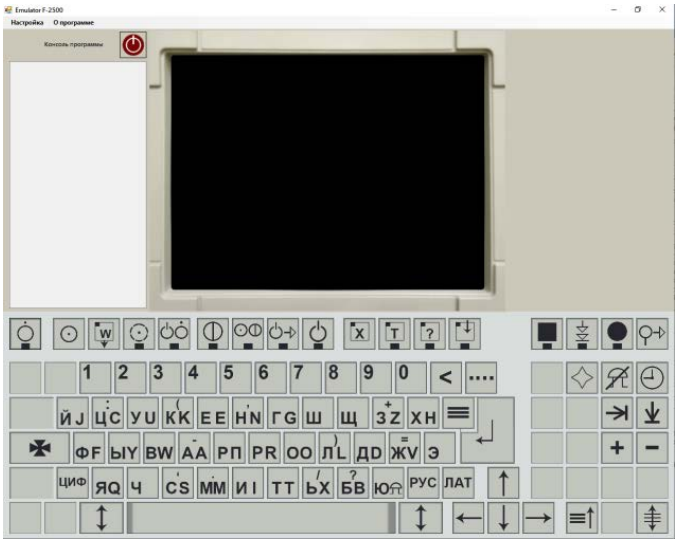


Рисунок 1. Главный пользовательский интерфейс

Одной из главных целей проекта было создание максимально приближенного к реальному аппарату внешнего вида. К тому же были добавлены элементы для упрощения процесса обучения. Одним из этих элементов является поле «Консоль программы», подсказывающее пользователю особенности работы и указывающее на ошибки. Пример такой подсказки показан на рисунке 2.

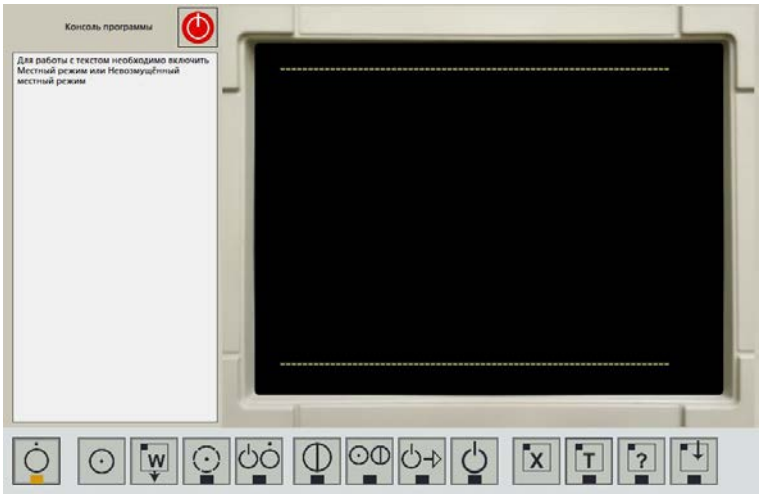


Рисунок 2. Подсказка для пользователя

Так же у аппарата телетайп присутствует возможность печати текста. В симуляторе это было реализовано по средствам «Виртуального принтера». Пример вывода текста на «виртуальный принтер» показан на рисунке 3.

Рисунок 3. Виртуальный принтер

Одной из главных функций телетайпа Telco F2500, является работа с текстами. В симулятор эта функция была перенесена полностью. Меню режима работы с текстовыми накопителями предоставлено на рисунке 4.

В настоящее время поводится апробация и тестирование симулятора. После завершения работы планируется использовать симулятор в учебном процессе для получения студентами практических навыков работы к полученным ранее теоретическим знаниям.

Рисунок 4. Меню работы с текстом.

Литература:

1. *Коженков А.О.* Виртуальные симуляторы специальной техники в системе высшего образования // фундаментальные исследования. – 2015. – № 12-2. – с. 278-282.

2. *Microsoft* ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПРИЛОЖЕНИЙ // Центр для разработки на Windows. – 2020.

3. *Башмаков А.И., Башмаков И.А.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: «Филинь», 2003.

4. *Бурдин Б.В., Михайлюк М.В., Сохин И.Г.* Использование виртуальных 3d-моделей для экспериментальной отработки бортовых полетных операций, выполняемых с помощью антропоморфных роботов// Робототехника и техническая кибернетика. – 2013. – №1. – С. 42–46.

А.Э. Боярчук[1], В.И. Юхнов

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РЕФОРМИРОВАНИЯ ТАМОЖЕННОЙ СЛУЖБЫ В ЧАСТИ ВНЕДРЕНИЯ ПЕРЕДОВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Ростовский филиал государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Российская таможенная академия», Ростов-на-Дону, Россия[1]
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: электронное декларирование, удаленный выпуск, автоматическая диспетчеризация, автоматическая регистрация, автоматический выпуск.

Статья посвящена анализу реализации передовых технологий, обеспечивающих деятельность электронных таможен и центров электронного декларирования. Авторами представлена динамика развития технологий удаленного выпуска, автоматической регистрации и автоматического выпуска за период 2018–2019 годов.

E.A. Boyarchuk[1], I.V. Yukhnov

PROBLEMS AND PROSPECTS OF CUSTOMS SERVICE REFORM IN TERMS OF INTRODUCTION OF ADVANCED INFORMATION TECHNOLOGIES

Rostov branch of the state state educational institution of higher education "Russian customs Academy", Rostov-on-don, Russia[1]
North Caucasian branch of the order of the red banner of Labour of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia

Keywords: remote release, automatic dispatch, automatic registration, automatic release.

The article analyzes the implementation of advanced technologies that ensure the operation of electronic customs and electronic Declaration centers. The authors present the dynamics of development of remote release, automatic registration and automatic release technologies for the period 2018-2019.

Ростовский таможенный пост (ЦЭД) в соответствии с Приказом ФТС России от 31.05.2018 № 834 является таможенным постом (ЦЭД). В соответствии с данным нормативно-правовым актом полномочия таможенного поста (ЦЭД) ограничиваются исключительно совершением таможенных операций в отношении товаров, декларируемых с использованием информационной технологии представления таможенным органам сведений в электронной форме для целей таможенного декларирования товаров, в том числе с использованием информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» [1].

Ростовский таможенный пост (ЦЭД) появился в структуре Ростовской таможни 12.01.2011 в соответствии с Приказом ФТС России от 21.09.2010 № 1773 [2]. Его деятельность заключается в применении технологии удаленного выпуска, благодаря которой возможно взаимодействие с таможенными постами фактического контроля в процессе электронного декларирования. В соответствии с Письмом ФТС России от 22.07.2011 № 01-11/34924 Ростовский таможенный пост (ЦЭД) включен в список таможенных постов, которые осуществляют свою деятельность с применением технологии удаленного выпуска [2].

Одним из приоритетных направлений реформирования таможенной системы РФ является концентрация электронного декларирования в ЦЭД. ФТС России должна выполнять показатели Комплексной программы ее развития на период до 2020 года, в частности, в части концентрации электронного декларирования в ЦЭД (Приложение 1) [13]. В этой связи Ростовский таможенный пост является одним из таможенных органов, участвующих в эксперименте по концентрации электронного декларирования в соответствии с Распоряжением ФТС России от 04.06.2018 № 113-р [1]. На рисунке 1. представлены результаты такого эксперимента на Ростовском таможенном посту (ЦЭД).

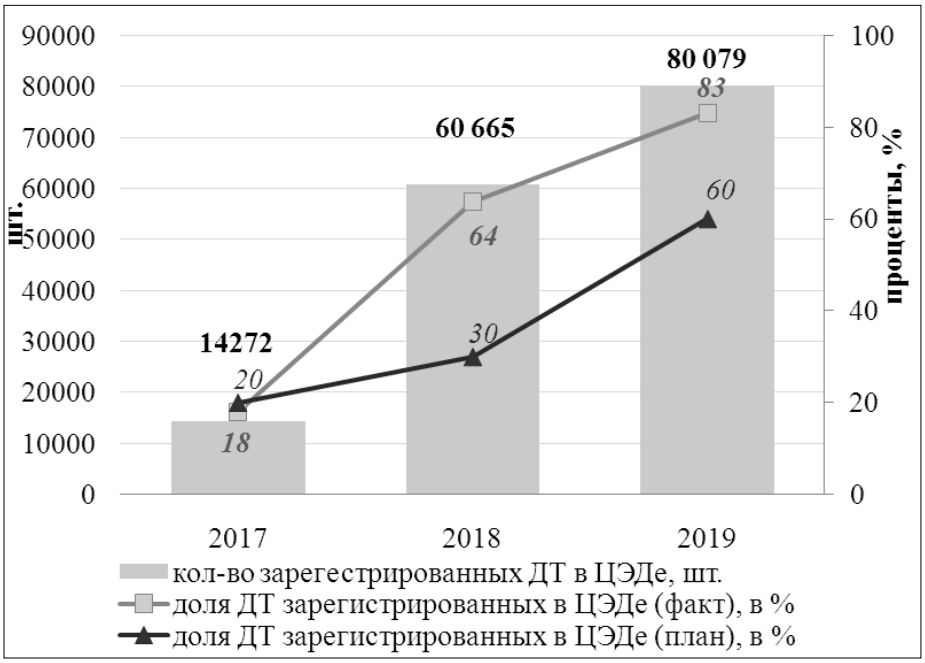


Рисунок 1. Концентрация электронного декларирования на Ростовском таможенном посту (ЦЭД) (2017–2019 гг.)

Наблюдается выполнение показателя по концентрации электронного декларирования на Ростовском таможенном посту (ЦЭД) в регионе деятельности Ростовской таможни. В 2019 году доля ЭДТ, зарегистрированных Ростовским таможенным постом (ЦЭД), от общего количества зарегистрированных в регионе деятельности Ростовской таможни ЭДТ составила 83 %, что на 23 п.п. больше планового показателя и на 19 п.п. больше аналогичного показателя предыдущего года. Суть эксперимента по концентрации электронного декларирования в ЦЭД заключается в сокращении полномочий таможенных постов фактического контроля, связанных с электронным декларированием. В этой связи основные объемы декларирования возрастают в работе Ростовского таможенного поста (ЦЭД), о чем свидетельствуют показатели: в 2019 году было зарегистрировано 80 079 ЭДТ, в 2018

году – 60 665 ЭДТ, в 2017 году – 14 272 ЭДТ. Возрастание объемов декларирования на Ростовском таможенном посту (ЦЭД) стало возможным за счет увеличения фактической штатной численности: в 2019 году – 53 кадровых единиц, в 2018 году – 46, в 2017 году – 13. Начиная с 2018 года, на Ростовский таможенный пост (ЦЭД) были прикомандированы должностные лица с иных таможенных постов Ростовской таможни.

Как уже было отмечено ранее, Ростовский таможенный пост (ЦЭД) работает исключительно на технологии удаленного выпуска, соответственно, взаимодействует с таможенными постами фактического контроля (рис. 2).

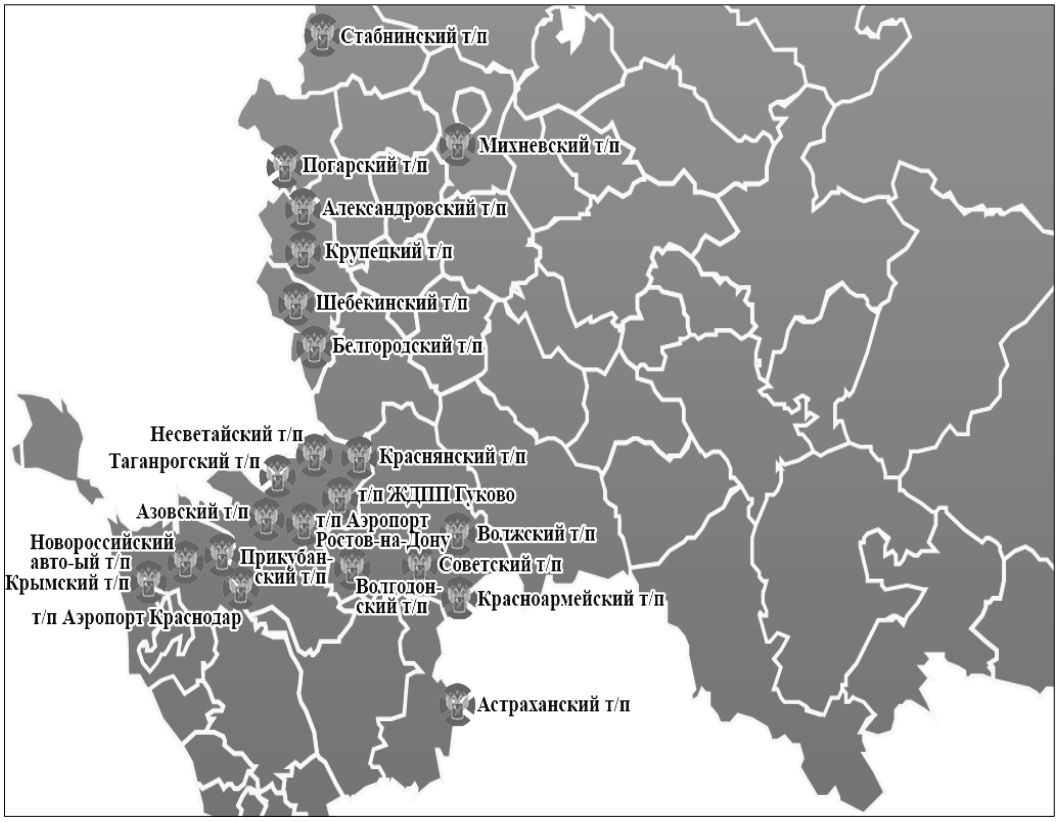


Рисунок 2. Регион применения технологии удаленного выпуска Ростовским таможенным постом (ЦЭД)

Следует отметить, что основная часть таможенных постов фактического контроля, с которыми взаимодействует Ростовский таможенный пост (ЦЭД), находится в регионе деятельности Южного таможенного управления.

Некоторые таможенные посты фактического контроля расположены в регионе деятельности других региональных таможенных управлений, в частности, в регионе деятельности Центрального таможенного управления. Это связано с тем, что в соответствии с Письмом ФТС России от 19.10.2018 № 01-11/66432 электронное декларирование товаров на Ростовском таможенном посту (ЦЭД) в случае, если товар находится в регионе деятельности иного регионального таможенного управления, чем Южное таможенное управление, возможно только в отношении ЭДТ, поданных участниками ВЭД с низким уровнем риска [2].

Одним из направлений деятельности Ростовского таможенного поста является развитие технологий автоматической регистрации и автоматического выпуска. На рисунке 3 представлены абсолютные показатели регистрации – объемы фактической регистрации и автоматической регистрации в разрезе ЭДТ.

Как показывает анализ, фактические объемы регистрации ЭДТ выросли за исследуемый период времени: в 2019 на 32 % в сравнении с 2018 годом, в 2018 году на 325 % в сравнении с 2017 годом. Также выросли фактические объемы автоматической регистрации ЭДТ: в 2019 на 81 % в сравнении с 2018 годом, в 2018 году на 257 % в сравнении с 2017 годом.

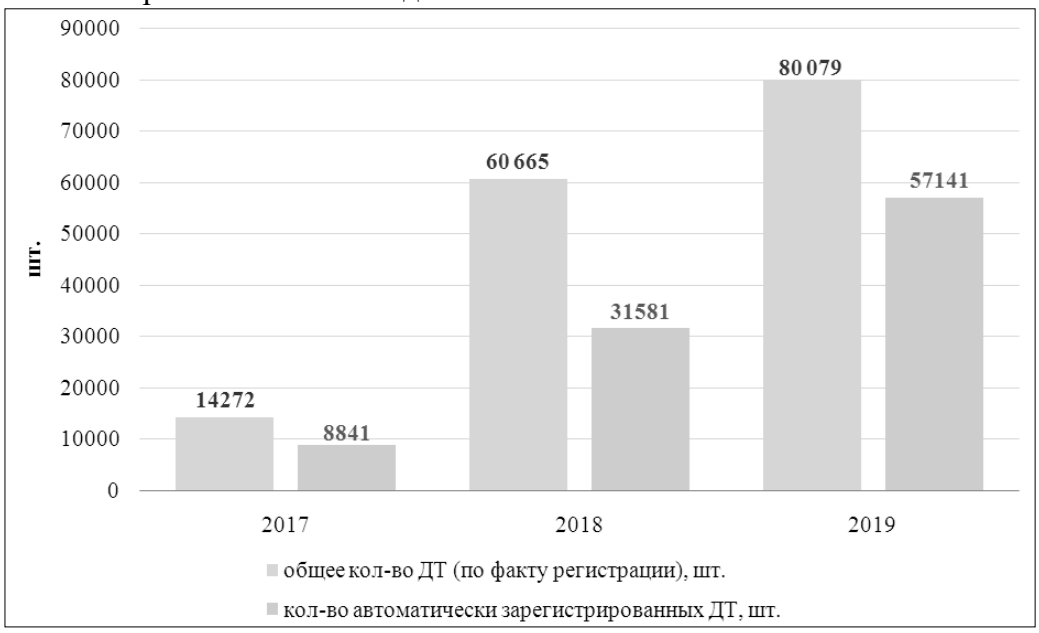


Рисунок 3. Реализация технологии автоматической регистрации на Ростовском таможенном посту (ЦЭД)

На рисунке 4 представлены абсолютные показатели выпуска товаров – объемы фактического выпуска товаров и автоматического выпуска товаров в разрезе ЭДТ.

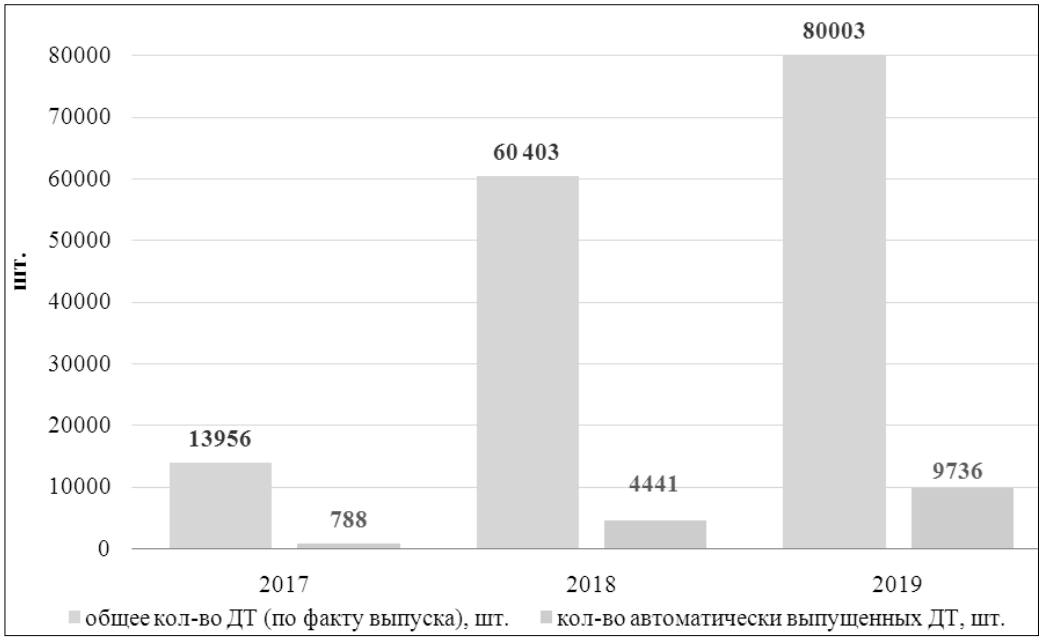


Рисунок 4. Реализация технологии автоматического выпуска на Ростовском таможенном посту (ЦЭД)

Как показывает анализ, фактические объемы выпуска товаров выросли за исследуемый период времени: в 2019 на 33 % в сравнении с 2018 годом, в 2018 году на 333 % в сравнении с 2017 годом. Также выросли фактические объемы автоматического выпуска: в 2019 на 119 % в сравнении с 2018 годом, в 2018 году на 464 % в сравнении с 2017 годом.

На рисунке 5 представлена динамика выполнения показателей автоматической регистрации Ростовским таможенным постом (ЦЭД) в отношении «экспортных» ЭДТ.

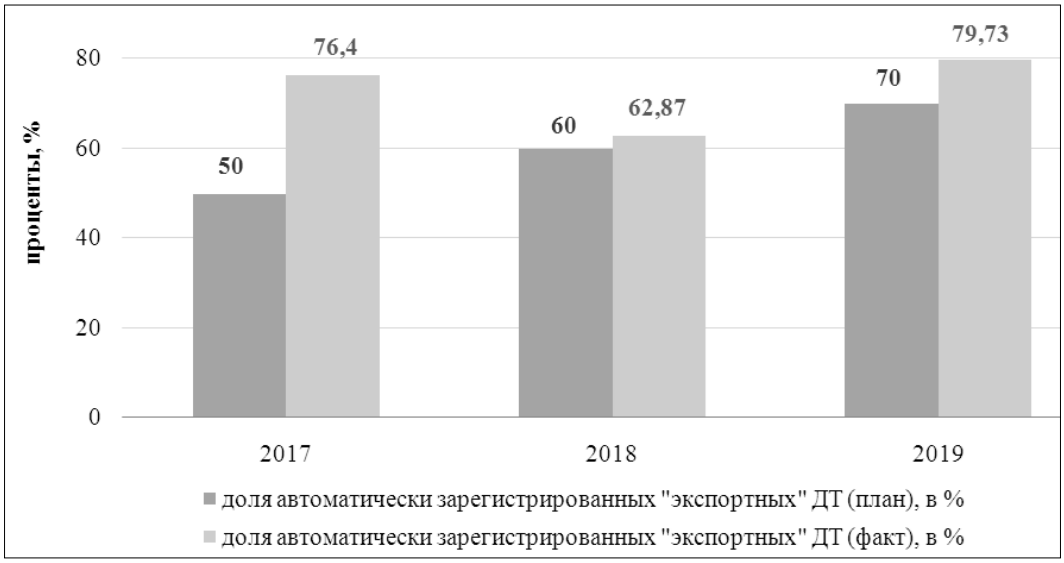


Рисунок 5. Выполнение показателя технологии автоматической регистрации «экспортных» ЭДТ Ростовским таможенным постом (ЦЭД)

Показатели автоматической регистрации в отношении «экспортных» ЭДТ с 2016 по 2019 год успешно выполнены.

Однако, показатели автоматической регистрации в отношении «импортных» ЭДТ с 2016 по 2019 год не выполнены. Не выполнены и показатели автоматического выпуска в отношении «экспортных» ЭДТ с 2016 по 2019 год.

Таким образом, Ростовский таможенный пост (ЦЭД) во исполнение показателей Комплексной программы развития ФТС России на период до 2020 года проводит реализацию передовых информационных технологий, успешно участвует в эксперименте по концентрации электронного декларирования в регионе деятельности Ростовской области. Следует отметить, что по итогам реформирования таможенной системы РФ в 2020 году должна быть создана Южная электронная таможня, а Ростовский таможенный пост (ЦЭД) будет переименован в Южный таможенный пост (ЦЭД) и переподчинен Южной электронной таможне. При этом в регионе деятельности Южного таможенного управления будут работать два ЦЭД: Новороссийский таможенный пост (ЦЭД) в составе Новороссийской таможни и Южный таможенный пост (ЦЭД) в составе Южной электронной таможни. Первый будет заниматься оформлением товаров, перемещаемых морским транспортом, второй – оформлением товаров, перемещаемых иными видами транспорта.

Проблемы таможенного администрирования в части внедрения информационных технологий путем создания электронных таможен и ЦЭД являются одним из препятствий текущего реформирования ФТС России. На сегодняшний день все информационные таможенные технологии используются исключительно в рамках информационных систем, в частности, технологии, которые

применяют непосредственно должностные лица таможенных органов при совершении таможенных операций, связанных с электронным декларированием, реализуются в рамках ЕАИС ТО.

Проблема функционирования информационной системы таможенных органов, в рамках которой применяются передовые таможенные технологии, используемые в деятельности электронных таможен и ЦЭД, является одной из основных проблем таможенного администрирования в части внедрения информационных технологий в условиях текущего реформирования. На сегодняшний день ЕАИС ТО имеет ряд проблем, которые замедляют вычислительные процессы в ее работе [3]:

1. Вычислительные ресурсы ЕАИС ТО в долгосрочной перспективе не способны обеспечить обработку постоянно возрастающего объема данных.
2. Круглосуточная работа ЕАИС ТО создает риски образования сбоев, что влечет за собой приостановление осуществления таможенных операций должностными лицами, работающими с информационной системой и т.д.

Несмотря на все вышеуказанные проблемы ФТС России обладает наиболее развитой информационной системой среди государственных органов РФ. Все таможенные операции, реализуемые в информационной системе таможенных органов, осуществляются в режиме «онлайн», при этом в краткосрочной и долгосрочной перспективе намечается тенденция увеличения их объема. В этой связи ФТС России должна обеспечивать обработку возрастающих информационных потоков за наиболее меньшее время.

Комплексная программа развития ФТС России на период до 2020 года ставит перед таможенными органами РФ важные задачи по концентрации декларационного массива в ЦЭД, автоматизации регистрации деклараций и выпуска товаров. В связи с тем, что ФТС России должна эффективно выполнить поставленные перед ней вышеизложенные задачи ГУИТ были разработана и утверждена отдельная программа развития информационных технологий, которая утвердила проведение следующих мероприятий [4]:

- доработка программных средств, работа которых должна соответствовать показателям Комплексной программы;
- обеспечение отказоустойчивости информационных систем и др.

Для решения проблемы непрерывности функционирования ЕАИС ТО и исключения технических сбоев в рамках программы развития информационных технологий принято решение о строительстве нового передового ГЦОД, создание которого планируется на базе Тверской таможни. Данный центр начнет работу в 2022 году. В нем будет сконцентрирована вся информация, хранящаяся на данный момент на уровне таможенных постов, таможен и региональных таможенных управлений. Это значит, что информационные ресурсы будут перемещены на центральный уровень. Таким образом, получится максимально минимизировать сбои и сократить количество оборудования на местах.

Следующим направлением решения проблемы функционирования ЕАИС ТО является обеспечение информационной безопасности и надежности. В этой связи вся информационная система в центре будет задублирована, и выход из строя какого-то компонента не скажется в целом на функционировании процесса. Рядом с площадкой будущего ГЦОД расположена электростанция, и ФТС России не будет ограничена в подводе электроэнергии к данному объекту. Кроме того, в соответствии с договоренностями ФТС России и администрации города Тверь ГЦОД будет обеспечен резервным источником питания от другой линии, чтобы защититься от сбоев. Следует отметить, что на сегодняшний день во избежание технологических

сбоев каждый ЦЭД оснащен дизель-генераторной установкой и источником бесперебойного питания, которые в случае аварии минимум на час обеспечат его электричеством.

С точки зрения информационной безопасности ЕАИС ТО не имеет прямого подключения к внешним сетям общего пользования. В ее состав входит автоматизированная система внешнего доступа, которая и создана именно для того, чтобы купировать возможные проблемы, связанные с негативным внешним воздействием. Подключиться к ЕАИС ТО напрямую невозможно. Помимо этого, введена в эксплуатацию система обеспечения безопасности информации, включающая в себя 16 различных компонентов, каждый из которых решает свои задачи. В структуре ГУИТ создана служба информационной безопасности, которая отвечает за все эти вопросы. Важно отметить, что все системы информационной безопасности – это программные средства российского производства, которые не уступают импортным аналогам, а по некоторым показателям их превосходят.

В части совершенствования и обновления оборудования ФТС России были сделаны определенные шаги [5]:

- закуплены новые рабочие станции и серверное оборудование;
- выстроены каналы передачи данных и локальная вычислительная сеть;
- проведены серьезные работы по разработке методологической основы
- созданы различные типовые решения для информационно-технических подразделений ЦЭД.

Все это привело к хорошим результатам в части надежности и производительности. С начала функционирования ЦЭД количество сбоев и нештатных ситуаций снизилось практически до нуля.

ЕАИС ТО должна быть эффективной и результативной для государства и незаметной для бизнеса [5]. Необходимо обеспечить быстрый и качественный сервис для добропорядочных участников ВЭД, максимально применяя механизмы автоматического выпуска, но при этом реализовать необходимый контроль с максимальной эффективностью для государства. В этой связи в вопросах автоматизации ФТС России ориентируется именно на автоматическое принятие решений. А для этого необходимы серьезные вычислительные ресурсы.

К концу 2020 года таможенное оформление будет сконцентрировано в 16 ЦЭД. Автоматическая регистрация должна быть доведена до 99% деклараций, автоматический выпуск – до 80% деклараций участников ВЭД низкого уровня риска. Таким образом, 2/3 декларационного массива будет выпускаться без участия инспектора.

Важной задачей при создании ЦЭД являлся разрыв непосредственного контакта таможенного инспектора с правом выпуска и участником ВЭД – для минимизации коррупционных рисков. При этом по всем вопросам оформления товаров можно обратиться на «горячие линии».

В глобальном смысле система таможенных органов медленно, но верно, идет по пути:

- «облачности» таможенных баз и их интеграции в единую систему с базами других государственных органов России (так называемое «единое окно»);
- интеграции с таможенными базами других стран, в частности Китая, когда сопоставление данных «импортных» и «экспортных» деклараций станет автоматическим (руководство ФТС сетует на то, что с Китаем уже достигнуты договоренности по всем ключевым

вопросам, кроме раскрытия цены поставляемого товара, ссылаясь на коммерческую тайну).

Среди трендов развития электронного декларирования в условиях реформирования таможенной системы выделим следующие:

1. Работа в соответствии с ранее привычной практикой без понимания нормативных правил больше не будет иметь место, т.к. пропадут устоявшиеся практики работы с конкретными инспекторами и постами.

2. Время ответа ЦЭД сократится и работать можно будет круглосуточно, но вместе с тем повысится степень индифферентности инспекторов и снизится уровень их экспертности в нестандартных случаях – таможне придется чем-то жертвовать ради автоматизации процесса декларирования. Сложные случаи будут рассматриваться самыми высококомпетентными сотрудниками, но их мало по сравнению с потоком декларирования, поэтому рассмотрение будет медленным или происходить только в случае явного конфликта с участником ВЭД.

3. Отсутствие возможности позвонить и выяснить суть проблемы у инспектора, а обжалование решений и действий инспектора в суде станет более проблематичным. Это связано с тем, что обжалование производится по месту принятия решения, а если ЦЭД будут размещены даже не по областям, а только по регионам, то судебное обжалование для участников ВЭД из других городов региона, отдаленных от месторасположения ЦЭД, станет весьма затруднительным и не оперативным методом воздействия на таможенный орган. Самым ярким примером является принятие судом обеспечительных мер для недопущения списания таможней доначислений по требованиям. Конечно, арбитражная судебная система тоже внедряет электронные технологии коммуникаций, но во многих случаях бумажные документы и личное присутствие до сих пор имеют значение.

4. Увеличение числа элементов системы за счет разделения таможен фактического контроля и документального контроля неизбежно приведет к погрешности коммуникации между ними, по крайней мере, в первый год работы. Уже сейчас участники ВЭД, декларирующие в Приволжской электронной таможне жалуются на то, что сроки выпуска затягиваются. Перемены не всегда проходя, как это требуется.

5. Упрощение первичного контроля повлечет необходимость усиления вторичного контроля в последующие 3 года после декларирования, и он станет «хлебом с маслом» для таможен фактического контроля на местах и все более эффективным с учетом тенденции к интеграции информационных систем ФНС и ФТС России.

6. Переход таможни на «облачные» технологии, централизация функционала и снижение накладных расходов на содержание аппарата на местах потребует от декларантов аналогичных мер интеграции – объединение и аутсорсинг непроизводственных, но требующих высокой компетенции функций, связанных с ВЭД (как например, вопросы классификации и юридического сопровождения).

На сегодняшний день, несмотря на результативность реформирования ФТС России, при реализации передовых технологий возникают различного рода проблемы, решение которых является необходимым в условиях цифровой трансформации таможенного администрирования. Одной из проблем является недостаточность высококвалифицированных кадров, поступающих на государственную службу в качестве инспекторов ЦЭД. От уровня их квалификации напрямую зависит успешность реализации передовых технологий. В этой связи необходимо ввести дополнительные курсы подготовки кадров для ЦЭД, а также

ввести соответствующие практические дисциплины для студентов Российской таможенной академии.

При реализации автоматической регистрации и автоматического выпуска возникаю проблемы, связанные с прохождением ЭДТ критериев, установленных для возможности применения рассматриваемых технологий. Большая часть ошибок несоответствия критериям субъективна в связи с недоступностью таких критериев для декларантов. Решать данную проблему необходимо в кратчайшие сроки в силу того, что для 2020 года плановый показатель для автоматической регистрации установлен на уровне 95 %, для автоматического выпуска – 80 %. С текущими проблемами достигнуть таких значений будет сложно. В этой связи предлагается исключить возможность совершения субъективных ошибок за счет проработки критериев и программных средств, а также обсуждения проблемных вопросов с бизнес сообществом.

Таким образом, информационные технологии в развитии сети электронных таможен и ЦЭД играют ключевую роль на сегодняшний день, т.к. в условиях цифровой трансформации экономики и перехода большинства процессов и операций на «электронные рельсы» без их внедрения, развития и совершенствования эффективной деятельности таможенных органов РФ не будет.

В заключении третьей главы отметим, что таможенное администрирование в части внедрения передовых технологий в большей степени на сегодняшний день зависит от становления сети электронных таможен и ЦЭД. Ростовский таможенный пост (ЦЭД), являясь элементом сети электронных таможен и ЦЭД, активно использует в своей деятельности передовые технологии. На сегодняшний день данный таможенный орган входит в структуру Ростовской таможни, однако в 2020 году он будет переподчинен Южной электронной таможне, которая также будет создана в 2020 году, и переименован в Южный таможенный пост (ЦЭД). Это входит в план реформирования ФТС России на период 2018–2020 гг. После выполнения этих задач, Южный таможенный пост (ЦЭД) будет иметь больше полномочий и сконцентрирует 95 % электронного декларирования товаров в регионе деятельности Южного таможенного управления, кроме той части товаров, концентрация декларирования которых будет осуществлена Новороссийским таможенным постом (ЦЭД).

Как структурный элемент сети электронных таможен Ростовский таможенный пост (ЦЭД) применяет передовые технологии, применяемые электронной таможней в целом. Среди таких технологий выделим:

- электронное декларирование;
- удаленный выпуск;
- автоматическая диспетчеризация;
- удаленное электронное представление документов в ЦЭД;
- автоматическая диспетчеризация;
- автоматическая регистрация и автоматический выпуск.

К текущим проблемам таможенного администрирования в части внедрения передовых технологий в деятельности таможенных органов РФ относится проблема функционирования ЕАИС ТО и информационно-технического оснащения, финансирования, поиска и подготовки высококвалифицированных кадров, унификации и единообразия применения правоприменительной практики в части использования информационных технологий, сложность интеграции программных средств. Для решения текущих проблем необходим комплексный подход их разрешения. Важно осуществлять планомерные шаги на пути перехода на использование «облачных» технологий и их развития, и совершенствования, в

реализации данного направления также важна унификация и проработка законодательства в части применения технологий. Немаловажным также является совершенствование системы и механизма подготовки кадров для электронной таможни.

Литература:

1. Приказ ФТС России от 22.04.2011 № 845 «Об утверждении Порядка совершения таможенных операций при таможенном декларировании в электронной форме товаров, находящихся в регионе деятельности таможенного органа, отличного от места их декларирования». URL: http://www.pravo.gov.ru (дата обращения 11.02.2020).
2. Приказ ФТС России от 01.11.2013 № 2081 (ред. От 09.10.2015) «Об утверждении Инструкции о действиях должностных лиц таможенных органов при совершении таможенных операций при таможенном декларировании в электронной форме товаров, находящихся в регионе деятельности таможенного органа, отличного от места их декларирования». URL: http://www.pravo.gov.ru (дата обращения 21.02.2020).
3. Приказ ФТС России от 27.06.2017 № 1065 (с изм. От 29.08.2018) «О решении коллегии ФТС России от 25 мая 2017 года «О Комплексной программе развития ФТС России на период до 2020 года». URL: http://www.pravo.gov.ru (дата обращения 14.02.2020).
4. Ежегодный сборник «Таможенная служба Российской Федерации» // Официальный сайт ФТС России. URL: http://customs.ru/activity/results/ezhegodnyj-sbornik-tamozhennaya-sluzhba-rossijskoj-federaczii (дата обращения: 25.02.2020).
5. *Бондаренко А.О. Михайлова С.А.* Практика реализации технологии электронного таможенного декларирования в Российской Федерации в условиях Евразийского экономического союза // Современное состояние гуманитарных и социально-экономических наук: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 января 2019 г. 2019. Часть II. С. 145–153.

А.Э. Боярчук[1], В.И. Юхнов

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СЕРВИСОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ВНЕШНЕЭКОНОМИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ С ТАМОЖЕННЫМИ ОРГАНАМИ

Ростовский филиал государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Российская таможенная академия», Ростов-на-Дону, Россия[1]
Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: Информационные технологии, взаимодействие, бизнес, таможенные органы, функционал личного кабинета.

Статья посвящена внедрению системы «Личный кабинет участника ВЭД» в странах-членах ЕАЭС, использование которой будет способствовать улучшению взаимодействия таможенных органов и бизнес-сообщества. Проведен анализ направлений совершенствования информационных сервисов личного кабинета.

E.A. Boyarchuk[1], I.V. Yukhnov

DEVELOPMENT OF ELECTRONIC SERVICES FOR INTERACTION OF PARTICIPANTS IN FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY WITH CUSTOMS AUTHORITIES

Rostov branch of the state state educational institution of higher education "Russian customs Academy", Rostov-on-don, Russia[1]
North Caucasian branch of the order of the red banner of Labour of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-don, Russia

Keywords: Information technologies, cooperation, business, customs, the functionality of the personal account.

The article is devoted to the implementation of the system "Personal account of a foreign trade participant" in the EEU member States, the use of which will contribute to improving the interaction of customs authorities and the business community. The analysis of directions of improvement of information services of the personal account is carried out.

Во исполнение письма ФТС России от 7 ноября 2019 года №11-12/68755 «О проведении опроса» был сформирован отчёт Южного таможенного управления о результатах анкетирования участников внешнеэкономической деятельности, осуществляющих таможенные операции в зоне деятельности ЮТУ. Всего в анкетировании приняли участие 117 респондентов. Проанализирован перечень услуг, предоставляемых таможенными органами и количество респондентов анкетирования участников внешнеэкономической деятельности, осуществляющих таможенные операции в зоне деятельности ЮТУ.

В результате исследования функциональных возможностей сервисов «Личного кабинета участника ВЭД» (далее - АПС «Личный кабинет» или личный кабинет), в частности, при осуществлении таможенного декларирования выявлены недостатки в функционировании автоматизированной подсистемы.

Большее количество вопросов касалось услуг по ведению реестров - 6 услуг в этой направленности. По этим услугам ответили на вопросы 19 человек. Анкетирование по вопросам, касающимся предоставления таможенными органами услуг по принятию предварительных решений о стране происхождения товара и классификации товаров в соответствии с ТН ВЭД прошли 10 участников внешнеэкономической деятельности. Самое большое количество респондентов – 46 участников ВЭД приняли участие в анкетировании по вопросам информирования об актах таможенного законодательства ЕАЭС, законодательства РФ о таможенном деле и об иных правовых актах РФ в области таможенного дела. Дали свои ответы по поводу услуг консультирования по вопросам таможенного дела и иным вопросам, входящим в компетенцию таможенных органов чуть меньше - 42 человека.

После проведенного анализа итогов анкетирования выявлен ряд, заслуживающих внимания, факторов.

Результаты анкетирования по вопросу удовлетворённости качеством услуг ФТС России показали, что чуть больше половины респондентов (59,83% от общего количества опрошенных участников внешнеэкономической деятельности) скорее удовлетворены качеством услуг ФТС России. Данная цифра говорит о том, что есть недостатки и недоработки.

Результаты анкетирования по выбору важнейших факторов при определении доступности услуг, предоставляемых таможенными органами самым актуальным стал ответ о возможности получения квалифицированной консультации специалистов таможенного органа.

Результаты анкетирования по вопросу удовлетворённости качеством реализации оказания услуг в электронном виде, почти треть опрошенных выразила свою в той или иной степени неудовлетворенность качеством реализации оказания услуги в электронном виде, что показывает, что процесс оказания услуг нуждается в совершенствовании.

Четверть опрошенных выразили в той или иной степени неудовлетворенность предоставлением услуги консультирования по вопросам таможенного дела и иным вопросам, входящим в компетенцию таможенных органов. В своих ответах данные респонденты считали возможность получения квалифицированной консультации специалистов таможенного органа, в том числе в режиме реального времени и минимальное время оказания услуги важнейшими при определении доступности услуг, предоставляемых таможенными органами Российской Федерации.

Помимо выбора ответа при анкетировании участникам ВЭД было предложено оставить свои предложения по повышению качества и доступности услуг, предоставляемых таможенным органом. Следует понимать, что данные предложения будут являться одновременно отражением существующих проблем в функционировании АПС «Личный кабинет».

Так, участники опроса по услуге принятия предварительных решений по классификации товаров по ТН ВЭД Евразийского экономического союза предлагали перенести получение услуги из ЕПГУ в личный кабинет участника ВЭД и сделать процесс получения данной услуги полностью от подачи заявки до получения результатов в электронном виде. Действительно, в настоящий момент подача заявки на получение услуги и получение результата возможны только почтой или через ЕПГУ, а в личном кабинете возможно только информирование о выданных участнику ВЭД предварительных решений по классификации товаров с учетом статуса предварительных решений (действует, отозвано, изменено, прекратило действие).

Респондентами было предложено предоставить возможность пользователям получать услугу по принятию предварительных решений о стране происхождения товара личном кабинете. Проблема отсутствия данной услуги в личном кабинете достаточно актуальна, так как в настоящий момент в личном кабинете возможен лишь просмотр уже принятых решений, а сама подача заявки на получение услуги и получение результата возможны только лично или через ЕПГУ. Участники анкетирования также посчитали необходимым предоставить пользователю образцы заявлений на предоставление данной услуги.

Были предложения по сокращению времени оказания услуг информирования (услуга №1) и консультирования (услуга №2).

Неоднократно респондентами данного опроса предлагалось ввести консультации по вопросам таможенного дела и иным вопросам, входящим в компетенцию таможенных органов в режиме реального времени. В общих статистических сведениях о результатах проведенного анкетирования получателей

данной услуги за 2019 год, опубликованных на официальном сайте ФТС РФ, применительно к вопросу о способах, наиболее удобных для получения этой услуги были высказаны предложения по предоставлению государственной услуги по телефону. Однако, согласно абзацу третьему, пункту 8 Приказа ФТС №1128 от 09.06.2012, предоставление данной услуги по телефону не осуществляется.

Необходимость получения консультирования на ЕГПУ, лично, по телефону или в письменной форме делает этот процесс не удобным как для таможенных органов, так и для получателей услуги. Более того, постоянное расширение функционала личного кабинета предполагает аккумулирование всех необходимых сервисов в одном месте во избежание путаницы и неудобств. Перенос предоставления услуг по консультированию в АПС «Личный кабинет» сократил бы временные издержки обеих сторон, выводя взаимоотношения бизнес-сообщества и физических лиц с таможенными органами на новый, более качественный уровень.

Проведем анализ проблем функционирования личного кабинета, найденные в процессе непосредственной работы с сервисом и анализа соответствующей литературы по данному направлению [1].

За время ведения внешнеэкономической деятельности участниками ВЭД формируется огромное количество электронных документов. Создаются целые архивы таких документов в специальных программах. Аналогичная возможность представлена в личном кабинете, однако, для того, чтобы перенести пакет документов в формате XML из уже созданных в сторонних программных средствах в «электронный архив» потребуется достаточно много времени, в частности, из-за отсутствия возможности загрузки сразу целого пакета документов. Соответственно, перенос процесса формирования документов для ЭАДД и, как следствие - осуществления электронного декларирования полностью на базу личного кабинета представляется неудобным и трудозатратным.

Следующим этапом после формирования документов в электронном архиве при электронном декларировании является непосредственно создание самой декларации и отправка ее в таможенный орган. Обращаясь к опыту осуществления таможенного декларирования с помощью личного кабинета, описанного во второй главе данной работы, было выявлено, что в данном сервисе отсутствует возможность отложенной отправки декларации на товары. Для понимания важности наличия данной функции в АПС «Личный кабинет» при отправке ДТ следует обратиться к рассмотрению осуществления данного процесса с помощью программы «Альта-ГТД». Так, с помощью данной функции участник ВЭД может осуществить запрос на открытие процедуры в нерабочее время таможенного поста. Как следствие, история процедуры представлена на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что запрос на открытие процедуры и начало процедуры декларирования осуществляются вне работы таможенного поста. Само получение ДТ в таможенном органе и последующее оформление происходит в рамках режима работы таможенного поста. Данный способ позволяет участнику ВЭД отправить ДТ заранее и приступить к подготовке документов для следующей поставки, не боясь забыть подать готовую ДТ, ожидая начала рабочей смены уполномоченного должностного лица таможенного поста. Однако, данная функция не была реализована в личном кабинете: при подаче ДТ вне рабочего времени, таможенный орган завершает операции по процедуре в одностороннем порядке. Возможность принятия ДТ таможенным органом вне его режима работы сделало бы переход из других программ на данный сервис более привлекательным.

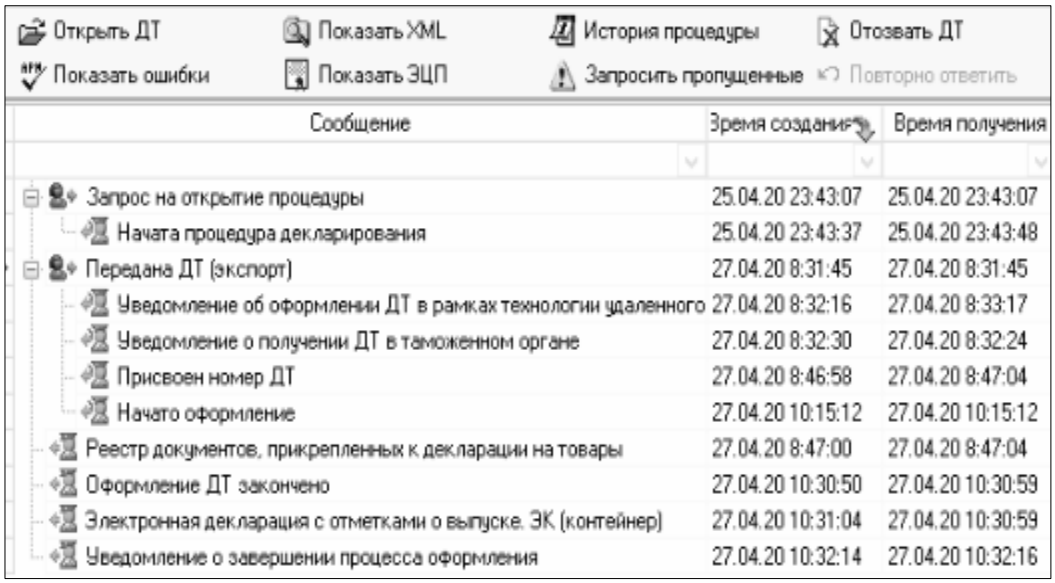


Рисунок 1. История процедуры при осуществлении отложенной отправки документов в таможенные органы с помощью программы «Альта-ГТД»

В рамках панельной сессии «Администрирование таможенных платежей: новые приоритеты и возможности» Международного таможенного форума 2019 года представители бизнеса и таможенных органов обсудили развитие электронных сервисов Федеральной таможенной службы. Так, было отмечено, что особой популярностью пользуется информационный сервис «Лицевой счет», как среди крупного бизнеса, так и в среде индивидуальных предпринимателей. Это связано, в первую очередь, с тем, что за период 2019 года была проделана большая работа по оптимизации процессов администрирования таможенных платежей, а именно централизация уплаты и учета платежей, взимание которых возложено на таможенные органы с использованием технологии единого лицевого счета плательщика – технологии ЕЛС [2]. Однако, одним из острых вопросов данного сервиса до сих пор остается процедура возврата излишне уплаченных денежных средств. На дату 07.05.2020 в Личном кабинете отсутствует возможность отправить в таможенный орган заявление о возврате денежных средств с ЕЛС, чтобы деньги вернулись на счёт, необходимо обращаться в таможенный орган, который занимается администрированием вашего ЕЛС (по месту налогового учета организации). Такой порядок возврата денежных средств тормозит не только деятельность участников ВЭД, но и таможенные органы.

В информационном сервисе «задолженности по уплате таможенных и иных платежей» уведомления (уточнения к уведомлениям) о не уплаченных в установленный срок суммах таможенных платежей, специальных, антидемпинговых, компенсационных пошлин, процентов и пеней носят юридически значимый характер. Однако, в настоящий момент в личном кабинете отсутствует возможность погасить задолженность, что, несомненно, не только предполагает более длительную её ликвидацию, но и доставляет неудобство участнику внешнеэкономической деятельности [3].

Учитывая многостороннюю функциональную направленность личного кабинета, нельзя не сказать о необходимости повышения доступности данного сервиса среди пользователей разного уровня отношения к внешнеторговой деятельности.

Более того, следует подчеркнуть, что пользоваться сервисами личного кабинета должны иметь право иностранные граждане как без, так и с ЭП, согласно п.2 ст.7 Федерального закона от 06.04.2011 № 63-ФЗ, в котором указано, что «электронная подпись и подписанный ею электронный документ не могут считаться не имеющими юридической силы только на том основании, что сертификат ключа проверки электронной подписи выдан в соответствии с нормами иностранного права». Помимо этого, на основе 18 статьи этого же закона можно сказать, что иностранная организация (в том числе филиалы, представительства и иные обособленные подразделения иностранной организации) может обращаться в аккредитованный удостоверяющий центр для получения квалифицированного сертификата [4].

Возможность оформления на иностранном языке пассажирской таможенной декларации возможна в личном кабинете. Однако, отсутствует возможность беспрепятственно попасть в сервис заполнения пассажирской декларации, так как всё меню представлено только на русском языке. По причине отсутствия версии личного кабинета на иностранном языке представляется невозможным физическим лицам, не знающим русский язык, пользоваться такими сервисами, как: «задолженность физических лиц по таможенным платежам и административным штрафам», который предоставляет возможность проверки гражданами РФ, иностранными гражданами и лицами без гражданства наличия задолженности по таможенным платежам, административным штрафам и принятых таможенными органами решений о неразрешении въезда в Российскую Федерацию, а также сервисом по оплате таможенных квитанций. Отсутствие разнообразия языкового представления данного сервиса не позволяет использовать в полной мере функционал личного кабинета.

При осуществлении внешнеэкономической деятельности вне зависимости от используемой в работе платформы у пользователя могут возникать трудности технического характера. Это могут быть проблемы с установкой или настройкой программного обеспечения, а также ситуации, возникающие повседневно при непосредственном использовании сервисов. С учетом специфики внешнеэкономической деятельности, а именно необходимости решения возникших трудностей в кратчайшие сроки, наиболее острым становится вопрос квалифицированной и быстрой технической поддержки. Несмотря на достаточно оперативное реагирование технической службы поддержки пользователей личного кабинета, существуют ситуации, в которых, возможно, иные инструменты технической поддержки были бы более действенным способом решений проблем.

Рассмотрим ситуацию, когда трудности возникли при использовании личного кабинета, если пользователю, к примеру, не удается полностью воспользоваться каким-либо сервисом личного кабинета в силу непонимания интерфейса. В данной ситуации консультирование возможно только через форму обратной связи, в которой необходимо указать имя, номер телефона для связи и сам текст обращения. К письму можно прикрепить файл (скриншот, XML-файл и др.) по кнопке «Прикрепить файлы». Ответ по обращению поступит в Личный кабинет - сервис «Обращение в техническую поддержку», интерфейс которой представлен на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, в данном сервисе в табличном виде отображаются все обращения с указанием даты и времени создания, регистрационного номера заявки, логина, электронной почты, тип запроса и статус обращения в техническую поддержку.

Рисунок 2. Интерфейс сервиса «Обращение в техническую поддержку»

При направлении в службу технической поддержки обращения о сбое и ошибке при функционировании АПС «Личный кабинет» ответ по существу обращения должен быть направлен заинтересованному лицу не позднее следующего рабочего дня с даты получения обращения. При направлении обращения по иным вопросам функционирования АПС «Личный кабинет» ответ по существу обращения должен быть направлен заинтересованному лицу не позднее 4 рабочих дней с даты направления обращения [1].При отсутствии необходимых данных пользователю будет отправлен запрос дополнительной информации, что увеличивает время решения вопроса. Очевидно, что необходимо стремиться к сокращению сроков реагирования на обращения пользователя, возможно, осуществлять это в режиме реального времени. Несмотря на то, что у технической поддержки есть возможность по указанному в обращении номеру телефона связаться с пользователем и объяснить, как устранить проблему работы личного кабинета, очевидно, что это не всегда удобно, более того, есть вероятность, что пользователь не сможет решить проблему самостоятельно после консультации с технической поддержкой. И при техническом сбое в процессе использования личного кабинета, когда пользователь не имеет возможности самостоятельно под руководством специалиста на другом конце провода решить возникшие неполадки, наиболее явно чувствуется проблема нехватки инструментов технической поддержки участников внешнеэкономической деятельности в режиме реального времени. Предлагается расширить инструментарий технической поддержки, предложив несколько иной способ взаимодействия с пользователем.

Несовершенство личного кабинета находит отражение также при работе в сервисах с реестровыми лицами. Так, на дату 07.05.2020 отсутствует возможность получения услуги по включению в реестр таможенных представителей в личном кабинете (В настоящий момент подача заявки на получение услуги и получение результата возможны следующими образами: лично, через законного представителя, почтой, на ЕПГУ) и на включение в реестр банков, иных кредитных организаций и страховых организаций, обладающих правом выдачи банковских гарантий уплаты таможенных пошлин, налогов в личном кабинете (В настоящий момент подача заявки возможна лично, почтой или через ЕПГУ)

В настоящее время необходимость решения вопросов оптимизации процессов взаимодействия таможенных органов и бизнес-сообщества выходит на новый уровень. Так, понимание важности продолжения активной работы по совершенствованию таможенных операций и процедур, направленной на минимизацию издержек участников внешнеэкономической деятельности находит

отражение не только в официальных документах, но и на встречах, собраниях и форумах при непосредственном участии руководства ФТС. Федеральной таможенной службой на протяжении последних лет активно модернизируется сервис «Личный кабинет участника ВЭД».

В настоящее время в личном кабинете представлено внушительное количество информационных сервисов, обеспечивающих автоматизацию процессов при реализации различных таможенных процедур. В рамках работ по развитию данного программного средства перечень информационных сервисов, а также количество документов и (или) сведений, получаемых и передаваемых посредством АПС «Личный кабинет», расширяется на постоянной основе.

Изучив возможности личного кабинета, проанализировав результаты использования его сервисов на практике и результаты опроса, можно предложить пути совершенствования функционирования АПС "Личный кабинет". Рассмотрим каждый из них.

В первую очередь предлагается расширить функционал личного кабинета в направлении принятия предварительных решений по классификации товаров по ТН ВЭД ЕАЭС и по принятию предварительных решений о стране происхождения товара путем предоставления возможности получения этих услуг (от подачи заявки до получения результатов) в электронном виде в АПС "Личный кабинет". Получение по этим услугам предварительных решений в электронном формате, их доведение (направление) до таможенного органа, в котором будут декларироваться данные товары для организационно-контрольных мероприятий, позволит сократить временные издержки, как со стороны таможенных органов, так и со стороны участников ВЭД. Помимо этого, в целях удобства формирования документов и повышения правильности их заполнения следует предоставить пользователю образцы заявлений на предоставление данных услуг. Доработка сервисов по принятию предварительных решений в данных направлениях будет способствовать упрощению предоставления разрешительных документов, что приведёт к плодотворному взаимодействию с участниками ВЭД, а также к ускорению межведомственного взаимодействия.

В настоящий момент, согласно пункту 2 статьи 264 ФЗ-289, «консультирование таможенными органами осуществляется бесплатно в устной, письменной и электронной формах.». Опираясь на отчет о результатах проведенного в региональных таможенных управлениях (РТУ) и таможнях, непосредственно подчиненных ФТС России (ТНП), мониторинга качества предоставления государственной услуги по консультированию лиц по вопросам таможенного дела и иным вопросам, входящим в компетенцию таможенных органов за 2019 год, можно сказать, что самым популярным способом предоставления данной услуги является устная форма. Государственная услуга в устной форме согласно заполненным анкетам предоставлена 2696 получателям, остальным 10 получателям – в письменной форме. всего в анкетировании участвовало 2706 респондентов. Однако, насколько данные способы эффективны в условиях необходимости обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия в целях координации деятельности по предупреждению и предотвращению распространения коронавирусной инфекции COVID-19? В данной ситуации ФТС РФ просит граждан минимизировать случаи обращения в таможенные органы для получения государственной услуги в устной форме, а при выборе способа обращения за данной государственной услугой предлагает использовать письменную форму. В этих целях предлагается расширить функционал АПС "Личный кабинет", путём обеспечения возможности получения в нём услуг по консультированию. Данная доработка позволит упростить процесс

предоставления данной услуги, снизить временные издержки по её получению и предоставлению, а также не только минимизировать физический контакт между людьми, но и обеспечить стабильность внешнеэкономической деятельности в условиях применения мер, направленных на борьбу с распространением коронавирусной инфекции.

Принцип однократности представления электронных документов, реализуется на практике с помощью сервиса «Электронный архив». В рамках совершенствования данного сервиса для исключения повторной формализации документов, необходимых при таможенном оформлении и сведению к минимуму возможность появления ошибок при их составлении, предлагается предусмотреть возможность переноса архивов электронных документов пользователя, созданных в сторонних программных средствах в электронный архив в личном кабинете участника ВЭД. Причем предполагается расширение функционала данного сервиса в рамках предоставления пользователю возможности загружать целые пакеты документов, а не по отдельности. Данный шаг со стороны разработчиков позволит пользователям более охотно переходить со сторонних программных средств таможенного оформления на бесплатные сервисы личного кабинета.

Важно указать, что с использованием возможностей Личного кабинета участник ВЭД получает бесплатное использование важнейших сервисов, может самостоятельно совершать некоторые операции, без приобретения дополнительных программных средств или личного присутствия в таможенном органе, например, подать декларацию. Касательно подачи декларации на товары, предполагается необходимым расширить функционал сервиса электронного декларирования, предоставив возможность делать отложенную отправку декларации. Так, реализовать данную функцию предлагается путем открытия дополнительного меню после нажатия кнопки «отправить документы». Возможный вариант интерфейса окна меню выбора варианта отправки декларации представлен на рисунке 3.

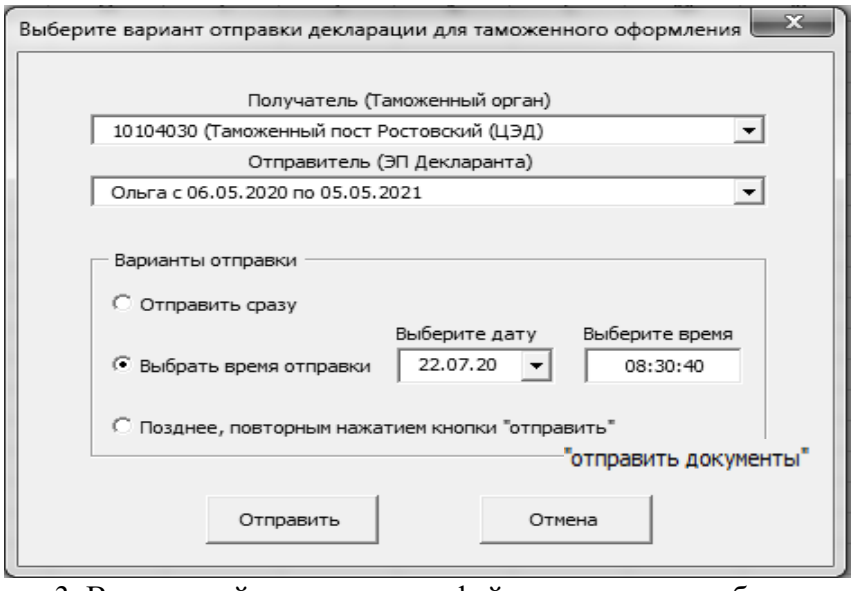


Рисунок 3. Возможный вариант интерфейса окна меню выбора варианта отправки декларации

Так, согласно рисунку 3, в окне отображается таможенный пост, на который произойдет отправка (с возможностью выбора), имя владельца ЭП, которой будет подписана ДТ и три варианта отправки:

1. Отправить сразу – обычная отправка, ДТ уйдет, как только будет открыта процедура.

2. По времени – ДТ уйдет в установленную дату и время, если к этому моменту процедура будет открыта.

3. Позднее, повторным нажатием кнопки «отправить документы» - ДТ уйдет только при повторном нажатии на соответствующую кнопку.

Предполагается, что после выбора третьего варианта и нажатия на кнопку «отправить», процедура приобретёт статус «Отправка отложена». После наступления времени отправки (или при повторном нажатии на кнопку) ДТ уйдет в таможню. Данная функция полезна в случае, когда, отправляя с вечера завтрашнюю ДТ, бывает удобно открыть процедуру уже сегодня, а декларацию по ней автоматически отослать в таможню в начале следующего рабочего дня. Данная возможность, несомненно, облегчит работу декларантам и обеспечит своевременную подачу электронных деклараций на товары во время работы центров электронного декларирования.

Мы уже рассматривали вопрос отсутствия возможности возврата излишне уплаченных денежных средств с помощью личного кабинета. Препятствует расширению функционала АПС «Личный кабинет» в данном направлении то, что Протокол о внесении изменений в Договор о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 года еще не вступил в силу на момент 9 мая 2020 года. После вступления в силу данного документа, основываясь на статье 35 ФЗ-289, возврат излишне уплаченных или излишне взысканных сумм таможенных платежей, а также денежного залога сможет осуществляться в форме зачета в счет авансовых платежей без соответствующих заявлений и пакета документов со стороны плательщика при условии подачи корректировки документа начисления. В связи с этим, своевременная доработка личного кабинета в направлении возврата излишне уплаченных или излишне взысканных сумм таможенных платежей, а также денежного залога необходима для соответствия сервисов АПС «Личный кабинет» актуальному состоянию нормативно-правовой базы. Предполагается создание дополнительной кнопки, обладающими такими функциями.

По этой же причине на момент 9 мая 2020 года невозможно в полной мере осуществить доработку программных средств, позволяющую погасить задолженность с помощью личного кабинета посредством направления корректировки декларации на товары (далее - КДТ). Приоритетным направлением совершенствования деятельности таможенных органов в части взыскания задолженности является создание для участников внешнеэкономической деятельности комфортных и удобных механизмов ее оплаты. В этой связи предполагается необходимой доработка программных средств, позволяющая погасить задолженность с помощью личного кабинета посредством направления корректировки декларации на товары (КДТ). Для более быстрого осуществления данной операции необходимо автоматическое формирование КДТ и отправка её в таможенный орган (после подписания ЭП пользователя). Предполагается создание дополнительной кнопки, обладающими такими функциями.

Это обеспечит не только более быстрое пополнение бюджета и снизит временные издержки пользователя, но и поможет участнику внешнеэкономической деятельности избежать возможного исключения из реестра (если он является, к примеру, таможенным представителем) и отмены решения об отнесении участника ВЭД к низкому уровню риска.

Для повышения доступности АПС «Личный кабинет» среди пользователей разного уровня отношения к внешнеторговой деятельности и знания языков

целесообразно обеспечить мультиязычность сервисов. Предлагается осуществить перевод главной страницы личного кабинета, сервиса предоставляющего возможность проверки гражданами РФ, иностранными гражданами и лицами без гражданства наличия задолженности по таможенным платежам, административным штрафам и принятых таможенными органами решений о неразрешении въезда в Российскую Федерацию, а также сервиса по оплате таможенных квитанций на английский язык. Данная доработка позволит использовать функционал личного кабинета в полной мере всеми пользователями вне зависимости от знания языка.

Как иной способ взаимодействия с пользователем в рамках технической поддержки, рассматривается возможность включения в личном кабинете функции удаленного управления, которая позволяет сотруднику технической поддержки некоторое время управлять средством доступа к личному кабинету, чтобы решить возникшие технические вопросы, разумеется, предварительно договорившись с пользователем личного кабинета. Предложенный выше способ технической поддержки уже не первый год используется в программе «Альта-ГТД».

Здесь для предоставления удаленного доступа к компьютеру необходимо сообщить сотруднику технической поддержки «Альта-Софт» код сеанса, которым является id пользователя. Так, предлагается предоставить возможность включения функции удаленного управления в АПС "Личный кабинет". Данная доработка позволит исключить проблемы при использовании личного кабинета в отдельных ситуациях подобных тем, которые были описаны выше.

При работе с несовершенствами сервисов для обеспечения деятельности реестровых лиц предлагается предоставить возможность получения услуги по включению в реестр таможенных представителей и включение в реестр банков, иных кредитных организаций и страховых организаций, обладающих правом выдачи банковских гарантий уплаты таможенных пошлин, налогов в личном кабинете. Данная доработка предоставит пользователям сконцентрировать свою деятельность в одном информационном ресурсе.

Как итог исследований следует отметить, что изменения, которые претерпевает Федеральная таможенная служба в последние годы, безусловно, показали стремление таможенных органов усовершенствовать взаимодействие с участниками ВЭД. Несмотря на огромное внимание ФТС к совершенствованию личного кабинета некоторые направления его функционирования всё еще требуют соответствующих доработок. Число зарегистрированных пользователей в АПС «Личный кабинет» постоянно растёт, что свидетельствует об увеличении их потребности в данном ресурсе и подчеркивает актуальность и целесообразность его дальнейшего функционального наполнения.

Литература:

1. *Ефименко М.А., Матвеева Е.И.* Назначение и перспективы электронного сервиса «Личный кабинет участника ВЭД» ФТС России // NovaUm. 2018. № 13. С. 24-27.

2. *Павлова Я.В.* Проблемы использования информационных технологий в таможенных органах //Бюллетень инновационных технологий. 2019. Т. 3. № 3 (11). С. 31-34.

3. *Тарарышкина Л.И., Драгуленко Н.А.* Личный кабинет участника ВЭД как инструмент взаимодействия таможни и бизнеса // Научные горизонты. 2019. № 4 (20). С. 100-109.

4. Личный кабинет участника ВЭД. URL: http://edata.customs.ru/ FtsPersonalCabinetWeb (дата обращения: 25.02.2020).

Б.П. Борисов, Д.А. Зубишин

ТЕХНОЛОГИИ СИСТЕМЫ УМНОГО ДОМА

Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: информационные технологии, домашняя автоматизация, беспроводные технологии.

В статье рассмотрены основные технологии систем домашней автоматизации, их достоинства и недостатки и основные принципы их работы.

B.P. Borisov, D.A. Zubishin

TECHNOLOGIES OF SYSTEM "SMART HOUSE"

South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: information technology, home automation, wireless technology.

The article considers main technology of smart home system, them advantages and disadvantages and basic principles of their work.

Введение.

Сегодня всё больше людей задумывается о том, как было бы удобно автоматизировать некоторые домашние процессы, вроде автоматической регулировки температуры или автоматического зажигания света при входе в квартиру/дом. Текущий уровень развития технологий позволяет это сделать. Для этого существую множество систем, начиная от совсем простых наборов, не требующих специальных знаний, до полноценных систем домашней автоматизации. И все эти системы могут быть построены на базе различных технологий, которые имеют свои плюсы и минусы.

Технология Z-Wave.

Технология Z-Wave была разработана в 1999 году в Копенгагене (Дания) и в США была принята в 2001 году. В 2005 году сформировался Z-Wave Альянс, основные его члены: ADT, GE/Jasco, Evolve, Ingersoll-Rand, Linear, FAKRO и Sigma Designs. В России также есть производители, официальные представители и инсталляторы Z-Wave Alliance: DEFARO, Z-Wave.Me, ИМАГ, Tronic. Основная задача Альянса – совместимость. Это значит, что независимо от бренда, производителя, продукта, года разработки продукта или его версии программного обеспечения, все продукты Z-Wave Альянса совместимы друг с другом.

Сама технология Z-Wave – это беспроводная технология (беспроводной протокол связи), разработанная для домашней автоматизации, в частности для контроля и управления в жилах домах и коммерческих объектах. Данная технология использует миниатюрные и маломощные радиочастотные модули, которые встраиваются в бытовую электронику и различные устройства, например, в бытовую технику, развлекательные системы, осветительные проборы и проборы отопления и т.п.

Технология Z-Wave использует ячеистую топологию сети и на её основе можно создать сеть из одного управляющего устройства и одного управляемого. При необходимости, дополнительные устройства могут быть добавлены в любое время,

так же, как и несколько управляющих контроллеров, в т.ч. обычные ручные контроллеры, ключ-брелки, ПК-приложения, предназначенные для управления и контроля Z-Wave сетью. Каждая логическая сеть Z-Wave может поддерживать работу до 232 устройств. При необходимости подключения значительно большего количество устройств существует возможность объединения сетей. Несколько сетей Z-Wave могут спокойно сосуществовать на одной и той же территории, не мешая друг другу. Это достигается минимизацией размера передаваемого пакета и обязательным требованием к минимальной нагрузке на радиоканал, которое обязывает устройство находиться в состоянии передачи не более 1 % времени. Однако узлы разных сетей не могут “видеть” друг друга и, соответственно, как-либо связываться друг с другом. Связь между сетями осуществляется через устройства, выполняющих роль сетевых мостов.

У каждой сети Z-Wave есть основной контроллер, с которого, собственно, и начинается построение сети, на который возложены обязанности добавления новых устройств в сеть и удаление старых, обеспечения безопасного подключения, составления карт маршрутизации, обеспечения возможности создавать сценарии автоматизации и прочих функций по контролю и организации работы сети. В сети также может располагаться один или несколько вторичных контроллеров, которые для нормальной работы запрашивают информацию о топологии сети у основного контроллера. Обычно основным контроллером является тот, с которого началось построение сети. Но со временем эту функцию можно передать одному из вторичных контроллеров.

Z-Wave охватывает все уровни сетевой модели OSI, начиная от физического и до прикладного. Это особенность гарантирует высокий уровень совместимости оборудования для домашней автоматизации от разных поставщиков. Z-Wave ориентирован на обмен короткими командами и сообщениями между устройствами, что приводит к минимуму загруженности радиоканала и снижает вероятность потери данных.

Важной особенностью системы Z-Wave изначально было то, что она целенаправленно развивалась как закрытый проприетарный протокол, защищенный многочисленными патентами управляющей компании. Все доступные функции протокола реализованы в программном коде компании-владелицы технологии и поставляются производителям оборудования в скомпилированном виде после подписания лицензионного договора.

Постепенно, начиная с 2012 года, желая облегчить жизнь разработчиков и расширить границы применения своего протокола, Sigma Designs открыла часть спецификации Z-Wave. Но, чтобы поддерживать обратную совместимость устройств, она продолжила контролировать производителей с помощью жестких требований сертификации.

Нижние уровни (физический и канальный) протокола Z-Wave стали открытыми еще в 2012 году и с тех пор описываются стандартом Международного союза электросвязи ITU-T G.9959. Они отвечают непосредственно за беспроводную передачу данных, детально описывая используемые частоты, способы кодирования и адресации.

Рисунок 1. Уровни модели OSI технологии Z-Wave

В 2016 году Sigma Designs выложила в открытый доступ официальную спецификацию протокола Z-Wave. В частности, были опубликованы классы команд и классы устройств. Было опубликовано описание новейших спецификаций шифрования в Z-Wave, получивших название Security 2 (S2). Кроме того, обнародовано описание Z/IP (Z-Wave over IP) — программной надстройки для передачи пакетов Z-Wave поверх TCP/IP. Это значительно упростило разработку сторонних веб-приложений для Z-Wave.

Все еще остаются закрытыми сетевой и транспортный уровни, которые обеспечивают беспрецедентную для отрасли стабильность работы больших Z-Wave-сетей и отвечают, в том числе, за маршрутизацию сообщений в сети умного дома, их ретрансляцию и подтверждение получения.

Топология, маршрутизация и радио спецификации технологии Z-wave.

Каждая сеть Z-Wave определяется идентификатором сети (Network ID) и, как уже говорилось, может включать до 232 устройств, которые определяются идентификатором устройства (Node ID).

Network ID или же Home ID является общим идентификатором всех устройств, принадлежащих к одной логической Z-Wave сети. Network ID имеет длину в 4 байта (32 бит) и присваивается каждому устройству через основной контроллер, когда устройство подключается к сети. Узлы с различными идентификаторами сети не могут общаться друг с другом.

Node ID представляет собой адрес одного узла в сети. Node ID имеет длину 1 байт (8 бит). Два узла не могут иметь одинаковый Node ID.

Технология Z-wave позволяет устройствам в одной сети обмениваться информацией между собой, даже при условии, когда они находятся вне зоны прямой видимости. В этом случае оборудование использует промежуточные узлы, например, другие устройства в этой же сети, кроме тех, которые работают от батареек и функционируют в «спящем» режиме большую часть времени, чтобы передать информацию другому устройству, когда оно находится вне радиуса действия первого устройства. Маршруты, которыми может осуществляться передача сообщения между двумя устройствами через промежуточные узлы, определены заранее. Однако, из-за этих прыжков может быть получена небольшая задержка между командой управления и желаемым результатом.

В более поздних версиях Z-Wave, был введён новый механизм исследования топологии сети. Так называемые исследовательские кадры («explorer frames») могут использоваться для восстановления нарушений маршрутов, вызванных перемещением или удалением устройств. Для передачи кадров исследования сети используется принцип дерева принятия решений с отсечением ветвей (англ. pruning),

и, следовательно, информация должна достичь целевого устройства, даже без знания топологии передатчиком. Исследовательские кадры используются в качестве последнего варианта на передающем устройстве, когда все другие попытки маршрутизации не удались.

Радио спецификация:

- Пропускная способность: 9.6, 40 или 100 кбит/с с полной совместимостью
- Модуляция: GFSK, Manchester channel encoding и NRZ
- Радиус действия: примерно 30 метров в условиях прямой видимости; в помещении уменьшается в зависимости от формы и материала стен. Также зависит от вида антенны.
- Частотный диапазон: 869.0 МГц (Россия); 908.42МГц (Соединённые Штаты); 868.42 МГц (Европа и страны СЕРТ); 919.82 МГц (Гонконг); 921.42 МГц (Австралия / Новая Зеландия).

В Европе частотная полоса 868 МГц имеет ограничение в 1 % рабочего цикла, таким образом, Z-Wave устройство может передавать только 1 % времени. Z-Wave устройства могут находиться в режиме энергосбережения и активны только 0,1 % времени, таким образом существенно снижая потребление энергии.

Достоинства и недостатки технологии Z-Wave.

Достоинства:

- Совместимость: если продукт имеет сертификацию Z-Wave, то проблем с подключением таковых устройств не возникнет. Так же присутствует широкий выбор устройств, т.к. производители заявляют о работе с более с чем 1500 продуктов.
- Частотный диапазон: Технология Z-Wave работает на отдельной частоте (разная частота в разных концах света), что позволяет устранить задержку, связанную с использованием более распространённых частот.
- Высокая отказоустойчивость и масштабируемость: это обеспечивается благодаря ячеистой топологии сети, а также механизмам самовосстановления и ассоциаций.

Недостатки:

- Частотный диапазон: т.к. в разных странах используются разные частоты, то необходимо обращать на это внимание при покупках в онлайн-магазинах, а также при переезде.
- Низкая скорость передачи данных: данный недостаток исключает передачу изображения, звука и других данных.
- Цена.

Технология Zigbee.

Развитие технологии Zigbee началось в 1998 году. В 2001 году была сформирована рабочая группа, по разработке протокола ZigBee, которая начала свою деятельность в рамках комитета, занимавшегося стандартом беспроводной связи IEEE 802.15.4. именно с этого года принято отсчитывать историю ZigBee Alliance, хотя формально альянс был создан в 2002 году. К 2003 году большая работа по разработке нового стандарта беспроводной связи IEEE 802.15.4 была завершена и сам стандарт был утвержден и опубликован в 2004 году. К 2005 году в состав Альянса уже входило около 200 компаний. На рынке появились первые продукты, которые работали на основе проприетарных протоколов, являвшихся

промежуточными версиями протокола ZigBee. Основной проблемой для производителей пока еще были недоработки базового транспортного протокола IEEE 802.15.4-2003, которые удалось устранить только в 2006 году с выходом новой уточненной спецификации IEEE 802.15.4-2006.

Тем не менее, 13 июня 2005 года ZigBee Alliance объявил о выходе первой (версия 1.0) спецификации протокола ZigBee, которая на рынке впоследствии получила распространение под названием ZigBee 2004 Specification. Первые продукты, выполненные в полном соответствии с этой спецификацией, вышли на рынок в 2006 году.

Основная цель альянса – разработка эффективных протоколов беспроводной сети и обеспечение совместимости устройств разных производителей.

Основными областями применения технологии Zigbee являются беспроводные сенсорные сети, домашняя автоматизация, медицинское оборудование, системы промышленного мониторинга и управления, а также бытовая электроника и «периферия» персональных компьютеров.

Zigbee в рамках модели OSI.

Набор протоколов ZigBee определяет только верхние уровни модели OSI — сетевой, транспортный и прикладной. Он построен поверх стандарта IEEE 802.15.4, который определяет нижние уровни беспроводной сети, ориентированной на конечные устройства (а не на пользователей, как, например, Wi-Fi), и характеризуется низким энергопотреблением и низкой скоростью передачи данных. Стандарт IEEE 802.15.4 поддерживается несколькими поставщиками чипов и используется не только для ZigBee, но и несколькими десятками других протоколов. В качестве рабочего диапазона этот стандарт определяет нелицензируемые частоты 2,4 ГГц (по всему миру), 915 МГц (для Америки и Австралии) и 868 МГц (для Европы). Максимальная скорость передачи данных составляет 250 Кбит / с в диапазоне 2,4 ГГц, 40 Кбит / с в диапазоне 915 МГц и всего 20 Кбит / с в диапазоне 868 МГц. Поэтому практически все устройства ZigBee работают только на частоте 2,4 ГГц.

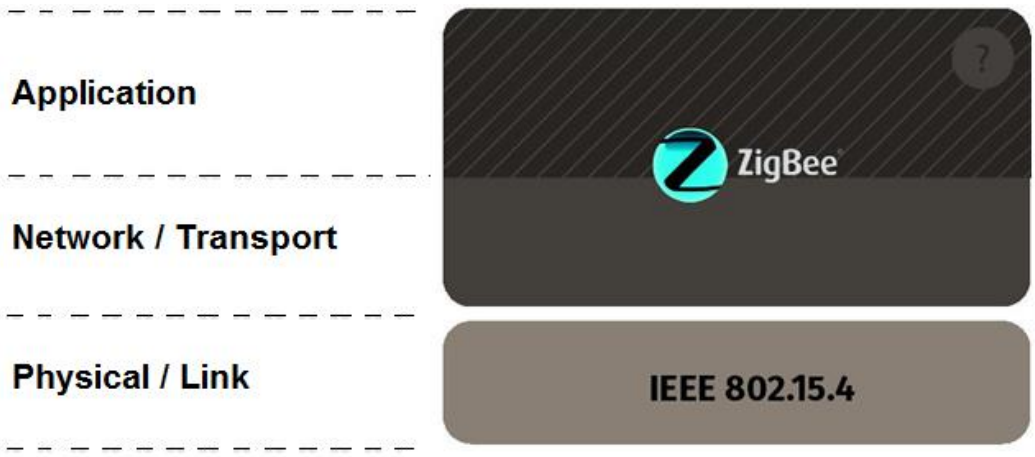


Рисунок 2. Уровни модели OSI технологии Z-Wave

Технология Zigbee использует маршрутизацию от адресата, в отличие от Z-Wave, которая для доставки пакетов к отдельным узлам сети использует схему маршрутизации от источника сообщения. Таким образом, в реализации mesh-сети ZigBee участвует три класса устройств:

– координатор – головное устройство сети, которое ее формирует и координирует ее работу.
– маршрутизатор – является постоянно активным и поэтому должен быть подключен к системе постоянного питания; обеспечивает подключение и обслуживание до 32 конечных устройств, поэтому их местоположение нуждается в оптимизации, а количество должно быть достаточным для обслуживания всех устройств в сети; также является ключевым элементом при трансляции и динамической маршрутизации пакетов в сети.
– конечные устройства - большую часть времени находятся в спящем режиме ради экономии заряда батареи, могут принимать и отправлять пакеты, но не участвуют в их ретрансляции.

Таким образом, ZigBee предлагает несколько отличный с технической точки зрения подход к организации mesh-сети, но он, как и в случае с Z-Wave, способен обеспечить самовосстановление сети и может быстро перенаправить пакеты данных, чтобы обеспечить их доставку, если какой-либо узел не работает или не отвечает.

Характеристики технологии Zigbee.

Сеть ZigBee – самоорганизующаяся, и ее работа начинается с формирования. Устройство, назначенное при проектировании координатором персональной сети (PAN координатор), определяет канал, свободный от помех, и ожидает запросов на подключение.

Устройства, пытающиеся присоединиться к сети, рассылают широковещательный запрос. Пока PAN координатор – единственное устройство в сети, отвечает на запрос и предоставляет присоединение к сети только он. В дальнейшем присоединение к сети могут предоставлять также присоединившиеся к сети маршрутизаторы.

Устройство, получившее ответ на широковещательный запрос, обменивается с присоединяющим устройством сообщениями, чтобы определить возможность присоединения. Возможность определяется способностью присоединяющего маршрутизатора обслужить новые устройства в дополнение к ранее подключенным.

Существует несколько способов присоединения устройств:

– MAC-ассоциация. Доступна любому устройству Zigbee и осуществляется на MAC уровне. Присоединение происходит следующим образом: Устройство, позволяющее присоединиться к нему, выставляет на MAC уровне разрешение на присоединение. Устройство, вступающее в сеть, выставляет на MAC уровне запрос на присоединение и передает широковещательный запрос маячка. Получив маячок от устройств, готовых подключить присоединяемое устройство, последнее определяет, в какую сеть и к какому устройству оно желает присоединиться, и выставляет на MAC уровне требование о вступлении с флажком «повторное присоединение» в значении FALSE. Затем вступающее устройство направляет на выбранное для присоединения устройство запрос присоединения и получает ответ с присвоенным ему сетевым адресом.

При MAC ассоциации данные передаются не зашифрованными, поэтому MAC ассоциация не является безопасной.

– Повторное соединение. Повторное соединение может применятся так же и при первичном соединении и выполняется на сетевом уровне. При этом, если вступающее устройство знает текущий сетевой ключ, обмен

пакетами может быть безопасным. Ключ может быть получен, например, при настройке. При повторном подключении присоединяющееся устройство выставляет на сетевом уровне запрос присоединения и обменивается с подключающим устройством пакетами «запрос присоединения» – «ответ на запрос присоединения».

Кроме случаев присоединения новых устройств структура сети меняется и в случаях, когда устройства покидают сеть и повторно присоединяться в других местах это происходит, например, в случае перезагрузки устройства.

Радио спецификация:

- Пропускная способность: 20 Кбит/с на частоте 868 МГц, 40 Кбит/с на частоте 915 МГц и 250 Кбит/с на частоте 2,4 ГГц.
- Радиус действия до 100 метров.
- Частотный диапазон: 2,4 ГГц (работает по всему миру); 915 МГц (Соединённые Штаты и Австралия); 868 МГц (Европа).

Достоинства и недостатки технологии Z-Wave.

Достоинства:

- Низкое энергопотребление.
- Цена.

Недостатки:

- Совместимость: Несмотря на хорошую совместимость большинства устройств, существует большой список оборудования, которое не совместимо друг с другом либо же совместимость ограничена.
- Безопасность: Из-за слишком мягких условий сертификации, выдвигаемых консорциумом, существуют значительные проблемы с безопасностью.

Технология Wi-Fi.

Технология Wi-Fi – эта самая распространённая беспроводная технология беспроводной передачи данных с миллиардом пользователей по всему земному шару.

Беспроводная технология Wi-Fi основана на семействе стандартов беспроводных сетей IEEE 802.11x. Они определяют только первые два уровня модели OSI – физический и канальный. Сама же сеть Wi-fi имеет топологию «звезда». Т.е. все её функциональные узлы соединяются с центральным элементом – беспроводным маршрутизатором. Это позволяет подключать и удалять конечные устройства, не влияя на целостность структуры сети и на передачу данных в ней.

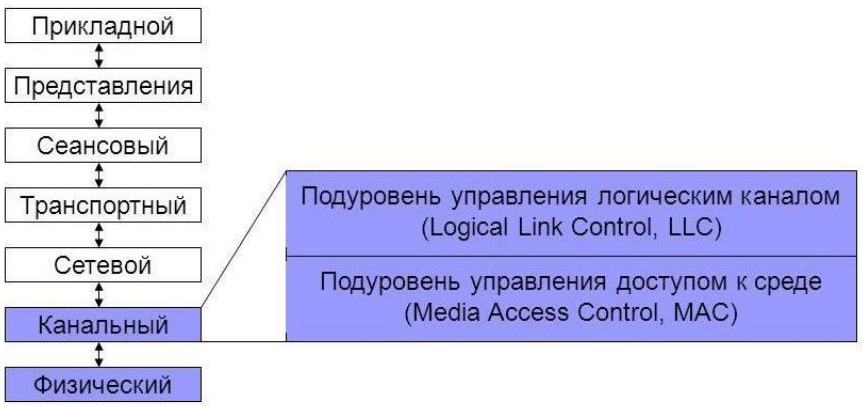


Рисунок 3. Протокол Wi-Fi в модели OSI

На сетевом и транспортном уровне Wi-Fi использует протоколы UDP или TCP для транспортного, и IPv4 или IPv6 для сетевого. Прикладной же уровень не определён и полностью отдан на откуп производителям программных и аппаратных решений.

Достоинства:

- Широко распространена в мобильных устройствах и ПК
- Обеспечение высокой скорости передачи данных.
- Высокий радиус действия.
- Цена.

Недостатки:

- Высокое энергопотребление.
- Сетевая топология “звезда” не гарантирует отказоустойчивости сети

Выводы.

1. Все представленные технологии представляют широкий выбор возможностей для домашней автоматизации подходящие под разные сценарии использования. Технологических решений, на базе которых можно реализовать действительно масштабные проекты.

2. Каждая из технологий обладает своими преимуществами и недостатками, но в выборе технологии беспроводной передачи данных для системы «умный дом», на мой взгляд, стоит обратить особое внимание на технологию Wi-Fi. Одно из главных его преимуществ – повсеместная доступность инфраструктуры 802.11 Факт того, что данный стандарт интегрируется практически во все мобильные устройства, имеет большое значение с точки зрения реализации управляющих приложений умного дома и «интернета вещей». Так же важным преимуществом является то, что технология Wi-Fi может передавать видеопотоки высокой чёткости что невозможно в других рассмотренных технологиях.

Литература:

1. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы/В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. –СПб.: Питер, 2002. –672с.

2. Владимиров С.С. Беспроводные сети передачи данных Учебное пособие. – Санкт – Петербург, СПб ГУТ, 2016.

3. Z-wave. Материалы с сайта. Официальный сайт. [электронный ресурс]. Режим доступа: https://z-wavealliance.org/ Дата обращения 10.05.2020

4. ZigBee. Материалы с сайта. Официальный сайт. [электронный ресурс]. Режим доступа: https://zigbeealliance.org/ Дата обращения 11.05.2020

В.О. Зехцер, Е.А. Ревякина

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОНИТОРИНГЕ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской Государственный Технический Университет», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: системы поддержки принятия решений, метод анализа иерархий, научная деятельность.

В статье описывается разработка системы поддержки принятия решений при мониторинге научной деятельности ВУЗа на базе электронной информационно-образовательной среды СКИФ ДГТУ с целью назначения премий и грантов преподавателям, исходя из их рейтинга. Так же описывается выбранный метод, язык программирования и архитектура программы. Обозначается полученный результат и возможные перспективы.

V.O. Zehcer, E.A. Revyakina

DEVELOPMENT OF DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MONITORING OF UNIVERSITY'S SCIENTIFIC ACTIVITY

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: decision support systems, analityc hierarchy process, scientific activity.

The article describes development of decision support system for monitoring the scientific activities of the university based on electronic information and educational environment SKIF DSTU for the purpose of awarding prizes and grants to teachers based on their rating. The selected method, programming language, and program architecture are also described. The obtained result and possible prospects are indicated.

В связи с возрастанием объёмов обрабатываемой информации для принятия управленческих решений по распределению ресурсов для научной деятельности ВУЗа возникла необходимость автоматизировать процесс обработки и анализа информации[1]. Разработка системы поддержки принятия решений является оптимальным вариантом.

Целью является разработка системы поддержки принятия решений на базе электронной информационно-образовательной среды СКИФ ДГТУ для назначения премий и грантов преподавателям, основываясь на их рейтинге. В задачи программы входит: получение рейтинговых критериев преподавателей из базы данных, настройка весовых коэффициентов для различных показателей, вычисление рейтинга преподавателей на основе полученных критериев, выбор преподавателя на основе рейтинга.

Был проведён анализ различных математических методов поддержки принятия решений. Задача принятия решения при мониторинге научной деятельности ВУЗа учитывает несколько критериев при обработке статистических данных. Для этого оптимально будет использовать метод анализа иерархий (рисунок 1)[2], т.к. генетические алгоритмы не дают решения по заданным критериям и больше подходят для задач машинного обучения, а нейронные сети требуют

обучения и больше подходят для задач распознавания. Так же для такой задачи не требуется нечёткий логический вывод и по сравнению с методами нечёткой логики, метод анализа иерархий проще в реализации.

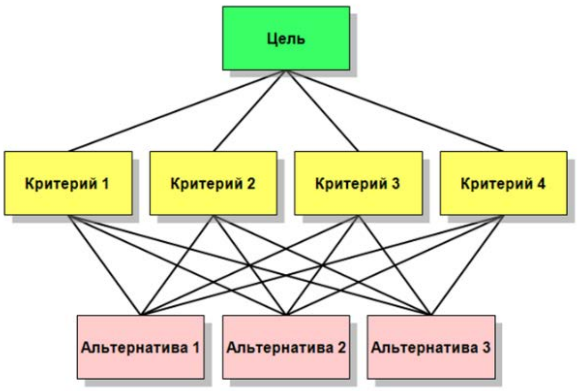


Рисунок 1. Метод анализа иерархий

Система поддержки принятия решений будет реализована в виде оконного приложения на языке C#, в связи с рядом таких преимуществ, как: постоянное развитие и поддержка языка компанией Microsoft, наличие готовых конструкций, позволяющих выполнять требуемые задачи без описание большого количества строк кода, средний порог вхождения и множество обучающих материалов и руководств, наличие удобных конструкций, позволяющих легче воспринимать код и допускать меньшее количество ошибок при создании программ, поддержка функционального программирования, большое количество расширяющих функциональность библиотек.

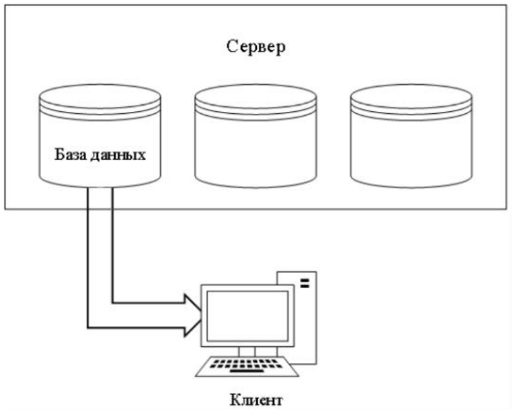


Рисунок 2. Архитектура приложения

По архитектуре программа является клиент-серверным приложением (рисунок 2)[3]. Программа получает данные из базы данных на сервере и обрабатывает их на клиенте. Для подключения к базе данных используется поставщик данных .NET Framework для OLE DB.

После получения рейтинговых показателей им задаются веса. Рейтинг R для каждого преподавателя высчитывается с помощью n рейтинговых показателей k_1, k_2, …, k_n и их весов a_1, a_2, …, a_n.

$$R = \frac{a_1 k_1 + a_2 k_2 + \cdots + a_n k_n}{n}$$

По итогу будет разработана система поддержки принятия решений при мониторинге научной деятельности ВУЗа, которая позволит: автоматизировать расчёт рейтинга преподавателей, настраивать значимость рейтинговых показателей, всесторонне оценивать деятельность кафедр и отдельных преподавателей. В перспективе программу можно дорабатывать, вводя дополнительные функции и интегрируя её с существующими системами мониторинга научной деятельности и прочим подобным программным обеспечением.

Литература:

1. Першина, Е.Л., Попова О.А., Чуканов С.Н. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: комплексы программ, модели, методы, приложения. // Омск: СибАДИ. –2015, 204 с.
2. Метод анализа иерархий: процедура применения. – Режим доступа: www.URL: http://vamocenka.ru/metod-analiza-ierarxij-procedura-primeneniya/. – 18.12.2019.
3. Львов, Д. Описание характеристик и классификация интеллектуальной СППР по проектированию ЛВС. // Горный информационно-аналитический бюллетень. –2015, №5, с. 46-50.

О.Г. Ведерникова, О.В. Игнатьева

АЛГОРИТМ МЕТОДА PIVOTED QUERY SYNTHESIS ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ БАЗ ДАННЫХ

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: СУБД, строка сводки, синтез сводных запросов, тестирование, тестовый оракул

Целью данной статьи является анализ алгоритма метода Синтез сводных запросов для автоматического тестирования СУБД с целью обнаружения логических ошибок. Идея этого подхода состоит в том, чтобы автоматически генерировать запросы, для которых случайно выбирается строка, называемая строкой сводки. Если СУБД не удается получить сводную строку, то вероятной причиной является ошибка в СУБД.

O.G. Vedernikova, O.V. Ignateva

ALGORITHM FOR METHOD PIVOTED QUERY SYNTHESIS FOR TESTING DATABASES

FGBOU VO RGUPS «Rostov State Transport University», Rostov-on-Don, Russia

Keywords: DBMS, pivot row, pivoted query synthesis, testing, test oracle

The purpose of this article is to analyze the algorithm of the Pivoted query synthesis method for automatic DBMS testing in order to detect logical errors. The idea behind this

approach is to automatically generate queries for which a row, called a summary row, is randomly selected. If the DBMS fails to get the summary string, then the probable cause is an error in the DBMS.

Введение

Системы управления базами данных (СУБД), основанные на реляционной модели, являются центральным компонентом во многих приложениях и информационных системах, поскольку они позволяют эффективно хранить и извлекать данные. На сегодняшний момент времени существуют базы данных на основе других моделей данных, отличных от реляционной, так называемые неряционные базы данных (NoSQL) [1]. Однако, лидером в мире по распространенности является до сих пор реляционная модель, о чем свидетельствует статистические данные международного сервиса db-engines (https://db-engines.com), рисунок 1.

Так как базы данных лежат в основе практически любой современной информационной системы, то вопрос наличия ошибок в СУБД на уровне ее программного кода, а именно dbengine (движка), является очень критичным. Конечно при разработке СУБД ее тщательно тестируют. Сегодня существует несколько хорошо зарекомендовавших методов тестирования для СУБД.

Rank			DBMS	Database Model	Score		
Mar 2020	Feb 2020	Mar 2019			Mar 2020	Feb 2020	Mar 2019
1.	1.	1.	Oracle	Relational, Multi-model	1340.64	-4.11	+61.50
2.	2.	2.	MySQL	Relational, Multi-model	1259.73	-7.92	+61.48
3.	3.	3.	Microsoft SQL Server	Relational, Multi-model	1097.86	+4.11	+50.01
4.	4.	4.	PostgreSQL	Relational, Multi-model	513.92	+6.98	+44.11
5.	5.	5.	MongoDB	Document, Multi-model	437.61	+4.28	+36.27
6.	6.	6.	IBM Db2	Relational, Multi-model	162.56	-2.99	-14.64
7.	7.	↑ 9.	Elasticsearch	Search engine, Multi-model	149.17	-2.98	+6.38
8.	8.	8.	Redis	Key-value, Multi-model	147.58	-3.84	+1.46
9.	9.	↓ 7.	Microsoft Access	Relational	125.14	-2.92	-21.07
10.	10.	10.	SQLite	Relational	121.95	-1.41	-2.92

Рисунок 1. Рейтинг популярности СУБД на март 2020 г.

Тестирование СУБД

Дифференциальное тестирование [2] - это метод сравнивает результаты, полученные несколькими системами, которые реализуют общий язык; если результаты отклоняются, одна или несколько систем могут иметь ошибку. Он использовался в качестве основы для многих подходов, например, для тестирования компиляторов C/C ++, механизмов символьного исполнения и программ чтения PDF.

Метаморфическое тестирование [3] - программа преобразована таким образом, что ожидается тот же результат, что и для исходной программы. Он был использован для обнаружения более тысячи ошибок в широко используемых компиляторах, также было успешно применен к тестовым компиляторам графических шейдеров.

Slutz предложил подход RAGS для обнаружения ошибок в СУБД, основанный на дифференциальном тестировании. В RAGS запросы автоматически генерируются и оцениваются несколькими СУБД. Если результаты противоречивы, обнаружена ошибка. Этот подход очень эффективный, но он применим только к небольшому набору общих операторов SQL. Однако данный метод дает неоднозначные ответы при обработке значения NULL, обработке символов и приведении числовых типов.

SQLsmith – это еще один популярный инструмент, который случайным образом генерирует SQL-запросы для тестирования различных СУБД [4]. SQLsmith является очень популярным начиная с 2015 года и обнаружил более 100 ошибок в популярных СУБД, таких как PostgreSQL, SQLite и MonetDB. Этот метод, как и универсальные фаззеры, такие как AFL [5] обычно применяются к СУБД и находят много ошибок, но они не могут обнаружить логические ошибки.

Проблема генерации запроса, подвыражения которого должны удовлетворять определенным ограничениям, широко изучалась; поскольку эта проблема сложна, она обычно решается с помощью приближенного алгоритма. Альтернативный подход был предложен Bati, где запросы отбираются и изменяются в зависимости от того, увеличивают ли они охват редко выполняемых путей кода, увеличивая охват тестируемого компонента СУБД. Вместо того, чтобы улучшать генерацию запросов, Lo предложил подход, при котором база данных генерируется на основе особых требований к тестовым запросам. Хотя эти подходы улучшают генерацию запросов и базы данных, они не помогают автоматически находить ошибки, поскольку они не предлагают подход для автоматической проверки результатов запросов.

Халек и др. работали над автоматизацией тестирования СУБД с использованием решения ограничений [6]. Их основная идея заключалась в использовании решателя на основе SAT для автоматической генерации данных базы данных, запросов и тестового оракула (оракул - это понятие означает механизм, с помощью которого определяется результат выполнения теста). В своей первой работе они описали, как генерировать специфичные для запроса данные для заполнения базы данных и перечислять строки, которые будут выбраны для создания тестового оракула. В последующей работе они продемонстрировали автоматическую генерацию запросов на основе SAT.

Также было предложено несколько подходов для измерения и улучшения производительности оптимизатора СУБД. Poess предложил шаблонный подход к генерации запросов, пригодный для тестирования СУБД, который он реализовал в инструменте QGEN. Как и генераторы случайных запросов, QGEN также можно использовать для тестирования СУБД. Gu представил подход для количественной оценки точности оптимизатора для заданной рабочей нагрузки путем определения метрики для различных планов выполнения, которые были созданы с использованием параметров настройки, специфичных для СУБД. Они обнаружили значительные различия в точности для оптимизаторов нескольких коммерческих систем баз данных.

Однако, в результате выполненного анализа, все методы тестирования являются эффективным способом для поиска уязвимостей в СУБД, но мало подходят для обнаружения логических ошибок. Поэтому в данной статье рассмотрим подробнее новый подход Pivoted Query Synthesis (синтез сводных запросов), предложенный Мануэлем Риггером и Чжендонгом Су (Швейцария) [7]. Данный подход тестирования СУБД решает ошибку оракула новым способом, а именно путем проверки правильности работы СУБД для конкретного запроса и строки. Этот подход может обнаруживать ошибки также в операторах SQL, уникальных для СУБД, но требует отдельных реализаций для каждой СУБД. Кроме того в отличие от SAT-методов, метод Pivoted Query Synthesis, является более простым, что делает его более применимым для большего количества различных СУБД.

Описание алгоритма метода синтеза сводных запросов

Логические ошибки в СУБД сложно обнаружить автоматически. Ключевой задачей для автоматического тестирования является создание эффективного так

называемого тестового оракула, который может определить, правильно ли система ведет себя при заданном входе.

Дифференциальное тестирование в виде инструмента RAGS, рассмотренного выше, позволяет сравнивать результаты запроса на нескольких СУБД. Несмотря на то, что RAGS обнаружил действительно много ошибок, дифференциальное тестирование сопровождается значительным ограничением, заключающимся в том, что тестируемые системы должны реализовывать одну и ту же семантику для заданного ввода. Все СУБД поддерживают общий и стандартизированный язык структурированных запросов (SQL). Однако на практике каждая СУБД предоставляет множество расширений к этому стандарту и отличается от него по разным частям (например, в том, как обрабатываются значения NULL). Это значительно ограничивает дифференциальное тестирование.

Новый принципиальный подход под названием *Синтез сводных запросов*, реализованный в инструменте SQLancer – это метод автоматического тестирования для обнаружения логических ошибок в СУБД [7]. Основная идея метода состоит в том, чтобы решить проблему тестового оракула для единственной, случайно выбранной строки, называемой строкой сводки, путем соединения (синтеза) запроса. Результатом будет набор строки сводки. Рассматривая только одну строку, процесс прост для понимания и реализации.

Для сводной строки случайным образом генерируется набор выражений, которые оцениваются как ИСТИНА на основе интерпретатора абстрактного синтаксического дерева (AST). Используя эти выражения в предложениях WHERE и JOIN для случайно сгенерированного запроса, гарантируется, что строка сводки должна содержаться в наборе результатов. Если она не содержится, то ошибка найдена. Повторно проверяя одну строку, предполагается, что этот метод так же эффективен, как и метод, который проверяет правильность полного набора результатов.

Рисунок 2 иллюстрирует подробные шаги подхода *Синтез сводных запросов*.

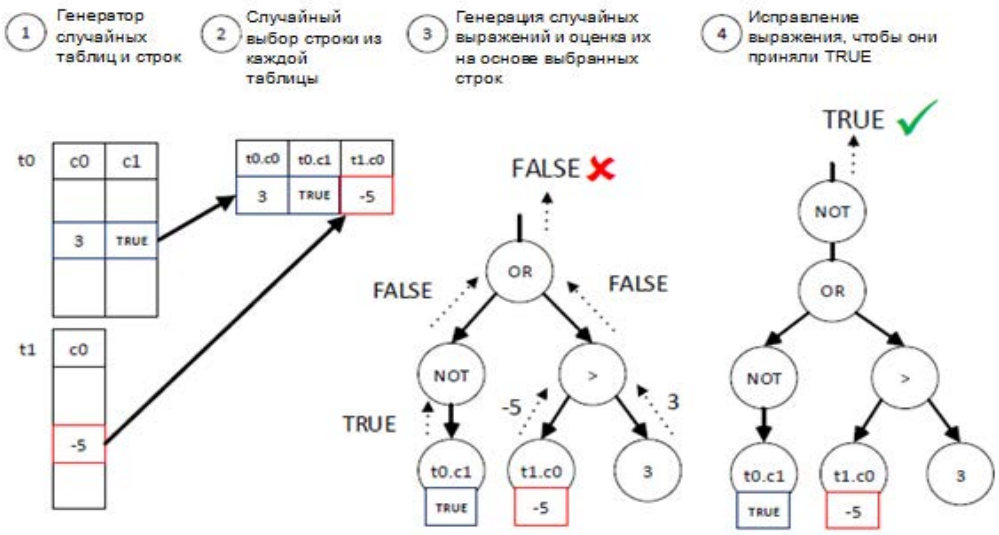
Сначала создается база данных с одной или несколькими случайными таблицами, которые заполняются случайными данными (см. шаг 1). Гарантируется, что каждая таблица содержит хотя бы одну строку. Затем выбирается случайно строка из каждой из таблицы (см. шаг 2), которая называется сводной строкой. Проверка правильности работы СУБД осуществляется на основе этой сводной строки, что является тестовым оракулом. Далее случайным образом создаются выражения на основе грамматики SQL СУБД и допустимых имен столбцов таблицы (см. шаг 3). После этого осуществляется оценка этих выражений, заменяя ссылки на столбцы соответствующими значениями сводной строки. Затем модифицируются выражения так, чтобы они давали TRUE (см. шаг 4). Далее, используются эти выражения в предложениях WHERE и / или JOIN для создаваемого запроса (см. шаг 5). После передается этот запрос в СУБД, которая возвращает набор результатов (см. шаг 6) и, как ожидается, будет содержать строку сводки потенциально среди других строк. На последнем шаге осуществляется проверка, действительно ли строка сводки содержится в наборе результатов (см. шаг 7). Если она не содержится, то вероятно, обнаружена ошибка в СУБД. Для следующей итерации либо продолжается с шага 2 и сгенерируются новые запросы для вновь выбранной сводной строки, либо продолжить с шага 1, чтобы сгенерировать новую базу данных.

Рассмотрим более детально шаги алгоритма.

1. Создание и проверка запросов

Рассмотрим подробнее, как генерируются случайные выражения, которые затем исправляются и используются в запросе (шаги 3–5).

Генерация случайных условий. На шаге 3 случайным образом генерируются деревья абстрактного синтаксиса (AST) до заданной максимальной глубины, создавая дерево произвольных выражений на основе схемы базы данных. Генерация этих деревьев выражений осуществляется аналогично RAGS и SQLsmith [4]. Однако, хотя эти системы напрямую используют сгенерированные выражения в условиях запроса (например, в предложении WHERE), подход синтеза сводных запросов требует условий для получения значения TRUE для сводной строки данных, что обеспечивается на последующих шагах. Так, для СУБД SQLite и MySQL инструмент SQLancer генерирует выражения любого типа, поскольку они обеспечивают неявные преобразования в логические значения. Для СУБД PostgreSQL, который выполняет несколько неявных преобразований, сгенерированный корневой узел должен выдавать логическое значение, которого мы достигаем, выбирая один из соответствующих операторов (например, оператор сравнения).



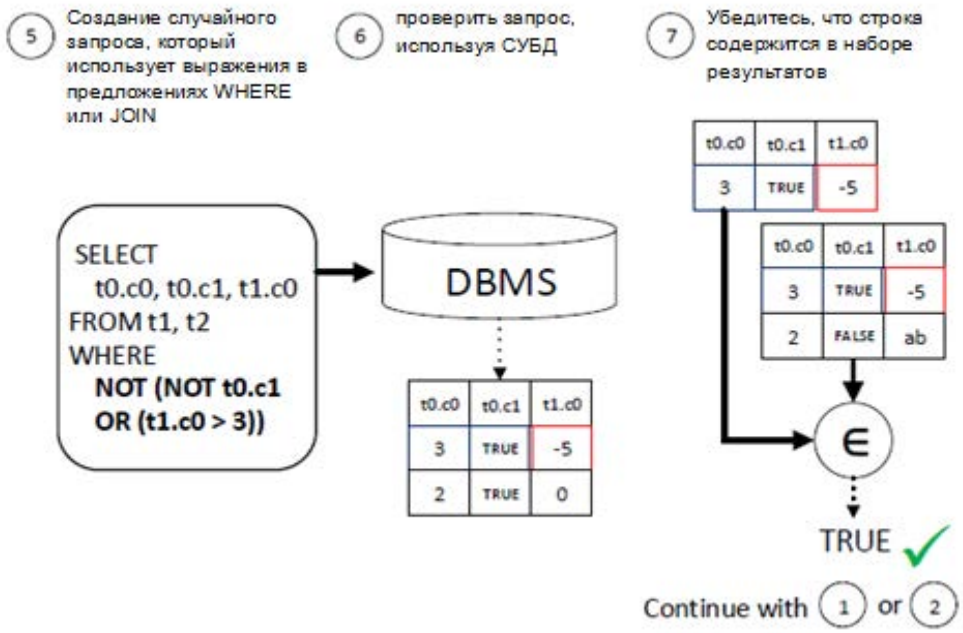


Рисунок 2. Алгоритм метода Синтез сводных запросов

В листинге 1 показано, как генерировать выражения для MySQL и SQLite. Глубина входного параметра показывает, что при достижении указанной максимальной глубины будет создан конечный узел. Конечный узел может быть либо случайно сгенерированной константой, либо ссылкой на столбец в таблице или представления. Если максимальная глубина еще не достигнута, рассматриваются также другие операторы (например, унарный оператор, такой как NOT). Обратите внимание, что генерация этих выражений зависит от того, какие операторы поддерживает соответствующая СУБД

```
Function generateExpression(int depth):
  node types ← {LITERAL, COLUMN}
   if depth < maxdepth then
     node_types ← node_types ∪ {UNARY , . . . }
   type ← random(node_types)
    switch type do
     case LITERAL do
       return Literal(randomLiteral());
     case COLUMN do
       return Column- Value(randomTable().randomColumn());
     case UNARY do
       return
         UnaryNode(generateExpression(depth+1),
         UnaryNode.getRandomOperation());
     case . . . do
      . . .
    end
```

Алгоритм 1. Функция generateExpression () генерирует случайный AST

Выражение Оценка.

После построения дерева случайных выражений мы должны проверить, выдается ли условие TRUE для сводной строки. С этой целью каждый узел предоставляет метод execute(), который вычисляет результат узла. Конечные узлы напрямую возвращают присвоенное им постоянное значение. Узлам столбцов присваивается значение, соответствующее их столбцу в сводной строке. Например, на шаге 3 рисунка 2 конечный узел t0.c1 возвращает TRUE, а константный узел 3 возвращает целое число 3. Составные узлы вычисляют свой результат на основе литералов, возвращаемых их дочерними элементами.

Например, узел NOT возвращает FALSE, потому что его дочерний элемент оценивается как TRUE (см. алгоритм 2). Узел сначала выполняет свое подвыражение, а затем приводит результат к логическому значению; если результат - логическое значение, значение отрицается; в противном случае возвращается NULL. Данная реализация проще, чем интерпретаторы AST для языков программирования, поскольку все узлы работают с литеральными значениями (т. е. им не нужно учитывать изменяемое хранилище).

Выражение Исправление.

После генерации случайных выражений шаг 4 гарантирует, что они оцениваются как ИСТИНА. SQL основан на трехзначной логике. Таким образом, при оценке в логическом контексте выражение либо возвращает TRUE, FALSE, либо NULL. Чтобы исправить выражение для получения TRUE, используется алгоритм 3. Например, на шаге 4 на рисунке 2 было изменено выражение, добавив предшествующее NOT, так что выражение оценивается как TRUE.

```
Method NotNode::execute():
  value ← child.execute()
  switch asBoolean(value) do
    case TRUE do
      result ← F ALSE
    case FALSE do
      result ← TRUE
    case NULL do
      result ← NULL
  end
  return result;
```

Algorithm 2. Реализация execute() узла NOT

Также предложенный подход работает и для других логических систем (например, четырехзначная логика).

```
Function rectifyCondition(randexpr):
  switch randexpr.execute() do
    case TRUE do
      result ← randexpr
    case FALSE do
      result ← NOT randexpr
    case NULL do
      result ← randexpr ISNULL
  end
  return result;
```

Algorithm 3. Шаг исправления выражения, примененный к случайно сгенерированному выражению

Генерация запросов.

На шаге 5 генерируются целевые запросы, которые извлекают сводную строку. Выражения, оцениваемые в TRUE, используются в предложениях WHERE, которые ограничивают строки, выбираемые запросом, и в предложениях JOIN, которые используются для объединения таблиц. Обратите внимание, что операторы SELECT обычно предоставляют различные ключевые слова для управления поведением запроса, например, все СУБД предоставляют ключевое слово для получения только различных значений. В данном методе случайным образом выбираются подходящие ключевые слова при создании этих запросов. Данный подход также можно использовать для частичного тестирования агрегатных функций, которые вычисляют значения по нескольким строкам.

Проверка сдерживания.

После использования СУБД для оценки запроса на шаге 6, проверка того, является ли строка сводки частью набора результатов, является последним этапом подхода Синтез сводных запросов. В SQLancer строится запрос так, чтобы он проверял наличие содержимого, эффективно объединяющий шаги 6 и 7. Каждая СУБД предоставляет различные операторы для проверки на наличие ограничений, такие как операторы IN и INTERSECT. Например, для проверки содержания на рис. 2, шаг 7, можно проверить, содержится ли строка (3, TRUE, -5) в наборе результатов, с помощью запроса

```
SELECT (3, TRUE, -5)
INTERSECT SELECT t0.c0, t0.c1, t1.c0
FROM t1, t2
WHERE NOT (NOT (t0.c1 OR (t1.c0> 3)))
```

в SQLite, который возвращает строку, если содержится сводная строка.

2. Генерация случайных состояний

На 1 шаге генерируется случайное состояние базы данных. Для этого используется команда CREATE TABLE для создания таблиц и INSERT для вставки строк данных. Кроме того, генерируя дополнительные операторы DDL и DML, можно исследовать большие базы данных, в которых были выявлены ошибки СУБД. Например, были реализованы команды UPDATE, DELETE, ALTER TABLE и CREATE INDEX для всех баз данных, а также специфичные для СУБД параметры времени выполнения. Ряд команд, которые были реализованы, были уникальными для соответствующей СУБД. Операторы, уникальные для MySQL – это REPAIR TABLE и CHECK TABLE, а операторы DISCARD и CREATE STATISTICS являются уникальными для PostgreSQL.

Обработка ошибок.

При генерировании операторов они являются правильными как синтаксически, так и семантически. Однако создание семантически правильных утверждений иногда нецелесообразно. Например, INSERT может завершиться ошибкой, когда значение, уже присутствует в столбце UNIQUE. Для предотвращения такой ошибки потребует сканирования каждой строки в соответствующей таблице. Вместо того, чтобы проверять такие случаи, которые потребовали бы дополнительных усилий по реализации и затрат производительности

во время выполнения, был определен список сообщений об ошибках, которые можно ожидать при выполнении соответствующего оператора. Часто авторы этого метода связывали сообщение об ошибке с оператором в зависимости от наличия или отсутствия определенных ключевых слов; например, INSERT OR IGNORE, как ожидается, будет игнорировать многие сообщения об ошибках, которые будут появляться без OR IGNORE. Если СУБД возвращает ожидаемую ошибку, то она игнорируется. Однако было обнаружено ряд случаев, когда сообщение об ошибке было неожиданным. Например, в SQLite сообщение об ошибке образа диска базы данных в неправильном формате всегда является неожиданным, поскольку оно указывает на повреждение базы данных. Основываясь на этом наблюдении, авторы метода назвали такую ошибку вторичной или оракул ошибка, которая обнаруживает ошибку при возникновении непредвиденной ошибки.

3. Важные детали реализации

Производительность.

Как правило, SQLancer генерирует от 5000 до 20000 операторов в секунду, в зависимости от тестируемой СУБД. Поэтому SQLancer был оптимизирован, чтобы использовать преимущества базового оборудования, а именно выполнено распараллелирование системы, запустив каждый поток в отдельной базе данных, что также привело к обнаружению ошибок, связанных с условиями гонки. Чтобы полностью использовать каждый ЦП, была уменьшена вероятность генерирования операторов SQL, которые вызывают низкую загрузку ЦП (например, VACUUM в PostgreSQL). Также был использован язык Java. Однако любой другой язык программирования был бы в равной степени подходящим, поскольку узким местом в производительности была СУБД, выполняющая запросы.

Номер строки.

Было обнаружено много ошибок, которое было связано с ограничением количества вставленных строк с низким значением (10 /30 строк). Если бы было поставлено большее значение, то это приведет к превышению времени ожидания запросов при объединении таблиц без условия ограничительного объединения. Например, в запросе SELECT * FROM t0, t1, t2 самый большой набор результатов для 100 строк в каждой таблице уже будет |t0| |t1| |t2| = 1 000 000, что значительно снижает пропускную способность запроса.

Состояние базы данных.

Для генерации многих операторов SQL требуется знание схемы базы данных или другого состояния базы данных. Например, чтобы вставить данные SQLancer должен определить имя таблицы и ее столбцов. SQLancer запрашивает такое состояние динамически из СУБД, а не отслеживает или вычисляет его самостоятельно, что потребовало бы дополнительной реализации. Например, чтобы запросить имя таблиц в MySQL и PostgreSQL можно извлечь эту информацию из таблицы данных schema.tables, а в SQLite – из таблицы sqlite.master.

Выражения в столбцах.

В то время как первоначальная реализация подхода Синтез сводных запросов проверяла только содержание сводной строки, то в дальнейшем авторы расширили ее, чтобы также проверить, правильно ли вычисляются выражения в столбцах. Чтобы достичь этого, было разрешено случайно сгенерированному запросу ссылаться не только на столбец, но и на случайно сгенерированные выражения, которые

потенциально основаны на ссылках на столбец. Таким образом, вместо того, чтобы проверять, содержится ли сводная строка в наборе результатов, можно оценивать выражения на этой строке, чтобы проверить, содержатся ли результаты выражения.

Выводы

В данной статье был описан алгоритм тестирования СУБД для обнаружения логических ошибок. Простота подхода Синтез сводных запросов позволит повысить надежность многих СУБД. Данный метод был протестирован на трех широко используемых СУБД, а именно на SQLite, MySQL и PostgreSQL [7]. Было обнаружено 123 ошибок, 99 из которых были исправлены или проверены, демонстрируя, что этот подход является высокоэффективным и общим.

Литература:

1. *Игнатьева, О.В., Ведерникова, О.Г.* Исследование NoSQL баз данных / Сборник научных трудов «Транспорт: наука, образование, производство», Том 1. Технические науки. Рост. гос. ун-т. путей сообщения. Ростов н/Д, 2019 – С. 145 – 151.

2. *W. M. McKeeman*. Di_erential testing for software. Digital Technical Journal, 10(1):100-107, 1998.

3. *T. Y. Chen, S. C. Cheung, and S. M. Yiu*. Metamorphic testing: a new approach for generating next test cases. Technical report, Technical Repor HKUST-CS98-01, Department of Computer Science, Hong Kong, 1998.

4. *Matt Jibson*. SQLsmith: randomized SQL testing in CockroachDB. 2019 https://www.cockroachlabs.com/blog/sqlsmith-randomized-sql-testing/

5. *Козырский, Б.Л., Комаров, Т.И.* Фаззинг - перспективная методика поиска уязвимостей программных систем // Телекоммуникационные устройства и системы. Изд.-во: Российское научно-техническое общество радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова, М. – 2013. Т. 3, № 2 . - С. 160-162.

6. *S. Abdul Khalek and S. Khurshid*. Automated sql query generation for systematic testing of database engines. In Proceedings of the IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE '10, pages 329-332, 2010.

7. *Manuel Rigger, Zhendong Su.* Testing Database Engines via Pivoted Query Synthesis / arXiv:2001.04174v1 [cs.DB] 13 Jan 2020.

Е.В. Богатырева, Л.В. Сокиренко, Э.А. Бинеев

РОЛЬ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕГЛАМЕНТОВ В МЕХАНИЗМЕ ОТЗЫВА ПРОДУКЦИИ

Ростовский ф-л ФГАОУ ДПО «Академия стандартизации, метрологии и сертификации(учебная)», г. Ростов-на-Дону, Россия
СКФ МТУСИ, г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: отзыв, технический регламент, государственный контроль (надзор), защита здоровья и безопасности потребителя.

Отзыв продукции, не соответствующей обязательным требованиям технических регламентов, является одним из ключевых мероприятий по

предотвращению причинения вреда. Практика осуществления отзыва наиболее полно представлена в отрасли автомобилестроения.

E.V. Bogatyreva, L.V. Sokirenko, E.A. Bineev

THE ROLE OF TECHNICAL REGULATIONS IN THE PRODUCT RECALL PROCEDURE

"Academy of standardization, Metrology and certification (training)",
Rostov-on-don, Russia
NCB MTUCI, Rostov-on-don, Russia

Keywords: recall, technical regulations, state control (supervision), protection of consumer health and safety.

Abstract: Recall of products that do not meet the mandatory requirements of technical regulations is one of the key measures to prevent some harm. The practical realization of a recall procedure is most fully represented in the motor vehicle industry.

В последнее время в сети Интернет часто встречается информация об отзыве продукции в связи риском причинения вреда потребителю. Относится эта информация чаще всего к автотранспортным средствам. Дело в том, что именно отрасль автомобилестроения выбрана для апробирования механизма отзыва продукции с рынка сбыта, как уделяющая пристальное внимание вопросам безопасности.

Отзыв продукции представляет собой не что иное, как корректирующее действие, предпринятое после производства с целью защиты здоровья и безопасности потребителей в связи с использованием какой-либо продукции.

Для защиты жизни или здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества, охраны окружающей среды, жизни или здоровья животных и растений; предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей, в том числе потребителей, разрабатываются технические регламенты, которые и устанавливают обязательные для применения и исполнения требования к продукции [1, 2].

В соответствии с действующим законодательством, когда продавцам или изготовителям становится известно о несоответствии выпущенной в обращение продукции обязательным требованиям, они должны известить потребителей и надзорные органы о возможном риске причинения ущерба. Для предотвращения возможного вреда принимается комплекс мероприятий, который согласовывается с органами государственного контроля (надзора). В июле 2017 года вступили в силу поправки в КоАП, в соответствии с которыми вводится ответственность за непринятие производителями мер по предотвращению причинения вреда[3].В отношении технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств», надзорным органом выступает Федеральное агентство по техническому регулированию (Росстандарт) и его межрегиональные территориальные управления.

По итогам прошедшего года в ходе осуществления контрольно-надзорной деятельности в соответствии с положениями Федерального закона «О техническом регулировании» Росстандартом было выдано более 230 предписаний о разработке программ мероприятий по предотвращению причинения вреда, а также согласовано

198 таких программ. Программа мероприятий по предотвращению причинения вреда, связанного с обращением продукции, включает в себя:

- уведомление покупателей о несоответствии продукции обязательным требованиям, о причинах возникновения этого несоответствия, рисках, связанных с использованием продукции, и возможном причинении вреда здоровью и безопасности потребителя;
- разработку комплекса мероприятий по изъятию, ремонту или замене отзываемой продукции и определение сроков их проведения.

В уведомлении об отзыве максимально точно должны быть определены основные характеристики отзываемой продукции для её четкой идентификации, чтобы избежать ситуации, когда вся продукция этого производителя будет восприниматься опасной или дефектной. Информация о программе мероприятий размещается на сайтах производителя и надзорного органа. Например, в мае 2018 года Росстандарт уведомил посетителей сайта о согласовании программы мероприятий по проведению добровольного отзыва 4794 транспортных средств по причине возможного необоснованного срабатывания подушки безопасности с существующим риском травмирования водителя для осуществления бесплатных ремонтных работ[4 ,5].

По согласованию с Росстандартом за 9 месяцев 2017 года автопроизводители отозвали с рынка по разным причинам более 1 млн. 150 тыс. транспортных средств, за 2016 год – около 1 млн. 100 тыс., а за 2015 год – 280 тыс. автомобилей.

В рамках новостных материалов на сайте Росстандарта можно найти информацию обо всех отзывных кампаниях колесных транспортных средств, но для удобства поиска возникает необходимость в аккумулировании таких данных на отдельном интернет-сервисе. В целях реализации концепции открытости, Росстандарт запускает инновационный проект, направленный на защиту потребителей, планирующих приобрести транспортное средство. В течение 2018 года запланировано разработать интернет-сервис, с помощью которого любой его посетитель сможет проверить присутствие автомобиля в отзывной кампании по VIN-коду транспортного средства.

Информационная открытость и ответственное отношение производителей к вопросам предотвращения возможного вреда здоровью потребителя, его имуществу, окружающей среде становятся приоритетными атрибутами конкурентоспособного предприятия в современном обществе. Чем больше отраслей промышленности будет вовлечено в механизм отзыва продукции, тем больше будет доверие потребителей к безопасности товаров, находящихся в обращении на рынке.

Литература:

1. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
2. ГОСТ Р ИСО 10393-2014 «Отзыв потребительских товаров. Руководство для поставщиков».
3. Приказ Росстандарта от 29 марта 2017 года № 647 «Об утверждении Методических рекомендаций по разработке и реализации программы мероприятий по предотвращению причинения вреда в связи с несоответствием продукции требованиям технических регламентов».
4. Отчет об итогах деятельности Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в 2017 году. Источник: www.gost.ru.
5. Постановление Правительства РФ от 13 мая 2013 г. N 407 «Об уполномоченных органах Российской Федерации по обеспечению государственного

контроля (надзора) за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза»

И.В. Головина, Т.Я. Александрова

О НОВЫХ ПОДХОДАХ В АНТИМОНОПОЛЬНОМ РЕГУЛИРОВАНИИ СФЕРЫ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия
Филиал Частного образовательного учреждения высшего образования «Московский университет имени С.Ю. Витте», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: инфокоммуникации, монополия, антимонопольный контроль, сетевой эффект, пятый антимонопольный пакет, Федеральная антимонопольная служба, антимонопольный комплаенс.

В статье обосновывается необходимость обновления методов антимонопольного регулирования в условиях цифровизации экономики. Рассмотрены новые критерии определения доминирующего положения на рынке, связанные с сетевыми эффектами, а также проблемы внедрения антимонопольного комплаенса в деятельность предприятий отрасли инфокоммуникаций. Сделаны выводы об эффективности внутреннего контроля за соблюдением антимонопольного законодательства.

I.V. Golovina, T.Ya. Alexandrova

ON NEW APPROACHES TO ANTITRUST REGULATION IN THE SPHERE OF INFOCOMMUNICATIONS

North Caucasus branch of the order of the red banner of Labor of the Federal state budgetary educational institution of higher education "Moscow technical University of communications and Informatics", Rostov-on-Don, Russia
Branch of Private educational institution of higher professional education "Moscow University named by S. Y. Witte", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: infocommunications, monopoly, Antimonopoly control, network effect, fifth Antimonopoly package, Federal Antimonopoly service, Antimonopoly compliance.

The article substantiates the need to update the methods of antitrust regulation in the conditions of digitalization of the economy. New criteria for determining the dominant position in the market related to network effects, as well as problems of implementing antitrust compliance in the activities of enterprises in the infocommunication industry are considered. Conclusions are made about the effectiveness of internal control over compliance with antitrust legislation.

Антимонопольная политика в отношении отрасли инфокоммуникаций имеет довольно давнюю историю, восходящую к 1995 году, когда была принята правительственная Программа демонополизации отрасли связи. Меры, предусмотренные Программой, были адресованы традиционному рынку телекоммуникаций, который всегда отличался высокой концентрацией, присутствием крупных операторов, доминирующих в отрасли. Естественный монополизм, ведомственный монополизм, олигополия в сегменте сотовой связи и, как следствие, злоупотребления доминирующим положением, — все это создавало поводы для пристального внимания и соответствующих санкций со стороны Федеральной антимонопольной службы [5, с. 434].

В настоящее время проблема демонополизации отрасли сохраняется и, более того, приобретает новую актуальность в условиях вступления в информационную эпоху, когда основой рыночной власти становятся цифровые процессы. Сама отрасль в результате конвергенции традиционной связи и информационных технологий претерпела серьезные изменения. Существующие проявления монополизма формы, однако возникли новые явления, что потребовало обновления подходов к антимонопольному регулированию.

Речь идет, в частности, о сетевом эффекте, который выражается в росте ценности сети и сетевых продуктов по мере увеличения числа пользователей и возрастания их лояльности по отношению к сети. В этих условиях сетевые компании, работающие с большими данными, получают возможность влиять на рынок и на ценообразование [4, с. 145]. Тем самым возникает новый монополизм, в отношении которого обычные схемы антимонопольного регулирования практически бессильны, поскольку он опирается на использование так называемых цифровых платформ или интернет-платформ, объединяющих (и подчиняющих себе) огромное количество участников.

Следует заметить, что однозначного определения цифровой платформы в литературе нет, однако есть понимание того, что речь идет о взаимодействии множества субъектов, осуществляемого в единой информационной среде, следствием чего является управление рынками на основе результатов обработки больших данных. В подобной ситуации оказываются неприменимыми количественные критерии доминирования на рынке, сформулированные в Федеральном законе «О защите конкуренции».

Изменившиеся рыночные реалии вызвали необходимость внесения поправок в антимонопольное законодательство, которые нашли отражение в разработанном Федеральной антимонопольной службой так называемом «пятом антимонопольном пакете». В начале 2019 г. соответствующие документы были внесены в правительство, несмотря на неоднозначные оценки их со стороны предпринимательского сообщества, которые высказывались в ходе предшествующего обсуждения.

Пятый антимонопольный пакет был призван определить применение антимонопольного законодательства в условиях цифровизации. Так, предлагалось ввести в законодательство понятие сетевого эффекта, который станет критерием признания хозяйствующего субъекта доминирующим, даже если он занимает менее 35% рынка. При этом выручка владельца цифровой платформы должна превышать 400 млн. рублей в год. В основу этих и других предложений закладывалась идея о том, что доступ к большим данным, собранным цифровыми платформами, должен быть недискриминационным.

Несмотря на очевидную необходимость реформирования антимонопольного законодательства, инициативы ФАС, содержащиеся в пятом антимонопольном

пакете, пока не получили окончательного одобрения правительства. Одна из главных причин — возражения против расширения действия антимонопольного законодательства на интеллектуальную собственность, с которыми выступили представители российских ИТ-компаний и других предпринимательских кругов.

Более успешной и перспективной оказалась другая инновация в области антимонопольного регулирования — разработка и внедрение антимонопольного комплаенса. Соответствующие поправки в Федеральный закон РФ «О защите конкуренции» уже вступили в силу в марте 2020 года.

Следует заметить, что комплаенс сам по себе не является чем-то абсолютно новым и неизвестным для российской деловой среды. Как система управления рисками несоответствия законодательству, или регуляторными рисками, он использовался в банковской сфере еще с конца 90-х годов прошлого века. Комплаенс-контроль применялся и другими предприятиями, главным образом, работающими на международных рынках.

Для предприятий сферы инфокоммуникаций внедрение корпоративного контроля и управления антимонопольными рисками особенно актуально и необходимо в силу наличия доминирующих субъектов и постоянного генерирования новых форм монополизма.

Новый закон предусматривает добровольность разработки и применения комплаенс-контроля, однако последствия нарушения антимонопольного законодательства могут оказаться для компаний весьма серьезными. Так, Федеральным законом РФ «О защите конкуренции» предусмотрена гражданско-правовая, административная, уголовная и дисциплинарная ответственность за нарушение антимонопольного законодательства [1]. Злоупотребления доминирующим положением могут наказываться штрафами, принудительными работами и даже лишением свободы.

За всем этим неизбежно следуют не только финансовые, но и репутационные потери для компаний.

Особую актуальность теме антимонопольного комплаенса придает то обстоятельство, что даже привлекаемые к ответственности юридические лица не всегда понимают, какую именно статью закона «О защите конкуренции» они нарушили. Более того, существующие антимонопольные ограничения нередко воспринимаются предпринимателями как лишние препятствия. Тем важнее внедрение в корпоративную культуру в качестве ключевой ценности неприятие нарушений законодательства вообще и антимонопольного законодательства, в частности.

Добровольность принятия антимонопольного комплаенса не свидетельствует в пользу его необязательности. Напротив, создание системы внутреннего обеспечения соответствия требованиям антимонопольного законодательства отвечает интересам самих компаний.

Если же такая система создается, то законом определены ее обязательные элементы. К ним относятся:

- порядок проведения оценки рисков нарушения антимонопольного законодательства, связанного с деятельностью компании;
- меры, направленные на снижение рисков нарушения антимонопольного законодательства;
- меры, направленные на осуществление контроля за функционированием системы антимонопольного комплаенса;
- порядок ознакомления работников с внутренними актами;

– информация о должностном лице, ответственном за функционирование антимонопольного комплаенса.

Для проверки внутренних документов на соответствие законодательству компания может направить их в Федеральную антимонопольную службу и в течение 30 дней получить ее заключение. Информация о принятии комплаенса должна быть размещена на сайте компании.

Принятию поправок в Закон «О защите конкуренции» предшествовало широкое обсуждение антимонопольного комплаенса, его преимуществ и трудностей реализации в российских реалиях. Наряду с общим соображением о целесообразности соблюдения законодательства во избежание ответственности, высказывалось предложение смягчать возможные санкции компаниям-нарушителям, если они имеют у себя систему комплаенса. Подобное основание для ухода от соблюдения антимонопольного законодательства представляется абсолютно неправомерным. Наличие комплаенс-контроля, возможно, неэффективного, чисто формального, раз допущено нарушение закона, не должно служить «индульгенцией» для компаний, не соблюдающих требования законодательства.

Реализация права внедрять систему внутреннего обеспечения соответствия требованиям антимонопольного законодательства создает условия для превентивных действий по предупреждению рисков и тем самым позволяет избежать санкций со стороны ФАС. Уже этого достаточно для того, чтобы создать стимулы к разработке комплаенса. Однако есть и другие преимущества, связанные со снижением регуляторной нагрузки на компании и ростом доверия со стороны контролирующих органов. Если компания имеет согласованную с ФАС систему комплаенса, она может рассчитывать на снижение категории риска при государственном контроле в антимонопольной сфере. А чем ниже категория риска, тем меньше частота проверок со стороны ФАС. Так, например, при понижении категории риска со средней до умеренной можно рассчитывать на уменьшение интенсивности проверок — не один раз в три года, а один раз в пять лет.

Эксперты также считают, что затраты, связанные с созданием и поддержанием функционирования комплаенс-систем, вполне могут окупиться потенциальным увеличением капитализации публичных акционерных обществ, поскольку инвесторами всегда положительно оценивается наличие у компании системы управления рисками.

Среди компаний сферы инфокоммуникаций, действующих в условиях довольно высоких рисков нарушения антимонопольного законодательства, только ПАО «МТС» еще до принятия поправок в Закон «О защите конкуренции» создало систему антимонопольного комплаенса.

Поддерживая в целом идею об антимонопольном комплаенсе как о средстве минимизации рисков несоответствия антимонопольному законодательству и повышения прозрачности бизнеса, следует тем не менее обратить внимание на уязвимое место, связанное с кадровым обеспечением работы системы комплаенс-контроля. Подготовка кадров в образовательной организации должна быть максимально приближенной к условиям практической профессиональной деятельности будущего специалиста для цифровой экономики[3]. Дело в том, что здесь необходимы не только юристы, специализирующиеся в области антимонопольного законодательства, но и аналитики, обладающие профессиональными знаниями в сфере рынков, их структуры, конкурентности, определения границ отрасли и т.п. В противном случае едва ли удастся обоснованно

определить потенциальные нарушения и разработать соответствующие превентивные меры.

Ситуация осложняется еще и тем, что опыт внедрения антимонопольного комплаенса в РФ пока незначителен, а компании, разрабатывающие свои внутренние системы соответствия антимонопольному законодательству, не станут полностью раскрывать все мероприятия в области собственной антимонопольной политики.

Требование подключения всех сотрудников к этой работе путем ознакомления с внутренними актами, как гласит новый закон, вряд ли способно решить кадровый вопрос, равно как и включение в должностные инструкции необходимости владения основами антимонопольного законодательства.

Несмотря на относительную новизну рассматриваемой проблематики, в РФ уже довольно широко предлагаются программы подготовки комплаенс-офицеров и курсы повышения квалификации, которые, правда, носят по преимуществу, либо общий характер, либо ориентированы на антикоррупционные риски.

Поэтому важным условием создания эффективного комплаенс-контроля является разработка программ обучения, ориентированных на изучение и предотвращение именно антимонопольных рисков. Помимо юридических аспектов такие программы обязательно должны содержать аналитические компоненты, связанные с принципами изучения рынков, подходов к определению долей компаний в отрасли, критериев добросовестности конкуренции и пр.

Наконец, принципиально важным является идеологическое наполнение таких программ, выход за рамки чисто прикладных задач защиты от проверок госорганов. Ориентиром должна стать этическая составляющая бизнеса. Как справедливо замечено, «комплаенс — это совесть компании. Это опыт, профессионализм и понимание духа регулирования» [7].

Литература:

1. Федеральный закон от 26.07.2006 № 135-ФЗ «О защите конкуренции» (с изменениями на 24 апреля 2020 года) // Режим доступа: http://docs.cntd.ru/document/901989534 (дата обращения: 17,05.2020).

2. Принятие изменений в Федеральный закон «О защите конкуренции» в части введения «антимонопольной комплаенс-системы» // Режим доступа: https://ktaplaw.ru/tpost/0ehx6ke8ne-prinyatie-izmenenii-v-federalnii-zakon-o (дата обращения: 15.05.2020).

3. Александрова Т.Я., Новикова Н.Б. Современные технологии подготовки кадров для цифровой экономики // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2019. № 8(111). С. 19-23.

4. Головина И.В., Довжанский Д.Ю. Сетевой эффект и его последствия // Труды СКФ МТУСИ. — Ростов-на-Дону, 2019. — с. 141-147.

5. Головина И.В., Нещеренко Е.Э. О монополизме на рынке услуг связи и путях его преодоления // Труды СКФ МТУСИ. — Ростов-на-Дону, 2016. — с. 433-437.

6. Примаков Д. Что не так с антимонопольным комплаенсом в России? // Режим доступа: https://legal.report/chto-ne-tak-s-antimonopolnym-komplaensom-v-rossii/ (дата обращения: 15.05.2020).

7. Чем озабочены комплаенс-офицеры? // Режим доступа: https://www.finversia.ru/news/events/chem-ozabocheny-komplaens-ofitsery-55819 (дата обращения 15.05.2020).

О.В. Игнатьева, О.Л. Игнатьев, З.В. Лященко

АНАЛИЗ ПОДХОДА «СИНТЕЗ СВОДНЫХ ЗАПРОСОВ» ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»,
Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: синтез сводных запросов, тестирование, база данных, тестовый оракул, СУБД, строка сводки

Аннотация - целью данной статьи является анализ результатов тестирования метода «Синтез сводных запросов», с целью автоматического обнаружения логических ошибок в СУБД. Приведены данные тестирования для трех широко используемых в мире реляционных СУБД: SQLite, MySQL, PostgreSQL.

O.V. Ignateva, O.L. Ignatiev, Z.V. Lyashchenko

ANALYSIS OF THE “PIVOTED QUERY SYNTHESIS” APPROACH FOR TESTING RELATIVE DATABASES

FGBOU VO RGUPS «Rostov State Transport University»,
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: pivoted query synthesis, testing, database, test oracle, DBMS, pivot row

Abstract - the purpose of this article is to analyze the results of testing the method "Pivoted query synthesis", with the aim of automatically detecting logical errors in the DBMS. Testing data for three relational DBMS widely used in the world: SQLite, MySQL, PostgreSQL.

Введение

Реляционные базы данных используются повсеместно. Они управляются системами управления базами данных (СУБД), которые позволяют вставлять, изменять и запрашивать данные с использованием языка, специфичного для предметной области, который называется языком структурированных запросов (SQL).

Так как базы данных лежат в основе практически любой современной информационной системы, то вопрос наличия ошибок в СУБД на уровне ее программного кода, а именно dbengine (движка), является очень критичным. Конечно, при разработке СУБД ее тщательно тестируют [6, 7, 8, 11]. Сегодня существует несколько хорошо зарекомендовавших методов тестирования для СУБД.

Например, популярные СУБД были тщательно протестированы фаззерами на поиск уязвимостей. Фаззинг - техника тестирования программного обеспечения, автоматическая или полуавтоматическая, заключающаяся в передаче приложению на вход неправильных, неожиданных или случайных данных [2]. Фаззеры успешно обнаруживают большинство ошибок уязвимостей в СУБД, но не могут обнаружить логические ошибки. Еще одним из распространенных способов тестирования является дифференциальное тестирование [8, 10]. Это эффективный метод тестирования систем, поддерживающих общий язык, путем сравнения результатов этих же систем. Этот метод неэффективен для СУБД, поскольку каждая СУБД поддерживает свой собственный диалект SQL.

Однако нахождение логических ошибок, например, когда СУБД вычисляет неверный набор результатов, данные методы тестирования не выполняют. Логические ошибки в СУБД сложно обнаружить автоматически. Ключевой задачей для автоматического тестирования является создание эффективного так называемого тестового оракула, который может определить, правильно ли система ведет себя при заданном входе [4, 9].

В данной статье рассмотрим анализ результатов тестирования нового разработанного подхода Pivoted Query Synthesis (синтез сводных запросов), который позволяет автоматически обнаруживать большое количество логических ошибок в СУБД, разработанный Мануэлем Риггером и Чжендонгом Су (Швейцария) [1]. Метод реализован в инструменте под названием SQLancer. Данный подход тестирования СУБД решает ошибку оракула (это понятие означает механизм, с помощью которого определяется результат выполнения теста) новым способом, а именно путем проверки правильности работы СУБД для конкретного запроса и строки. Этот подход может обнаруживать ошибки также в операторах SQL, уникальных для СУБД, но требует отдельных реализаций для каждой СУБД. Кроме того, в отличие от SAT-методов [3, 5], который применяется для автоматической генерации данных базы данных, метод Pivoted Query Synthesis является более простым, что делает его более применимым для большего количества различных СУБД. Основная идея данного метода состоит в том, чтобы автоматически генерировать запросы, для которых случайно выбирается строка, называемая строкой сводки. Если СУБД не удается получить сводную строку, вероятной причиной является ошибка в СУБД.

Анализ реализации метода синтеза сводных запросов

Основная идея метода состоит в том, чтобы решить проблему тестового оракула для единственной, случайно выбранной строки, называемой строкой сводки, путем соединения (синтеза) запроса [1]. Результатом будет набор строки сводки. Для сводной строки случайным образом генерируется набор выражений, которые оцениваются как ИСТИНА на основе интерпретатора абстрактного синтаксического дерева (AST). Используя эти выражения в предложениях WHERE и JOIN для случайно сгенерированного запроса, гарантируется, что строка сводки должна содержаться в наборе результатов. Если она не содержится, то ошибка найдена. Повторно проверяя одну строку, предполагается, что этот метод так же эффективен, как и метод, который проверяет правильность полного набора результатов.

Сначала создается база данных с одной или несколькими случайными таблицами, которые заполняются случайными данными (шаг 1). Гарантируется, что каждая таблица содержит хотя бы одну строку. Затем выбирается случайно строка из каждой из таблицы (шаг 2), которая называется сводной строкой. Проверка правильности работы СУБД осуществляется на основе этой сводной строки, что является тестовым оракулом. Далее случайным образом создаются выражения на основе грамматики SQL СУБД и допустимых имен столбцов таблицы (шаг 3). После этого осуществляется оценка этих выражений, заменяя ссылки на столбцы соответствующими значениями сводной строки. Затем модифицируются выражения так, чтобы они давали TRUE (шаг 4). Далее, используются эти выражения в предложениях WHERE и / или JOIN для создаваемого запроса (шаг 5). После передается этот запрос в СУБД, которая возвращает набор результатов (шаг 6) и, как ожидается, будет содержать строку сводки потенциально среди других строк. На последнем шаге осуществляется проверка, действительно ли строка сводки содержится в наборе результатов (шаг 7). Если она не содержится, то вероятно, обнаружена ошибка в СУБД. Для следующей итерации либо продолжается с шага 2

и сгенерируются новые запросы для вновь выбранной сводной строки, либо продолжить с шага 1, чтобы сгенерировать новую базу данных [1].

Метод Синтез сводных запросов был протестирован на трех широко используемых в мире СУБД, а именно SQLite, MySQL и PostgreSQL. В общей сложности было обнаружено 123 ошибки, 99 из которых были исправлены или проверены разработчиками, демонстрируя, что этот подход является высокоэффективным и общим, таблица 1.

Таблица 1. Общее количество зарегистрированных ошибок и их статус

СУБД	Исправлены	Проверены	Закрыты	
			Предназначены	Продублированы
SQLite	65	0	4	2
MySQL	15	10	1	4
PostgreSQL	5	4	7	6

Таблица 1 показывает 123 ошибки, которые были обнаружены данным методом. Из них 99 ошибок являются истинными, а 24 были классифицированы как ложные ошибки. Из 99 ошибок 65 ошибок в SQLite, 25 ошибок в MySQL и 9 ошибок в PostgreSQL. Из этих ошибок 61 ошибка – это ошибка со сдерживающим оракулом. 34 ошибки, были вызваны внутренними ошибками СУБД, такие как повреждения базы данных, а 4 ошибки вызваны сбоем СУБД, а именно ошибка сегментации. Например, про один из сбоев было сообщено MySQL и она была классифицирована как уязвимость безопасности (CVE-2019-2879).

Для SQLite разработчикам СУБД были выявлены ошибки уровня серьезности. 14 ошибок были классифицированы как критические, 8 ошибок как серьезные и 14 как важные. Другим сообщениям об ошибках были назначены низкий уровень серьезности, такие как незначительные.

Хотя MySQL доступен как программное обеспечение с открытым исходным кодом, но код предоставляется только для последней версии выпуска, поэтому любые ошибки могут быть проверены только в следующем выпуске. Это был важным фактором, в результате которого существовало ограничение в применении метода для обнаружения ошибок в MySQL.

Меньше всего было обнаружено ошибок для PostgreSQL.

Тестовые примеры обычно состояли из нескольких операторов SQL (в среднем 3,71 LOC). Для 13 тестов было достаточно одной строки. Такими тестовыми примерами были либо операторы SELECT, которые оперировали константами, либо операции, которые устанавливали специфичные для СУБД опции.

На рисунке 1 показано распределение SQL-операторов, с помощью которых были обнаружены ошибки. Операторы CREATE TABLE и INSERT являются частью большинства отчетов об ошибках для всех СУБД, что ожидаемо, так как только несколько ошибок могут быть воспроизведены без манипулирования или извлечения данных из таблицы. 90,0% отчетов об ошибках включали только одну таблицу. Оператор SELECT также имеет высокий рейтинг, поскольку тестовый oracle сдерживания опирается на него. Во всех СУБД операторы CREATE INDEX имеют высокий рейтинг; например для SQLite возникали ряд ошибок, когда создание индекса приводило к искаженному образу базы данных или к строке, которая не извлекалась. Также было обнаружено, что операторы, которые вычисляют или пересчитывают состояние таблицы, подвержены ошибкам, например, REPAIR TABLE и CHECK TABLE в MySQL, а также VACUUM и REINDEX в SQLite и PostgreSQL. Специфичные для СУБД опции, такие как SET в MySQL и PostgreSQL и PRAGMA в SQLite, также приводили к обнаружению ошибок. Для PostgreSQL

отчеты об ошибках содержали оператор ANALYZE, собирающий статистику, которая в дальнейшем используется планировщиком запросов. Ограничения столбцов также были частью тестовых случаев. Наиболее распространенным ограничением был UNIQUE (появляющийся в 22,2% тестовых случаев). Также часто встречалось ограничение PRIMARY KEY (17,2%). Как правило, СУБД применяют уникальный и первичный ключ, создавая индексы; однако явные индексы, созданные с помощью оператора CREATE INDEX были более распространенными (28,3%). Другие ограничения встречались редко, например ограничение FOREIGN KEY появлялись только в 1,0% отчетов об ошибках.

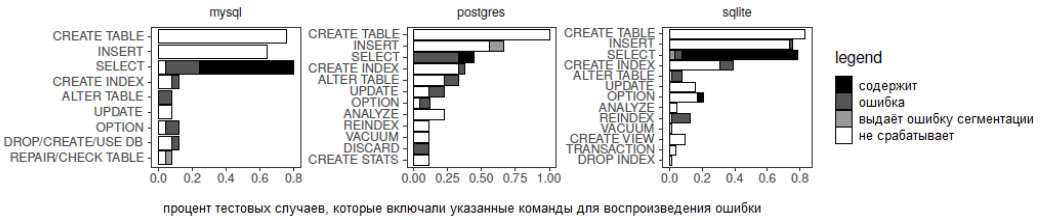


Рисунок 1. Распределение операторов SQL, с помощью которых были обнаружены ошибки

Рассмотрим подробнее ошибки в каждой конкретной СУБД.

1) Ошибки в СУБД SQLite

В листинге 1 показан тестовый сценарий, который вызывает ошибку, обнаруженную при использовании сдерживающего oracle в широко используемой СУБД SQLite. Оператор CREATE TABLE создает новую таблицу t0 со столбцом c0. Затем создается индекс и вставляются четыре строки со значениями 0, 1, 2, 3 и NULL. Далее выбирается сводную строку c0 = NULL и создается случайное предложение WHERE c0 NOT 1. Поскольку NULL IS NOT 1 оценивается как TRUE, то можно напрямую передать запрос в СУБД, ожидая, что строка со значением NULL будет содержаться в результате. Однако из-за логической ошибки в СУБД был использован частичный индекс, основанный на неверном допущении, что c0 IS NOT 1 подразумевает, что c0 NOT NULL, что приводит к тому, что строка сводки не извлекается.

Листинг 1: Пример, демонстрирующий наличие критической ошибки в SQLite

```
CREATE TABLE t0 (c0);
CREATE INDEX i0 ON t0 (1) WHERE c0 NOT NULL;
INSERT INTO t0 (c0) VALUES (0), (1), (2), (3), (NULL);
SELECT c0 FROM t0 WHERE t0.c0 IS NOT 1;
-- unexpected: NULL is not contained
```

О данной ошибке было сообщено разработчикам SQLite. Они классифицировали ее как критическую и исправили вскоре после этого. Оператор CREATE TABLE специфичен для SQLite поскольку, в отличие от других популярных СУБД таких как PostgreSQL и MySQL, SQLite не требует, чтобы столбцу c0 был присвоен тип столбца. Кроме того, и в MySQL, и в PostgreSQL отсутствует оператор IS, который можно применять к целым числам. Все СУБД предоставляют один оператор IS NOT TRUE, который, однако, имеет различную семантику; для SQLite он получит только значение 0 и не обнаружит ошибку.

В SQLite многие ошибки возникали из-за сочетания уникальных языковых возможностей. 17 отчетов об ошибках включали индексы, 11 включали последовательности COLLATE и 5 таблиц WITHOUT ROWID.

В качестве другого примера в листинге 2 показан тестовый пример, в котором обнаружена важная ошибка. Этот тестовый пример использует COLLATE и WITHOUT ROWID для выявления ошибки, в которой RTRIM был реализован неправильно. Было выявлено 8 таких ошибок, основной причиной которых является то, что SQLite позволяет хранить значения любого типа в столбце, независимо от его объявленного типа.

Листинг 2: Пример ошибки связанной с COLLATE и WITHOUT ROWID

```
CREATE TABLE t0
(c0 COLLATE RTRIM ,
c1 BLOB UNIQUE ,
PRIMARY KEY (c0 , c1)
) WITHOUT ROWID;
INSERT INTO t0 VALUES (123 , 3) , (' ', 1) , ('       ', 2) , ('', 4);
SELECT * FROM t0 WHERE c1 = 1;
-- expected : '', 1, actual : no row is fetched
```

Ряд ошибок связан с неправильной оптимизацией. Например, был получен тестовый пример, демонстрирующий, что оптимизация с пропуском сканирования, где используется индекс, даже если его столбцы не являются частью предложения WHERE, была неправильно реализована для запросов DISTINCT. Ошибка была классифицирована как серьезная. Также было обнаружено 4 незначительных ошибки в реализации оптимизации для LIKE и нетекстовой привязки.

Два сообщения об ошибках выявили проблемы в SQL-диалекте SQLite. Так, выявленная ошибка заставила разработчиков SQL запрещать строки в двойных кавычках при создании индексов. SQLite до этого позволял использовать одинарные и двойные кавычки для обозначения строк.

Также была выявлена ошибка, которая приводит к несогласованности схемы базы данных с ее содержимым, поскольку поведение оператора LIKE может контролироваться агентом времени выполнения. Разработчики заявили, что это было «дефектом в дизайне SQLite, а не дефектом в реализации». Было выделено 7 вариантов решения этой проблемы, но в конечном итоге проблема была просто задокументирована и появилась новая опция во время компиляции для отключения PRAGMA.

Было обнаружено 17 ошибок, используя ошибку oracle, наиболее серьезными из которых были те, которые повредили базу данных, что произошло в 4 случаях, 8 из которых указываются ошибками схемы базы данных. Например, в листинге 3 показан пример, когда манипулирование значениями в столбце PRIMARY KEY приводило к повреждению базы данных. Ошибка была введена в 2015 году и оставалась незамеченной, пока авторы метода не сообщили о ней в 2019 году [1]. Этой ошибке был назначен высокий уровень серьезности.

Листинг 3: Пример ошибочно сформированных баз данных с помощью ошибки oracle

```
CREATE TABLE t1 (c0 , c1 REAL PRIMARY KEY );
INSERT INTO t1(c0 , c1) VALUES (TRUE , 9223372036854775807) , (TRUE , 0);
```

```
UPDATE t1 SET c0 = NULL ;
UPDATE OR REPLACE t1 SET c1 = 1;
SELECT DISTINCT * FROM t1 WHERE (t1.c0 IS NULL );
 -- database disk image is malformed
```

2) Ошибки в MySQL

MySQL предоставляет различные механизмы, которые могут быть назначены для таблиц и функциям, которые не предоставляются другими СУБД. Движок по умолчанию - это InnoDB. Примером альтернативного механизма является механизм MEMORY, который хранит данные в памяти, а не на диске. Было обнаружено 5 ошибок, которые были вызваны только с использованием таких альтернативных движков. В листинге 41 показан тестовый пример, в котором строка не извлекается с использованием механизма MEMORY.

Листинг 4: Пример ошибок, использующих не стандартные движки

```
CREATE TABLE t0(c0 INT );
CREATE TABLE t1(c0 INT ) ENGINE = MEMORY ;
INSERT INTO t0(c0) VALUES (0) ;
INSERT INTO t1(c0) VALUES ( -1);
SELECT * FROM t0 , t1 WHERE ( CAST (t1.c0 AS UNSIGNED )) > ( IFNULL ("u", t0.c0));
-- expected : row is fetched , actual : no row is fetched
```

В отличие от других СУБД MySQL предоставляет целочисленные типы данных без знака. Было обнаружено 4 ошибки, связанные с этой функцией.

Также было обнаружено ряд ошибок, когда запросы обрабатывались неправильно в зависимости от величины целого числа или числа с плавающей точкой. Например, в листинге 5 показана ошибка, в которой оператор неравенства MySQL-speci с <=> выдает логическое значение, даже если аргумент равен NULL и приводит к значению FALSE, когда значение столбца сравнивалось с константой, превышающей значение столбца.

Листинг 5: Пример ошибки связанный с пользовательским операторам сравнения

```
CREATE TABLE t0(c0 TINYINT );
INSERT INTO t0(c0) VALUES ( NULL );
SELECT * FROM t0 WHERE NOT (t0.c0 <=> 2035382037) ;
```

Также были выявлены дублирующиеся ошибки. Так, применение оператора NOT к ненулевому целочисленному значению должно дать 0, а отрицание 0 должно дать 1. Однако, MySQL оптимизировал двойное отрицание, что было бы правильным для логических значений, но не для других типов данных. Неявные преобразования, предоставляемые MySQL, а также SQLite, являются одной из причин того, что было обнаружено больше ошибок в этих СУБД, чем в PostgreSQL.

На основе метода Синтез сводных запросов в MySQL была выявлена ошибка в сегментации, а именно одна ошибку SEGFAULT, которая была вызвана при выполнении последовательности операторов SQL с использованием нескольких потоков, листинг 6. Чтобы вызвать эту ошибку, необходимо использовать оператор CHECK TABLE, который является уникальным для MySQL. После сообщения об этой ошибке в Oracle он получил запись CVE (CVE-2019-2879) и был

классифицирован как уязвимость средней степени безопасности (CVSS v3.0 Base Score 4.9)

Листинг 6: Ошибка SEGFAULT в MySQL

```
CREATE TABLE t0(c0 INT );
CREATE INDEX i0 ON t0 (( t0.c0 || 1));
INSERT INTO t0(c0) VALUES (1) ;
CHECK TABLE t0 FOR UPGRADE ;
```

3) Ошибки в PostgreSQL

В PostgreSQL, используя тестовый оракул, была обнаружена только одна очень серьезная ошибка, которая затем была исправлена. Ошибка была связана с наследованием таблиц, а именно функцией, которую предоставляет только PostgreSQL (листинг 7). Таблица t1 наследуется от t0 и PostgreSQL объединяет столбец c0 в обеих таблицах. Как описано в документации PostgreSQL, t1 не учитывает ограничение первичного ключа t0. Это не учитывалось при реализации предложения GROUP BY, в результате чего PostgreSQL пропустил одну строку в своем наборе результатов.

Листинг 7: Ошибка наследования таблиц в PostgreSQL

```
CREATE TABLE t0(c0 INT PRIMARY KEY , c1 INT );
CREATE TABLE t1(c0 INT ) INHERITS (t0);
INSERT INTO t0(c0 , c1) VALUES (0, 0);
INSERT INTO t1(c0 , c1) VALUES (0, 1);
SELECT c0 , c1 FROM t0 GROUP BY c0 , c1;
-- expected : 0|0 and 0|1 , actual : 0|0
```

Были обнаружены другие 7 ошибок. Например, в листинге 8 показан тестовый случай, в котором условие WHERE вызвало ошибку. После того, как было сообщено об ошибке, в тот же день был создан еще один независимый отчет об ошибках, основанный на другом методе тестирования SQLsmith, который вызвал сбой PostgreSQL на основе этой же самой ошибке. Это является еще одним доказательством того, что СУБД подвергаются тщательному тестированию со стороны ее разработчиков.

Листинг 8: Ошибка отрицательного элемента битового набора в PostgreSQL

```
CREATE TABLE t0(c0 serial , c1 boolean );
CREATE STATISTICS s1 ON c0 , c1 FROM t0;
INSERT INTO t0(c1) VALUES ( TRUE );
ANALYZE ;
CREATE INDEX i0 ON t0(c0 , (t0.c1 AND t0.c1));
SELECT * FROM ( SELECT t0.c0 FROM t0 WHERE ((( t0.c1)
AND (t0.c1)) OR FALSE ) IS TRUE ) as
result WHERE result .c0 IS NULL ;
--unexpected : ERROR : negative bitmapset member not allowed
```

Было обнаружены многопоточные ошибки. 4 сообщения об ошибках (включая закрытые / повторяющиеся) могут быть воспроизведены только при запуске нескольких потоков. Например, в листинге 9 показана ошибка, которая была

вызвана только тогда, когда другой поток открыл транзакцию, сохранив снимок со значением NULL. Чтобы воспроизвести такие ошибки, необходимо было записать следы всех выполняющихся потоков. Была обнаружена утечка памяти, которая могла наблюдаться только после длительного запуска PostgreSQL.

Листинг 9: Неожиданная ошибка с нулевым значением в PostgreSQL

```
CREATE TABLE t0(c0 TEXT );
INSERT INTO t0(c0) VALUES ('b'), ('a');
ANALYZE ;
INSERT INTO t0(c0) VALUES ( NULL );
UPDATE t0 SET c0 = 'a';
CREATE INDEX i0 ON t0(c0);
SELECT * FROM t0 WHERE 'baaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa' >
t0.c0;
-- unexpected : ERROR : found unexpected null value in index "i0"
```

В результате тестирования были выявлены ложные срабатывания. 7 отчетов об ошибках были закрыты, так как они не считались ошибками, что является хорошим результатом для данной СУБД.

Таким образом, количество ошибок, обнаруженных методом Синтез сводных запросов в соответствующей СУБД, зависело от многих факторов, трудно поддающихся количественной оценке. Большинство ошибок было обнаружено в SQLite, но причиной этого является то, что авторы метода сосредоточились именно на этой СУБД, потому что разработчики быстро исправляли все ошибки. Политика же выпуска MySQL затруднила его эффективное тестирование, ограничив число ошибок, обнаруженных в этой СУБД. В PostgreSQL было обнаружено наименьшее количество ошибок и причиной этого является поддержка самого строгого диалекта SQL.

Выводы

В данной статье был рассмотрен эффективный подход для обнаружения логических ошибок в СУБД. Метод Синтез сводных запросов реализован в инструменте SQLancer, с помощью которого было обнаружено более 99 ошибок в трех популярных и широко используемых СУБД – SQLite, MySQL, PostgreSQL. В приведенных примерах была показана эффективность применения SQLancer. SQLancer генерирует таблицы с небольшим количеством строк, чтобы предотвратить тайм-ауты запросов, когда несколько таблиц объединяются с неограничительными условиями. Создавая целевые запросы с условиями, основанными на мощности множества таблиц, можно в дальнейшем тестировать СУБД на большом количестве строк. Но некоторые элементы языка сложно протестировать с помощью этого подхода, например, агрегатные функции, которые вычисляют результаты по нескольким строкам. Чтобы эффективно их протестировать, можно применить метаморфическое тестирование, определив метаморфические отношения, основанные на операциях над множествами. Также этот подход может быть расширен для тестирования других программных систем, которые имеют внутреннее состояние, из которого можно выбрать один экземпляр.

Многие из ошибок были исправлены или проверены, демонстрируя, что этот подход является высокоэффективным и общим. Широкая применимость и простота подхода Синтез сводных запросов позволят повысить надежность многих СУБД.

Литература:

1. *Manuel Rigger, Zhendong Su*. Testing Database Engines via Pivoted Query Synthesis / arXiv:2001.04174v1 [cs.DB] 13 Jan 2020.

2. *Мишечкин М. В.* Обзор различных средств фаззинга как инструментов динамического анализа программного обеспечения // Молодой ученый. – 2017. – №52. – С. 28-31. – URL https://moluch.ru/archive/186/47575/

3. *S. Abdul Khalek and S. Khurshid*. Automated sql query generation for systematic testing of database engines. In Proceedings of the IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE '10, pages 329-332, 2010.

4. *W. E. Howden*. Theoretical and empirical studies of program testing. In Proceedings of the 3rd International Conference on Software Engineering, ICSE '78, pages 305-311, Piscataway, NJ, USA, 1978. IEEE Press.

5. *S. A. Khalek, B. Elkarablieh, Y. O. Laleye, and S. Khurshid*. Query-aware test generation using a relational constraint solver. In Proceedings of the 2008 23rd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, ASE '08, pages 238-247, Washington, DC, USA, 2008. IEEE Computer Society.

6. *Шибанов, С.В., Вишняков, П.В*. Тестирование серверных программных средств управления активными базами данных // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – Магнитогорск: Изд.-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2011. - №1. - С. 52-58.

7. *F. Donaldson, H. Evrard, A. Lascu, and P. Thomson*. Automated testing of graphics shader compilers. Proc. ACM Program. Lang., 1(OOPSLA):93:1-93:29, Oct. 2017.

8. 15. *Z. Gu, M. A. Soliman, and F. M. Waas*. Testing the accuracy of query optimizers. In Proceedings of the Fifth International Workshop on Testing Database Systems, DBTest '12, pages 11:1-11:6, 2012.

9. 20. *Данилов, А.Д., Мугатина, В.М*. Использование автоматизированного оракула в процессе тестирования программного обеспечения // Сборник статей по материалам межд. научно-практ. конф. «Мировые инновационные прорывы». – Иркутск: Изд.-во ООО "Научное партнерство Апекс", 2017. – С. 17-19.

10. *W. M. McKeeman*. Di_erential testing for software. Digital Technical Journal, 10(1):100-107, 1998.

11. *Лафлин Д.* Модульное тестирование: применение разработки через тестирование к проектам баз данных / MSDN Magazine, Visual Studio 2008 Launch Issue, 2008 (http://msdn.microsoft.com/ru-ru/magazine/cc184840.aspx).

М.А. Легостаев, А.Н. Чикалов

УЧЕБНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ МНОГОКАНАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПОЛИВА РАСТЕНИЙ ДЛЯ АРХИТЕКТУРЫ "УМНЫЙ ДОМ"

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г.Ростов-на-Дону

Ключевые слова: учебная, автоматизированная система, полив.

В данной статье рассматривается проектирование автоматизированной системы многоканального полива растений на базе Arduino nano. Это позволяет упростить труд человека и добавить ему свободного времени.

M.A. Legostaev, A.N. Chicalov

TRAINING AUTOMATED MULTICHANNEL PLANT WATERING SYSTEM FOR SMART HOUSE ARCHITECTURE

North-Caucasian Branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

Keywords: training, automated system, watering.

This article discusses the design of an automated system of multi-channel watering of plants based on Arduino nano. This makes it possible to simplify the work of a person and add free time to him.

В условиях нарастающих требований к эффективности всех процессов в различных сферах общественной жизни во многих областях объективно ставится задача автоматизации процессов производства для повышения производительности труда и качества выпускаемой продукции.

В статье предлагается разработка автоматизированной многоканальной системы полива растений на основе платформы Arduino nano. Автоматизированная система позволит облегчить работу по уходу за растениями, оптимизировать энерго- и водопотребление, сократить производственные затраты.

Автоматизированная система управления (сокращённо АСУ) — комплекс аппаратных и программных средств, а также персонала, предназначенный для управления различными процессами в рамках технологического процесса, производства, предприятия. АСУ применяются в различных отраслях промышленности, энергетике, транспорте и т. п. Термин подчёркивает сохранение за человеком-оператором некоторых функций, либо наиболее общего, целеполагающего характера, либо не поддающихся автоматизации.

Работа предлагаемой системы осуществляется в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 1.

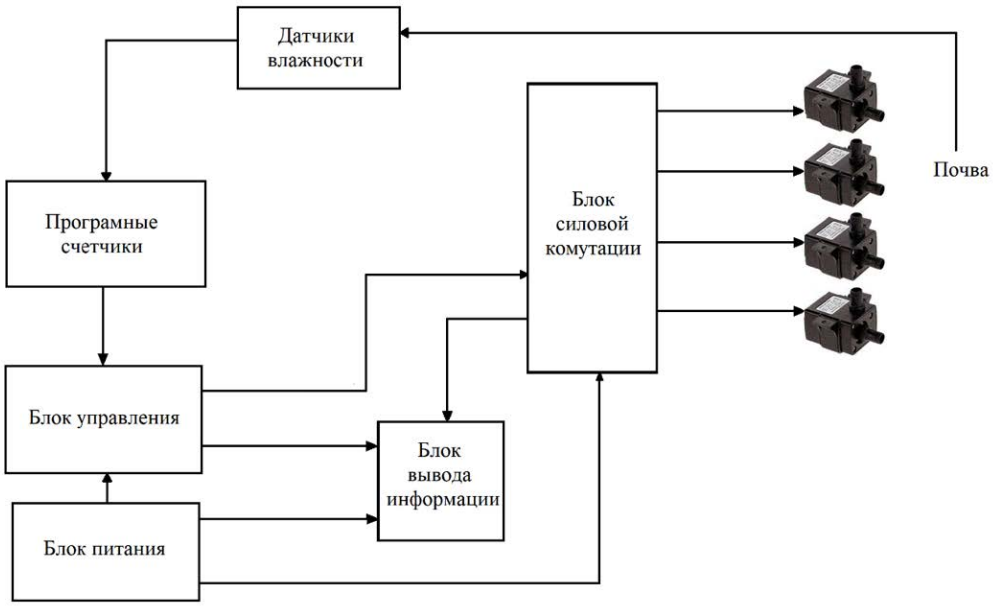


Рисунок 1. Структурная схема системы многоканального полива растений

Блок вывода информации позволяет визуально контролировать параметры системы и осуществлять коррекцию режимов с помощью Блока управления. Параметры почвы фиксируются датчиками влажности и изменяются в режиме полива, характер которого задается программными счетчиками. Управление водяными помпами осуществляет Блок силовой коммутации.

Функционирование системы многоканального полива растений осуществляется в процессе выполнения последовательности процедур, состоящих из следующих основных этапов:

1. Настройка пользователем времени, интенсивности и продолжительности полива растений;
2. Контроль влажности почвы по датчикам влажности;
3. Запуск полива по достижении минимального порога влажности почвы;
4. Прекращение полива при истечении времени, заданного в параметрах рабочего режима;
5. Переход к этапу №2.

Использование замкнутого контура управления обеспечивает следующие существенные преимущества системы полива:

- затраты труда обслуживающего персонала сокращаются многократно;
- упрощается эксплуатация системы из-за отсутствия процедур непрерывного контроля;
- исключается человеческий фактор как источник ошибок в определении сухости почвы и расхода воды, искажении сроков орошения.

На сегодняшний день существует большое количество различных систем автополива растений. В данной системе предлагается методика основанная на использовании счетчиков-таймеров.

Для решения этой задачи был создан класс управления включения и отключения водяных помп, в котором используются циклы и периоды времени

задаваемые пользователем. Вариант такого кода может выглядеть следующим образом.

```
if (EEPROM.read(1023) != 5) {
   EEPROM.writeByte(1023, 5);
   for (byte i = 0; i < 500; i += 4) {
    EEPROM.writeLong(i, 0);
   }}
 for (byte i = 0; i < PUPM_AMOUNT; i++)
   period_time[i] = EEPROM.readLong(8 * i);
   pumping_time[i] = EEPROM.readLong(8 * i + 4);
   if (SWITCH_LEVEL)
    pump_state[i] = 0;
   else
    pump_state[i] = 1;  }
```

Периоды времени могут задаваться пользователем с помощью энкодера (роторного кодировщика) или при наличии возможности создания мощного интерфейса – кнопочным образом с помощью вводимых кодов. Вводимая информация отображается на ЖК модуле.

Код для роторного кодировщика выглядит следующим образом:

```
if (!digitalRead(SW)) {
   lcd.setCursor(0, 0);
   lcd.print("Reset settings");
   for (byte i = 0; i < 500; i++) {
    EEPROM.writeLong(i, 0);
   }
  }
  while (!digitalRead(SW));
  lcd.clear();
void encoderTick() {
  enc1.tick();
  if (enc1.isTurn()) {
    if (backlState) {
      backlTimer = millis();
      if (enc1.isRight()) {
        if (++current_set >= 7) current_set = 6;
      } else if (enc1.isLeft()) {
        if (--current_set < 0) current_set = 0;
      }

      if (enc1.isRightH())
        changeSettings(1);
      else if (enc1.isLeftH())
        changeSettings(-1);

      changeSet();
    } else {
      backlOn();
}
}
}
```

Вывод задаваемых данных производится через ЖК дисплей, код для которого выглядит следующим образом:

```
drawLabels();
 455rduino455t();
}

void loop() {
 encoderTick();
 periodTick();
 flowTick();
 backlTick();
}

void backlTick() {
 if (LCD_BACKL && backlState && millis() – backlTimer >= BACKL_TOUT * 1000) {
  backlState = false;
  lcd.noBacklight();
 }
}
void backlOn() {
 backlState = true;
 backlTimer = millis();
 lcd.backlight();
}

void periodTick() {
 for (byte I = 0; I < PUPM_AMOUNT; i++) {          // пробегаем по всем помпам
  if (startFlag ||
     (period_time[i] > 0
      && millis() – pump_timers[i] >= period_time[i] * 1000
      && (pump_state[i] != SWITCH_LEVEL)
      && !(now_pumping * !PARALLEL))) {
    pump_state[i] = SWITCH_LEVEL;
    digitalWrite(pump_pins[i], SWITCH_LEVEL);
    pump_timers[i] = millis();
    now_pumping = true;
    //Serial.println(“Pump #” + String(i) + “ ON”);
  }
 }
 startFlag = false;
}

void flowTick() {
 for (byte I = 0; I < PUPM_AMOUNT; i++) {          // пробегаем по всем помпам
  if (pumping_time[i] > 0
     && millis() – pump_timers[i] >= pumping_time[i] * 1000
     && (pump_state[i] == SWITCH_LEVEL) ) {
    pump_state[i] = !SWITCH_LEVEL;
    digitalWrite(pump_pins[i], !SWITCH_LEVEL);
    if (TIMER_START) pump_timers[i] = millis();
    now_pumping = false;
    //Serial.println(“Pump #” + String(i) + “ OFF”);
  }
 }
}

/*
 void encISR() {
 enc1.tick();  // отработка энкодера
```

```
  }
*/

void encoderTick() {
  enc1.tick();    // отработка энкодера

  if (enc1.isTurn()) {                        // если был совершён поворот
    if (backlState) {
      backlTimer = millis();      // сбросить таймаут дисплея
      if (enc1.isRight()) {
        if (++current_set >= 7) current_set = 6;
      } else if (enc1.isLeft()) {
        if (--current_set < 0) current_set = 0;
      }

      if (enc1.isRightH())
        changeSettings(1);
      else if (enc1.isLeftH())
        changeSettings(-1);

      456rduino456t();
    } else {
      backlOn();      // включить дисплей
    }
  }
}

// тут меняем номер помпы и настройки
void changeSettings(int increment) {
  if (current_set == 0) {
    current_pump += increment;
    if (current_pump > PUPM_AMOUNT – 1) current_pump = PUPM_AMOUNT – 1;
    if (current_pump < 0) current_pump = 0;
    s_to_hms(period_time[current_pump]);
    drawLabels();
  } else {
    if (current_set == 1 || current_set == 4) {
      thisH += increment;
    } else if (current_set == 2 || current_set == 5) {
      thisM += increment;
    } else if (current_set == 3 || current_set == 6) {
      thisS += increment;
    }
    if (thisS > 59) {
      thisS = 0;
      thisM++;
    }
    if (thisM > 59) {
      thisM = 0;
      thisH++;
    }
    if (thisS < 0) {
      if (thisM > 0) {
        thisS = 59;
        thisM--;
      } else thisS = 0;
    }
    if (thisM < 0) {
      if (thisH > 0) {
        thisM = 59;
```

```
        thisH--;
      } else thisM = 0;
    }
    if (thisH < 0) thisH = 0;
    if (current_set < 4) period_time[current_pump] = hms_to_s();
    else pumping_time[current_pump] = hms_to_s();
  }
}

// вывести название реле
void drawLabels() {
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("               ");
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print(relayNames[current_pump]);
}

// изменение позиции стрелки и вывод данных
void 457rduino457t() {
  switch (current_set) {
    case 0: drawArrow(0, 0); update_EEPROM();
      break;
    case 1: drawArrow(7, 1);
      break;
    case 2: drawArrow(10, 1);
      break;
    case 3: drawArrow(13, 1);
      break;
    case 4: drawArrow(7, 1);
      break;
    case 5: drawArrow(10, 1);
      break;
    case 6: drawArrow(13, 1);
      break;
  }
  lcd.setCursor(0, 1);
  if (current_set < 4) {
    lcd.print(L"ПАУЗА ");
    s_to_hms(period_time[current_pump]);
  }
  else {
    lcd.print(L"РАБОТА");
    s_to_hms(pumping_time[current_pump]);
  }
  lcd.setCursor(8, 1);
  if (thisH < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisH);
  lcd.setCursor(11, 1);
  if (thisM < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisM);
  lcd.setCursor(14, 1);
  if (thisS < 10) lcd.print(0);
  lcd.print(thisS);
}
// отрисовка стрелки и двоеточий
void drawArrow(byte col, byte row) {
  lcd.setCursor(0, 0); lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(7, 1); lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(10, 1); lcd.print(":");
  lcd.setCursor(13, 1); lcd.print(":");
```

```
lcd.setCursor(col, row); lcd.write(126);
```

Система является многоканальной, что позволяет реализовать как индивидуальное, так и совместное включение помп, что обеспечивает гибкость и многовариантность управление.

Реализация системы осуществлена на основе платформы Arduino nano, что обеспечивает ее низкую конечную стоимость, технологичность и доступность аппаратных средств для практического воспроизведения в условиях обычных пользователей, в том числе с ограниченной начальной квалификацией. Кроме того, платформа обеспечивает возможность изучения, модификации, испытания системы в рамках образовательного процесса при изучении цифровой техники, что делает систему информационно емким учебным оборудование для комплексного использования знаний и навыков целого набора дисциплин по направлению Информатика и вычислительная техника.

Система допускает создание радиоканала для дистанционного информирования пользователя о состоянии системы, дистанционной подстройки режимов работы, а также реализацию элементов искусственного интеллекта в целях коррекции периодичности, интенсивности и длительности полива. Все эти возможности ограничены только производительностью используемого контроллера и творческими способностями обучаемого.

Такая система проста в использовании для любого пользователя и может быть применена как для домашних растений, так и для растений открытого грунта.

Литература:

1. Программирование 458rduino nano [Электронный ресурс]. URL: https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano

2. Улли Соммер, Программирование микроконтроллерных плат Arduino Издательство: БХВ-Петербург 2012 г.

Н.В. Руденко, А.В. Антонов, И.И. Елесютиков

АНАЛИЗ ПЛАТФОРМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: платформы дистанционного обучения, электронные сервисы критерии оценки, голосовая и видеосвязь, обучающие курсы.

В статье выполнен анализ платформ дистанционного обучения с целью обоснованного выбора и применения в учебном процессе ВУЗов. В ходе анализа использованы следующие критерии: стоимость предоставления площадки; максимальное число учащихся; предоставляемый объём для хранения данных; наличие видеосвязи; возможность проведения вебинаров; наличие мобильного приложения; простота интерфейса и др. На основе выбранных критериев рассмотрены следующие электронные платформы: *Moodle*, *G Suite*, *iSpring*,

TeachBase, *Zoom* и *Skype*. Сделан вывод о том, что сервисом, который в наибольшей степени отвечает всем требованиям, является *G Suite*.

N.V. Rudenko, A.V. Antonov, I.I. Elesyutikov

ANALYSIS OF DISTANCE LEARNING PLATFORMS

Federal State Educational Institution of Higher Education "Don State Technical University", Rostov-on-Don, Russia

Keywords: distance learning platforms, electronic services evaluation criteria, voice and video, training courses.

The article analyzes the distance learning platforms in order to make an informed choice and use in the educational process of universities. During the analysis, the following criteria were used: the cost of providing the site; maximum number of students; the provided volume for data storage; the presence of video communications; the possibility of webinars; the presence of a mobile application; simplicity of the interface, etc. Based on the selected criteria, the following electronic platforms are considered: *Moodle*, *G Suite*, *iSpring*, *TeachBase*, *Zoom* and *Skype*. It is concluded that the service that best meets all the requirements is *G Suite*.

Введение.

Современная обстановка, связанная с распространением по всему миру опасности заражения вирусом *COVID*-19, диктует необходимость социальной изоляции. Чтобы предотвратить стагнацию всех сфер жизнедеятельности, предприятия, организации, учреждения и ВУЗы переводят свою деятельность в дистанционную форму. Как полагает ректор НИУ-ВШЭ Ярослав Кузьминов, современное преподавание в аудитории является «устаревшей формой образования...онлайн-курс является гораздо более мобилизующей формой, чем стандартная лекция. В нем больше встроенных элементов контроля, а освоение материала более устойчивое. Главное же преимущество для обучающегося - такой курс можно слушать в любое удобное время» [1].

Таким образом, обоснование выбора электронной платформы, наиболее удовлетворяющей требованиям обучения в ВУЗах, является актуальной задачей.

Цель настоящей статьи – выполнение анализа возможностей современных сервисов, предоставляющих услуги для проведения дистанционного обучения и обоснованный выбор электронной платформы, удовлетворяющей в полной мере требованиям обучения в ВУЗах.

Результаты исследований.

На рынке услуг, предоставляющем онлайн-курсы, площадки для тренингов, площадок по повышению профессиональных навыков, можно найти большое количество поставщиков. Но у каждого своя специфика и направленность, которая обуславливает предоставляемый поставщиком функционал; представленный анализ ставит целью исследование качества различных платформ онлайн-обучения.

С целью выполнения указанного анализа необходимо выбрать критерии, по которым будут оцениваться платформы онлайн-обучения. В результате анализа ряда источников с учётом потребностей учебного процесса ВУЗов целесообразно использовать следующие критерии [2-7]:

- стоимость предоставления площадки;
- максимальное число учащихся;

– предоставляемый объём для хранения данных;
– наличие видеосвязи;
– возможность проведения вебинаров;
– наличие мобильного приложения;
– простота интерфейса;
– наличие готовых курсов;
– возможность организации тестирования;
– качество предоставляемой статистики;
– простота освоения функционала.

Рассмотрим наиболее распространённые платформы онлайн-обучения.

Moodle представляет собой свободное веб-приложение, предоставляющее возможность создавать сайты для онлайн-обучения [2].

Большим плюсом является абсолютная бесплатность сервиса. Однако для его использования необходимо установить Moodle на свой сервер, либо арендовать. Взамен за это число пользователей, как и доступный объём дискового пространства ограничен только жёстким диском сервера.

Ещё одним достоинством площадки является открытый исходный код, который позволил создать вокруг сообщество, которое само развивает площадку. Так видеосвязь возможно включить с помощью отдельного плагина *BigBlueButton*. Помимо видеосвязи он позволяет выводить на экран презентации, создавать опросы непосредственно во время лекции и обрабатывать полученный результат. В наличии имеется мобильное приложение. Однако интерфейс перегружен большим количеством функций, предоставляемых платформой, что не всегда удобно.

Имеется большое количество курсов от разных преподавателей на различных языках. При проведении тестирования имеется возможность организации широкого спектра типов вопросов. Можно создать календарь событий, в котором будут отображаться все запланированные мероприятия. Доступ к мероприятиям и курсам можно предоставлять всем, группам, либо индивидуально. Есть возможность настроить доступ к занятиям так, чтобы доступ к последующим предоставлялся по прохождению предыдущих. Система отчётности об успеваемости предоставляет статистику для группы, индивидуально для студента или для каждого отдельного задания.

В дополнение нужно отметить, что у *Moodle* есть демоверсия, которая без указания каких-либо персональных данных позволяет ознакомиться с платформой, за счёт чего можно легко ознакомиться с функционалом. Также существует хостинг от создателей *Moodle – MoodleCloud*. Он позволяет получить услуги площадки без необходимости создания своего сервера, однако за эту услугу необходимо платить от 80 долларов в год, за что можно будет включить в систему до 50 пользователей и загружать файлы размером до 200 Мб.

Таким образом, *Moodle* – платформа с широкими функциональными возможностями и большим количеством готовых материалов. Однако её многочисленные функциональные возможности не позволяют без подготовки начинать занятия. Необходимо время для освоения её возможностей.

iSpring позиционируется как платформа для корпоративного обучения. *iSpring* включает в себя конструктор курсов *iSpring Suite* и портал для обучающихся *iSpring Learn* [3]. Она не является бесплатной. Самый дешёвый вариант подписки включает конструктор курсов на основе инструментов *Microsoft Office* и до 50 участников (за 37000 руб. в год и 56000 руб. в год соответственно). При этом объём предоставляемого места на жёстком диске неограничен.

На платформе также имеется возможность проводить вебинары, но для этого к *iSpring* нужно привязать свой аккаунт *Zoom* с платной подпиской. После этого появится возможность планировать и проводить вебинары и получать статистику по посещаемости.

Существует мобильное приложение, которое имеет функцию предзагрузки для занятий и без интернета. Хоть учиться можно и с самых разных устройств, конструктор *iSpring Suite* не работает на *Mac OS*, т.к. конструктор создавался только для *Windows*. Для работы на *Macbook* придется устанавливать *Windows*. Портал обладает простым гибко настраиваемым интерфейсом.

Готовые курсы отсутствуют, их придётся составлять самостоятельно или приобретать на площадке. Однако одним из главных достоинств является простота и скорость создания обучающих курсов. *iSpring Suite* – надстройка для *Microsoft PowerPoint*. а это значит, что не нужно будет разбираться в новом инструментарии – достаточно уметь создавать презентации в *PowerPoint*. В программе появится вкладка с инструментами, которая расширяет стандартные функции, что позволит создавать полноценные обучающие курсы.

С помощью этих инструментов в качестве слайдов можно добавить тесты, диалоговые тренажеры, интерактивности (слайд с интерактивными элементами), аудио и видеосопровождение, также возможно создать видеокурс. Можно составлять расписание, в котором назначаются все мероприятия с напоминаниями о новых заданиях и сроках выполнения. Платформа позволяет получать подробную статистику по результатам обучения каждого ученика, группы учеников или по определенному курсу: обрабатывает результаты и составляет наглядные рейтинги и отчеты. Для большей вовлеченности и мотивации используются принципы геймификации: учащиеся получают баллы и сертификаты за просмотр курсов, решение тестов и выполнения заданий, что позволяет им продвигаться в рейтинге.

Таким образом, можно сказать, что это *iSpring* – практичный и удобный вариант для организации обучения. Однако не все образовательные учреждения смогут его себе позволить с учётом того, что эта платформа онлайн-обучения- не является бесплатной.

Teachbase – это веб-сервис для организации дистанционных курсов [4]. Относится к платным площадкам и минимальный предоставляемый пакет рассчитан на 30 человек – максимум и стоит 45160 руб. в год. При этом предоставляется неограниченный объём дискового пространства. Видеосвязь для проведения вебинаров предоставляется платформой с возможностью последующего их сохранения.

В наличии имеется мобильное приложение, позволяющее проходить тестирование непосредственно с телефона. Несмотря на то, что сайт встречает перегруженным motion-дизайном, курсы оформлены просто и информативно. Календарь мероприятий есть, однако он не включён в самый дешёвый пакет.

Сервис предоставляет доступ к собственным курсам, однако направленность в сторону менеджмента и экономики делает их подходящими для образования только отдельной специализированной группе учащихся; к тому же требуется доплата – 99 руб. за человека. Создание своих курсов не составляет проблем – конструктор предоставляет стандартный текстовый редактор с возможность прикрепления большого числа типов файлов. Конструирование тестов оформлено в той же понятной манере.

Отчёты о пройденных курсах и тестах предоставляются отдельно для каждого пользователя, в статистике указывается время, которое было потрачено на курс. Однако групповой статистики и статистики по отдельному материалу курса – нет.

Таким образом, можно сделать вывод, что *Teachbase* -это удобная платформа для создания курсов и тестирования, однако отсутствие групповой статистики может усложнить контроль групповых заданий. Кроме этого, указанная платформа больше ориентирована на решение бизнес-задач, а не задач учебных.

Zoom Video Communications – компания, которая предоставляет услуги удаленной конференцсвязи на ПК и смартфонах [5]. В условиях изоляции, её оперативно ввели, как платформу для онлайн-обучения. Это обосновано возможностью бесплатного использования и высокая планка максимального числа участников в 100 человек, а также возможностью проведения вебинаров путём демонстрации экрана. Есть возможность подключиться к видеоконференции через телефон. Ограниченный функционал обеспечивает быстрое освоение площадки. Однако отсутствие возможности организации тестов, курсов, создания статистики, необходимость искать сторонний ресурс для хранения файлов приводит к невозможности использования *Zoom*, как платформы для организации онлайн-обучения.

Skype – программное обеспечение для ПК и смартфонов, обеспечивающее голосовую и видеосвязь [6]. Бесплатно позволяет поддерживать связь до 50 человек и организовывать показ презентаций. Для подключения к конференции достаточно перейти по ссылке, предоставленной организатором конференции. Все возможности площадки умещаются в одной вкладке, однако этих возможностей не хватает для организации дистанционного обучения: нет возможности проведения тестирования, нельзя создать учебный курс, нет инструментария для предоставления отчёта по пройденным материалам. Кроме того, отсутствует хранилище файлов. Поэтому *Skype* не может выступить платформой для создания онлайн-школы.

G Suite – это набор облачных сервисов, который предоставляется компанией *Google* для предприятий и групп людей [7]. В наличии несколько пакетов услуг на выбор; для учебных заведений основной интерес представляет *G Suite For Education*, предоставляемый для них бесплатно. В пакет входит набор веб-приложений с функционалом, как у классических офисных пакетов. *G Suite* интегрирован с *Google Classroom*, который является основным сервисом в пакете.

Для одного аккаунта *G Suite for Education* доступно 10 000 пользователей. Предоставляемый объём хранилища неограничен. Для видеосвязи используется сервис *Google Meet*, поддерживающий до 100 одновременных участников конференции и позволяющий показывать экран или окно программы.

Впоследствии видеозапись сохраняется на *Google*-диске. Все материалы можно просматривать с мобильных приложений пакета. Все приложения отличает удобный, интуитивно понятный интерфейс. Готовые курсы отсутствуют, поэтому необходимо будет создавать вручную или искать на сторонних источниках. Для тестирования используются *Google*-формы. Существует возможность создать календарь событий и участников теста. Статистика предоставляется только индивидуально, по каждому студенту, прошедшему тестирование.

Таким образом, можно сделать вывод, что в *G Suite* есть всё необходимое, и нет ничего лишнего для организации дистанционного обучения в ВУЗе. Использование не требует дополнительной подготовки, а функциональные возможности легко изучить самостоятельно.

В результате анализа рассмотренных платформ дистанционного обучения по основным выбранным критериям можно составить таблицу 1.

Таблица 1. Результаты анализа рассмотренных платформ дистанционного обучения по основным выбранным критериям

Платформы	Критерии									
	Стоимость	Число учащихся	Объём хранилища	Видеосвязь	Мобильное приложение	Простота интерфейса	Удобство тестирования	Удобство отчёта	Готовые курсы	Простота функционала
Moodle	Беспл.	Не ограничено	Не ограничен	Да	Да	Нет	Да	Да	Да	Нет
iSpring	Платн.	250	Не ограничен	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да
TeachBase	Платн.	Не ограничено	Не ограничен	Да	Да	Нет	Да	Нет	Да	Да
Zoom	Беспл.	100	-	Да	Да	Да	-	-	Нет	Да
Skype	Беспл.	50	-	Да	Да	Да	-	-	Нет	Да
G Suite	Беспл.	10.000	Не ограничен	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да

Вывод.

На основании результатов анализа рассмотренных современных платформ дистанционного обучения по выбранным критериям можно сделать вывод, что сервисом, который в наибольшей степени отвечает всем критериям и подходит для организации дистанционного обучения в ВУЗах является *G Suite*. Единственный его недостаток – отсутствие библиотеки готовых курсов, однако во всём остальном платформа отвечает всем необходимым требованиям.

Литература:

1. *Дубровский Д.* Россия: вирус дистанционного образования [Электронный ресурс] // URL: https://inosmi.ru/social/20200413/247248937.html (дата обращения 20.04.2020).
2. Платформа *Moodle* [Электронный ресурс] // URL: https://moodle.org/ (дата обращения 20.04.2020).
3. Платформа *iSpring* [Электронный ресурс] // URL: https://www.ispring.ru/ (дата обращения 20.04.2020).
4. Платформа *TeachBase* [Электронный ресурс] // URL: https://teachbase.ru/ (дата обращения 24.04.2020).
5. Платформа *Zoom* [Электронный ресурс] // URL: https://zoom.us/ (дата обращения 26.04.2020).
6. Платформа *Skype* [Электронный ресурс] // URL: https://www.skype.com/ (дата обращения 26.04.2020).
7. Платформа *G Suite* [Электронный ресурс] // URL: https://gsuite.google.com/ (дата обращения 26.04.2020).

С.В. Гладыщук, А.Н. Чикалов

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ПРОВЕРКИ ПАРАМЕТРОВ ОБИТАЕМОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону

Ключевые слова: давление, влажность, температура, замеры, освещенность.

В данной статье рассматривается модель и структура многофункционального устройства для снятия параметров СанПиН по проверке обитаемости помещений на базе микроконтроллера Arduino. Это устройство позволяет проводить комплекс измерений по контролю микроклимата помещений.

S.V. Gladyshchuk, A.N. Chikalov

MULTI-FUNCTIONAL DEVICE FOR CHECKING THE RESIDENCE OF THE ROOMS

North Caucasian branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

Key words: pressure, humidity, temperature, measurements, illumination.

This article discusses the model and structure of a multifunctional device for taking SanPiN parameters for checking the habitability of rooms based on the Arduino microcontroller. This device allows a range of measurements to control the indoor climate.

В условиях постоянного развития человечества и ухудшения экологии объективно возникает вопрос о здоровье человека. На здоровье человека не только влияет его образ жизни, но и его окружение, характеристика трудового процесса, состояние микроклимата, в котором он находится. Например, освещенность в кабинете влияет на зрение человека в целом, температурный режим и состояние чистоты воздуха на дыхательную систему и самочувствие в целом. На сегодняшний день перечень реально действующих негативных факторов производственной среды, бытовой и природной, насчитывает более 100 видов.

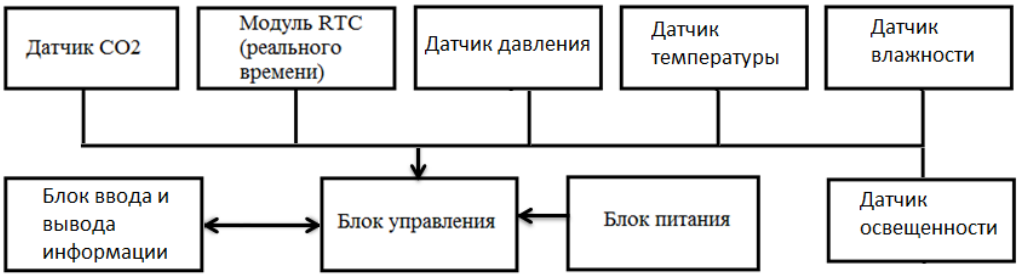
В статье предлагается многофункциональное устройство для замера параметров микроклимата в производственных и других помещениях на основе микроконтроллера Arduino Nano. На практике перечень параметров и их численные границы устанавливается соответствующими ГОСТами и СанПиНами и подлежат контролю службами охраны труда. Эти же параметры являются объектами изучения в курсах Безопасности жизнедеятельности в образовательных учреждениях, для которых приобретение всей номенклатуры приборов замера параметров микроклимата является задачей неподъемной. Поэтому задача разработки недорогого, универсального и эффективного прибора является крайне актуальной.

Такая система для измерения показателей микроклимата должна обладать хотя бы минимальным функционалом:

- измерение температуры окружающей среды;
- измерение влажности окружающей среды;
- измерение давления;

– вести учет реального времени;
– построение графиков, за час, за сутки;
– определение чистоты воздуха;
– измерение плотность светового потока на рабочем месте.

Структурная схема такой системы представлена на рисунке. Совокупность датчиков измерения текущих параметров обеспечивает преобразование физических параметров в сигналы аналоговой или цифровой формы и передачу их на устройство управления для последующей обработки. Устройство управления осуществляет накопление данных для отображения на Блоке ввода и вывода информации в требуемой форме. Выводиться могут мгновенные (измеренные) значения, совокупность значений за заданный интервал в виде диаграмм или архивные данные по запросу пользователя. Взаимодействие с системой осуществляется с помощью меню с Блока ввода и вывода информации



Для реализации системы можно использовать множество существующих систем:

– Maple, базирующуюся на 32-битном микроконтроллере STM32F103RB с архитектурой ARM Cortex M3;
– Mbed на основе контроллера NXP LPC1768 с архитектурой ARM Cortex M3;
– Raspberry PI платформы на основе микроконтроллеров ARM;
– семейство микроконтроллеров STM32, базирующихся на 32-разрядных процессорах ARM Cortex M.

Все платформы реализованы на достаточно мощных процессорах, с большим объемом памяти, однако составление программ для указанных устройств осуществляется на более низком уровне. Разработка, как правило, ведется в специальной среде. Например, для программирования микроконтроллеров ARM используются коммерческие продукты, такие как Embedded Workbench от IAR Systems, или бесплатные - Eclipse. Установка программы на контроллер обычно производится с помощью специального устройства-программатора.

Поэтому для реализации системы выбрана платформа Arduino. Она базируется на микроконтроллерах AVR (реже ARM). Это устройство представляет собой плату с микроконтроллером Atmel или ATmega. На ней есть вся необходимая для работы обвязка, регулятор напряжения и USB-UART мост. Все выводы платформы выведены на края платы, и как правило уже оборудованы разъемами. Для программирования Arduino не требуется внешний программатор, так как в микроконтроллер уже зашит загрузчик (boot loader). Кроме того, на плате размещается USB-UART мост, который позволяет загружать скетчи при помощи обычного USB интерфейса.

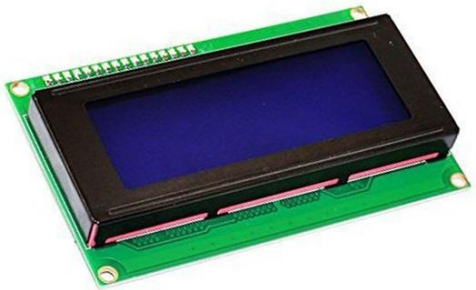
Программный код для Arduino выполняется на языке Processing/Wiring, имеющем синтаксис C++. Для составления кода и загрузки его в контроллер используется свободно-распространяемый редактор Arduino IDE.

В качестве датчиков использованы готовые и апробированные технические решения. Выбраны следующие аппаратные решения.

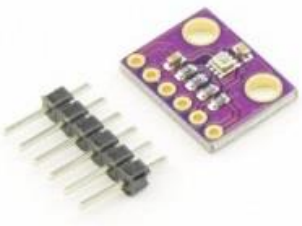
В качестве датчика CO2 использован модуль MH-Z19B. Он измеряет количество света, прошедшего через светофильтр и поглощенного углекислотой (то есть замеряется интенсивность ИК-излучения до и после поглощения света углекислым газом). Количество кислорода в воздухе в этом случае не влияет на показатели и их точность. Датчик обеспечивают контроль в пределах 0-100%.

В качестве модуля реального времени использован модуль RTS DS3231 со съемной батареей. Модуль являются высокоточным (уход примерно ± 1 минута в год) и энергонезависимым. Модуль построен на базе чипа DS3231, который снабжен: интерфейсом I2C, температурной коррекцией, блоком подзаряда. Модуль позволяет устанавливать и считывать: секунды, минуты, часы, дни, дни недели, месяц, год и собственное состояние.

В качестве устройства отображения использован символьный ЖК дисплейный модуль 20x4 (LCD 2004). Он обеспечивает отображение текста путем передачи кодов символов и не требует как у графических средств объемных программ синтеза символов. Это сокращает объем памяти и уменьшает время отображения.



Датчики давления, температуры и влажности удалось подобрать в виде единого высокоточного модуля BME280 с большим диапазоном измерений. Точность измерений выражается цифрами: ±1 гПа (300-1100 гПа); ±1 °C (-40 … +85°C); ±3% RH (0 - 100 %). Это выгодно отличает параметры широко распространенных приборов DHT11 и DHT22.



В качестве датчика освещенности использован фоторезистор MLG5516B. В отличие от готового модуля LM393 такое решение дешевле, доступно, упрощает подключение для прямого замера сопротивления. Однако требует самостоятельного решения вопросов калибровки, помехозащищенности.

Для получения и обработки информации с датчиков в основном используются уже готовые библиотеки, которые подключаются в теле программы. Такой код представлен листингом 1. Но в некоторых случаях нужно внести изменения в библиотеку, чтобы изменить какие

либо функции. Так, например, в датчике CO2 необходимо отключить авто калибровку, так как она приводит к изменению нормы. Такой код представлен в листинге 2.

Листинг 1. Подключение библиотек

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

#if (DISPLAY_TYPE == 1)
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 20, 4);
#else
LiquidCrystal_I2C lcd(DISPLAY_ADDR, 16, 2);
#endif

#include "RTClib.h"
RTC_DS3231 rtc;
DateTime now;

#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BME280.h>
#define SEALEVELPRESSURE_HPA (1013.25)
Adafruit_BME280 bme;

#if (CO2_SENSOR == 1)
#include <MHZ19_uart.h>
MHZ19_uart mhz19;
#endif

#include <GyverTimer.h>
GTimer_ms sensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms drawSensorsTimer(SENS_TIME);
GTimer_ms clockTimer(500);
GTimer_ms hourPlotTimer((long)4 * 60 * 1000);         // 4 минуты
GTimer_ms dayPlotTimer((long)1.6 * 60 * 60 * 1000);   // 1.6 часа
GTimer_ms plotTimer(240000);
GTimer_ms predictTimer((long)10 * 60 * 1000);         // 10 минут

#include "GyverButton.h"
GButton button(BTN_PIN, LOW_PULL, NORM_OPEN);
```

Листинг 2. Изменение библиотеки датчика MH-Z19B: отключение авто калибровки

```
#ifndef MHZ19_uart_h_
#define MHZ19_uart_h_

#include "Arduino.h"
#ifdef ARDUINO_ARCH_ESP32
        #include "HardwareSerial.h"
#else
        #include "SoftwareSerial.h"
#endif

enum MHZ19_DATA {
        PPM, TEMPERATURE, STAT
};
```

```
class MHZ19_uart
{
public:
    MHZ19_uart();
    MHZ19_uart(int rx, int tx);
    virtual ~MHZ19_uart();

#ifdef ARDUINO_ARCH_ESP32
    void begin(int rx=-1, int tx=-1, int s=1);
#else
    void begin(int rx=-1, int tx=-1);
#endif
    void setAutoCalibration(boolean autocalib);
    void calibrateZero();
    void calibrateSpan(int ppm);

    int getPPM();
    int getTemperature();
    int getStatus();

    boolean isWarming();

protected:
    void writeCommand(uint8_t com[]);
    void writeCommand(uint8_t com[], uint8_t response[]);

private:
    uint8_t mhz19_checksum( uint8_t com[] );
    int getSerialData(MHZ19_DATA flg);

    static const int REQUEST_CNT = 8;
    static const int RESPONSE_CNT = 9;

    // serial command
    uint8_t getppm[REQUEST_CNT]                 = {0xff, 0x01, 0x86, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00};
    uint8_t zerocalib[REQUEST_CNT]              = {0xff, 0x01, 0x87, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00};
    uint8_t spancalib[REQUEST_CNT]              = {0xff, 0x01, 0x88, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00};
    uint8_t autocalib_on[REQUEST_CNT]   = {0xff, 0x01, 0x79, 0xA0, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};
    uint8_t autocalib_off[REQUEST_CNT]  = {0xff, 0x01, 0x79, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00};
#ifdef ARDUINO_ARCH_ESP32
    int _serialno = 1;
#endif
    int _rx_pin = -1;
    int _tx_pin = -1;
};

#endif
```

Разработанная программа отлажена, доказала надежное измерение и отображение заявленных параметров.

Прибор может использоваться в образовательном процессе для проведения практических занятий по измерению параметров микроклимата, а также в практической работе служб охраны труда.

Литература:
1. Программирование Arduino nano [Электронный ресурс]. URL: https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Nano
2. Улли Соммер, Программирование микроконтроллерных плат Arduino Издательство: БХВ-Петербург 2012 г.

С.С. Ромашко, А.Н. Чикалов

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ТЕРМИНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ НА БАЗЕ ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА НА ЯЗЫКЕ XHTML

Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону

В данной статье рассматривается подход к разработке программного обеспечения для информационного терминала предприятия, оснащенного сенсорным экраном. Использование подобного терминала позволяет предприятию повысить качество предоставляемых информационных услуг, облегчает клиентам (пользователям) доступ к информации о работе организации и предоставляемых услугах (производимых товарах).

S.S. Romashko, A.N. Chikalov

SOFTWARE FOR WEB-BASED INFORMATION TERMINAL IN PROGRAMMING LANGUAGE XHTML

North-Caucasian Branch Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don

This article discusses an approach to developing software for an enterprise information terminal equipped with a touch screen. The use of such a terminal allow the company to improve the quality of the information services provided, makes it easier for customers (users) to access information about the organization’s work and the services provided (manufactured goods).

XXI век – век повсеместной цифровизации. Сложно найти предприятие, производство или организацию, не внедряющую в свои производственные процессы современные информационные технологии. Для заводов это могут быть программно-управляемые интерфейсы станков, для торговых фирм – сайт и/или электронный каталог продукции.

Если клиент, придя на предприятие с конкретной целью, может без траты лишнего времени, в достаточном объеме получить информацию по интересующему его вопросу, то этот клиент с большей вероятностью останется доволен данной организацией и скорее всего вернется за подобным, либо другим товаром или услугой еще раз.

Информационные терминалы — это автоматизированные программно-аппаратные комплексы, предназначенные для предоставления справочной информации. В отличие от обычного справочного киоска, электронный информационный киоск работает автономно и не требует для предоставления пользователю различной информации привлечения обслуживающего персонала.

Информационные терминалы обычно собирают на базе персонального компьютера или специальных одноплатных систем, оснащается, как правило, сенсорным экраном и устанавливаются в эргономичный, устойчивый к внешним воздействиям, чаще стальной корпус. Помимо стали, корпуса киосков изготавливаются с применением антивандального закалённого стекла (сталинита), искусственного камня, пластика.

Как правило, программное обеспечение таких терминалов создается на языках программирования высокого уровня, обычно с применением ресурсозатратных графических технологий.

Главным недостатком такого метода реализации программного обеспечения являются сложности в дальнейшей его модернизации в случае необходимости, а также трудности в добавлении и редактировании информации. Для добавления или редактирования того или иного информационного раздела разработчик программного обеспечения будет вынужден вносить значительные правки в программный код и заново собирать и компилировать проект, либо использовать базу-данных и дополнительные инструменты для работы с ней.

Альтернативный метод, рассматриваемый в данной статье, заключается в создании веб-приложения на веб-сервере, расположенном на самом информационном терминале. Это позволяет минимизировать затраты времени на обращение к базе данных и отрисовку графической части сложного приложения. Веб-ресурс, написанный на языках HTML, XML или XHTML, либо другом аналоге языка гипертекстовой разметки, обеспечивает простоту и удобство при добавлении, редактировании или удалении тех или иных информационных разделов программного обеспечения. Технология кэширования веб-страниц также ускоряет их загрузку и обеспечивает более быстрый доступ к информации.

При необходимости использования нескольких терминалов с одним и тем же функционалом, технология веб-сервера позволяет легко централизовать информацию на удаленном сервере и выводить ее на терминалы с использованием локальной или глобальной сети.

Общую схему функционирования информационной системы можно разделить на несколько этапов:

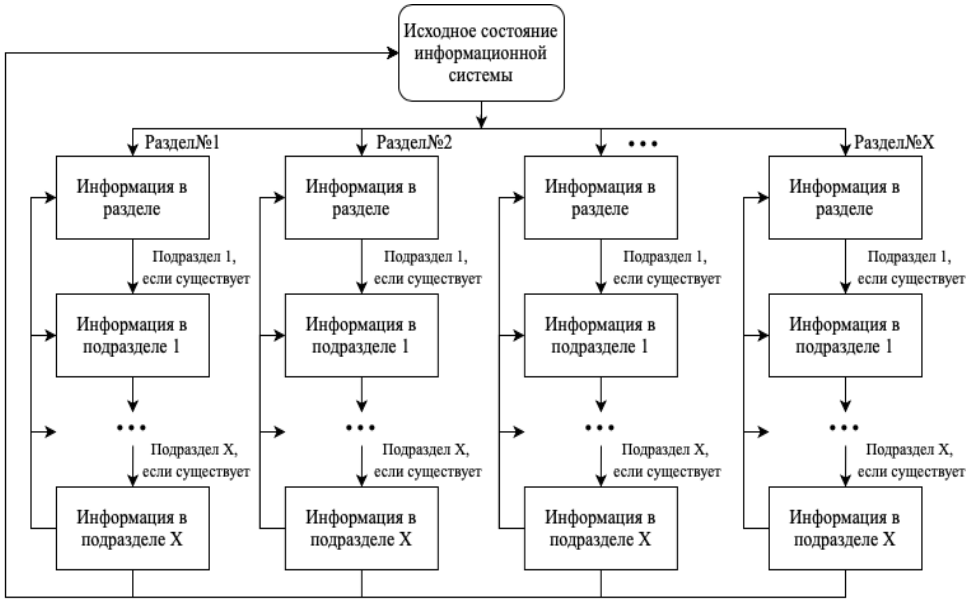
- формирование начального состояния информационной системы (состояние готовности);
- выбор пользователем раздела, содержащего интересующую его информацию;
- выбор пользователем подраздела, если таковой применим к данному информационному блоку, содержащему конкретизированные сведения по интересующему его вопросу;
- получение пользователем полностью, либо частично, необходимой ему информации;
- дальнейшее получение пользователем необходимой ему информации, либо возвращение к предыдущему разделу, либо возвращение информационной системы к исходному состоянию (состоянию готовности). Обобщенная схема функционирования системы представлена на рисунке.

Выбор языка определяется рядом существенных обстоятельств. XHTML (англ. Extensible Hypertext Markup Language — расширяемый язык гипертекстовой разметки) — семейство языков разметки веб-страниц на основе XML, повторяющих и расширяющих возможности HTML 4. Спецификации XHTML 1.0 и XHTML 1.1 являются рекомендациями консорциума Всемирной паутины.

Главное отличие XHTML от HTML заключается в обработке документа. Документы XHTML обрабатываются своим модулем (парсером) аналогично документам XML.

Преимуществами XHTML являются:

- XHTML-документы соответствуют стандарту XML, и, следовательно, они могут просматриваться, редактироваться и проверяться на синтаксическую правильность стандартными средствами поддержки языка XML;
- XHTML-документы могут отображаться как существующими обозревателями HTML-документов, так и новыми обозревателями, поддерживающими стандарт XHTML;
- XHTML-документы могут обращаться к сценариям и апплетам, основанным на объектной модели документов (DOM).



Использование XHTML в качестве языка разработки веб-приложения для информационного терминала позволяет уменьшить объем веб-страниц, что позволяет, в случае необходимости, снизить нагрузку на сеть и увеличить время отклика. Строгая проверка кода и синтаксиса, не разрешающая загружать страницы с ошибками, позволяет точнее отлаживать работу информационной системы. Структурированность и одновременная простота кода обеспечивают легкое редактирование информации и разделов, а также упрощает процесс делегирования функций по обслуживанию системы новым специалистам организации.

В качестве примера приведена часть кода информационного раздела «Указатель расположения отделов».

```
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="/infomat/xslt/menu.xml"?>
<page>
        <title>Указатель расположения отделов</title>
        <screens>
                <screen>
                 <table class="kawaii" >
                 <tr ALIGN="middle">
          <th>Наименование отделов</th>
          <th>ЭТАЖ</th>
          <th>НОМЕР КАБИНЕТА</th>
          <th>ТЕЛЕФОН</th>
        </tr>
<tr>
          <td align="left" VALIGN="TOP">Приемная руководителя</td>
          <td align="center" VALIGN="TOP">5</td>
          <td align="left" VALIGN="TOP">520</td>
          <td align="left" VALIGN="TOP">232-13-76</td>
        </tr>
```

За пользовательский интерфейс отвечают вспомогательные средства веб-программирования, такие как таблицы стилей (XSLT для XHTML), CSS и JavaScript. Они обеспечивают необходимый уровень реализации, являются достаточно гибкими и имеют множество возможностей для дальнейшего расширения функциональности.

Подобный подход к созданию программного обеспечения для информационного терминала универсален и обладает широкими возможностями для расширения информационной насыщенности, пользовательских возможностей и внедрения в различные отрасли производства и социальной сферы. При необходимости на нем может быть реализована система записи на прием, электронная очередь, обратная связь для клиентов (пользователей) и т.д.

Так как готовые (под ключ) информационные системы подобного рода стоят значительно дороже, чем отдельные аппаратные средства информационных терминалов без программной оболочки, использование данного метода реализации программного обеспечения для них позволяет существенно снизить общие затраты на внедрение такой информационной системы на предприятии или в организации.

Литература:

1. Т.В. Гвоздева, Б.А. Баллод, Проектирование информационных систем. Стандартизация: учебное пособие. 2019 г. ЭБС ЛАНЬ. 252 с.

2. Ульям Р. Станек, Internet Information Services (IIS) 7.0: справочник. 2008 г. Русская редакция.

3. Шапошников И.В. Справочник по XML и HTML: справочник. 2016 г. БХВ-Петербург. 304 с.

Т.Д. Фатхулин[1], Г.Г. Фатхулина[2]

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЭЛЕКТРОННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Москва, Россия[1]
Московский гуманитарный университет, Москва, Россия[2]
t.d.fatkhulin@mtuci.ru

Ключевые слова: инфокоммуникационная технология, электронный университет, образовательная платформа, учебный модуль, on-line лекция.

В статье рассмотрены возможности использования инфокоммуникационной образовательной технологии электронный университет (ЭУ) в условиях необходимого перевода системы высшего образования на дистанционное обучение. Проанализированы возможности и преимущества данной технологии, определены необходимые компетенции преподавателя высшей школы, применяющего данную технологию в преподавании своих дисциплин, рассмотрены содержательные и структурные особенности дистанционных курсов ЭУ.

T.D. Fatkhulin[1], G.G. Fatkhulina[2]

USE OF INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN THE SPHERA OF HIGHER EDUCATION ON THE EXAMPLE OF ELECTRONIC UNIVERSITY

Moscow Technical University of Communications and Informatics, Moscow, Russia[1]
Moscow University for the Humanities, Moscow, Russia[2]
t.d.fatkhulin@mtuci.ru

Keywords: infocommunication technology, electronic university, educational platform, educational module, on-line lecture.

The article discusses the possibilities of using infocommunication educational technology electronic university (EU) in the context of the necessary transfer of the higher education system to distant learning. The possibilities and advantages of this technology are analyzed, the necessary competencies of University teachers using this technology in teaching their disciplines are determined, the content and structural features of distant courses are considered.

Введение

Всеобъемлющий переход высшей школы на дистанционный режим привел к активному использованию мультимедийных технологий и всех возможных средств передачи и получения текстовой, аудио и видеоинформации. Преподаватели и студенты применяют в процессе обучения Skype и Zoom, WhatsApp и электронную почту. Наряду с перечисленными средствами дистанционного обучения свою высокую эффективность показал основанный на платформе Moodle электронный университет (ЭУ). Эта электронная образовательная среда обеспечивает постоянный

доступ студентов к учебным и сетевым ресурсам в удобное им время, позволяет организовать самостоятельную работу обучающихся и поддерживать эффективную обратную связь, предполагает on-line и off-line занятия. Под образовательной технологией принято считать научно-обоснованную последовательность педагогических действий, дающих стойкий стабильный и предсказуемый позитивный результат [4]. Характеристиками образовательной технологии являются точность, объективность, научность, алгоритмичность, предсказуемость и устойчивость результатов, многократная апробированность, что делает технологию эффективным инструментом для достижения поставленной образовательной цели [5]. Современные технологии дистанционного образования полностью отвечают этим требованиям.

Цель работы – обосновать преимущества электронного университета как электронной образовательной среды для высшей школы, основанной на платформе Moodle, обеспечивающего эффективное обучение в период всеобщего перехода на удаленное обучение. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: проанализировать технические возможности электронного университета, оценить функциональность, удобство использования, мультимедийность системы, определить новые компетенции, необходимые преподавателю вуза для работы в электронном университете, выделить существенные отличия в содержании и структуре электронных курсов от традиционных, показать возможности всех групп пользователей при работе в электронном университете. Методологическую основу статьи составляют описательный и сравнительный методы, а также методы анализа и обобщения.

Технические и дидактические возможности электронного университета, формы организации учебного процесса в анализируемой образовательной среде

Электронный университет представляет собой комплексную автоматизированную систему, имеющую возможность обеспечения всех форм обучения: очной, очно-заочной и заочной, и реализует образовательный программы с использованием дистанционных технологий. Организуя доступ студентов к учебному, методическому и информационному обеспечению программ, к специализированным базам данных, электронным учебникам, видео- и аудиоматериалам, системам тестирования, электронный университет обеспечивает коммуникационное пространство по непрерывной интернет поддержке всего процесса обучения.

При создании образовательной электронной среды ЭУ вузы во главу угла ставили следующие критерии: функциональность, стабильность, удобство пользования, простоту в обновлении контента, стоимость, мультимедийность, масштабируемость и качество техподдержки. Электронный университет соответствует всем требованиям. Он функционален, так как платформа имеет все опции, такие как чаты, управление курсами, форумы, мониторинг активности студентов и т.п. Высокая степень стабильности при самых разных нагрузках в зависимости от активности учащихся и разных режимах работы подтверждает его стабильность. Гибкость и способность к расширению при увеличении количества студентов или добавления новых учебных курсов и образовательных программ свидетельствует о масштабируемости электронного университета. Возможность использования не только текстовых и графических материалов, но и 3-D графики, аудио- и видеоматериалов говорит о мультимедийности системы.

Безусловно, для работы в системе дистанционного обучения преподавателю высшей школы необходимо владение определенными компетенциями [6]. Кроме навыков работы в области инфокоммуникационных технологий требуется и ряд дидактических умений, основанных на изменении роли педагога в новых условиях организации учебного процесса, таких как умение организовать активную самостоятельную работу студентов, планировать и контролировать работу обучающихся в электронной среде, мотивировать и консультировать студентов, обеспечивать эффективную обратную связь в процессе обучения. Управляя процессом дистанционного обучения, преподаватель организует on-line занятия (видеоконференции, on-line лекции, работу по e-mail) и off-line занятия (консультации, форумы, работа с сетевыми ресурсами, e-mail), наполняет и актуализирует контент своих учебных курсов.

Повысить скорость и эффективность внедрения дистанционных методов обучения можно благодаря использованию «облачных» технологий, а также технологий виртуализации [1,2]. Составляя дистанционный курс, преподаватель работает с элементами курса, важнейшими из которых являются "Видеоконференция BigBlueButton", "Задание", "Лекция", "Пакет SCORM", "Посещаемость", "Семинар", "Собрание Zoom", "Тест" и "Форум" (рисунок 1). К ресурсам курса электронного университета относятся "Гиперссылка", "Книга", "Папка", "Пояснение", "Страница" и "Файл" (рисунок 2).

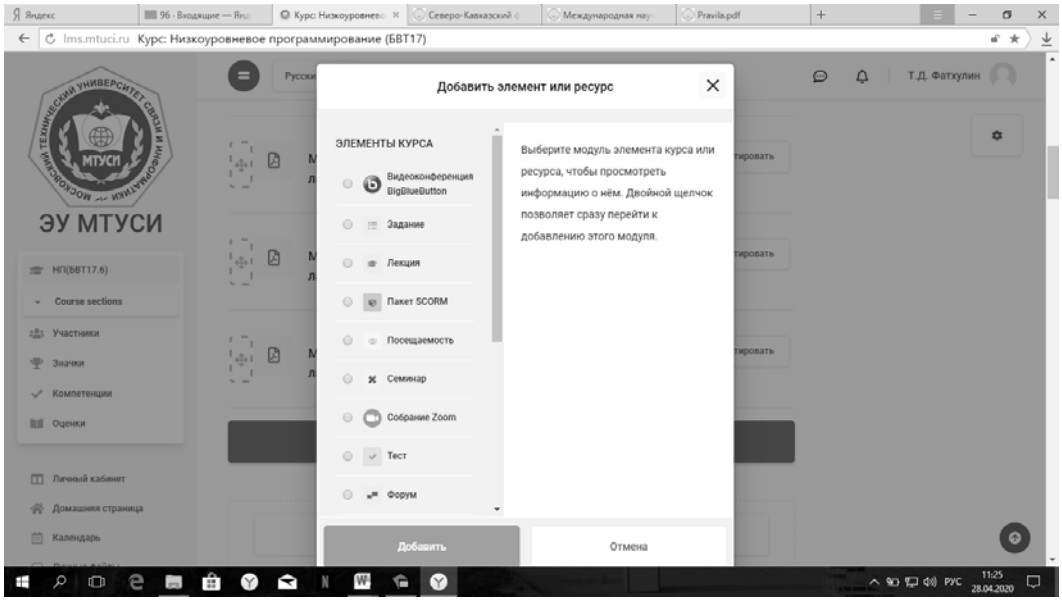


Рисунок 1. Основные элементы курса ЭУ

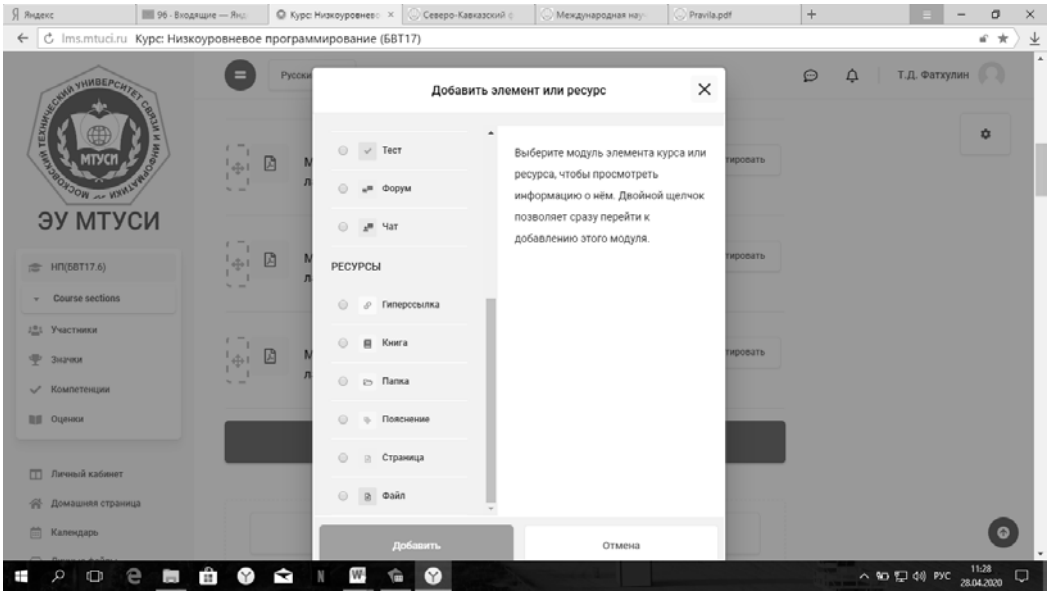


Рисунок 2. Ресурсы курса ЭУ

Преподаватель высшей школы долен четко представлять принципиальные отличия дистанционных курсов от традиционных. Дистанционные учебные курсы имеют другую структуру. Единицей рабочей программы дистанционного курса является модуль. Модули учебной дисциплины делятся на вводный, административный, представительский, собственно учебный, модуль библиотека, модуль интерактивного взаимодействия, модуль контроля.

Вводный модуль включает цели и задачи курса, сроки, количество часов, требования к программному и аппаратному обеспечению, краткую аннотацию. Административный модуль помогает руководить и управлять процессом обучения. В нем осуществляется мониторинг активности студентов, выкладывается доска объявлений, график выполнения заданий, осуществляется регистрация на лекции и конференции.

Сведение об авторах курсов и дисциплин, о преподавателях и координаторах курса содержатся в представительском модуле. Теоретические материалы курса составляют учебный модуль. Часто учебный модуль содержит график самостоятельного изучения определенных тем курса. Модуль библиотека включает практические материалы, списки литературы, дополнительные электронные учебные материалы (энциклопедии, словари, справочники, глоссарии, программы стандарты и рекомендации) Форумы, чаты, блоги и твиттер, телеконференции и видеоконференции представлены в модуле интерактивного взаимодействия.

Контрольные работы, тесты, веб-квесты, задания для самоконтроля студентов с готовыми ответами и оценкой уровня знаний, контрольные работы для текущего и промежуточного контроля, тесты для мониторинга учебной деятельности и т.д. составляют модуль контроля. Тесты создаются преподавателем. Как правило, это тесты на множественный выбор, так как они позволяются произвести количественно-формализованную обработку результатов [3].

Электронная лекция отличается от традиционной множеством характеристик. Отсутствие непосредственного контакта с аудиторией отменяет действие экстралингвистических факторов, мимики, жестов, а также таких приемов эмфазы как паузы, темп речи, логические ударения, риторические вопросы т и т.п. Качественно отличается и структура электронной лекции. Материал делится на фрагменты, которые нужно корректно отобразить на экране устройства.

Приветствуется использование опорных сигналов, таких как списки, графики, схемы, таблицы, диаграммы. То, на что преподаватель обратил бы внимание в ходе традиционной лекции, выделяется другим цветом, иным шрифтом, подчеркиванием. Использование URL-ссылок позволяет значительно расширить возможности подачи материала, обеспечить студентов дополнительной справочной информацией. В конце электронной лекции есть возможность устроить on-line тестирование студентов по изложенному материалу.

Преимуществом современного этапа развития платформы Moodle является возможность интеграции в нее других сервисов, обеспечивающих удаленное взаимодействие большого количества пользователей. Одним из наиболее востребованных и популярных на настоящий момент сервисов по организации видеоконференций для большого числа слушателей является Zoom, который интегрировался с платформой Moodle в такой значительной степени, что стал элементом курса (рисунок 1). Пример того, как выглядит фрагмент лекции электронного университета, транслируемой в Zoom, показан на рисунке 3.

Электронный университет имеет большое количество преимуществ и дает широкий спектр возможностей разным группам пользователей: посетителям, зарегистрированным пользователям, например, абитуриентам, студентам и преподавателям, методистам и администраторам.

Посетители могут просмотреть содержание учебного плана и программ, аннотации и списки электронных ресурсов, возможности регистрации в системе дистанционного обучения.

Зарегистрированные пользователи имеют доступ к информации об образовательных программах и ресурсах, могут записаться на обучение по этим программам и отдельным модулям, наполнить портфель теми программами и модулями, которые их заинтересовали.

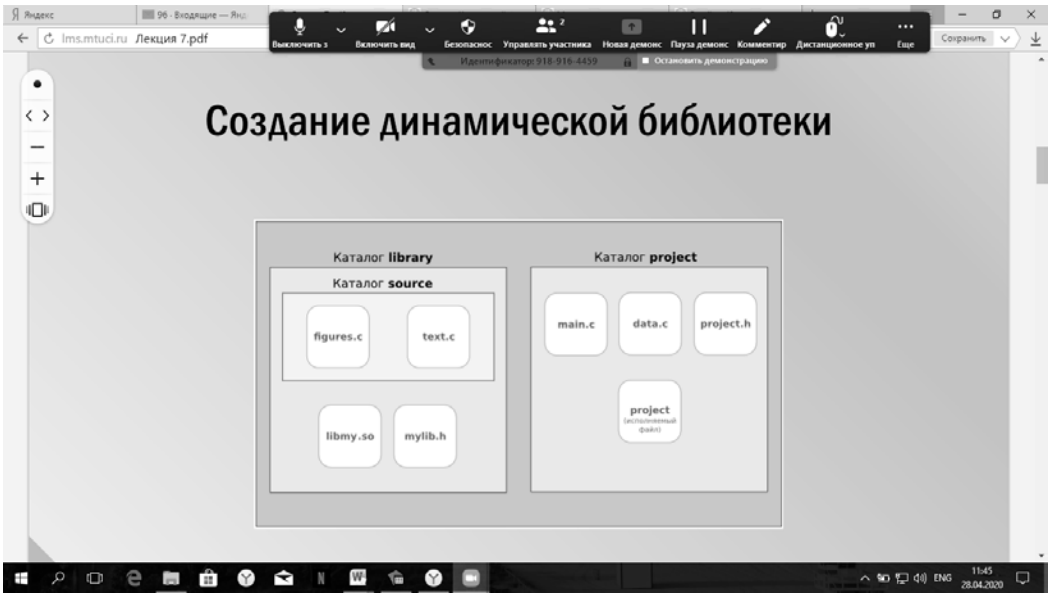


Рисунок 3. Пример лекции в Zoom

Студенты просматривают содержание образовательных программ, на основе выбранных учебных планов осуществляют подбор индивидуального графика обучения. формируют личный портфель. Учебная программа для студента формируется из предложенных учебных модулей. Студент имеет доступ ко всем образовательным ресурсам в рамках учебных курсов, к расписанию занятий, к

сообщениям, создаваемым преподавателями и методистами на доске объявлений. Коммуникация осуществляется на форуме, путем личных сообщений между студентами одной группы и преподавателем, а также в режиме чат. Удобен обмен файлами внутри системы. Студенты также имеют доступы к тестовой системе, к вебинару, к системе мониторинга.

Электронный университет обеспечивает широкие возможности преподавателям, которые создают свои курсы и имеют доступ ко всем образовательным программам университета. Преподаватель сразу получает списки групп, в которых он ведет свои дисциплины, имеет возможность поддерживать оперативную связь со студентами через чат форум или через личные сообщения и электронную почту. У преподавателя есть все возможности для расширения содержания образовательной среды: размещения учебных материалов, пополнения библиотеки электронных ресурсов, разработки тестовых заданий. Через электронный университет преподаватель ведет журнал успеваемости студентов, назначает сроки тестирования, размещает информацию на «Доске объявлений», организует видеоконференции и занятия в вебинаре, ведет персональный блог.

Через систему электронного университета осуществляет свои функции и администратор, который имеет право обновлять и добавлять образовательные программы из баз данных, удалять пользователей и управлять динамическими страницами системы, наполнять, редактировать и удалять информацию.

Методист в системе электронного университета имеет возможность пополнять библиотеки электронных образовательных ресурсов, прикрепляя их к учебным курсам, составлять тематические и учебные планы дисциплин, составлять расписание занятий, формировать учебные группы на основе заявок абитуриентов, создавать новых пользователей, получать о них полную информацию. Методист также контролирует успеваемость студентов, оценивает эффективность учебных курсов, размещает информацию на «Доске объявлений», ведет новостную ленту и персональный блог.

Необходимо отметить требования к качеству электронных курсов. При оценивании созданного дистанционного курса учитываются такие факторы, как научность изложенного материала, корректная формулировка целей и задач курса, грамотное составление модулей и учебных единиц, отсутствие ошибок, актуальность учебного содержания курса, практических заданий и упражнений, точность и корректность формулировок.

Заключение

Подводя итоги активного использования электронного университета можно с полной долей уверенности утверждать, что эта система дистанционного обучения решает важнейшие задачи по реализации образовательных программ и педагогической коммуникации, по размещению электронных образовательных ресурсов и осуществлению мониторинга качества учебных программ, по электронному документообороту и организационно-методической поддержке учебного процесса в вузе. К неоспоримым преимуществам электронного университета относятся техническое и методическое сопровождение образовательного процесса, непрерывное обновление сервисов, модульность и комплексный подход к организации обучения.

Литерптура:

1. *Жаббаров И.Ш., Фатхулин Т.Д.* Обоснование выбора системы виртуализации, предоставляющей необходимый функционал для предприятия

заданного уровня // «ИНФОКОМ-2019» / Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, Часть I - Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2019. – С. 241-249.

2. *Фатхулин Т.Д., Денисова М.А., Колосова Е.Р.* Анализ основных технологий виртуализации с целью выбора гипервизора с требуемыми характеристиками // Технологии информационного общества / Сборник трудов XII Международной отраслевой научно-технической конференции «Технологии информационного общества». (20-21 марта 2019 г. Москва, МТУСИ). В 2-х томах. Том 2. М.: ООО «ИД Медиа Паблишер», 2019. - С. 111-114.

3. *Фатхулина Г.Г.* Технологии контроля сформированных умений и навыков студентов в разных языковых аспектах и видах речевой деятельности // Образование в современном мире: стратегические инициативы / Сборник научных трудов Всероссийской научно-методической конференции с международным участием, посвященной 75-летию университета. – М.: МГГУ им. М. А. Шолохова, 2017. – С. 194-199.

4. *Фатхулина Г.Г.* Разработка технологического уровня когнитивного обучения иностранному языку магистрантов гуманитарного вуза // Современные методы и технологии преподавания иностранных языков / Чуваш. гос. пед. ун-т ; отв. ред. Н. В. Кормилина, Н. Ю. Шугаева. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2019. – С. 125-129.

5. *Фатхулина Г.Г.* Применение когнитивной технологии в преподавании иностранного языка студентам гуманитарного вуза // Высшее образование для XXI века: роль гуманитарного образования в контексте технологических и социокультурных изменений: XV Международная научная конференция, МосГУ, 14–16 ноября 2019 г. : Доклады и материалы : в 2 ч. Ч. 1. / под общ. ред. И. М. Ильинского. — М.: Изд-во Моск. гуманит. ун-та, 2019. – С. 295-300.

6. *Чекун О.А.* Предметно-языковое интегрированное обучение в неязыковых вузах // Педагогика и технология образования. – М.: 2019. № 1. – С. 163-170.

Ю.В. Заварыкина М.В. Севрюкова

СОВМЕЩЕННЫЙ ABC- И XYZ-АНАЛИЗ − ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ МАРКЕТИНГА И ЛОГИСТИКИ

Уральский юридический институт МВД России, Екатеринбург, Россия

Ключевые слова: цифровизация, цифровая экономика, ABC-анализ, XYZ-анализ, коэффициент вариации.

В статье рассмотрены вопросы влияние цифровизации на развитие экономики и возможности использования с применением математических методов и информационных технологий совмещенного ABC- и XYZ-анализа в маркетинге и логистики.

Y.V Zavarykina, M. V. Sevryukova

COMBINED ABC- AND XYZ-ANALYSIS – EFFICIENT THE TOOL OF MARKETING AND LOGISTICS

Ural Law Institute of the Ministry of the Interior of Russia, Yekaterinburg, Russia

Keywords: digitalization, digital economy, ABC-analysis, XYZ-analysis, coefficient of variation.

The article discusses the impact of digitalization on the development of the economy and the possibility of using mathematical methods and information technologies combined ABC- and XYZ-analysis in marketing and logistics.

В современном обществе прослеживается существенное развитие цифровизации, которое ведет к развитию экономики и внедрению цифровых технологий во все сферы социальной жизни.

«В узком смысле это – преобразование информации в цифровую форму, которое в процессе ее обработки приводит к снижению издержек, из-за уменьшения количества ошибок и появлению новых аналитических, конструктивных и алгоритмических возможностей» [1, с. 47].

В то же время, для того чтобы цифровизацию можно было рассматривать как направление эффективного мирового развития необходимо ее непрерывное участие в экономике, бизнесе, образование, науке, социальной сфере, технологическом процессе и повседневной жизни.

«Цифровая экономика» — это деятельность, связанная с формированием цифровых технологий, при которой система социально-экономических отношений:

- нацелена на повышение уровня производительности и конкурентоспособности экономики;
- характеризует современный период эволюционного развития социальной, экономической и производственной модели общества;
- охватывает сферы производства, общественной жизни, бизнеса, науки, образования, менеджмента, маркетинга и домашнего хозяйства;
- ориентирует на создание новых производств в целях получения прибыли, развития бизнес-моделей, моделей управления, новых рынков и привлечения новых потребителей;

– отражает особенность инновационного поколения, которое характеризуется использованием большого массива данных, возникающих в разнообразных информационных системах и преобразованных с целью извлечения полезной информации;
– базируется на цифровой трансформации, предполагая переход к электронному взаимодействию с применением современных электронных средств, в том числе с использованием новых цифровых информационно-коммуникационных технологий,
– формирует электронный документооборот, современные способы регистрации и обработки, хранения и передачи информации;
– применяет новые математические методы и модели обработки информации [1. с.49].

В связи с этим, одним из направлений цифровизации экономики можно считать подготовку специалистов, владеющих современными информационно-коммуникационными технологиями, математическими моделями и методами.

В современном обществе невозможно представить торговый сектор экономики без розничной продажи продукции. Для того чтобы принимать отвечающее современным требованиям управленческое решение предпринимателю следует грамотно анализировать деятельность своей организации.

При необходимости проведения анализа возникает потребность знать общую теорию управления, уметь грамотно применять математические знания для оценки потребительского рынка, составления статистических отчетов.

С постоянно меняющимися запросами потребителей возникает необходимость в анализе ассортимента продаваемых товаров, при котором может предоставляться широкий круг позиций, являющихся группой одного и того же товара, но различных по незначительным характеристикам. Например, по цвету, форме и другим признакам. Но при этом, хоть магазин и богат на различные виды товаров, далеко не весь ассортимент будет рентабельным. С целью максимизации прибыли от продажи товара, возникает необходимость в проведении анализ продукции. К таким анализам можно отнести АВС-анализ, суть которого заключатся в выделении среди всего однотипного ассортимента продукции ту, которая принесет больше прибыли предприятию.

Особый интерес для анализа экономических ситуаций имеет совмещение АВС-анализа с XYZ-анализом.

XYZ-анализ – это математически-статистический инструмент, который позволяет разделить ассортимент товаров на группы, в зависимости от стабильности продаж и колебаний спроса на продукцию, с целью прогнозирования устойчивости тех или иных объектов исследования. Создание итоговой матрицы совмещения АВС-анализа и XYZ-анализа позволяет создать классификацию для определения ценности товара, оптимизации запаса и улучшения структуры ассортимента.

Цель работы – с помощью информационных технологий и математических методов провести АВС- и XYX-анализы ассортимента товара предприятия, но основе которых дать рекомендации и создать список наиболее выгодных товаров.

В соответствии с целью работы решались следующие задачи:

1. Определить сущность АВС-анализа и XYZ-анализа.
2. Провести анализ ассортимента продукции предприятия с помощью математических методов и информационных технологий.
3. Сделать вывод об эффективности ассортимента товара.

ABC анализ представляет собой статистический способ образования и учета состояния и количества запасов, который позволяет сгруппировать продаваемые товары по заданному алгоритму на три основных неравномерные группы: A, B и C.

Данный анализ можно разделить на этапы:

1. Объекты исследования группируется в порядке убывания общей стоимости.

2. С использованием расчетов доли параметра от общей суммы с накоплением производится классификация по признаку относительной важности.

3. При разделении категорий на группы возникает классификация, способствующая грамотному управлению запасами.

Классический и часто используемый ABC-анализ заключается в разделении номенклатурных позиций на три класса: A, B и C.

«Товары, относящиеся к классу A, содержат немногочисленный список, но на них приходится большая часть денежных средств, которая вкладывается в запасы (сумма стоимостей составляет 75-80% суммарной стоимости всего запаса). Эта группа требует основного внимания с точки зрения выявления объема заказа по каждой позиции номенклатуры, контроля текущего запаса, затрат на доставку и хранение» [4, с.67].

«К классу B относятся те позиции, которые занимают среднее положение в создании запасов склада (сумма стоимостей составляет 10-15% суммарной стоимости всего запаса). Если сравнивать классы A и B, то можно сказать, что первому должно уделяться меньшее количество внимания, то есть должен проводиться обычный контроль текущего запаса на складе и своевременностью заказа» [4, с. 67].

«Класс C включает в себя позиции, которые составляют основной объем запасов, но на них уделяется малая часть финансовых средств, вложенных в запасы (сумма стоимостей составляет 5-10% суммарной стоимости всего запаса). В основном этой группы не ведется текущий учет, а проверка наличия производится периодически» [4, с. 67].

Метод XYZ-анализа необходим для установления устойчивости спроса на товары, объема реализованной продукции и её запасов. Благодаря данному методу организация высвобождает и оптимизирует дополнительные ресурсы в процесс производства и продажи.

С помощью использования коэффициента вариации метод XYZ-анализа помогает определить уровень стабильности продажи того или иного товара, то есть имеет постоянный спрос и продажу продукции можно спрогнозировать.

В зависимости от значения коэффициента вариации выделяют группы:

1. Группа X – категория товара, спрос на который постоянно высок и его легко спрогнозировать, причем точность прогноза чаще всего более 80%.

2. Группа Y – категория товара, продажа которых зависит от известных сезонных колебаний, уровень прогнозирования средний. Обычно сезонность вызвана праздниками или определенными циклами продаж.

3. Группа Z – категория товара, которую потребляют нерегулярно. Объем продаж в разные период времени сильно отличаются. Точность прогноза данной группы будет невысока.

Наибольший интерес представляет объединение результатов ABC- и XYZ-анализа.

Для совмещения результатов анализа, необходимо провести ABC-анализ за весь учетный период. Затем провести XYZ-анализ этих товаров за этот же период (например, по ежемесячным продажам за год). После этого происходит совмещение

результатов и построение объединенной матрицы, состоящей из 9 подгрупп (Рисунок 1).

Построение итоговой матрицы помогает пересмотреть политику управления ассортиментом, что позволяет точнее прогнозировать продажи каждого вида товара, сформировав необходимый складской запас. При этом сводится к минимуму ситуации, когда происходит затоваривание или нехватка товара, что приводит к увеличению продаж.

Объединение ABC и XYZ – анализа необходим для того, чтобы скорректировать объемы закупки. Отсутствие товаров группы AX и AY говорит о том, что работа и доходы предприятия нестабильны.

Рисунок 1. Группировка товаров по ABC и XYZ категориям.

Для выполнения ABC-анализа были выбраны 16 категорий товара, которые обозначили Товар 1 − Товар 16 и рассмотрены суммы выручки за продажу каждой группы товаров за полугодие (Таблица 1).

Таблица 1. Соотношение наименования товара и суммы выручки.

Ассортимент	Выручка, руб.
Товар 1	367439
Товар 2	558979
Товар 3	253678
Товар 4	839759
Товар 5	122376
Товар 6	120406

Продолжение Таблицы 1.

Товар 7	122137
Товар 8	3756717
Товар 9	1524296
Товар 10	428066
Товар 11	1005874
Товар 12	2532642
Товар 13	574997
Товар 14	139132
Товар 15	5495753
Товар 16	372061
Итого	18214312

После проведения АВС-анализа получено разделение товара на группы (Таблица 2).

Таблица 2. Группировка товара по группам.

Ассортимент	Накопительная доля, %	Категория ассортимента
Товар 15	30,17%	Категория А 5 товаров
Товар 8	50,80%	
Товар 12	64,70%	
Товар 9	73,07%	
Товар 11	78,59%	
Товар 4	83,20%	Категория В 5 товаров
Товар 13	86,36%	
Товар 2	89,43%	
Товар 10	91,78%	
Товар 16	93,82%	
Товар 1	95,84%	Категория С 6 товаров
Товар 3	97,23%	
Товар 14	98,00%	
Товар 5	98,67%	
Товар 7	99,34%	
Товар 6	100,00%	
Итого		

«В категорию А вошли 5 групп товаров (накопительная доля составляет до 80%). Это значит, что они приносят организации основной объем прибыли. В категорию В с накопительной долей от 80% до 95% вошли 5 групп товара. К категории С − накопительная доля более 95% вошли 6 групп товаров. Это значит, что их продажа наименее прибыльна для организации» [4, с. 70].

Для проведения XYZ-анализа необходимо рассматривать базу продаж товара и сумму выручки за каждый месяц на протяжении какого-то периода. Для данного анализа рассматривается период, равный 6 месяцам. Для дальнейших действий в проведении анализе необходимо вычислить коэффициент вариации и в зависимости от значений коэффициента выделяют группы X, Y, Z.

Коэффициент вариации необходим для отражения меры разброса средней величины и покажет, насколько устойчиво покупают тот или иной товар (Таблица 3).

Таблица 3. Коэффициент вариации для каждого товара.

Ассорти-мент	Выручка за 6 месяцев	Доля, %	Накопительная доля, %	Отклонение	Вариация
Товар 15	5495753	30,17%	30,17%	140034,08	13,96%
Товар 8	3756717	20,63%	50,80%	34785,98	5,07%
Товар 12	2532642	13,90%	64,70%	15996,34	3,46%
Товар 9	1524296	8,37%	73,07%	12119,90	4,36%
Товар 11	1005874	5,52%	78,59%	3418,15	1,86%
Товар 4	839759	4,61%	83,20%	70446,91	45,95%
Товар 13	574997	3,17%	86,36%	8304,53	7,91%
Товар 2	558979	3,07%	89,43%	16070,78	15,75%
Товар 10	428066	2,35%	91,78%	58971,20	75,46%
Товар 16	372061	2,04%	93,82%	43853,89	64,56%
Товар 1	367439	2,02%	95,84%	4022,75	6,00%
Товар 3	253678	1,39%	97,23%	29702,39	64,13%
Товар 14	139132	0,76%	98,00%	22051,84	86,81%
Товар 5	122376	0,67%	98,67%	3321,31	14,87%
Товар 7	122137	0,67%	99,34%	1254,87	5,63%
Товар 6	120406	0,66%	100,00%	1900,75	8,65%
Итого	18214312	100,00%			

В соответствии с полученными результатами коэффициента вариации можно распределить товары по группам X, Y, Z (Таблица 4).

Таблица 4. Распределение товара по группам X, Y, Z.

Ассортимент	Выручка за 6 месяцев	Накопительная доля, %	Отклонение	Вариация	XYZ группа
Товар 15	5495753	30,17%	140034,08	13,96%	Y
Товар 8	3756717	50,80%	34785,98	5,07%	X
Товар 12	2532642	64,70%	15996,34	3,46%	X
Товар 9	1524296	73,07%	12119,90	4,36%	X

Продолжение Таблицы 4.

Товар 11	1005874	78,59%	3418,15	1,86%	X
Товар 4	839759	83,20%	70446,91	45,95%	Z
Товар 13	574997	86,36%	8304,53	7,91%	X
Товар 2	558979	89,43%	16070,78	15,75%	Y
Товар 10	428066	91,78%	58971,20	75,46%	Z
Товар 16	372061	93,82%	43853,89	64,56%	Z
Товар 1	367439	95,84%	4022,75	6,00%	X
Товар 3	253678	97,23%	29702,39	64,13%	Z
Товар 14	139132	98,00%	22051,84	86,81%	Z
Товар 5	122376	98,67%	3321,31	14,87%	Y
Товар 7	122137	99,34%	1254,87	5,63%	X
Товар 6	120406	100,00%	1900,75	8,65%	X
Итого	18214312				

Подводя итог произведенному XYZ-анализу можно сказать, что среди анализируемых товаров выделилась группа ассортимента, которую покупатели приобретают стабильно (X группа). 3 товара, относящиеся к группе Y, имеют колеблющийся спрос (сезонный). 5 товаров, относящиеся к группе Z, обладают нестабильным спросом и имеют больше случайный характер покупок. Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что большинства клиентов стабильно и закономерно покупают тот или иной товар. Их приобретение можно спрогнозировать.

Следующей стадией проведения анализа является совмещение ABC- и XYZ-анализа. Для этого необходимо совместить таблицы двух ранее проведенных анализов (Таблица 5).

Таблица 5. Совмещенный ABC- и XYZ-анализ.

Ассортимент	Выручка за 6 месяцев	Категория ABC	Категория XYZ	ABC и XYZ
Товар 15	5495753	A	Y	AY
Товар 8	3756717	A	X	AX
Товар 12	2532642	A	X	AX
Товар 9	1524296	A	X	AX
Товар 11	1005874	A	X	AX
Товар 4	839759	B	Z	BZ
Товар 13	574997	B	X	BX
Товар 2	558979	B	Y	BY
Товар 10	428066	B	Z	BZ
Товар 16	372061	C	Z	BZ

Продолжение Таблицы 5.

Товар 1	367439	C	X	CX
Товар 3	253678	C	Z	CZ
Товар 14	139132	C	Z	CZ
Товар 5	122376	C	Y	CY
Товар 7	122137	C	X	CX
Товар 6	120406	C	X	CX
Итого	18214312			

Исходя из данных таблицы можно составить матрицу совмещенного анализа (Таблица 6).

Таблица 6. Матрица совмещенного анализа.

		XYZ		
		X	Y	Z
ABC	A	Товар 8	Товар 15	
		Товар 12		
		Товар 9		
		Товар 11		
	B	Товар 13	Товар 2	Товар 4
				Товар 10
				Товар 16
	C	Товар 1	Товар 5	Товар 3
		Товар 6		Товар 14
		Товар 7		

На основе проведенного анализа у нас сформировался список товаров, пользующихся популярностью среди покупателей. Товары группы «AX» и «BX» отличаются большим оборотом продаж и стабильностью спроса. Следует контролировать постоянное наличие данного товара, но при этом не требуется создание избыточного складского запаса. Легкость в прогнозе оборота торговли данной товарной группы достигается благодаря стабильности спроса.

Товары группы «AZ» и «BZ» при большом обороте торговли отличаются низкой прогнозируемостью. Попытка обеспечить наличие товаров этих групп за счет избыточного страхового товарного запаса может привести к чрезмерному затовариванию.

Товары, относящиеся к нестабильности продаж входят в группы «AY» и «BY», поэтому необходимо увеличивать запас товаров данных категорий.

В категорию товаров «CZ» попадают те товары, которые нуждаются в постоянном контроле, поскольку именно из товаров данной группы образуются труднореализуемые запасы, от которых предприятие несет убытки [3, с. 50].

Преимущества методов ABC и XYZ анализа − простота, точность и наглядность, возможность автоматизации. При правильном использовании, комбинация этих двух методов дает четкую картину всех процессов связанных с

продажей продукции, и стимулирует принятие правильных решений на предприятии.

Анализируя полученные результаты можно предложить некоторые мероприятия по оптимизации ассортимента: 1. Внести изменения в систему поставок товаров, которые пользуются самым низким спросом. 2. Повысить постоянное наличие товаров, пользующихся спросом. 3. С целью повышения заинтересованности покупателей на товары с низким спросом можно предложить увеличение рекламных мероприятий по данным товарным группам. В процессе выполнения предложенных мероприятий возможен переход товаров между ABC-XYZ группами [3, с. 50].

Исследования с помощью ABC- и XYZ-анализов могут применяться для изучения таких факторов: ассортимент предлагаемой продукции (происходит анализ прибыли); клиентской базы предприятия (анализируется объём заказов); базы поставщиков (анализируется объём поставок); должников (анализируется сумма и изменение задолженности).

Рассмотренные методы ABC- и XYZ-анализов активно реализуются в современном маркетинге, являются инструментом, применение которых помогает решать вопросы выбора ассортимента продукции, ценовой политики, управления запасами, каналов сбыта, которые в свою очередь способствуют увеличению производительности предприятия [2].

В работе изучены теоретические основы математических методов в экономике, рассмотрена сущность ABC- и XYZ-анализа. Проведен анализ ассортимента продукции предприятия на конкретном примере, сделаны вывод об эффективности ассортимента товара, предложены мероприятия по оптимизации ассортимента.

Литература:

1. *Халин В.Г., Чернова Г.В.* Цифровизация и ее влияние на российскую экономику и общество: преимущества, вызовы, угрозы и риски. // Управленческое консультирование – 2018, № 10 (118), с. 46-63. (https://elibrary.ru/item.asp?id=36399688)

2. *Григорьев М.Н., Долгов А.П., Уваров С.А.* Логистика. Продвинутый курс: учебник. 4-е изд., перераб. и доп. В 2-х ч. Ч. 2. Москва: Юрайт, 2017, 341 с.

3. *Мельникова Т. Ф, Водякова А. В., Клопова А. А.* Формирование ассортимента на основе совмещенного ABC-XYZ-анализа. // Вестник науки и образования – 2017, № 12 (36), с. 47-51.

4. *Заварыкина Ю.В., Севрюкова М.В.* Применение ABC-анализа в экономической деятельности предприятия. // Использование инновационных технологий в разработке и реализации экономических реформ: сборник статей Международной научно-практической конференции. Уфа: Изд-во общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна» − 2019, с. 66-70. (https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41512210).

Н.В. Карпиленя

О СОСТОЯНИИ И ЗАДАЧАХ ГЕОПОЛИТИКИ В ЭПОХУ ПОСТМОДЕРНА: КРАТКИЙ АНАЛИЗ ЭТАПОВ РАЗВИТИЯ МЕТОДОЛОГИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Военная академия Республики Беларусь, Минск, Республика Беларусь

Ключевые слова: политология, международные отношения, геополитика, постмодерн, синергетика, мировоззрение.

В научной статье в сжатом виде представлено состояние и противоречия исследований в политологии в области международных исследований. Рассмотрены три этапа развития методологии научных исследований, руководствуясь анализом работы [3]. Представлен обобщенный вывод применения методологии научного исследования в области международных отношений для формирования многополярного мира, проведенного автором в своей монографии [11].

N.V. Karpilenya

ABOUT THE STATE AND CHALLENGES OF GEOPOLITICS IN THE POSTMODERN ERA: A BRIEF ANALYSIS OF THE STAGES OF DEVELOPMENT OF RESEARCH METHODOLOGY

Military Academy of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

Keywords: political science, international relations, geopolitics, postmodern, synergetics, worldview.

The scientific article summarizes the state and contradictions of research in political science in the field of international studies. Three stages of development of research methodology are considered, guided by the analysis of the work [3]. A generalized conclusion of the application of the methodology of scientific research in the field of international relations for the formation of a multipolar world, conducted by the author in his monograph [11], is presented.

> Постмодерн – это глобализм, ультралиберализм, доминация однополярного мира, главенство сетей, отмена всех традиционных форм идентичности – государства, религий, этносов, даже семей и полов. Вместо государства приходит «открытое общество», вместо традиционных конфессий – сектантство и индифферентность, вместо народов – индивидуумы, вместо полов – клоны, киборги и продукты трансгенных операций.
>
> *А. Г. Дугин [1, с. 67]*

Вначале дадим толкование, что будем понимать под традиционными государствами. Традиционные государства – это, по классификации С. Хантингтона в его работе [2], страны завершенных политических культур (по сути, государств эпохи Модерна, хотя многие из нынешних государств можно считать находящихся

на таком этапе своего развития), в которых религиозно-мировоззренческие ценности органично связывают осознание временных и конечных целей существования человека.

Сегодняшний мир некоторых человеческих сообществ (прежде всего из западной цивилизации. *Личное мнение автора. – Н. К.)* – это эпоха Постмодерна. «Это значит, что время *Modernity* закончилось. Все, что было заложено эпохой Просвещения – социальные, культурные, идеологические, политические, научные и экономические модели, – исчерпали себя. Мы вступили в иной мир, в эпоху Постмодерна, и это необратимо» [1, с. 67]. Крушение СССР ознаменовало историческую победу Постмодерна не только над традиционными обществами, но и над остатками Модерна – идеями социализма, промышленным производством, национальным государством, конфессионально-культурной идентичностью человека. Это привело к обострению социально-политических отношений во всем мире на фоне нарастания экологических, территориальных, конфессиональных, демографических, продовольственных и водных проблем, разрешение которых усложняется противоречивой разнонаправленностью геополитических интересов субъектов мировой и региональной политики в условиях глобализации и глокализации, действиями транснациональных корпораций и неправительственных организаций. Все это заставляет заново переосмыслить пути развития человеческих цивилизаций и ставит вопрос о разработке новых концептуальных подходов к их исследованию [2].

«Цветные революции» на постсоветском пространстве и в арабском мире привели к осознанию того факта, что благодаря информационно-сетевым, политическим и сетевым технологиям воздействия на умы и настроения народных масс произошло вторжение социологии в геополитику и непосредственно в международные отношения, выразившееся в усиление влияния социальных и этно-конфессиональных факторов на политическую активность народных масс [3, с. 12]. Вышеперечисленные технологии имеют основную задачу – переформатировать сознание масс в эпоху Постмодерна – внедрить в сознание народа потенциального или реального противника запрограммированный культурно-идеологический образ мира на основе формирования нового мышления и ухода от национально-культурных и конфессиональных стереотипов конкретных социумов [3, с. 78].

В политологическом сообществе существует мнение, что уделяется недостаточное внимание необходимости изменения подходов к исследованию процессов и явлений международной жизни.

Политические реалии ускоряющейся трансформации современного мира поставили на повестку дня научных исследований вопрос о том, что социально-политические и экономические системы необходимо рассматривать в комплексе как саморегулирующиеся и саморазвивающиеся системы, сетевые по своей структуре, нелинейные и открытые для воздействия со стороны внешней среды, подверженные внутреннему воздействию стихии социальной энтропии [3, с. 14].

Геополитика как научное направление в политологии и теории международных отношений сформировалось в те времена, когда было выявлено определяющее влияние геофизических факторов на национальный характер населяющих территории народов и связанные с ним отношения между ними. Основатели классической геополитики Ф. Ратцель. Р. Челлен, А. Мэхэн, Х. Маккиндер, К. Хаусхофер и др. В неклассическом периоде основной вклад внесли И. Галтунг, Ж. Аттали, К. Санторо, Дж. Кеннан, У. Ростоу, С. Коэн, З. Бжезинский, Ф. Фукуяма, С. Хантингтон и др. В постнеклассическом периоде в развитие концепции геополитической динамики внесли такие выдающиеся ученые: Дж. Модельски, У.

Томпсон, П. Тейлор, И. Валлерстайн, А. Н. Гумилев, выдвинувшие триаду геополитической динамики: «восхождение – расцвет – упадок» империй, крупных держав, которые на вершине могущества становятся гегемонами, перераспределяющими доступные им ресурсы в свою пользу и в пользу своих сателлитов под лозунгом своего лидерства на международной арене [3, с. 47], а также А. Г. Дугин, Э. Тоффлер, С. Хантингтон, отмечавшие, что в эпоху глобализации Постмодерн имеет глобальный характер, соседствуя с аграрным, индустриальным и даже патриархальным общественными укладами. Их черты просматриваются во всех, даже в социальном и экономическом отношении отсталых странах, где присутствуют такие атрибуты Постмодерна, как Интернет, спутниковое телевидение и платежные карточные системы. Такие общественные системы напоминают трехслойный пирог, в котором присутствуют, пусть даже фрагментарно и частично, все три парадигмы развития [3, с. 53].

Представляется, что главным недостатком современной политологии является не отсутствие следования принципам рационального познания с целью получения объективных знаний, а разноголосица мнений, борющихся между собой и зачастую уничтожающих друг друга. Следствием этого является неспособность современной политической и социологической науки своевременно и адекватно ответить на актуальные вопросы международных отношений, в контексте ускорения и усложнения процессов общественного развития и международной обстановки [3, с. 26]. Потому мнение В. Д. Попова [7], который выступал за разумный синтез классической, неклассической и постнеклассической методологий (таблица 1) [3, с. 43–44], что позволило бы ученому найти свое место в таком научном сообществе и могло бы по достоинству оценить его исследовательскую программу с точки зрения синергетики и сегодня выглядит весьма уместным. Отметим, что с точки зрения синергетики, для того, чтобы система могла рассматриваться как самоорганизующаяся, она должна удовлетворять, в контексте рассматриваемых далее социально-политических процессов в теории, четырем условиям: открытости, нелинейности, чувствительности к внешним воздействиям и когерентности внутренних процессов функционирования. Перечисленные выше условия запускают процессы самоорганизации, основными чертами которых являются самоструктурирование и саморегуляция, которые создают условия для эволюционного развития системы, приводящие к образованию новых структур [5, с. 56–58].

Таблица 1. Три этапа развития методологии научных исследований

Признаки для сравнения	Классический (античные и аграрные общества (по Э. Тоффлеру), или традиционные аграрные и индустриальные общества Премодерна (по А. Дугину); парадигма географического детерминизма)	Неклассический (индустриальные общества (в контексте военного паритета держав, цикличности мировых экономических кризисов); идеологическая парадигма)	Постнеклассический (постиндустриальные общества; парадигма глобализации в эпоху Постмодерна)
Объект исследования	Природные явления, рассматриваемые безотносительно к условиям их изучения.	Сложные системы в динамике их функционирования и развития.	Функционирование систем в условиях детерминированного хаоса, сингулярности и эмерджентности социально-политических процессов.
Метод исследования (научного познания)	Постулирование непосредственно наблюдаемых явлений и процессов объективно существующей действительности реального мира.	Трансформация принципа дополнительности для сознательного использования наблюдаемых взаимоисключающих и дополняющих групп и факторов.	Окончательный отказ от стереотипов линейного детерминированного мышления. Плюрализм научных подходов к исследованию сложных систем на базе синергетического видения их организации и динамики.
Отношение к получаемым научным результатам	Эмпирическая основа познания истины. Новое научное знание как прямое обобщение опыта научных исследований.	Построение «гибких» концептуальных схем, позволяющих вводить в рассмотрение всю совокупность исследуемых факторов и взаимодействий для понимания динамики функционирования систем.	Интерпретация получаемых научных результатов в контексте функционирования сложных систем в условиях динамического хаоса и изменения энтропии социальной среды.
Суть научной истины	Адекватное знание природных явлений как объективной и однозначной реальности окружающего мира, определяемой «божественным промыслом» Творца.	Видение исследуемой системы под ракурсом динамики ее функционирования и цикличности этапов ее развития от зарождения через расцвет, возвышение к деградации и упадку.	Признание определяющего влияния на функционирование системы детерминированного хаоса как фактора разрушения и созидания систем. Признание фрактальных структур социально-политических систем как носителей генетического кода, определяющего их сохранение для возрождения системы на следующем витке эволюции.
Достоверность научного знания	Научным считается лишь всесторонне обоснованное и доказанное экспериментальным путем знание. Присутствие неопределенности расценивается как недостаточность знаний о мире, говорящее об их гипотетичности и недостаточной достоверности.	Отход от постулирования абсолютной точности и логической строгости полученного научного знания вследствие динамики рассматриваемых процессов. Развенчание наивного убеждения классической науки о том, что случайность есть лишь незнание (или неполнота наших знаний) исследуемых процессов и явлений.	Признание того факта, что в одной и той же среде, при одних и тех же внешних условиях могут возникать разные структуры, играющие роль аттракторов, претендующих на разные пути эволюции системы. Признание динамической неустойчивости как фактора развития системы, которое осуществляется через аттракторы, точки бифуркации и случайные блуждания. Относительная достоверность научного знания обусловлена стохастичной природой социально-политических процессов.

Напомним. Смысл синергетики состоит в том, что в открытых системах, обменивающихся с внешней средой энергией, веществом и информацией, инициируются процессы самоорганизации, сутью которых является формирование в турбулентной среде устойчивых, упорядоченных структур с качественно новыми свойствами [3, с. 29; 6; 7].Синергетику, таким образом, можно рассматривать как современный этап развития кибернетики, системного анализа, предоставляющего инструментарий для анализа сложных нелинейных систем, функционирующих в условиях хаоса. Если базовой категорией кибернетики является «информация», то в

центре внимания синергетики находится саморазвитие и самоорганизация открытых нелинейных систем, эволюция которых определяется в областях коррекции траектории их развития (т. е. в так называемых «точках бифуркации системы») при непосредственном воздействии флуктуаций, порождаемых хаосом внешней и внутренней среды их функционирования [3, с. 31].

Синергетика перестраивает наше мировоззрение, а вместе с ним и методологию научного познания мира. Она помогает исследовать такие свойства систем как нелинейность, эмерджентность и сингулярность, при которых наблюдается ускоренное развитие систем, их способность к самоорганизации, при которой система трансформируется в качественно новую целостность благодаря сохранению генетического кода входящих в нее фракталов и кластеров, формирование которых происходит под влиянием не только социальной энергии социума, но и даже личности политического или общественного деятеля [6, с. 30].

Так что, совершенствуя потребности и интересы общественной жизни человеческих сообществ в политической, экономической, социальной, духовной сферах можем прийти к разным результатам – сформировать однополярный или многополярный миропорядок. Судите сами. Ведь если использовать на практике постнеклассический инструментарий к реализации общественного устройства в Государствах обществ Премодерна и Модерна, то такое «действо» может разрушать генетическое «Ид», а, как известно, З. Фрейд предупреждал о нежелательности такого разрушения с помощью «Эго» и «Супер-Эго». По-другому, такое «совершенствование» (примем за «+») способно привести к цели формирования однополярного мирового порядка – «Ид»+; «Эго»+; «Супер-Эго»+. Однако, если положить за основу совершенствования общественной жизни незападных Государств триаду, основанную на сохранении и развитии своего генетического «Ид»*(const), то можем достигнуть так желаемого для незападных цивилизаций многополярного мирового порядка («Ид»*; «Эго»*; «Супер-Эго»*) [8].

Вот почему, предпринимая попытку создания теории для реализации в будущем требуемого типа международных отношений в многополярном мире на фундаменте синергетики, следует осознать и принять изложенные в предыдущем абзаце базовые положения.

Анализ показывает, что синергетика социально-политических систем акцентирует внимание на тех аспектах реальности, которые в классической политологии и социологии рассматриваются как второстепенные и случайные, вносящие досадные помехи в поступательный процесс развития общества. Однако в кризисных ситуациях они начинают играть определяющую роль в дальнейшей эволюции системы [3, с. 30].

Так что синергетическое видение социально-политических процессов означает, что в такого рода системах всегда формируется несколько альтернативных путей развития. Это обстоятельство открывает возможности конструирования желаемого будущего с точки зрения национальных интересов государств в условиях сотрудничества, соперничества и противоборства акторов международной политики. В этом и состоит основное преимущество синергетического подхода к исследованию международных отношений при разрешении международных проблем [3, с. 45].

Анализ социально-политических процессов показывает, что исследовательское поле современной геополитики необходимо рассматривать в следующих аспектах [3, с. 21]:

- условия возникновения нестабильности и конфликтогенности на начальных стадиях их зарождения, с выявлением трендов их развития и возникающих при этом вызовов и угроз;

- устойчивость политических институтов в условиях идеологического, конфессионального и информационного противоборства;
- новые формы и методы применения стратегий «мягкой силы» и «непрямых действий» в борьбе субъектов международной политики за региональное и глобальное лидерство;
- необходимые и достаточные условия формирования государственных образований нового типа – «неоимперий»;
- возможные пути трансформации международной системы к новому балансу сил.

Анализу возможных теоретических подходов к решению последней из вышеперечисленных задач – выявления и изучения факторов, влияющих на эволюцию теорий международных отношений и формирование нового мирового порядка – многополярного мира посвящено научное издание [11].

При этом каждому из исследователей, стремящихся осуществлять развитие методологии научных исследований в области международных отношений (мнение автора. – Н. К.) необходимо постоянно иметь в виду следующее обстоятельство. Существующие сегодня в мире Государства находятся на разных этапах своего эволюционного развития, а потому: для одних может быть характерна классическая методология научных исследований, для других – неклассическая, для стран прежде всего «богатого Севера» (Запада в целом), вступивших в эпоху Постмодерна, возможен взгляд на познание с использованием постнеклассических парадигм.

И еще. С точки зрения политической антропологии [9, с. 131–145] классическому этапу развития геополитики соответствовал «человек пространственный», который мыслил категориями занимаемого им географического пространства, характер поведения и устремления которого определяются рельефами и ландшафтом занимаемой им территории.

Неклассическому этапу развития геополитики соответствовал «человек идеологический», живший и действовавший в условиях противоборства антагонистических по своей сути идеологических и социально-политических систем.

Постнеклассическому этапу развития соответствует «человек информационный», живущий и действующий в глобальной информационном пространстве и имеющий возможность оказывать влияние на ход политических процессов, действуя в социальных и коммуникационных сетях.

Если же заглянуть за горизонт эпохи Постмодерна, то можно предположить, что четвертому этапу развития геополитики, вполне возможно, будет соответствовать «человек мыслящий», живущий в эпоху когнитивных технологий и полностью отвечающий такому определению, как «человек разумный» [3, с. 65].

Только вот (мнение автора. – Н. К.) путь к такому горизонту должен базироваться все-таки на Геофилософии – Силе Духа народов незападных цивилизаций и прежде всего народов РУССкого мира – россиян и белорусов с больш**о**й частью украинского народа, оставшегося верным предками избранному пути развития как единого РУССкого народа. При этом процессы развития государств-наций и целых цивилизаций будут проходить в форме триады: «рождение – возвышение и расцвет – упадок и гибель». Так что, несомненно, чтобы народам РУССкого мира избежать гибели следует вновь пойти за многострадальным и разорванным по всему постсоветскому пространству РУССким народом к необходимо-должному объединению быть может на новом историческом эволюционном этапе развития в одном политическом организме, руководствуясь теорией этногенеза и учением о пассионарности, изложенной Л. Н. Гумилевым в своей работе «Этногенез и биосфера Земли» [10].

В авторском научном издании [11], проводя анализ этапов развития современной геополитики в эпоху западного Постмодерна с места Союзного государства, была поставлена задача и, по имеющимся положительным отзывам специалистов-рецензентов, успешно решена научная проблема по созданию теоретических основ формирования многополярного мира, способствующих обеспечению военной безопасности, устойчивости развития и сбережению народов Союзного государства (Беларусь-Россия). В работе [11] на основе разработанных и обоснованных многочисленными исследователями – зарубежными и отечественными теорий международных отношений, реализуя государствами (Республикой Беларусь, Россией и другими незападными Государствами) цель своего развития в политической сфере – построение многополярного (полицентричного) мира, на фундаменте неоевразийства разработаны основы теории многополярного мира, удовлетворяющие менталитету, архетипу наших народов и способствующие для незападных государств продвижению по пути собственного развития и прогресса в ведущейся геополитической борьбе цивилизаций Моря против Суша за Rimland.

Литература:

1. 1. Дугин, А. Г. Геополитика Постмодерна. Времена новых империй. Очерки геополитики XXI века. – СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2007. – С. 67.

2. Huntington S. Will more countries become democratic? / S. Huntington // Political ScienceQuarterty. 1984. Vol. 99, № 2. P. 208-209.

3. Карякин, В. В. Геополитика третьей волны: трансформация мира в эпоху Постмодерна: Монография. – М.: 2013. – 432 с.

4. 4. Попов В. Д. Социальная информациология – наука XXI века: (проблемы становления и развития). – М.: 2001.

5. Климонтович, Н. Ю. Без формул о синергетике. – Минск, 1986. – С. 56–58.

6. Хакен, Н. Тайны природы. Синергетика учения и взаимодействия. Москва-Ижевск. Институт компьютерных исследований, 2003.

7. Василькова, В. В. Порядок и хаос в развитии социальных систем: Синергетика и теория социальной организации. – СПб.: Изд-во «Лань», 1999.

8. Карпиленя, Н. В. Мировой порядок: развитие идей Г. Киссинджера в проекции США, Европы, стержневых государств многоликой Азии, Союзного государства и России / Н.В. Карпиленя. – М.: ИД «Архонт», 2019. – № 3 (12). – С. 12–54.

9. Дугин, А. Г. Геополитика постмодерна. Времена новых империй. Очерки геополитики XXI века. – СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2007. – С. 323.

10. Гумилев, Л. Н. Этногенез и биосфера земли/ Л.Н. Гумилев. – М.: Издательство АСТ, 2019. – 724 с. – (Эксклюзив: Русская классика).

11. Карпиленя, Н. В. Теоретические основы многополярного мира: евразийский взгляд из Союзного государства: монография / Н. В. Карпиленя. – М.: ИД «Архонт», – 2020. – 425 с.

Л.А. Гаевская, Е.Р. Сабинина

СТУДЕНЧЕСКИЙ СПОРТ КАК ВИД ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: студенческий спорт, социальная активность, спортивные соревнования, здоровый образ жизни, физическая работоспособность, формирование личности.

В работе рассмотрены возможности, предоставляемые студенческим спортом как альтернативным видом физической активности, его организационная специфика, а также положительные результаты от занятий, включающие в себя формирование здорового образа жизни и развитие важных личностных качеств и способностей.

L.A. Gaevskaya, E.R. Sabinina

STUDENTS SPORTS AS A KIND OF PHYSICAL ACTIVITY

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: student sports, social activity, sports competitions, healthy lifestyle, physical performance, personality formation.

The paper discusses the opportunities provided by student sports as an alternative form of physical activity, their organizational specificities, as well as the positive results that sports can bring, including the formation of a healthy lifestyle and the development of important personal qualities and abilities.

Здоровье человека – капитал, который нужно сохранять и преумножать на протяжении всей жизни, занимает ключевую позицию в иерархии потребностей человека. Состояние полного физического, духовного и социального благополучия является качественной предпосылкой настоящей и будущей самореализации молодых людей, способности эффективного освоения учебной и профессионально-трудовой деятельности, высокой общественно-политической и творческой активности. Сохранение и преумножение этого капитала осуществляется через приобщение молодых людей к здоровому образу жизни, вовлечение в систему физкультурно-оздоровительного воспитания, студенческого спорта.

Студенческий спорт – составная часть спорта, культивируемая в высших учебных заведениях, интегрирующая массовый спорт и спорт высших достижений.

Выделяют следующие организационные особенности студенческого спорта:

- доступность и возможность заниматься спортом в часы обязательных учебных занятий по дисциплине «Физическая культура;
- возможность заниматься спортом в свободное от учебных академических занятий время в вузовских спортивных секциях и группах, а также самостоятельно;
- возможность систематически участвовать в студенческих спортивных соревнованиях доступного уровня.

Учебная программа по физической культуре в ВУЗе предусматривает свободу выбора видов спорта для студентов основного и спортивного отделений. При организации учебного процесса ведущее место отводится легкой атлетике, спортивным играм, гимнастике и ее отдельным разновидностям, а также единоборствам.

Использование принципа спортивной ориентации, способствует целенаправленному обучению технике и тактике в избранном виде спорта и положительной динамике уровня здоровья учащихся. В свободное от учебной деятельности время студенты могут заниматься в спортивных секциях и группах подготовки по отдельным видам спорта.

Спортивные соревнования одна из наиболее эффективных форм организации мероприятий физкультурно-оздоровительной и спортивной направленности. Они выполняют не только целевую функцию – достижение максимально возможного спортивного результата в условиях противоборства, но и способствуют развитию профессионально важных качеств и способностей, формированию здорового образа жизни и мотивации к повышению специальной физической работоспособности и воспитанию личностных качеств.

Система студенческих спортивных соревнований построена как иерархическая структура:

- зачетные соревнования на учебных занятиях;
- соревнования на первенство учебных групп и курсов;
- соревнования на первенство структурных подразделений;
- соревнования на первенство вуза (спартакиада);
- межвузовские соревнования.

В вузах, согласно разработанному и утвержденному в установленном порядке плану физкультурно-оздоровительных и спортивных мероприятий, организуются и проводятся внутривузовские соревнования по ряду видов спорта: легкой атлетике, баскетболу, волейболу, футболу (мини-футболу), настольному теннису, плаванию, шахматам и т.д.

Российский студенческий спортивный союз является коллективным членом *международной федерации университетского спорта* (*FISU*), одной из главных задач которой является управление и развитие международного студенческого спорта.

В настоящее время FISU объединяет около 160 национальных студенческих спортивных федераций, ассоциаций, союзов и т.п., представители которых регулярно (один раз в два года) встречаются на заседаниях Генеральной Ассамблеи.

FISU по нечетным годам проводит Всемирные Универсиады, а по четным – чемпионаты мира среди студентов. Право участвовать в Универсиадах имеют студенты, а также выпускники, которые окончили учебные заведения в предшествующем спортивным соревнованиям году, в возрасте от 17 до 28 лет. Студенты-спортсмены России успешно выступают на официальных международных стартах. Так, в составе олимпийской сборной России в Лиллехаммере (1994 г.) было около 75% студентов.

Говоря о роли спорта в подготовке к жизни и будущей профессии, нельзя ограничиваться только решением задач развития и совершенствования различных функций организма, необходимо обратить внимание на повышение психологической подготовленности. Часто молодые специалисты оказываются в ситуации неспособности работать в коллективе из-за недостатка психологической уверенности и устойчивости. Здесь следует отметить роль спорта в формировании у людей сильной воли и твёрдого характера, что напрямую связано с постоянной

необходимостью переносить разнообразные физические и психические напряжения не только в соревнованиях, но и в процессе регулярных тренировок. Эти нагрузки значительно влияют на становление личности человека. Спортивная подготовка «через метод приучения к практическим действиям и поведению» обеспечивает воспитание необходимых качеств – самодисциплины, настойчивости, упорства в преодолении трудностей, уверенности в себе, решительности и способности проявлять максимальные усилия и в спортивной, и в трудовой, и в общественной деятельности.

Литература:

1. «Для студентов вузов физического воспитания и спорта» Энока Р.М., 2000 г.
2. «Лечебная физкультура и спортивная медицина» Епифанов, изд. Медицина
3. «Основы психологии спорта и физической культуры» Уэйнберг ,изд. Олимпийская литература
4. «Студенческий спорт и жизнь» В.И. Ильинич, изд. АО Аспект пресс, Москва 1995 г.

С.А. Докучаев, Г.С. Костецкая, Н.О. Светличная, Л.М. Колдынская

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ В ПРЕПОДАВАНИИ ОБЩЕНАУЧНЫХ ДИСЦИПЛИН ДЛЯ БАКАЛАВРОВ В ОБЛАСТИ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ

Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики», Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: цифровая трансформация экономики, интерактивная презентация, информационный поток

Подчеркнута важная роль образовательного учреждения в формировании кадрового «фундамента» цифровой экономики. Рассмотрены основные виды проблемных творческих заданий как необходимый элемент формирования профессиональных знаний, навыков и умений бакалавров в области инфокоммуникаций. Особое внимание уделено интерактивной презентации и ее возможностям визуализации учебного материала.

S.A. Dokuchaev, G.S. Kostetskaya, N.O. Svetlichnaya, L.M. Koldinskaya

USE OF INTERACTIVE PRESENTATIONS IN TEACHING GENERAL SCIENTIFIC DISCIPLINES FOR BACHELORS IN INFOCOMMUNICATIONS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: digital transformation of the economy, interactive presentation, information flow.

The work emphasizes an important role of the educational institution in the formation of the personnel "foundation" of the digital economy. The main types of problematic creative tasks are considered as necessary elements for the formation of professional knowledge, skills and abilities of bachelors in the field of infocommunications. Particular attention is paid to interactive presentations and their possibilities of visualization of educational material.

К 2024 году государство намерено осуществить комплексную цифровую трансформацию экономики и социальной сферы России. Для этого необходимо проделать огромную работу в ключевых областях: разработка законодательства о цифровых технологиях, модернизация цифровой инфраструктуры, внедрение цифровых практик во всех ключевых сферах экономики и госуправления, обеспечить подготовку квалифицированных кадров для переходного периода развития экономики.

Основной целью работы образовательного учреждения как единицы системы образования – обеспечение цифровой экономики компетентными кадрами, мотивированными на освоение необходимых компетенций и способными к участию в развитии цифровой экономики России [1]. Специалисты в области управления и анализа данных, разработчики мобильных приложений и комплексных платформенных решений – кадровый «фундамент» цифровой экономики.

Совершенно очевидно, что цифровая экономика требует от человека/выпускника развития навыков самоорганизации, планирования, самомотивации; этому способствует индивидуализация образования. В стенах СКФ МТУСИ уже с начальных курсов учитываются квалификационные потребности будущего бакалавра и учебный процесс строится на основе проблемного обучения в сочетании с личностно-ориентированным подходом, направленным на стимулирование личностного развития студентов, их возможностей, склонностей, интересов [4]. Личностно ориентированная направленность обучения позволяет использовать проблемные творческие задания как индивидуального, так и группового характера. При этом эффективным методом обучения является кейс–метод, суть которого состоит в том, что усвоение знаний и формирование умений есть результат активной самостоятельной деятельности обучающихся по разрешению противоречий, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей. В случае если метод кейсов применяется в учебном процессе многократно, то у студентов вырабатываются навыки решения практических задач, анализа жизненных ситуаций, определения задачи, которая требует решения, оценивать полученный результат, давать оценку своей деятельности в процессе решения [3]. Данный подход реализуется через применение компетентностно-ориентированных заданий, которые базируются на имеющихся знаниях и требуют

умения применять их в практической деятельности. Основными видами компетентностно-ориентированных заданий являются ролевые и деловые игры, реферат, доклад, ситуационные разноуровневые задачи, кейсзадачи. [5].

Цифровые технологии, успешно применяемые в системе образования, позволяют индивидуализировать процесс обучения как на этапе освоения нового материала, так и на этапе контроля индивидуальных результатов. Развитие медиатехнологий привело к огромному количеству вариаций передачи информационного потока. Одно из самых прогрессивных и многогранных направлений – создание интерактивной презентации, дающей возможность наглядного предоставления материала в форме диалога с компьютером, где управление информацией и последовательностью просмотра ложится на пользователя преподавателя, выбирающего стратегию изложения материала в зависимости от способности восприятия обучающейся группы. Мультимедийное предоставление информации отличается своей многогранностью и состоит из множества дополнительных элементов: видео и аудио файлы; применения 2 D и 3 D эффектов; рисунков, анимационных картинок, фото; текстовой и справочной информации; навигации (добавления гиперссылок, триггеров).

Использование интерактивной презентации открывает перед преподавателем следующие возможности:

- управлять процессом предоставления информационного потока;
- сочетание возможностей интерактивной доски и аппаратных ресурсов;
- управление порядком перехода слайдов и предметами, представленными на экране компьютера;
- применение нелинейной анимации, визуальных эффектов, гиперссылок;
- линейный и иерархический тип создания навигации;
- перетаскивание элементов, сокрытие некоторых предметов и текстового контента до необходимого момента;
- функции использования графики и видео с озвучиванием, работа с интернетом;
- создание виртуальных моделей, коллекций, посвящённых одной тематике.

Тщательная подготовка учебного материала с учетом целевой аудитории, понимание желаемого результата и ожидаемого эффекта, согласно выбранному объекту помогает наметить структуру и главную концепцию интерактивности.

Использование презентаций эффективно для обучения как естественным, так и гуманитарным наукам. Изучение иностранного языка направлено на реализацию коммуникативной компетенции в областях социально-бытового и профессионального общения, где метод интерактивной презентации является одним из эффективных способов активизации познавательной деятельности студентов. Презентацию можно использовать для закрепления и повторения изученного материала как лексического, так и грамматического, с привлечением разных видов работ. Данный способ наглядного введения информации способствует развитию аналитических способностей, самоорганизации, профессионального мышления.

Литература:

1. РАСПОРЯЖЕНИЕ ПРАВИТЕЛЬСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ от 28 июля 2017 г. № 1632-р ПРОГРАММА "**Цифровая экономика Российской Федерации**". http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf

2. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: монография / Под редакцией: Бадарча Дендева – М. : ИИТО ЮНЕСКО, 2013. – 320 стр

3. Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О. О формировании общепрофессиональной компетенции бакалавров в области информационных технологий и вычислительной техники при изучении общенаучных дисциплин (на примере кейс-метода), СКФ МТУСИ, 2017.

4. Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О. Особенности проблемно-ориентированного обучения бакалавров при изучении общенаучных дисциплин в контексте личностно-ориентированной образовательной парадигмы, Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2018. С. 586-589.

5. Докучаев С.А., Костецкая Г.С., Светличная Н.О. Особенности реализации компетентностного подхода в преподавании общенаучных дисциплин в условиях перехода к новым образовательным стандартам. Труды СКФ МТУСИ. Международная научно-практическая конференция СКФ МТУСИ, Ростов-на-Дону. 2019, с.162-166.

В.В. Юхнова

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Южный Федеральный Университет, Ростов-на-Дону, Россия

Ключевые слова: образование, информационно-коммуникационные технологии дистанционное обучение, дистанционные образовательные платформы

В данной статье рассматривается возможность внедрения дистанционных технологий в процесс обучения, их эффективность, преимущества и недостатки, названы наиболее популярные платформы дистанционного образования, описывается внедрение данной системы в школе и полученный результат.

V.V. Yukhnova

ORGANIZATION OF LEARNING USING REMOTE TECHNOLOGIES

South Federal University, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: education, information and communication technologies distance learning, distance learning platforms.

This article discusses the possibility of implementing distance technologies in the learning process, its effectiveness, advantages and disadvantages, names the most popular distance education platforms, describes the implementation of this system in schools and the result obtained

В наши дни наблюдаются широкое распространение информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Вместе с увеличением числа пользователей

компьютерами растёт и объём информации, получаемой людьми через компьютерные сети и Интернет. Изменения, вызванные ИКТ, происходят практически во всех сферах жизни общества, и сфера образования не является исключением. Достаточно очевидно, что традиционная система получения знаний как в средней, старшей школе, так и высших учебных заведениях за последнее годы стала менее эффективной и, в связи с этим большую популярность приобретает новый способ обучения, называемый дистанционным.

Дистанционное обучение – это способ организации получения знаний, основанный на использование современных информационно-коммуникационных технологий, который позволяет обучать на расстоянии, без непосредственного контакта между учителем и учеником, преподавателем и студентом. Оно имеет личностно-индивидуальную направленность, представляет учебный материал в наиболее привычной для школьников и студентов форме, предоставляет широкие возможности для общения учащихся друг с другом.

Кроме того, данный метод обучения имеет ряд преимуществ, а именно:

позволяет получать знания детям с ограниченными возможностями или имеющим индивидуальные особенности развития;

даёт возможность наверстать упущенный материал тем, кто часто пропускает занятия в связи с болезнью или по иным причинам;

- предоставляет широкую платформу для творчества;
- снижает определённое количество нагрузки у обучающихся и учителей с преподавателями;
- позволяет организовывать различные дистанционные игры, конкурсы, конференции, собрания, проекты;
- повышает самоорганизацию учащихся;
- обеспечивает контроль исполнения заданий, прозрачность выставления оценок и другие возможности.

На данный момент существуют различные дистанционные образовательные платформы, которые полностью или частично внедрены в процесс обучения в высших учебных заведениях (однако некоторые школы также пользуются данным методом обучения). Наиболее популярными из них являются Microsoft Teams, Zoom, Moodle. Каждая из этих платформ имеет, как свои преимущества, так и свои недостатки. Перед внедрением той или иной системы ВУЗы оценивают свои технические возможности, составляют различные качественные и количественные характеристики и исходя из полученных данных выбирают наиболее подходящую для себя образовательные. На сегодняшний день дистанционные платформы обучения начали активно внедряться и в школах. В дальнейшем в статье будет рассмотрено внедрение системы Moodle в старшей школе и представлены результаты тестов и успеваемость при обучении данным методом.

Стоит сказать, что дистанционное обучение не всегда может быть применимо в полном объёме или стать более эффективным, чем традиционное. К примеру, не все учащиеся умеют правильно организовывать своё рабочие время и грамотно распределять изучаемый материал, также существуют предметы и дисциплины, при изучении которых время от времени необходим непосредственный контакт между учителем и учеником, преподавателем и студентом. К таким школьным предметам можно отнести: музыку (если ребёнок имеет хорошие вокальные данные и хочет их развить, то сделать дистанционно это не получится); химию (иногда необходимо проведение реальных практических занятий с опытами), черчение и изобразительное искусство; физическую культуру (невозможно отследить сдачу нормативов дистанционно (для детей, имеющих ограничения по здоровью, существует другая

программа по этому предмету)). Если говорить о высших учебных заведениях, то достаточно смутно представляются возможности обучения квалифицированных врачей посредством лишь дистанционных технологий (как один из примеров неэффективности дистанционного образования в ВУЗах)

Помимо вышеперечисленных аспектов дистанционное обучение имеет определённые минусы:

- оборудование, необходимое для организации данного метода обучения, могут приобрести не все из-за разницы в доходах;
- полная зависимость от работы компьютерных сетей и Интернета;
- отсутствие возможности развития лидерских качеств у обучающихся, в связи с нехваткой реального общения;
- у школьников и студентов не формируются ораторские навыки, так как в основном они работают в письменной форме. И это лишь некоторые из недостатков.

Для лучшего понимая сложившийся ситуации с применением дистанционных технологий в образовании было проведено исследование на базе среднестатистической школы, а именно в исследовании участвовали обучающиеся 9-11 классов. На базе образовательной платформы Moodle был разработан и создан: курс по информатике, предназначенный для обучающихся 9-ых – 11-ых классов (https://sensey.moodlecloud.com). Далее были выбраны 9 участников для исследования. Прежде всего они зарегистрировались на данной платформе и прошли входное тестирование. Далее в течение определённого времени они поэтапно изучали все блоки курса и после каждого изученного блока проходили тест на соответствующую тему. После прохождения всего курса ребята прошли итоговое тестирование, которое состояло преимущественно из вопросов входного контроля. Основные результаты тестирований представлены на диаграммах и таблице ниже.

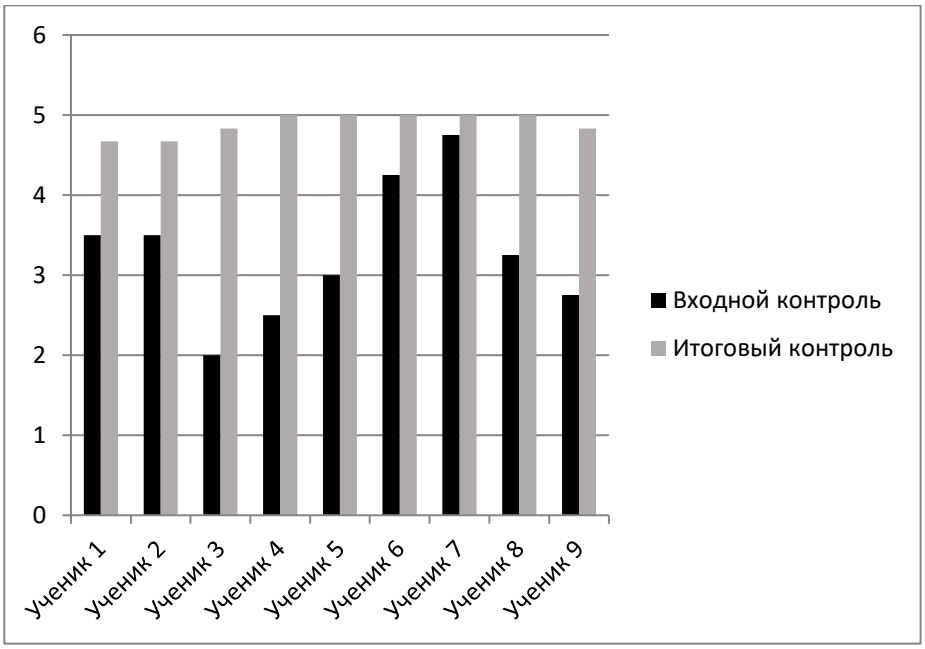


Рисунок 1. Оценки, полученные учениками за входное и итоговое тестирования

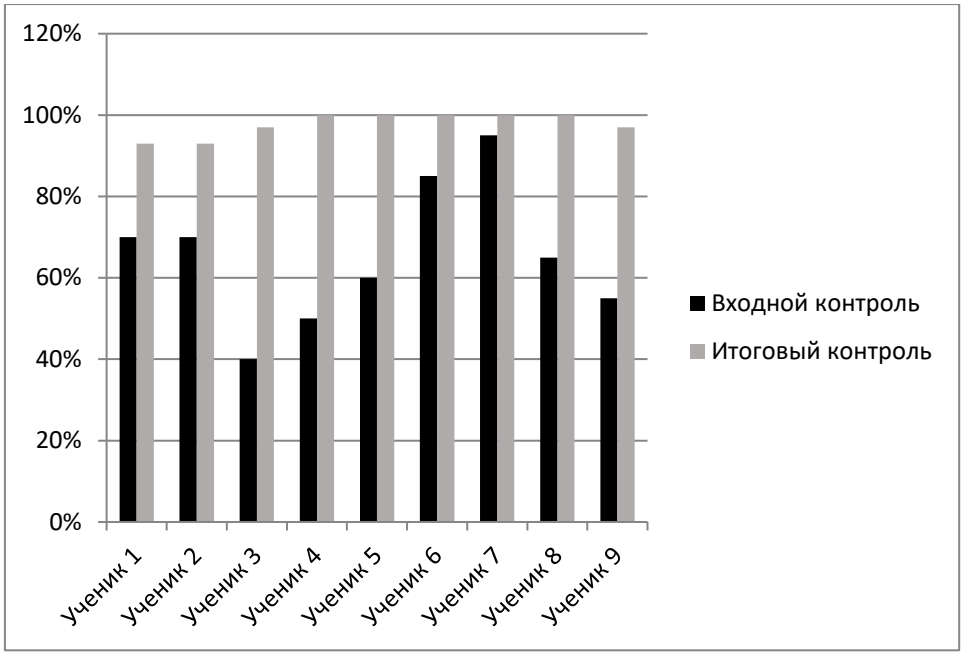


Рисунок 2. Процентное соотношение результатов входного и итогового тестирований

Таблица 1. Оценки, полученные учениками за входное и итоговое тестирования

	Входной контроль	Итоговый контроль
Ученик 1	3,50	4,67
Ученик 2	3,50	4,67
Ученик 3	2,00	4,83
Ученик 4	2,50	5,00
Ученик 5	3,00	5,00
Ученик 6	4,25	5,00
Ученик 7	4,75	5,00
Ученик 8	3,25	5,00
Ученик 9	2,75	4,83

Полученные результаты, позволяют говорить о том, что курс является действительно эффективным, так как знания учащихся, увеличились в среднем на 32%, согласно таблице и диаграмме, построенной по баллам, которые обучающиеся получали на протяжении курса обучения.

Таким образом, можно сделать вывод, что дистанционное обучение не может полностью заменить традиционную систему образования, но и традиционная система в том виде, в котором она сейчас существует, уже не так эффективна, как раньше. Поэтому, на мой взгляд, для того, чтобы повысить качество школьного образования и образования в ВУЗах, необходимо скомбинировать эти два метода обучения, т. е. ввести новую систему – смешанную, состоящую из элементов дистанционного обучения и элементов привычной для всех нас школы. Причём комбинировать данные элементы необходимо в разном соотношении в зависимости от предмета, дисциплины и направления изучаемой области.

Литература:

1. Информатика и ИКТ. Задачник-практикум: в 2 т. И74 Т.2 / Л.А. Залогова (и др.); под ред. И. Г. Семакина, Е.К. Хеннера. – 5-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013, - 296 с.
2. Полат Е.С, Моисеева М.В., Петров А.Е. Педагогические технологии дистанционного обучения /Под ред. Е.С.Полат. — М., "Академия", 2017
3. Гусев Д. А. Заметки о пользе дистанционного обучения [Электронный ресурс]. URL: http://www.e-college.ru/elearning/analytics/a0004/ (Дата обращения: 12.10.2020).
4. Студенческий научный форум. [Электронный ресурс]. URL: http:// www.scienceforum.ru (Дата обращения 12.10.2020)
5. Центр дистанционного образования Эйдос. [Электронный ресурс]. URL: http://www.eidos.ru (Дата обращения 12.10.2020)

Attila Kerekes, András Zöld

EFFECT OF PASSIVE SOLAR GAIN ON THE HEATING ENERGY CONSUMPTION AND PEAK LOAD OF THE SYSTEM

University of Debrecen, Hungary

Keywords: passive solar gain, glazed ratio, renewable share, regulation

Total heating energy need in its entirety equals to the heat loss. It is covered by utilised passive solar gain, internal gains and the heating system. The last can be decreased offsetting by passive solar gain. At peace with higher peak load considerable energy saving is possible - low built-in capacity does not guarantee low heating energy consumption. The effects of orientation, glazed ratio and heat storage have been analyzed, applying strict elementary requirements of current national regulations. Simulations prove that concepts of classic passive solar architecture are efficient in the case of superinsulated new buildings as well. Interpretation of "renewable share", passive solar gain and heating energy is discussed in the light of European directives.

Introduction

The Energy Performance of Building Directive [EPBD 2010] as well as the national regulations implemented according to its concept aims at low non-renewable energy consumption including that of the heating. Besides this final requirement most of the national regulations has further ones, related to the elements of the building and about half of them (according to the state on June 2019) prescribe an obligatory „renewable share".

The elementary requirements are formulated typically as the thresholds of U values, sometimes they are accompanied by a threshold of overall heat loss coefficient or the transmission heat loss of a notional or reference building.

Aiming at low heating energy consumption and low built in capacity the elementary requirements are very strict. The strict elementary requirements result in a low heating peak load and suggest on one hand, that the low peak load is their reason, on the other hand create the impression that the low peak load leads to low heating energy consumption. This expectation however seems to be in contradiction with the experiences of classic passive solar architecture. It should be notified that the buildings of classic passive solar architecture exhibit quite good energy performance as far as the heating energy consumption is concerned although they were not well insulated, moreover some of their characteristic constructions (mass wall, Trombe wall) simply excluded the thermal insulation.

Pondering the above facts it seems to be interesting to analyse the interrelation of heating peak load vs. heating energy consumption. In other terms (anticipating our assumption): is it worth to accept higher peak load if it leads to lower energy consumption?

Our analysis focuses on the followings:

- how the lessons of classic solar architecture be applied in super insulated nearly zero energy buildings (in the followings nZEB);
- what is the interrelation of heating energy consumption and peak load;

– how to interpret and account the renewable energy share and the passive solar gain.

Literature review

This literature review is unconventional and brief. Certainly there are several publications on the heating energy consumption of buildings as well as on the utilisation of passive solar gain. Separately these topics are well known and there is no sense to refer the sources since the methods used in the followings do not differ from the long standing ones.

The question of built in capacity for heating is less popular – conventional calculation methods seem to be accepted and free of problem. This general attitude is justified: heat generators' (boilers, heat pumps) power scale is not continuous, the difference between the capacity of two subsequent products is quite big: certainly the only possibility is to select the capacity which exceeds the calculated peak load. Oversizing of heat generator is not favourable (although improves the designers' sense of security), but condensing boiler relieve this problem.

Our analysis focuses on the interrelation of the energy consumption and built in capacity. This question itself is worth of interest however provokes an other one: how to take the solar gains into account in the national regulations and energy certificates?

The actuality of the last question is underlined by the recent directives of the EU. The preambulum of the [EPBD 2010] mentions a crookedly worded "definition" of the nZEB suggesting that significant amount of renewable energy should be used. Some studies of institutes which can be considered as "background" ones of the EU published detailed analysis proving that the "renewable share" should be 50-90% in case of residential and office buildings in many Member States [BPIE 2011a, BPIE 2011b, Ecofys 2012, Boermans T. at al]. We consider their statements as subservience to the expectations of policy makers – effectively realistic only if exclusively biomass is incinerated wherever heat is needed, keeping its primary energy conversion factor at an unrealistic low level.

As a consequence some national regulations interpreted this suggestion as an obligatory requirement and prescribed unrealistic „renewable share". According to [Hermelink A, et al. 2013] Member States distinguish renewable sources for heat production: solar, geothermal, biomass, heat pump. Although this classification is not considered consistent, these forecasts are available (Figure 1.).

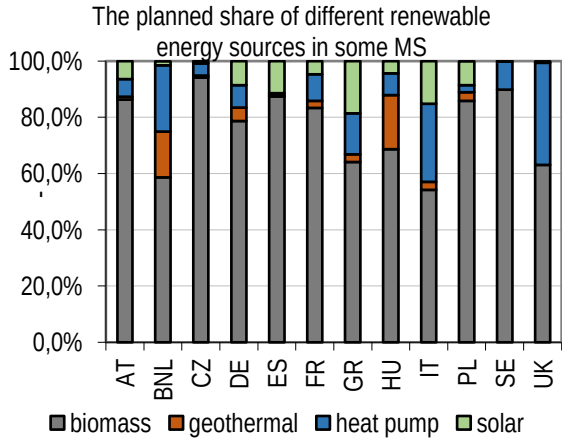


Figure 1. The planned share of different renewable energy sources in some Member States

The predominance of biomass is at least solicitous. Whilst solar energy is inexhaustible on human scale time horizon the reproduction of biomass needs human activity and the available growing area is limited (and is to be shared for fuel and food production). Transport and storage of solid fuel may be a problem in urban area unless district heating is spoken of.

There are several factors which limit the use of solar energy whether it is about heat or electricity generation. These active solar systems need energy collecting elements: even if solar access is not obstructed the roof area comparing with the floor area of a multistory building limit the allocation of enough energy collecting element (collector or PV arrays), sometimes this area is further decreased with elevator engine rooms, fans, cooling towers, boilers, installed on the roof. Other climatic and related energy aspects must not be forgotten, too: experts of urban heat island support the idea of "cool roof" however a roof covered with collectors or PV arrays is anything but not cool since the essence of energy collecting elements is the maximum possible absorbtance.

Regarding the soil as the source of heat pumps limited area of building sites in densely built urban environment allows only the application of quite costly bore holes.

We do not state that the above listed facts would normally prevent the use of the renewable energy systems however the expectable occurrences of the above listed or other barriers mean that compulsory application of any renewable share cannot be recommendable unless we are ready to accept many derogation requests.

Practically each building makes use of solar energy for heating with no technical system or other specific element. Passive solar gain is inevitable, its conscious utilisation is the most natural and simplest option. Nevertheless the role of passive solar gain in the renewable share seems to be disputable due to the inaccurate use of concepts and formal statement of the RES directive [RES 2009]. It declares that "Passive energy systems use building design to harness energy. This is considered to be saved energy."

This statement is misleading: energy for heating as such is not saved! "Only" the energy output of technical heating system can be decreased.

The heat loss of a building in a heating season is

$$Q = \left(\sum AU + 0{,}33nV\right)DH_{climatic} \tag{1}$$

where

A – the area of the elements of thermal envelope, m^2;

U – heat loss coefficient, W/m^2K;

n – air change rate, 1/h;

V – heated volume of the building, m^3;

$DH_{climatic}$ is the "climatic" degree hours, for each hour when $t_e<t_i$.

The precondition of the balance is that the same heat should be delivered into the building. It is the sum of different components:

- utilised fraction of direct passive solar gain;
- utilised fraction of indirect passive solar gain (mass wall, Trombe wall, air collector, double skin façade, sunspace,..);
- ventilation through buried pipe;
- heat recovery from exhaust air (heat exchanger or heat pump).

These components of the energy balance do not decrease the heat losses of the building but cover fractions of heat losses and are to be taken into account as heating with renewable energy. The rest of the heat loss is covered by internal gains from non-renewable sources and by the output of the heating system (Fig. 2.).

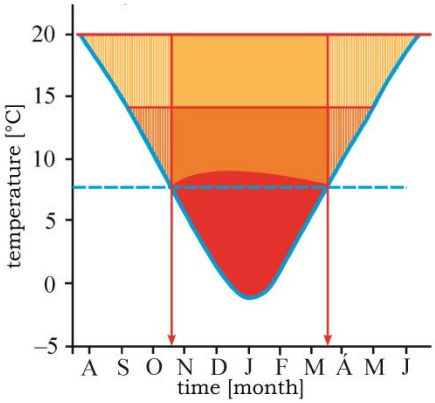


Figure 2. The full area, bordered by the indoor and outdoor temperature is proportionate to the heat loss of the building. The total heating energy need equals to the heat loss. The coloured areas (from the top down) illustrate the total heating energy from: internal gains, utilised passive solar gains and heating system. The term "heating energy need" refers to the last only.

The intention of [RES 2009] is acceptable: double counting of utilised passive solar gain must be avoided. It should be considered only once, however correctly, as heating – thus as a component of the renewable share.

Regarding the unexplainable view of [RES 2009] irritating contradictions arise: heat gain from a double skin façade or from an air collector is considered as utilisation of renewable energy if air flow is run by a fan (which requires some electric energy) - why should be excluded the same if the air flow is due to the buoyancy effect?

Methodology

Certainly the problem of peak load versus energy consumption strongly depends on the thermal characteristics of the building elements. Interesting results could be obtained with those of the classic solar architecture and other buildings however currently the strict elementary requirements are to be applied to see how this relationship develops in the case of new buildings.

Attempting to illustrate the problem case studies have been carried out. A simple model has been analysed using Energy Plus v.8.4.0 software for simulation. Regarding the climatic conditions Debrecen (second largest city in Hungary {N 47° 28'} {E 21° 37'})have been considered with the data from ASHRAE HUN_Debrecen.128820_IWEC files. To check whether the tendencies are very specific or exhibit typical features some simulations have been repeated for Bergen (Norway, {N 60° 17'} {E 5° 13'} with the data from ASHRAE NOR_Bergen.013110_IWEC files.

The yearly heating energy need (to be covered by the heating system) has been calculated. The peak load has been selected from the hourly data.

The model is shown in Fig. 3.

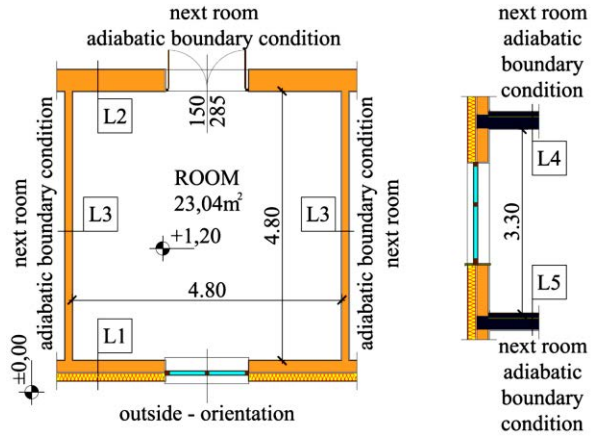


Figure. 3. The layout and section of the model.

The starting version represented a massive construction, with brick partition walls, 20 cm reinforced floor slab. The layers of the external wall are masonry blocks, thermal insulation and plaster on both surfaces. The minimum glazed ratio is 4.5%. In this version the total heat capacity of the boundary constructions is 23.872 MJ/K.

The glazed ratio has been varied up to 71,7 % step by step according to the Table 1. Certainly increasing the window area the total heat capacity slightly decreases. In order to see the effect of the heat capacity it has been systematically decreased halving by each step the original or the previous one (Table 2.). Certainly not all versions correspond to a real construction however this approach facilitates to reveal the effect of heat storage in a wide range.

Table 1.

Glazed ratio of the façade %	4.5	16.3	23.7	34.9	71.7
Identification on the diagrams	a	b	c	d	e

Table 2.

Total heat capacity of the boundary construction with 4.5% glazed ratio MJ/K	23.872	11.936	5.968	2.984	1.492	0.746	0.373
Identification on the diagrams	1	2	3	4	5	6	7

Heat capacity itself was one of the parameters. It is to be mentioned in advance that the last cannot be specified with the sum of the mass of the first 10 cm of the boundary constructions if a longer weather history of 8-12 days is spoken of – during these days the "deeper layers" of the boundary construction become "active" in storing and releasing heat.

The *U* values are the followings: external wall: 0.24 W/m²K, window glazing: 1.062 W/m²K (Argon gas-filled, three layer 3-13-3-13-3, with Low-e coating, frame: wooden conductance: 0.13W/mK, frame thicknes: 61 mm). The g value of the glazing 0.579.

Continuous air change of 0.5/h and a user profile for residential building are taken into account and perfect automatic control of the heating is supposed.

Different orientations have been taken into account. The problem of summer overheating has been ignored considering that movable shading devices facilitate to radically decrease the cooling load.

Certainly the results gained for isolated cells illustrate well the effect of orientation however real buildings have more exposed facades. There is heat flow between two rooms or zones facing e.g. towards North and South. These heat flows are generated by the

difference of passive solar gains and depends on the heat transmittance of internal partition between the zones. These heat flows partially offset the difference of passive solar gains. To demonstrate this phenomenon two cells are joined along their backwall. The heat capacity of this, now internal partition wall are changed step by step according to the change of the heat capacity of the rooms. Changing the glazed ratio the ratio of the strength of thermal connection between the rooms and environment to that between the rooms will change, too. Anticipating our assumption that glazed area may exhibit some kind of optimum which depends on orientation different combination of glazed ratio are investigated: first optimum glazed ratio for both orientations, then a set of equal glazed ratio on both facades.

Discussion

Design peak load

The traditional method of calculation of heating design peak load is based on simple steady state equations. The design external temperature is prescribed either as a conventional value based on experience or derived from statistical analysis at a given risk level. Even a simple steady state equation might include additive components for a conservative value of the daily average passive solar gain (say the diffuse radiation only) and the internal gain. (The last may seem to be risky, however if the building is occupied there *is* some internal gain, if there is no internal gain, the building is empty thus nobody takes care if the indoor temperature is a little bit below the set point.)

Neglecting the usual method of design peak load calculation the peak load of the heating system has been taken from the hourly results of simulations. It occurs in a given hour of the continuous process of the heating regime and depends on the "weather history" of the days before. Taking into account their thermal performance new buildings have a "long lasting memory", thus the history of eight– ten days is to be considered.

It is a well-known experience that the coldest day of the winter usually occurs in clear windless days when the long wave radiation towards the sky is intensive. (The effect of the wind is low if the building is well insulated and airtight.) It can easily be imagined that if such days are preceded by overcastted days the building will lose its stored heat even if the external temperature is mild. This expectation proved to be correct: regarding the Hungarian test reference year the peak load occurred in the process of such a "weather history" (Fig. 4.). Obviously the date of the occurance of the peak load depends on the building (orientation, glazed ratio, thermal mass) however the tendencies are similar.

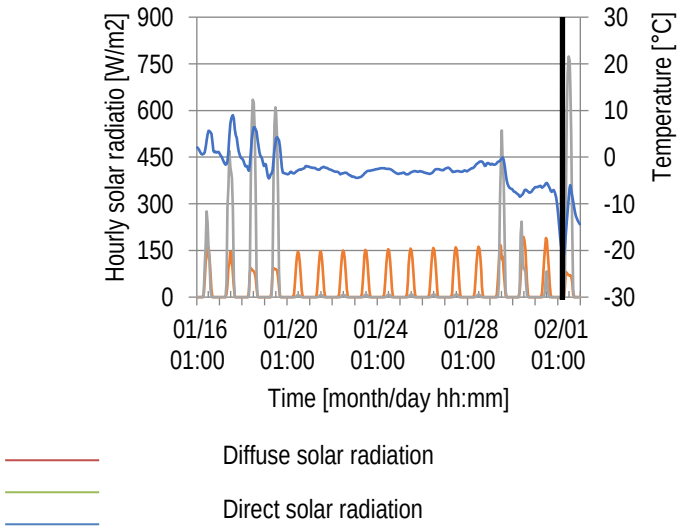


Figure 4. Example of the „weather history" before the occurance of the peak heating load (marked) in Debrecen

Similar phenomenon can be observed in Bergen (Fig. 5.)

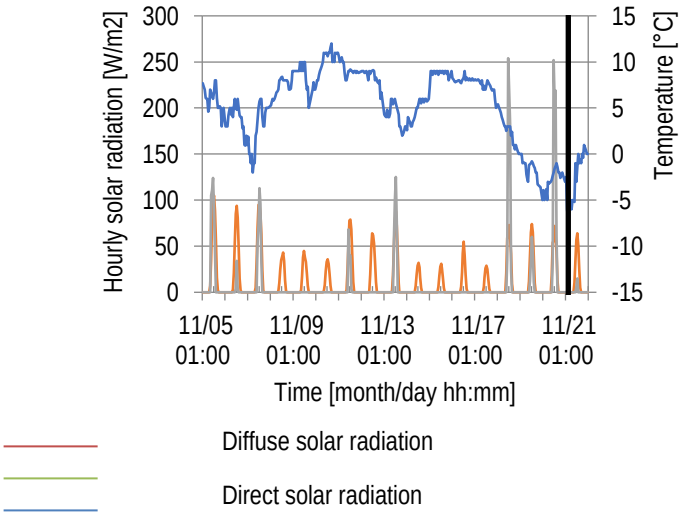


Figure 5. Example of the „weather history" before the occurance of the peak heating load (marked) in Bergen

Certainly different "weather histories" of the whole heating season determine the heating energy consumption.

Energy consumption – orientation and thermal mass

To prevent any misinterpretation it is to be emphasized that the total heating energy need in its entirety equals to heat losses - in the following context the "heating energy need" relates to the energy, required from the heating system. Increasing the glazed ratio of the façade results in higher transmission heat loss and higher solar gain. With given *U* and *g* values. it depends on the orientation whether the augmentation of loss or gain is more intensive. If the augmentation of gain prevails, increasing the glazed ratio from a very low starting value at the beginning the energy need decreases since the excess solar gains will exceed the excess heat loss whilst the gain/load ratio remain modest and most of the gain will be utilised. Further increasing the glazed ratio the solar gain will continuously exceed

the heat loss however due to the higher gain/loss ratio less and less fragment of the gain will be utilised. At a given glazed ratio the heating energy need exhibits minimum. In the North-East sector this is at 15-25% glazed ratio however the energy saving is quite modest. For Northern orientation the minimum might occur at an unrealistic low glazed ratio. Nevertheless moving towards East and South the increasing glazed ratio is accompanied by considerable energy saving parallel with increasing peak load (Fig. 6).

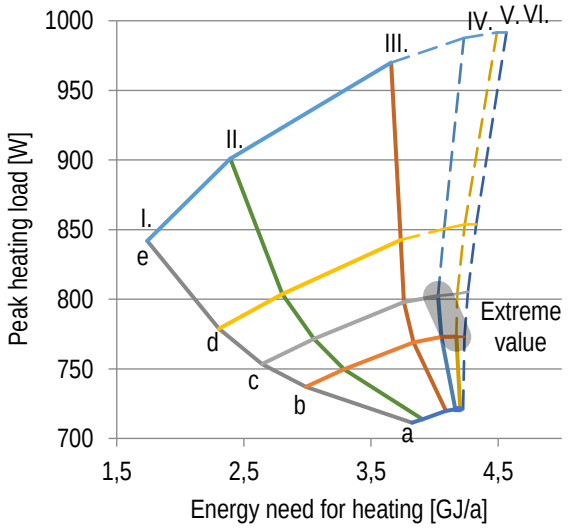


Figure 6. Heating energy need vs heating peak load (Massive building, Debrecen) Orientation: I. – South, II. – South-East, III. East, IV. East - North-East, V. North-East, VI. – North. Glazed ratio of facade: a – 4,5%, b – 16,3%, c – 23,7%, 34,9%, e – 71,7%.

Figs. 7.-9. exhibit the interrelation of peak load and consumption for Hungarian reference year, for South, East and North orientation. The parameter of the curves is the thermal mass, the crossing trajectories belong to a given glazed ratio.

It can be observed that due to the orientation the augmentation of solar gain is stronger than that of the heat loss for South and – in a less extent – for East orientation. It cannot be applied for North orientation, when the augmentation of the loss is stronger than that of the solar gain.

Analysing the results for South and East orientation it can be seen that a local extreme value occurs which shows a kind of optimum glazed ratio, resulting in a minimum of heating energy consumption at the cost of higher peak load. For massive constructions the glazed ratio can be increased up to the technical limits: the consumption decreases continuously whilst the augmentation of the peak load is relatively slow.

For North facing facades however the smallest glazed ratio – not surprisingly – results in the lowest energy consumption and peak load.

It is obvious that the thermal mass has decisive role in this process. Figs. 7., 8. and 9. show the results for Debrecen for different orientations. The parameter of the curves is the heat capacity, that of the trajectories is the glazed ratio. In case of South facing façade there are either optimum glazed ratios or the heating energy need can be decreased up to or beyond 70% glazed ratio. Not surprisingly the less is the heat capacity of the boundary construction the lower is the glazed ratio where the heating energy need is the lowest. The dashed parts of the curves show the parameter combinations which are not rational.

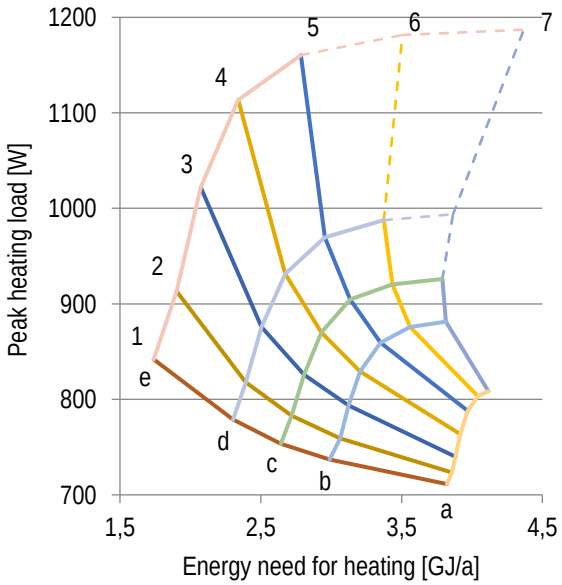


Figure 7. Heating energy need vs. heating peak load, South orientation, Debrecen. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), a…e: glazed ratio (increasing), identifications are given in Tables 1. and 2.

In the case of East orientation similar phenomena can be observed. Evidently the minimum energy need belongs to smaller glazed ratio comparing to the Southern orientation.

No doubt, the "price" of the lower heating energy consumption is the higher peak load. Therefore if the slope of the curves is near to vertical this price is to be pondered since the change of the heating energy need becomes modest.

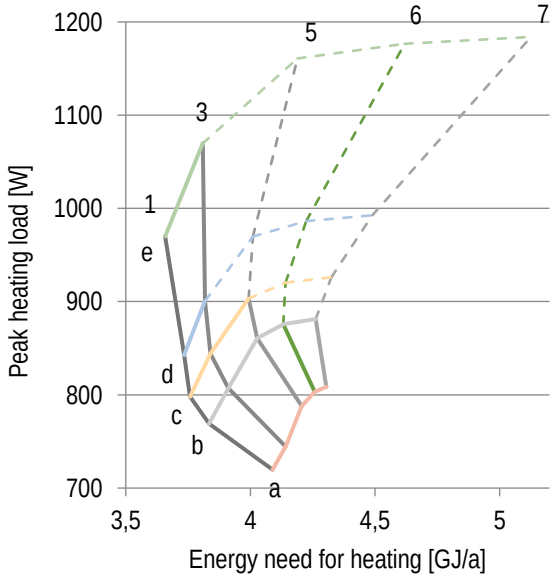


Figure 8. Heating energy need vs. heating peak load, East orientation, Debrecen. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), a…e: glazed ratio (increasing), identifications are given in Tables 1. and 2.

As far as North orientation is concerned increasing glazed ratio leads to higher heating energy need as well as to higher heating peak load. The same applies for any orientation if the solar access is obstructed.

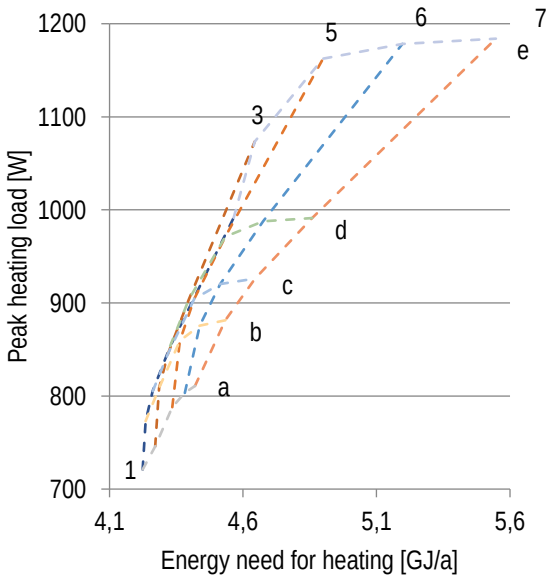


Figure 9. Heating energy need vs. heating peak load, North orientation, Debrecen. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), a…e: glazed ratio (increasing), identifications are given in Tables 1. and 2.

Repeating the simulation for Bergen the results are similar as it is illustrated in Fig, 10. for South orientation.

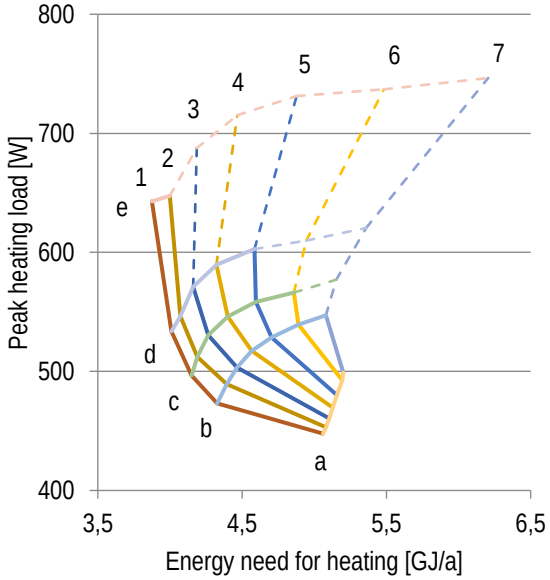


Figure 10. Heating energy need vs. heating peak load, South orientation,Bergen. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), a…e: glazed ratio (increasing), identifications are given in Tables 1. and 2.

Utilised passive solar gain

It is obvious that in the case of our model the only reason of the differences in energy consumption is the different amount of utilised passive solar gains. The possible saving of energy consumption depends on the orientation, glazed ratio and heat capacity of the boundary construction. Fig. 11. shows the saving of heating energy need in % in the function of glazed ratio: continuous lines are for South facing façade, dashed lines belong to East orientation. The parameter is the heat capacity of the boundary construction – its effect is decisive. Nevertheless even if a light weight construction is considered, the glazed ratio can be as high as 40% resulting in about 20% saving of heating energy need in case of South facing façade. For heavier constructions the optimum cannot be seen, only the increase of energy saving slows up.

For East orientation (dashed lines) the available energy saving does not exceed 10% and for medium weight buildings the optimum glazed ratio is around 30%. The available energy saving in light weight buildings is modest and the glazed ratio should not exceed 20 %.

It should be noted that the base of the % calculation is the minimum glazed ratio (4.5 %), not the windowless wall.

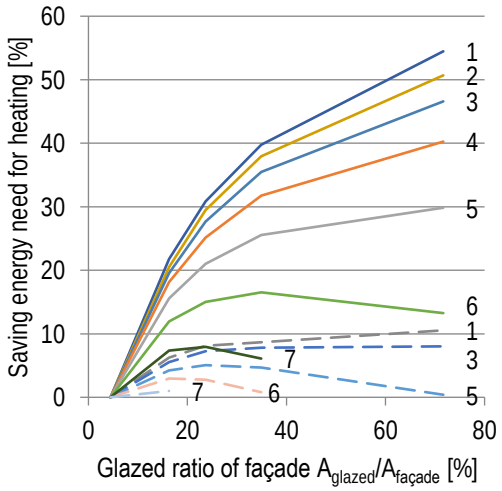


Figure 11. Saving of heating energy need. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), identifications are given in Table 2.

Heating energy need is to be covered by the heating system. The reults show that utilised passive solar gain can cover a considerable part of heating energy need.

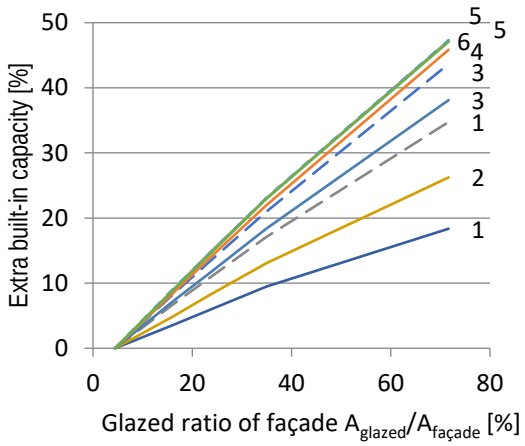


Figure 12. Increaese of heating peak load. Continuous lines: South, dashed lines East orientation. Parameters: 1…7 heat capacity (decreasing), identifications are given in Table 2.

The price of the lower heating energy consumption is the higher peak load (Fig. 12.), consequently the higher built-in capacity. Although the data may seem to be shocking some facts should not be forgotten:

- the built-in capacity is typically oversized, partly due to the discrete selection of boilers, heat pumps, partly because designers intend to be on the "safe side";
- many times heat for space heating and domestic hot water is generated in the same system. The last is a given value, thus the change of the total built-in capacity is relative smaller.

Balancing effect of thermal zones

Real buildings have more facades. The passive solar gains for different orientations lead to significantly different thermal balance in differently oriented rooms – particularly if North-South pairing is spoken of. Nevertheless there is thermal connection, thus heat flow between these North and South facing rooms. Its balancing effect depends on the ratio of the strength of thermal connection between the room and the environment to that between the differently orientated rooms.

As far as glazed ratios are concerned two approaches can lead to interesting results. The first is to have optimum glazed ratio for both orientations. Such a solution can be applied in residential buildings if the building is not very deep. In this case living rooms and similar ones where the insolation and daylight is of importance can be oriented toward South whilst the others (bath, kitchen, wardrobe, staircase...) towards North, Not surprisingly the lowest energy need occurs when on both sides the optimum glazed ratio is applied. Increasing the glazed ratio towards North both the energy need and peak load increase. Having lower glazed ratio on the Southern façade the same tendency can be seen: the energy need is higher, the peak load is lower. The results are influenced by the heat capacity, see Fig. 12. for massive, Fig. 13. for light weight buildings. Certainly in the last case both the energy need and peak load are higher.

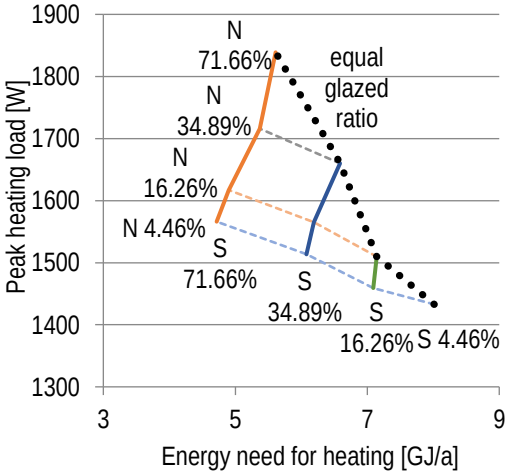


Figure 13. Sum of heating energy need vs. heating peak load of a pair of North and South facing room, high heat capacity.

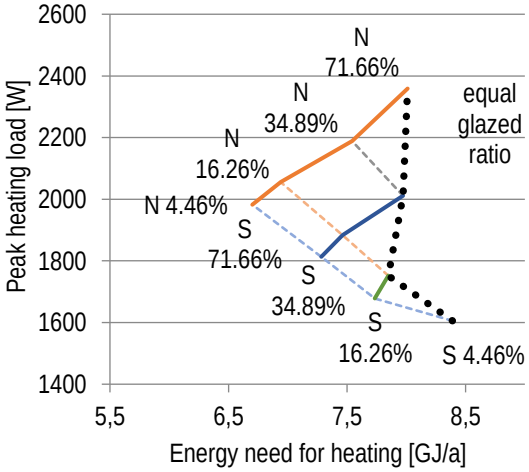


Figure 14. Sum of heating energy need vs. heating peak load of a pair of North and South facing room, low heat capacity.

The different uses of premises justify the significant differences in the glazed ratio together with the different appearance of the facades. This is the well proven design strategy of buffer zone concept in the classic solar architecture.

In case of deep residential buildings (where complete flats have windows only on one facade or if the use of rooms is identical on both sides (e.g. office building) it is an understandable expectation that due to the identical use the facades should be identical or at least of similar appearance. Therefore sets of identical glazed ratios on both sides have been analysed. Here at the first sight it may be surprisingly that the higher glazed ratios results to the lower heating energy need, no doubt at the cost of high peak loads (Figs. 12. and 13.), thus the effect of balancing heat flow is very strong. This is the consequence of the fact that the thermal connection between the rooms is multiple times higher than that between the rooms and the environment in superinsulated buildings.

Conclusion and Policy Implications

Interpreting correctly the energy performance of building the aim is to decrease the non renewable primary energy need for heating. It should not be confused with low built-in capacity which does not guarantee low heating energy consumption: on the contrary at peace with higher peak load considerable energy saving is possible.

The essence of this phenomenon is that passive solar gains cover a part of the heat losses, thus decreases the necessary heat output of the technical heating system. This experience is long ago well known and has been exploited in classic solar architecture. Nevertheless in the era of superinsulated buildings this experience seemed to be forgotten. Even with the high quality contemporary windows the transmission heat loss of building increases with the glazing ratio and this seemed to contradict the nZEB concept.

Our analysis illustrate that the passive solar gain countervails or exceeds the increase of transmission losses and in case of Equator facing orientation significantly decreases the energy consumption of technical heating system. More modest but not negligible saving can be achieved in case of less favourable orientations. Certainly the utilisation of passive solar gain depends on the heat capacity of the building, too. For several input combinations optimum glazed ratio can be defined.

Not surprisingly favourable results have been obtained by pairing rooms of opposite orientations. Providing the depth, the layout and the use of premises facilitate the application of buffer zone concept and the radically different glazed ratio of different facades are acceptable the lowest energy need can be achieved if the glazed ratio on both sides is optimum. Providing the use of rooms is similar on both sides and therefore identical glazed ratios are applied the higher ones are better in case of North-South pairing.

Man-made formal rules make confusing the consideration of passive solar gain as heating with renewable energy. The question of interpretation would not have any importance if some of the national regulations would not require (sometimes unrealistic) "renewable share" of which utilised passive solar gain, however, is excluded.

Those national regulations of Member States which are ready (concept accepted or already implemented) exhibit wide variations regarding renewable energy. Some of them do not use "renewable share" as compulsory indicator. Others "softly" encourage the use of renewable energy but rank the building as nZEB even if (pro forma) no renewable energy is applied, providing the specific non renewable primary energy consumption doers not exceed the threshold. ("Pro forma" since all buildings exposed to the Sun use renewable energy disregarding the formal man made rules.) Interesting example is the Estonian regulation which does not define the minimum of renewable share rather B energy class has to be achieved without renewable energy.

Other national regulations cannot break away from the hasty wording of the EPBD.

Bulgaria and Ireland prescribe renewable share, 15 and 20% respectively with no further specifications. In Southern Member States (IT, ES, PT) compulsory renewable share (30-70%) for domestic hot water supply is typical. Considering the climate it is understandable and seems to be justified – the questions are the unobstructed solar access and the ratio of available roof area to the total floor area.

In Austria different options are possible:

- by solar thermal energy net final energy yields at least 10 % (up to 20%) of the final energy demand for domestic hot water or
- through heat recovery least 10% (up to 20%) net final energy yields for heating or;
- by photovoltaic the net final energy yields at least 10 % (up to 20%) of the final energy demand for *household* electricity or operating current.

The last option needs clarification since "household electricity" is not taken into account in the EPBD labelling systems. Nevertheless the extension of "renewables" with heat recovery is a salutary and justifiable concept.

As a frightening example the Slovak regulation is to be mentioned which prescribe 50% renewable share (parallel with the maximum pay back time of 15 years!).

It can be seen that the implementation of new national regulations is in the process of long lasting parturition. Likely the unclear regulation is one of the reasons which make harder the agreement of policy makers and professionals. Clear interpretation of heat losses and heating energy will create a clear situation. Even if a Member State insist on renewable ratio as compulsory or informative indicator consideration of utilised passive solar gain as part of the renewable share may make easier the fulfilment of this (otherwise disputable) requirement. Agreeing with the statement of [RES 2009] that passive solar gains must be accounted only once it is evident that heating with solar energy is to be included in the renewable share.

Regulation should be clear, realistic and convincing, free of contradictions and ambiguous guidance. The Commission and the Parliament are more often than not blamed with exaggerated bureaucracy and over-regulation. The current situation in the analyzed subject area raises the suspicion of lack of cooperation between decision-making bodies themselves as well as between policy makers and the professional society.

References:

1. Boermans T., at al. (2011). Principles for nearly zero energy buildings. *Stakeholder meeting 10.05.2011, Brussels.*

2. BPIE, (2011)a. Principles for nearly zero-energy buildings. Paving *the way for effective implementation of policy requirements. Brussels:* Building Performance Institute Europe.

3. BPIE, (2011)b. Europe's buildings under the microscope. *A country-by-country review of the energy performance of buildings*, Buildings Performance Institute Europe.

4. Ecofys (2012): Towards nearly zero-energy buildings. *Interim report*, 2012

5. EPBD (2010). Directive 2010/31/EU of the European parliament and of the council of

6. 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official journal of the*

7. European Union.

8. Hermelink A, et al. (2013). Towards nearly zero-energy buildings. Definition of common principles under the EPBD. *Ecofys*

9. Renewable Energy Directive, (2009). Directive 2009/28/EC of the European parliament and of the council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing *Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC*.

S.V. Gladyshchuk, B.B. Konkin, J.S. Soprantsova

TESTING IN THE EDUCATION PROCESS

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: learning process, competence approach, innovative activity, training complexes, computer programs, test tasks.

The paper presents some possibilities of using a MyTest computer program in the learning process, shows the simplicity and versatility of its use, as well as examples of this program in practice.

Modern higher school implements a competency-based approach in education. At the same time, the innovativeness of educational activity comes to the forefront, which consists in the targeted introduction of new technologies into the educational process: cable and satellite television, video conferencing, teleforums, tele-marathons, portfolio of personal achievements, etc. The transition to a competency-based approach provides for a widespread use in the educational process of active and inter-active forms of conducting classes using, in particular, computer technologies. Today there is a whole conglomeration of software, which is constantly developing and improving. We should note the diversity and versatility of software used, which allows you to perform laboratory work, conduct practical exercises [1] or self-training [2]. In addition, an important role in the learning process is played by multifunctional, multi-level training complexes, which are, in fact, interactive computer environments. All developed software contains specific adapted interfaces and requires a high professional level of programming. At the same time, any student using all kinds of software is free to continuous monitor his/her success [3], what is the main stimulus for one's development. Therefore, the above software must be accompanied by monitoring programs that help evaluate the level of students' mastery of the discipline material and the corresponding competencies as a whole.

Currently, the most popular method of assessing students' knowledge is testing. Test control allows not only to quickly check the quality of knowledge, but also to identify typical difficulties in mastering the material. Moreover, all students are on equal terms.

Each test is a special task or a system of tasks aimed at identifying the level of acquired knowledge and skills. Tests are a good systematic control tool that allows you to objectively assess the degree of students mastering educational material, and contribute to improving the effectiveness of training. Tests differ in directionality, complexity of protection from answers, by the method of checking the results, the compilation method, etc. It is absolutely obvious that each of their types is unique. For high-quality test processing, computer technologies have been successfully applied, which can effectively replace the time-consuming and complex process of assessing knowledge.

This article describes the features of the MyTest computer program and its capabilities for assessing student knowledge.

Firstly, MyTest provides a random choice of a question on a certain topic, or on several topics. This stimulates students to more thorough preparation for testing. Tests for MyTest are compiled in MyTestEdit (part of the MyTest program), where the correct answers or the order of correspondence are also noted. Test tasks are easy to edit or replace with new ones. "Distribution" of tests in MyTest is done through a server (MyServer). The teacher's monitor displays all current information about the testing progress: name and

group of the tested person, number of correct and incorrect answers, number of hints used, testing time, etc.

Secondly, MyTestEdit allows you to set various parameters, for example, such as the time taken for the entire test, or the time allocated to one question. You can also vary the number of questions selected for a specific test from the general list of questions and topics. The time limit does not allow the student to be distracted by various external secondary factors and forces the entire focus on the implementation of test tasks.

MyTest has a variety of input and selection methods. The most common of them include multiple choice (several answers to a specific question), single choice (one answer to a question), establishing the sequence, establishing the correspondence, manual entering a number and text.

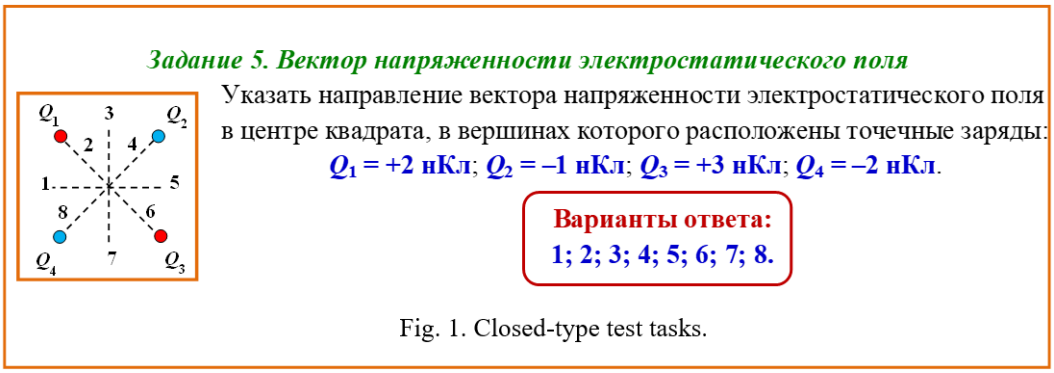


Fig. 1. Closed-type test tasks.

MyTest program has the ability to differentiated assessment according to the complexity of the question. If the question includes several correct answers, you can specify the number of correct answers, which will allow you to get the maximum score, or indicate the number of points for one correct answer. Also the program allows you to set the percentage for one or another positive assessment of testing.

Types of test tasks are very diverse, in particular, they can be of closed and open types. Closed-type test tasks (Fig. 1.) offer problems that are accompanied by ready-made answer options, from which you must choose one or more correct ones.

Open-type test tasks do not contain ready-made answers to questions. The student must offer his own answer, for example, get a numerical answer to the solution of the problem.

The choice of the type and form of the test task is determined, first of all, by the goals in accordance with which the testing is carried out, by the nature of the material, assimilation of which needs to be identified.

Test tasks can be divided into verbal and non-verbal. The first contains tasks presented in linguistic form. For example, give the wording of Coulomb's law. To do this, the student is invited to choose the correct interpretation from several presented. Or indicate the features of a particular type of polarization of dielectrics (Fig. 2).

Задание 14. Поляризация диэлектриков

Для электронной поляризации характерно…

Варианты ответа:

1) смещение подрешетки положительных ионов по направлению вектора напряженности внешнего электростатического поля, а отрицательных против поля;

2) влияние теплового движения молекул на степень поляризации диэлектрика;

3) возникновение у молекул индуцированного дипольного момента при помещении диэлектрика во внешнее электростатическое поле;

4) ориентирующее действие внешнего электростатического поля на собственные дипольные моменты молекул.

Fig. 2. Verbal test task.

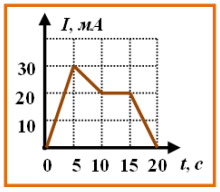
Non-verbal tasks (Fig. 3.) offer questions in a visual form like pictures, drawings, graphic images, diagrams, etc.

MyTest program allows not only to evaluate the test result as a whole, but also to reveal the share of correct answers to verbal and nonverbal tasks. In addition, the program helps the teacher to obtain information about the degree of students' mastery of graphical, tabulated, or analytical information. To do this, the computer program must be divided into appropriate blocks.

All of the program features listed above allow the teacher to promptly take corrective actions in order to eliminate students' deficiencies identified during testing.

In addition, MyTest automatically checks the activity of the tested student, that is, at the time of answer, the program checks it with the correct answer, which is stored in the test file; this increases the efficiency of testing.

Задание 17. Сила тока



На рисунке показана зависимость силы тока в электрической цепи от времени. Заряд, прошедший по проводнику в интервале времени **от 5 до 15 с,** равен…

Fig. 3. Nonverbal open-type test task.

MyTest provides a specific form of protection from access to the correct answers. All the correct answers are located on the server in the test file and therefore even the “advanced” student will not be able to get them.

For students, any superfluous information is deleted from the MyTest folder, that is, MyTestEdit and MyTestServer. Also, for safety and security purposes, tests are stored directly by the teacher or in a protected network segment, since it is impossible to get answers without the source test file that runs on the server.

The test result can be saved in two versions, either in a text document or in an HTML page. It should be emphasized that the HTML page has a greater degree of protection, since only a user with sufficient knowledge of the hypertext markup language can make a change to it.

The MyTest program helps to identify the level of knowledge and skills of students. It is easy to use and manage, and makes it easy to edit or replace test tasks, and is able to provide various requested information. A regularly conducted testing using MyTest

program motivates students to high-quality and timely development of educational material and, thereby, contributes to the training of high-quality specialists.

References:

1. *Конкин Б.Б.* Контрольно-обучающая программа по физике // Труды Северо-кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть II. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2015, с. 348-351.
2. *Конкин Б.Б.* Информационно-коммуникационные технологии в обучении // Труды Северо-кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики, часть II. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2017, с. 314-318.
3. *Конкин Б.Б., Сафронов В.П.* Рейтинговая система оценки знаний в технических вузах и обучающие среды // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. Часть 2 – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2014, с. 175-179.

O.V. Monogarov, Ya.B. Konstantinova, N.O. Svetlichnaya

TO THE QUESTION OF MODERN INKJECT TECHNOLOGIES

North Caucasus branch of Moscow Technical University of Communications and Informatics, Rostov-on-Don, Russia

Keywords: characteristics of piezoelectric materials, piezoelectric effect, piezoelectric printer technology.

The work study some features of the piezoelectric technology which make it especially advantageous one in the modern world of printing technologies and is known as the piezoelectric printer technology. The product under review allows an extremely good print quality due to more control over the shape and size of ink droplet release.

The principle of inkjet printing is to squeeze ink drops through nozzles - the thinnest holes in the print head of a printer. This technology has undergone many modifications. In 1833 a physicist Felix Savard noticed that absolutely identical drops can be obtained when liquid passes through narrow holes. In 1867 Lord Reilly, the physicist from Great Britain, summed up the mathematical basis for this phenomenon and patented the first recording device for the telegraph. It worked on the principle of a continuous ink supply. More than half a century had passed before Siemens presented its first inkjet printer in 1951, which splitted a continuous stream of ink into uniform droplets. The prototypes of the first printing devices were bulky, expensive, slow to print, and lacked reliability. In the late 70s of the last century Canon implemented Drop-on-demand technology on its printers, that was "print on demand". The multiple reduction in the cost of the printing process became a valuable achievement. The new technology was called "bubble printing" and made a splash among the scientific community. In 1985 Canon released the first BJ-80 bubble printer.

Canon was not alone in developing the world of printing technology. In 1980 Hewlett-Packard developed thermal inkjet technology. Its principle of operation had something in common with the bubble method. A real success came to the company in

1984 with the release of the ThinkJet printer series. Due to their reasonable price and performance ratio, these devices became very popular among users.

Piezoelectric Ink Jet is the "child" of Epson. It was this company that patented the piezoelectric printing technology in 1993. The principle of its operation is in the property of piezoelectric crystals to deform under the influence of electric current. This process allows to control size, thickness and ejection rate of droplets. The result is high resolution prints with natural color reproduction, which is essential for photo printing. The piezoelectric system, created on the basis of an electromechanical device and brought to commercial readiness by Epson (a subsidiary of Japan's Seiko), was first used in Epson inkjet printers back in 1993. It is still used successfully. Today the most common printers are based on the inkjet technology.

There are two technological branches in the inkjet printing technology:

- thermal jet, when the activation of paint and its release occur under the influence of heating;
- piezoelectric, when the paint is released under pressure created by the vibration of a membrane.

Piezoelectric inkjet technology is based on the property of some crystals, called piezo crystals (an example is quartz crystals in quartz wristwatches that are now widespread), to deform under the influence of an electric current. Thus this term refers to an electromechanical phenomenon. This physical property allows some materials to be used to create a miniature "ink pump" in which a change from positive to negative voltage will cause a small volume of ink to be compressed and vigorously ejected through an open nozzle. Here the drop size is determined by the physical characteristics of the firing chamber and the pressure created in this chamber due to the deformation of a piezoelectric crystal, just like the thermal ink jet when a formation of an ink jet is due to thermal effects. Modulation, or changing the droplet size, is carried out by changing the magnitude of the electric current flowing through the ejection mechanism. Like thermal printers, the piezo ejection rate depends on the potential frequency of the electrical pulses, which in turn is determined by the time the camera returns to a “quiescent” state when it is full of ink and ready for the next work cycle.

Piezo technology is highly reliable, which is very important because due to the economic reasons the print head cannot be a part of a replaceable ink cartridge, as it is in the thermal systems, but must be rigidly connected to the printer.

The piezoelectric inkjet technology has passed a few steps in its development, with a move from tubular and flat transducers to the piezoelectric and ultrasonic ones[1]. Modern printers are equipped with plate-type piezoelectric transducers. They are compact and provide high frequency dye spraying. Also they are sensitive to electrical impulses.

Printing on inkjet printers using piezoelectric technology has the following features:

- Meniscus control. This results in a clear image with well-defined contours and an improved color rendering.
- Setting the volume of drops. This allows to choose the optimal ratio between the duration of the process and the characteristics of the print.
- Impressing with microdrops. This enables the highest possible resolution.
- Energy efficiency. Unlike dot matrix printers, no special effort is required to move the print head, as it is lightweight.

Another useful feature of piezoelectric inkjet printing is the ink. It is free of additives as compared to that of the thermal ink devices. Ink compositions differ in electrical conductivity and viscosity.

With piezoelectric technology it is possible to take control of the entire inkjet process including the choice of droplet volume and jet thickness, as well as the rate at which

ink is released on a paper. This feature allows to adopt settings more accurately for specific tasks, materials and printing formats. Currently these advantages of piezoelectric devices make it possible to create products of a very high quality.

References:
1. Welcome to piezotechnologies https://piezotechnologies.com/
Ultrasonic Transducers https://piezotechnologies.com/ultrasonic-transducers.php
2. Piezoelectric printer technology https://www.pctechguide.com/inkjet-printers/piezoelectric-printer-technology.
3. The Piezoelectric Effect: Technology Generates Functional Benefits, APC https://www.americanpiezo.com/blog/the-piezoelectric-effect-technology-generates-functional-benefits/

F.V. Madinsky, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya

ORGANIZATION OF AVIATION RADIO COMMUNICATION OF A GROUP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES BASED ON NETWORK-CENTRIC SELF-ORGANIZING NETWORKS

Federal state military professional educational institution
"183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: unmanned aerial vehicle (UAV), hardware capabilities, self-organizing network, transmission of streaming video data and images, OSI model, single-layer, multi-layer tree, multi-link structure, infrastructure networks, onboard GPS devices, multipath redundancy method, peer-to-peer network (P2P network).

One of the main applications of UAVs is military operations. UAVs are currently considered as promising weapons for reconnaissance, bombing, and air combat. UAV hardware capabilities can be applied to the following scenarios. For the use of self-organizing UAV networks for the scenarios has opened the problems of the low quality of service in self-organizing UAV networks. High traffic speed and changing orientation in the network node space is an additional negative factor. To solve the problem of improving the quality of data transmission, an approach based on superimposed networks is used.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are aircraft, helicopters, balloons, or drones that are piloted remotely by an operator or completely automatically. The first documented use of UAVs dates back to the 19th century: on August 22, 1849, Austrian troops conducted an aerial bombardment of Venice using unmanned balloons that were launched into the wind and dropped shrapnel charges at certain times.

One of the main applications of UAVs is military operations. UAVs are currently considered as promising weapons for reconnaissance, bombing, and air combat. This is due to the fact that the content of UAVs is several dozen times cheaper than the content of a military fighter, and the danger to the lives of military pilots and military operators of UAVs is not comparable. One of the special types of mobile devices is unmanned aerial vehicles (UAVs). The study of such devices will not be complete without considering the use of self-organizing UAV networks [1].

UAV hardware capabilities can be applied to the following scenarios:

- providing temporary communication in a hard-to-reach area;
- aerial monitoring of the territory during reconnaissance and search and rescue operations;
- real-time transmission of video data and images to the ground station time mode.

For this purpose, a complex consisting of one or more independent UAVs that transmit video data from on-Board video cameras to ground stations via radio or satellite channels is currently used. The structure of aviation radio communications used for control and data transmission of single UAVs and the direction of its improvement are considered in [2].

This solution has a number of disadvantages:

- expensive UAVs rely on powerful radio equipment;
- they are limited by the quality of the radio channel and the battery charge battery, which, in turn, affects the territory and the maximum task execution time;
- they are vulnerable to artificial radio interference and can be deliberately disabled.

In this regard, the idea of using interconnected relatively low-cost UAVs for coordinated task execution by a group has been recently considered. Such nodes can use standard data transmission technologies over radio channels (for example, WiFi, WiMAX, LTE) and can be used not only as a source of video data from the camera on Board the UAV, but also as a repeater, forming a multi-link ("mesh") network topology. In this case, the principle of network-centric management can be implemented on the basis of network-centric self-organizing networks. In this case, UAVs are considered as network nodes and failure of one or more of these nodes, as a rule, does not entail the complete termination of the network and the execution of tasks.

Using a self-organizing UAV network allows you to:

- significantly expand the territory of the tasks due to the transfer of moving data through intermediate nodes in the network;
- increase the maximum duration of the session (up to hours) by gradual replacement of the nodes with the discharged rechargeable battery;
- in terms of intentional or unintentional denial of service one or more network nodes to increase the network survivability by automatic reconfiguration of the network topology;
- significantly reduce the cost of technical solutions.

However, the use of self-organizing UAV networks for the scenarios under consideration has opened up a number of new problems for the world scientific community that must be resolved.

One of the main problems is the low quality of service in self-organizing UAV networks. This is due to the fact that nodes can have high speed relative to the Earth and relative to each other, whereby active nodes can be deactivated, and new nodes to join the network during data transmission. The network topology is subject to rapid and frequent changes, and, as a result, the same changes affect the delivery routes of video data and images from the source (camera on Board the UAV) to the recipient (ground control point). This leads to the fact that the use of known routing protocols (AODV, OLSR) in most cases not only does not provide an acceptable quality of data transmission in self-organizing UAV networks, but also can lead to the loss of data streams and, consequently, the inability to perform tasks.

In addition, high traffic speed and changing orientation in the network node space is an additional negative factor that affects the quality of service. Thus, an important scientific and technical problem is to ensure the specified quality of transmission of streaming video data and images from cameras on Board the UAV to ground control points in case of unpredictable violations of transmission routes caused by frequent changes in the location and orientation of mobile nodes in the self- organizing UAV network.

Data transmission in self-organizing UAV networks is based on the IP Protocol, and data is routed at the network level of the OSI model [2]. This approach is used in both infrastructure and self-organizing networks, but the latter rely on special routing protocols (AODV, OLSR, HWMP, and others) and require their support on all nodes [3]. The decision to use a particular routing Protocol depends on the operating conditions of mobile communication nodes in each specific situation. Therefore, it is of particular importance to improve the quality of streaming data transmission, taking into account the peculiarities of routing protocols in self-organizing UAV networks.

To solve the problem of improving the quality of data transmission, an approach based on superimposed networks (P2P networks) is used [4,5]. Superimposed networks work at the application level of the OSI model. In a superimposed network, nodes take over part of the server's functions, and its structure can be multi-connected or tree-like (single-layer or multi-layer tree).

This idea is an alternative to the client-server approach to broadcasting and is used to reduce the load on the server. Using this approach, the server transmits data to a limited number of nodes, which in turn further distribute the data over the network. Data is transmitted in the form of fragments of information and routing tasks are assigned to the application layer. This approach makes it possible to improve the quality of streaming data transmission in a multi-link structure [6, 7]. In a self-organizing UAV network, each node is highly mobile and can be connected to other nodes using wireless technology, such as the 802.11 standard.

Self-organizing networks are an alternative to infrastructure networks. In such a network, each node in the network can act as a router. The ability of each node to leave the network or connect to it at will leads to the fact that an important issue when organizing the work of a self-organizing network is the choice of the routing Protocol. However, existing protocols for UAV speeds are considered to be insufficiently effective [8].

In self-organizing networks, where UAVs are nodes, improving the quality of communication can be achieved by improving routing protocols in the direction of [9, 10]:

- changes to the routing metric to achieve greater the effectiveness of the existing Protocol in the network conditions with unstable topology;
- using a cross-layer approach to routing, when nodes have access to information from multiple model levels open systems interconnection (OSI) at the same time;
- applying geographical routing based on information about coordinates of communication nodes obtained using onboard GPS devices;
- the use of opportunistic routing protocols, providing route search in the UAV network without sending beacon messages.

In self-organizing networks, the network topology and transmission environment change quickly, it is very difficult to provide reliable communication, overcome high node mobility and external interference. Therefore, many packets are received with errors, which means that error correction methods play a significant role in data transfer processes.

The multi-path redundancy method consists of transmitting data from the source to the destination over multiple routes. This method of routing has different goals: load distribution on the network routes or increasing the bandwidth and reliability of the network

as a whole [11]. Using the multi-path redundancy method, you can get rid of congested sections in the network or simultaneously deliver streaming data over multiple routes. However, a self-organizing network is usually overloaded in the area between the source and destination, and its network topology is unstable and therefore requires recalculation of independent routes. This is why the multipath redundancy method can be most effective for improving network reliability.

According to the definition of an overlay network (P2P network) as a peer-to-peer network, the decision to reconfigure it is made by each node independently of the others. Each node aims to improve the quality of service when transmitting streaming data in the network in question. To do this, select the helper node from the group of neighbor nodes in the self-organizing UAV network based on the specified criteria. The helper node improves the quality of streaming data in the overlay network by accepting requests from other nodes in the overlay network and retransmitting the requested fragments to them. This problem is not well studied in relation to self-organizing UAV networks, and only the simplest examples are available in the literature.

Thus, self-organizing UAV networks are formed from three main parts: wireless communication (for example, the 802.11 standard), a special routing Protocol, and a data transfer Protocol. The method of transmitting streaming data in an overlay network controls the transmission of fragments of information to the destination, which can be considered any node in the network. Each node has its own database of required fragments and fills it as requests from neighboring nodes are received. All network nodes work on a single task of distributing content over the network. The ultimate goal of each network node is to accept all the required fragments.

The analysis shows the directions, the use of which will ensure sustainable management and transmission of streaming data of UAV groups.

References:

1. Kucheryavy, A. E. Flying sensor networks / A. E. Kucheryavy, A. G. Vladyko, R. V. Kirichek, A. I. Paramonov, A.V. Prokopiev, I. A. Bogdanov, A. A. Dortholz / / Elektrosvyaz. - 2014. - no. 9. - pp. 2-5.

2. F.V. Madinsky, A.S. Meleshin, N.O. Svetlichnaya Structure of aviation radio communication and direction of its improvement. Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow technical University of communications and Informatics. Rostov-on-Don.: SCF MTUCI University. – 2019. – v 2 – pp. 224-228.

3. Olifer, V. G. Computer networks. Principles, technologies, proto-Cola / V. G., olifer, N. A. olifer. - 4th ed.– SPb.: Peter, 2010.– 943 s.

4. Park Koohyun. Multicast routing by multiple tree routes / Park Koohyun, Shin Yong-Sik, Lee Hyun-Chan // Lecture Notes in Computer Science. – Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2001. – pp. 285–298.

5. Chu, Y. A case for end system Multicast / Y. Chu, S. Rao, H. Zhang // in Measurement and Modeling of Computer Systems, 2000. pp. 1–12.

6. Tran, D. A. A Peer-to-Peer Architecture for Media Streaming / Tran, D. A., Hua K. A., Do T. T. // in IEEE Journal on Selected Areas in Communications. – 2004. – Vol. 22. – No. 1. – pp. 121–133.

7. Yang Kai-Hsiang. Antsearch: an ant search algorithm in unstructured peer-to-peer networks / Yang Kai-Hsiang, Wu Chi-Jen, Ho Jan-Ming // IEICE Transactions on Communications. – Oxford University Press. – 2006. – № 9. – pp. 429–434.

8. Romanov, S. V. Routing in wireless self -organizing networks. Hierar - chical and hybrid protocols: / Prozorov D. E., Trubin I. S., Lesnikov V. A., Zholo- bov A. N., Romanov S. V.-Kirov: PRIP FGBOU VPO "Vyatgu", 2013.-100 s.

9. Sukhov, A. M. Extreme principle and universal metric of dynamic routing / A. M. Sukhov, D. Yu. Suitcases / / telecommunications. - No. 7. - 2013. - pp. 29-34.

10. Sorokin A. A study of packet delivery performance in MANETs with OLSR protocol using NS-3 / A. Sorokin, D. S. Vasiliev, A. V. Abilov // Proceedings of the 4th Forum of Young Researchers in the Framework of International Forum “Education Quality – 2014”. – Izhevsk, Russia, 2014. – pp. 399–404

11. Park Koohyun. Multicast routing by multiple tree routes / Park Koohyun, Shin Yong-Sik, Lee Hyun-Chan // Lecture Notes in Computer Science. – Heidelberg: Springer-Verlag GmbH, 2001. – pp. 285–298.

N.O. Grozdovsky, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva

MAIN APPROACHES TO MODELING RADIO CHANNELS FOR UAV DATA TRANSMISSION BASED ON MIMO – COFDM TECHNOLOGIES

Federal state military professional educational institution
"183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: wireless broadband access communication system; Multiple Input Multiple Output (MIMO); Orthogonal Frequency Division Multiplexing (OFDM); channel impulse response; time and frequency channel selectivity; carrier frequency offset; synchronization. For UAV data transmission radio channels, the main disruptive factor for a digital channel is interference from multipath reception. A radical solution to this problem is to use OFDM orthogonal frequency multiplexing technology in the COFDM variant. Advantages of COFDM technology: high image quality due to the use of digital processing method; high noise immunity; ensuring both sustainable reception and broadcasting in motion, etc. The use of technologies MIMO – COFDM allows to achieve an increase in information efficiency and increase the speed and noise immunity of the UAV data transmission channels.

In [1], it is shown that when forming promising radio channels for controlling and transmitting data of unmanned aerial vehicles, it is necessary to focus on the preferred use of signals generated using the orthogonal frequency multiplexing (OFDM) technology in combination with digital diagram generation technologies based on MIMO or MU-MIMO technologies.

For UAV data transmission radio channels, the main disruptive factor for a digital channel is interference from multipath reception. A radical solution to this problem is to use OFDM orthogonal frequency multiplexing technology in the COFDM variant. OFDM provides a significant increase in radio channel bandwidth by improving spectral efficiency. Moreover, the use of OFDM allows to increase the transmission speed without increasing the occupied frequency band or modulation level, which is especially important for military UAVs.

In OFDM, a serial digital stream is converted into a large number of parallel streams (sub-streams), each of which is transmitted on a separate carrier. The main advantage of OFDM over a single-carrier scheme is its ability to withstand complex conditions in the channel. An OFDM signal can be considered as a set of slowly modulated narrowband

signals, rather than as a single rapidly modulated broadband signal. The low character speed makes it possible to use a protective interval between characters, which allows to cope with time dispersion and eliminate inter-character distortion (ICD). The group of carrier frequencies that currently carries bits of parallel digital streams is called the "OFDM symbol". Due to the fact that a large number of parallel threads are used, the symbol duration in parallel threads is significantly longer than in a sequential data stream. This allows the decoder to delay the evaluation of the values of the received symbols for a time during which changes in the parameters of the radio channel due to the action of echo signals will stop, and the channel will become stable.

Thus, in OFDM, the time interval of the TS sub-stream symbol is divided into two parts: the security interval TG, during which the value of the symbol in the decoder is not evaluated, and the working interval of the TU symbol, during which a decision is made about the value of the received symbol. For the echo cancellation system to work correctly, it is necessary that the protective intervals are at the beginning of the sub-stream symbols, that is, the carrier modulation with the preceding symbol continues in the protective interval.

Technically, the OFDM method is implemented by performing an inverse discrete Fast Fourier Transform (FFT) in the transmitter modulator and a direct discrete Fast Fourier transform in the receiver demodulator of the transceiver.

A type of technology-the COFDM method (a combination of channel encoding, abbreviation C, and OFDM) - is well known and widely used in digital broadcasting systems in Europe, Canada, and Japan. COFDM is well established among TV program broadcasters as a new method of delivering digital signals to the consumer. The main advantage of the COFDM transmission method is the use of multiple reflections of radiated signals from buildings, walls, etc. with correction of distortions and errors that occur during reception. The European DVB project has adopted this transmission method as the basic standard for direct-to-air broadcasting of TV and multimedia products.

Advantages of COFDM technology:

- high image quality due to the use of digital processing method;
- high noise immunity;
- ensuring both sustainable reception and broadcasting in motion, etc.

The use of technologies MIMO - COFDM (multiple / input multiple/output-code orthogonal frequency division multiplexing) in the radio channels of modern UAVs provides broadband access, which allows to achieve an increase in information efficiency in the conditions of multipath signal propagation and, as a result, to increase the speed and noise immunity of the UAV data transmission channels.

Parameters of UAV data transmission radio channels change over time and the rate of change in signal propagation conditions determines the rate of fading. At the same time, UAV data transmission radio channels are characterized by multipath and lack of direct visibility between the transmitter and receiver.

The practical implementation of UAV data transmission radio channels is based on mathematical modeling of channels using probabilistic approaches. In this case, the envelope of the signal received on the receiving side can be statistically described using the Rayleigh probability density function, and the nature of fading is defined as the Rayleigh [2].

For radio channels that transmit data without feedback, pilot signals (PS) are used to evaluate statistical characteristics [3]. At the same time, the values of the channel transmission coefficients are calculated with high accuracy at the positions in the frequency-time resource (FTR) where the PS are transmitted. The resulting estimates are then extrapolated to neighboring information positions. The required quality of MIMO-

COFDM signal reception is provided by adaptive changes in the density of pilot signal placement DPSP) in a dedicated time-frequency resource.

Various approaches to estimating channel parameters using PS have been developed, which differ from each other in signal representation models, processing procedures for received PS to obtain estimates, and extrapolation methods. The most common method is the least squares method (minimum standard error). This method assumes that the random process is stationary, which is rarely achievable in terms of frequency and time selectivity of UAV data transmission channels. High accuracy of estimation of parameters of radio channels of UAV data transmission is provided by methods of joint estimation and demodulation according to the maximum likelihood criterion. In this case, a complete search of possible states of the information signal is required, which causes high computational complexity and insufficient accuracy for use in MIMO-COFDM systems characterized by high sensitivity to synchronization and estimation errors and, as a result, makes it difficult to implement the UAV data transmission in radio channels.

Evaluation methods with feedback on the solution are widely used. The principle of operation of such algorithms is based on multiple processing of the received block, consisting of both information and pilot symbols, by sequential evaluation and demodulation [4-6]. At the initial stage, the channel parameters are evaluated only by the PS contained in the block. Then, for each carrier and each information symbol in the block, the value of this symbol is calculated by demodulation using the channel estimate obtained in the previous step. This approach reduces computational complexity compared to the optimal algorithm based on the maximum likelihood criterion by iteratively using relatively simple estimation and demodulation algorithms. The disadvantage of this approach is the need to ensure that the channel parameters are stationary throughout the block. Solution feedback algorithms are a compromise approach in terms of the balance between computational complexity and estimation accuracy.

The most common model of signal representation in MIMO-COFDM systems in modern research is a single process and observation model that takes into account the frequency and time selection of the radio channel in the observation interval, as well as the condition of incomplete synchronization set in the receiver. In this model, the stream of information bits is encoded by a noise-resistant code (according to the LTE 3GPP TS 36.211 recommendation), interspersed (N), and demultiplexed on Nt parallel sub-streams according to the number of transmitting antennas of the MIMO system. Modulating symbols are supplemented with PS and sent to the inverse Fourier transform (IFT) block. The OFDM symbol from the output of the IFT block is passed to N subcarriers, the number of which is determined by the Fourier transform base. The condition of multipath propagation of the signal, when each beam is a composition of a large number of components [2], and the absence of a line of sight allows us to formulate an assumption based on the Central limit theorem, according to which the channel transmission coefficients are complex values that have a Gaussian distribution and a zero average. The MIMO-COFDM signal model assumes that in the receiver, after removing the digital sequence and sampling the signal over time, the n-th reading of the m-th COFDM symbol received from the v-th antenna undergoes a direct Fourier transform (DFT) of the signal in the frequency domain on the k-th subcarrier. This approach provides for determining the conditions for guaranteed reception of the information flow of data from the UAV in the zones of multipath propagation of radio signals.

In General, the mathematical model of MIMO-COFDM signal takes into account the frequency and time selectivity of the channel in terms of multipath signal propagation and incomplete synchronization is established at the receiver and significantly reduces the

complexity of estimating the coefficients of the transmission channel. Analysis of the data presented in open publications allows us to conclude that there is currently a basis for the practical formation of UAV data transmission radio channels based on MIMO-COFDM technology.

References:

1. K.S. Teplov, A.S. Meleshin, L.P. Koroleva Radio control and data transfer of unmanned aerial vehicles. Proceedings of the North Caucasus branch of the Moscow technical University of communications and Informatics. Rostov-on-Don.: SCF MTUCI University, 2019, p. 205-207.
2. Sklyar B. Digital communication. The theoretical basis and practical application / by B. Sklar. 2nd edition: TRANS. - Moscow: Publishing house "Williams", 2003. - 1104 p.
3. Bagadi K. MIMO-OFDM Channel Estimation Using Pilot Carriers / K. Bagadi, S. Das / / International Journal of Computer Applications, Volume 2, No. 3, 2010, p. 81-88.
4. Kolesnikov A3. Research and development of estimation algorithms parameters of the channel and demodulation in communication systems with orthogonal frequency division multiplexing : dis. ... Cand. Techn. sciences': 05.12.13 / Kolesnikov Alexander Vladimirovich. - Moscow, 2011.- 119 p.
5. Kandelin V. B. Algorithm for joint demodulation and estimation parameters of the communication channel in communication systems with multiple antennas (MIMO) and orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) /V. B. Kreindlin, A. B. Kolesnikov // Digital signal processing, Moscow, no. 1, 2011, pp. 45-48.

S.S. Strelchyuk, N.I. Neplyuev, A.V. Kolesina

DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF ONBOARD INFORMATION MEASURING NETWORKS OF AIRCRAFT ENGINES

Federal state military professional educational institution
"183 training center" Ministry of Defense of the Russian Federation,
Rostov-on-Don, Russia

Keywords: aviation engines, aircraft, aircraft measuring instruments, information display systems, wireless transmission lines, wireless technologies, Wi-Fi and WiMAX technologies, electromagnetic compatibility, ultra-wideband signals.

Trouble-free operation of the AD depends on the reliable operation of the devices that serve IT, namely: external fuel supply, lubrication, cooling and other interconnected systems. An on-Board information measuring network is created to measure parameters and monitor the operating mode of the ADL. One of the main problems in the construction of classical aircraft engine control systems is the presence of a large number of wires and connections, which has a negative impact on its reliability. One of the ways to solve this problem is to use wireless data transmission lines as an alternative to the classic wired connection schemes of the measuring subsystem for monitoring and monitoring the engine operation with the control controller. Wi-Fi and WiMAX technologies are considered as

wireless data transfer technologies. For use in critical aviation systems, not only narrow-band wireless transmission can be effective, but also ultra-wide-band data transmission.

Aircraft engines (AE) are the most responsible part of the aircraft which is designed to create thrust and, as a result, a certain lift and flight speed.

Trouble-free operation of the AE depends on the reliable operation of the devices that serve IT, namely: external fuel supply, lubrication, cooling and other interconnected systems.

To measure the parameters and control the operating mode of the aircraft AE, an on-Board information measuring network (BIMN) is created, which includes:

- aviation measuring devices (sensors);
- transmitting and receiving converters;
- transmission line;
- control controller;
- information display systems (IDS).

Aviation measuring instruments include:

- pressure gauges for measuring the pressure of fuel entering the injectors, and oils main oil line;
- thermometers for determining the thermal regime and state of lubrication;
- tachometers for determining the developed power;
- fuel meters and flow meters for measuring, stock and fuel consumption;
- vibration meters for determining vibration speed (vibration acceleration).

These devices are designed to measure non-electrical quantities, but at the same time they are electric with remote transmission of readings.

The main elements of a remote electric device are:

- sensor (receiver), the sensitive element (SE) of which perceives change in the measured value, which is then converted into a signal electric current (voltage);
- sensors can be inductive resistances, thermal resistances, and thermocouples are used, alternators, etc.;
- pointer (meter) - an electrical device that converts signals, coming from the sensor, in the mechanical movement of the arrow, proportional to the change in the measured value; as pointers found application-coil ratiometer with moving magnet or frames and galvanometers with remote transmission of readings.

IDS BIMN includes in its composition:

- integrated flight indicator;
- the indicator on the windshield;
- helmet- mounted display system;
- etc.

Currently, aviation measuring instruments (sensors) are used as signal transmission lines:

- connecting wires (twisted pairs);
- coaxial cables.

When building classic aircraft engine control systems, one of the main problems is the presence of a large number of wires and connections, which has a negative impact on reliability – about 30% of the failures of existing engine control systems occur due to various contact defects; scalability and the total weight of the system [1].

One of the ways to solve this problem is to use wireless data transmission lines as an alternative to the classic wired connection schemes of the measuring subsystem for monitoring and controlling the engine operation with the control controller [2].

Wireless technologies are now becoming more common in systems used in various fields of technology. The aviation industry has started an active process of searching for ways to implement wireless systems and devices, where you can get a tangible economic effect in a short time. Expert assessments show that the introduction of wireless technologies will create highly efficient control, measurement, monitoring and diagnostics networks of a new generation with a flexible, easily changeable structure, reduce the weight and dimensions of the system by 20...40% by reducing the number of connectors and cables, increase reliability (reducing the number of connectors and reconfiguration of the wireless network), reduce 5...8 times the cost of maintenance of the network and its systems, simplify routing and installation of network nodes on Board, simplify system upgrades, increase fire safety [3].

The use of wireless technologies in critical systems such as AIRCRAFT flight control or AD operation is associated with a number of conflicting requirements. For reliable data transmission in real time over a radio channel with a frequency of information exchange from 30 to 100 Hz between wireless network nodes located outside the line of sight, taking into account the shielding of metal structures and signal attenuation, it is necessary to increase the power of receivers and transmitters (transceivers) in a complex electromagnetic environment on Board. However, the power supply of wireless onboard devices from Autonomous power sources, preventing the influence of radiation on the operation of neighboring radio channels and electronic onboard equipment must have a low energy consumption.

In the framework of the European project "WILDCRAFT" (Wireless Smart Distributed End System for Aircraft) of the European program "Clear sky" [2] when selecting and analyzing wireless communications in the onboard aviation system, the problem of matching power consumption with data transfer speed, band and frequency range was noted. Only 2.4 GHz communication standards were studied, which is accepted worldwide as an unlicensed band frequency. It has the highest rate of development of both methods and technologies for radio frequency data transmission, and components for their implementation. The experiments used commercial COTS components with low cost, with temperature resistance up to + 85 ºC.

The use of wireless technologies in such critical systems as flight control of aircraft OR operation as a technology for wireless data transmission are considered Wi-Fi and WiMAX technologies [4]. Wi-Fi is based on the IEEE 802.11 specification . WiMAX is an industry specification of the IEEE 802.16 standard . It provides the highest data transfer speed. It provides a wide range of spectrum frequencies from 2 to 11 GHz , data transfer rates of 10 Mbit / s – 54 Mbit / s, average operating range and average power consumption .

The "WILDCRAFT" project shows that when large amounts of data are transmitted, such as 32 kbit, from sensor nodes containing multiple sensors, the amount of data to transfer between nodes makes Wi-Fi the best choice for an on-Board wireless network. This is due to the fact that the throughput with the best specific energy consumption indicators (NJ/bit) is significantly increased.

One of the main problems in the implementation of wireless technologies on Board the aircraft is the noise immunity of the wireless data transmission channel and its electromagnetic compatibility (EMC). The onboard radio and navigation equipment may interact with these wireless devices in an electromagnetic manner. You should also consider additional factors and features of these technologies, such as: electromagnetic noise, signal

reflections from obstacles (multipath propagation), signal fading, interference from other devices of the same channel or neighboring frequencies, and signal attenuation in the environment. Special experimental studies are needed to study the influence of these factors on the performance of the wireless onboard network [5].

For use in critical aviation systems, not only wireless narrow-band, but also ultra-wide-band (UWB) data transmission can be effective [6]. The characteristics of systems using pulse transmission technology of UWB signals allow their effective use for building a BIIS that organizes the exchange between the nodes of connecting aviation measuring devices and the control controller in a complex interference environment and under strict energy restrictions. Unlike traditional wireless transmission systems, a UWB transmitter generates a very short pulse that can propagate and carry information without the need for additional carrier modulation. Transmission of short UWB pulses requires much less energy than a comparable narrow-band transmission signal. If the network is running in low-power mode, the nodes of the BIIS based on UWB signals can only interact with their nearest neighbors; this makes it easier to solve the problem of cross-channel interference that occurs when using narrow-band data transmission.

Thus, the analysis allows us to draw the following conclusions.

1. The introduction of wireless technologies in onboard networks for measuring parameters of aircraft and aircraft engines will allow:
   - to create a highly efficient system of measurement, monitoring and diagnostics a new generation with a flexible, easy-to-change structure that reduces the cost of 20 ... 40% weight and dimensions of the system by reducing the number of connectors and cables;
   - increase reliability by reducing the number of connectors and reconfiguring the wireless network;
   - reduce system maintenance costs by 5 ... 8 times;
   - simplify system upgrades;
   - increase fire safety.
2. The main problems of using wireless technologies on aircraft are:
   - provide reliable wireless data transfer at the required rate and at a specified distance with electromagnetic compatibility wireless information measuring network with on-Board systems insevere operating conditions of aircraft engines;
   - reduce power consumption by wireless electronic devices systems for measuring, monitoring and diagnostics of technical condition aircraft engines.
3. The use of pulse data transmission technology based on ultra-wideband signals will allow you to build an energy-efficient wireless information measuring network to ensure operation in a complex electromagnetic environment.

References:

1. Securaplane Technologies Inc.: SecuraNet™ WIRELESS TECHNOLOGY IntraAircraft Wireless Data Bus for Essential and Critical Applications. 2007. URL: http:// https://www.securaplane.com/

2. Rama K. Yedavalli, Rohit K. Belapurkar «Application of wireless sensor networks to aircraft control and health management systems», J Control Theory Appl 2011, 9 (1), 28–33

3. [http://trudymai.ru/upload/iblock/223/gurevich_kesselman_trofimov_chernyshov_rus.pdf]

4. Харада Р. Сравнение беспроводных технологий // Журнал сетевых решений/LAN. 2007. no. 5. URL: https://www.osp.ru/lan/2007/05/4194508

5. Современные беспроводные технологии: проблемы применения на авиационном борту Гуревич О.С., Кессельман М.Г., Трофимов А.С., Чернышов В.И. http://trudymai.ru/upload/iblock/223/gurevich_kesselman_trofimov_chernyshov_rus.pdf

6. Удодов А.Н., Анализ возможностей построения энергоэффективных беспроводных сенсорных сетей для мониторинга работы двигателей // Труды МАИ. 2014. no. 74. URL: http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=49034

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1. **András Zöld**, professor; DSc, University of Debrecen, Hungary
2. **Attila Kerekes**, engineer; Ph.D., University of Debrecen, Hungary
3. **Аванесов Артем Аркадиевич**, студент 2 курса магистратуры, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
4. **Алашеев Вадим Викторович**, сотрудник, кандидат технических наук, Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
5. **Александрова Татьяна Яковлевна**, доцент, кандидат экономических наук, ЧОУ ВО «Московский университет имени С.Ю. Витте», Филиал в г. Ростове-на-Дону
6. **Аль-Обайди Али Тавафан**, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
7. **Антонов Андрей Владимирович**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
8. **Артюхов А.А.**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
9. **Батенков Кирилл Александрович**, сотрудник, д. т. н., доцент, Академия ФСО России
10. **Бинеев Энвер Абдулхакович**, проф. каф. ОНП, к.х.н., проф., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
11. **Богатырева Е.В.**, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
12. **Болдырихин Николай Вячеславович**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
13. **Борзенко Андрей Сергеевич**, студент 2-го курса магистратуры, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
14. **Борисов Борис Петрович**, доцент, к.т.н., доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
15. **Бородина Анастасия Алексеевна**, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
16. **Боярчук Андрей Эдуардович**, профессор кафедры кандидат технических наук, Ростовский филиал государственного казенного образовательного учреждения высшего образования «Российская таможенная академия», Ростов-на-Дону, Россия
17. **Бречко Александр Александрович**, сотрудник, кандидат технических наук, Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
18. **Шевченко В.В.**, бакалавр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
19. **Вакурин Илья Сергеевич**, студент, магистрант кафедры СИТиС МТУСИ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики

20. **Ведерникова Ольга Геннадиевна**, доцент, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО РГУПС «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия
21. **Вершенник Алексей Васильевич**, преподаватель, Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
22. **Вершенник Елена Валерьевна**, старший преподаватель, кандидат технических наук, Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
23. **Володин Виталий Викторович**, студент, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
24. **Гадасин Денис Вадимович**, зам. Зав. Кафедры СИТиС МТУСИ, к.т.н., доцент, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
25. **Гаевская Любовь Александровна**, старший преподаватель, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
26. **Герасимов Игорь Николаевич**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н. доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
27. **Герасимов Николай Игоревич**, преподаватель ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», к.т.н.
28. **Гладыщук Сергей Васильевич**, студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
29. **Головина Ирина Витальевна**, доцент, кандидат экономических наук, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
30. **Гроздовский Николай Олегович**, курсант, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации
31. **Гулиев Мамедаслан Насир оглы**, диссертант, Азербайджанский Технический Университет
32. **Гусейнов Руслан Рустамович**, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
33. **Деремов Михаил Валерьевич**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
34. **Дисенов Артур Амангалиевич**, заместитель начальника кафедры, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», к.т.н.
35. **Докучаев Сергей Аркадьевич**, ст. преподаватель, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
36. **Евстафьев В.В.**, доцент кафедры Радиоэлектроника», ктн, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)

37. **Елесютиков Илья Иванович**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
38. **Елисеев Александр Вячеславович**, профессор кафедры «Радиоэлектроника», д.т.н, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
39. **Енгибарян Ирина Алешаевна**, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» СКФ МТУСИ, канд. техн. Наук, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
40. **Ершов Валерий Васильевич**, доцент кафедры, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
41. **Жуковский Александр Георгиевич**, Заместитель директора по учебно-воспитательной работе СКФ МТУСИ, профессор каф. ИТСС СКФ МТУСИ, д.пол.н., к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
42. **Заварыкина Юлия Валерьевна**, преподаватель кафедры информационного обеспечения ОВД, Уральский юридический институт МВД России
43. **Зверев Алексей Петрович**, доцент, ктн, доцент, Академия гражданской защиты МЧС России, Химки
44. **Земляная Дарья Алексеевна**, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
45. **Зехцер Владимир Олегович**, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
46. **Зубишин Дмитрий Алексеевич**, студент 2-го курса магистратуры, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
47. **Ибрагимов Байрам Ганимат оглы**, д.т.н., профессор, Азербайджанский Технический Университет
48. **Игнатьев Олег Леонидович**, доцент, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО РГУПС «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия
49. **Игнатьева Олеся Владимировна**, доцент, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО РГУПС «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия
50. **Калинин Константин Борисович**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
51. **Калмыков Никита Сергеевич**, группа М091901(75), ИТ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
52. **Карпиленя Николай Васильевич**, доктор военных наук, профессор, профессор кафедры социальных наук учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»
53. **Кирюшкин Владислав Викторович**, начальник отдела, ОАО НВП «Протек», к.т.н., доцент

54. **Клименко И.С.**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
55. **Кобак Валерий Григорьевич**, профессор, д.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
56. **Когай Валерий Николаевич**, Доцент кафедры Информационных технологий ТУИТ, кандидат технических наук, Ташкентский Университет Информационных Технологий имени Аль Хорезмий
57. **Кодиров Азамат Алмат угли**, преподаватель-докторант каф. «Сети и системы передачи данных», Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан
58. **Козловский Сергей Максимович**, курсант, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
59. **Колдынская Лариса Михайловна**, ст. преподаватель, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
60. **Коломиец Е.А.**, техник 2-ой категории, сотрудник, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
61. **Кольцова Анастасия Викторовна**, студент, магистрант кафедры СИТиС МТУСИ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
62. **Комарова Александра Николаевна**, курсант, Уральский юридический институт МВД России
63. **Конкин Борис Борисович**, заведующий кафедрой ОНП СКФ МТУСИ, к.ф.-м.н, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
64. **Константинова Яна Борисовна**, доцент, к.ф-м.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
65. **Копелиович Михаил Викторович**, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
66. **Коршун Анна Михайловна**, доцент кафедры ОНП СКФ МТУСИ, к.г.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
67. **Костецкая Галина Сергеевна**, доцент, к.ф.-.м.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
68. **Кравченко Вадим Романович**, к. т. н., доцент, Академия ФСО России
69. **Краснов К.Е.**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
70. **Красноус Максим Юрьевич**, сотрудник, Академия ФСО России

71. **Кундрюкова Наталья Ивановна**, магистр, Донской государственный технический университет
72. **Легостаев Михаил Александрович**, студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
73. **Липченко Ю.П.**, старший преподаватель, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
74. **Литвяков В.С.**, студент, БРС1601, РиТ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
75. **Лященко Зоя Владимировна**, старший преподаватель, ФГБОУ ВО РГУПС «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, Россия
76. **Манин Александр Анатольевич**, директор СКФ МТУСИ, кандидат технических наук, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ);
77. **Маршаков Даниил Витальевич**, доцент кафедры «Вычислительные системы и информационная безопасность», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
78. **Медведев Михаил Сергеевич**, студент первого курса магистратуры, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
79. **Мелешин Александр Сергеевич**, преподаватель цикла общепрофессиональных, математических и естественно – научных дисциплин, к.т.н., доцент, Федеральное государственное казенное военное профессиональное образовательное учреждение «183 учебный центр» Министерства обороны Российской Федерации
80. **Мержвинский Анатолий Александрович**, к.т.н., Институт Кибернетики им. В.М. Глушкова, г. Киев
81. **Молчанова Ангелина Михайловна**, курсант, Уральский юридический институт МВД России
82. **Моногаров Олег Валерьевич**, студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
83. **Нагаев Дмитрий Сергеевич**, курсант, ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
84. **Нерсесянц Альфред Аванесович**, проф., д.т.н., с.н.с., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
85. **Никитин Валерий Валериевич**, преподаватель, Военная академия связи им. С.М. Буденного, г. Санкт-Петербург
86. **Орлов В.Г.**, к.т.н., доц. каф. «Телевидение и звуковое вещание», Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
87. **Орлова А.С.**, студентка, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)

88. **Павлов Сергей Владимирович**, к.т.н., с.н.с., доцент, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
89. **Пан Валерий Валерьевич**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
90. **Петров Георгий Валентинович**, Академия ФСО России
91. **Пешкевич А.А.**, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
92. **Пилипенко Ирина Александровна**, ассистент кафедры «Кибербезопасность информационных систем», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
93. **Полякова Анна Николаевна**, студент, магистрант кафедры СИТиС МТУСИ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
94. **Полякова Марианна Витальевна**, инженер научно-исследовательской части ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения»
95. **Поркшеян В.М.**, к.ф-м.н. доц., декан факультета ИИТ, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
96. **Пугачева Мария Алексеевна**, студентка группы БВТ1702, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
97. **Ревякина Елена Александровна**, доцент, к.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
98. **Решетникова Ирина Витальевна**, доцент каф. ИТСС СКФ МТУСИ, к.т.н, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
99. **Ромашко Сергей Сергеевич**, студент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
100. **Руденко Николай Валерьевич**, доцент кафедры «Радиоэлектроника», к.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
101. **Рудый Сергей Валерьевич**, адъюнкт, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
102. **Рыбалко Игорь Петрович**, доцент, ктн, доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
103. **Сабинина Елена Романовна**, тренер-преподаватель, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
104. **Сафарьян Ольга Александровна**, доцент кафедры «Кибербезопасность информационных систем» ДГТУ, канд. техн. Наук, Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)

105. **Светличная Наталия Олеговна**, доцент, к.ф.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
106. **Севрюкова Мария Викторовна**, курсант 307 учебной группы факультета подготовки сотрудников полиции, Уральский юридический институт МВД России
107. **Серьянов Н.И.**, студент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
108. **Скупкина Ярослава Николаевна**, курсант, Уральский юридический институт МВД России
109. **Сокиренко Л.В.**, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
110. **Соколов Сергей Викторович**, заведующий кафедрой информатики и вычислительной техники, доктор технических наук, профессор, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
111. **Соколова Ольга Олеговна**, студентка ДГТУ, СРп41, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
112. **Сопранцова Юлия Сергеевна**, старший преподаватель кафедры «Иностранные языки», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
113. **Усаров Абдурасул Бахтиёр угли**, Магистрант ТУИТ по направлению Компьютерный Инжиниринг ИТ Сервис, Ташкентский Университет Информационных Технологий имени Аль Хорезмий
114. **Усманова Наргиза Бахтиербековна**, доцент каф. «Сети и системы передачи данных», Ташкентский университет информационных технологий, Ташкент, Узбекистан
115. **Файсханов Ирек Фоатович**, преподаватель кафедры, Уральский юридический институт МВД России
116. **Фатхулин Тимур Джалилевич**, старший преподаватель кафедры МК и ИТ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
117. **Фатхулина Галия Гализяновна**, доцент кафедры ИЯ и Л МосГУ, к.п.н., доцент, Московский гуманитарный университет
118. **Федяев Илья Александрович**, студент 2 курса магистратуры, направление 11.04.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» – Беспроводные инфокоммуникационные сети, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
119. **Харченко Виктор Викторович**, Заместитель начальника кафедры ВУНЦ ВВС «ВВА», кандидат технических наук, доцент, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
120. **Харченко Данил Викторович**, курсант, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

121. **Цветков Дмитрий Сергеевич**, бакалавр, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
122. **Черепанов Денис Александрович**, доцент, ВУНЦ ВВС ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», к.т.н.
123. **Чикалов Андрей Николаевич**, доцент, к.т.н., доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
124. **Чистяков Илья Николаевич**, студент, М091901(71), ИТ, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
125. **Швидченко Светлана Александровна**, доцент каф. ИВТ СКФ МТУСИ, к.т.н., Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
126. **Шипшова Елена Михайловна**, магистрант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
127. **Шкабрий Р.С.**, бакалавр, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донской государственный технический университет» (ДГТУ)
128. **Щербань Игорь Васильевич**, профессор кафедры информационных и измерительных технологий, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет
129. **Юдина Алена Александровна**, студент группы № М111901(78), магистр, Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский технический университет связи и информатики
130. **Юхнов Василий Иванович**, заведующий кафедрой «Инфокоммуникационные технологии и системы связи» СКФ МТУСИ, доцент, канд. техн. наук доцент, Северо-Кавказский филиал ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» (СКФ МТУСИ)
131. **Юхнова Виктория Васильевна**, студентка 2 курса экономического факультета, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования Южный федеральный университет

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

András Zöld 507
Attila Kerekes 507
Аванесов А.А. 34
Алашеев В.В. 291
Александрова Т.Я. 438
Аль-Обайди А.Т. 230
Антонов А.В. 458
Артюхов А.А. 169
Батенков К.А. 112,261
Бинеев Э.А. 435
Богатырева Е.В. 435
Болдырихин Н.В. 230,336
Борзенко А.С. 198
Борисов Б.П. 198,416
Бородина А.А. 300
Боярчук А.Э. 396,405
Бречко А.А. 275,280,295
Вакурин И.С. 153
Ведерникова О.Г. 426
Вершенник А.В. 275,280,291,308
Вершенник Е.В. 280,295,308
Володин В.В. 204
Гадасин Д.В. 26,98,153
Гаевская Л.А. 496
Герасимов И.Н. 92,144,149,200
Герасимов Н.И. 92,200
Гладыщук С.В. 116,464,522
Головина И.В. 438
Гроздовский Н.О. 257,531
Гулиев М.Н. 189
Гусейнов Р.Р. 318
Деремов М.В. 116
Дисенов А.А. 149
Докучаев С.А. 498
Евстафьев В.В. 212
Елесютиков И.И. 458
Елисеев А.В. 49,59
Енгибарян И.А. 68,72,226
Ершов В.В. 116
Жуковский А.Г. 233,241,245,249
Заварыкина Ю.В. 480
Зверев А.П. 391
Земляная Д.А. 336
Зехцер В.О. 424
Зубишин Д.А. 416
Ибрагимов Б.Г. 189
Игнатьев О.Л. 443
Игнатьева О.В. 426,443
Калинин К.Б. 34
Калмыков Н.С. 129
Карпиленя Н.В. 489
Кирюшкин В.К. 144
Клименко И.С. 161
Кобак В.Г. 233,237,241,245,249
Когай В.Н. 179
Кодиров А.А. 123
Козловский С.М. 140
Колдынская Л.М. 241,245,498
Колесина А.В. 534
Коломиец Е.А. 386
Кольцова А.В. 98
Комарова А.Н. 322
Конкин Б.Б. 522
Константинова Я.Б. 525
Копелиович М.В. 34
Королева Л.П. 531
Коршун А.М. 386
Костецкая Г.С. 498
Кравченко В.Р. 261
Краснов К.Е. 161
Красноус М.Ю. 261
Кундрюкова Н.И. 49
Легостаев М.А. 452
Липченко Ю.П. 233
Литвяков В.С. 77,86
Лященко З.В. 443
Мадинский Ф.В. 527
Манин А.А. 11,19
Маршаков Д.В. 318
Медведев М.С. 208
Мелешин А.С. 257,527,531
Мержвинский А.А. 343,360
Молчанова А.М. 334
Моногаров О.В. 92,525
Нагаев Д.С. 149
Неплуев Н.И. 534
Нерсесянц А.А. 360
Никитин В.В. 275,291,295,303
Орлов В.Г. 77,86
Орлова А.С. 212
Павлов С.В. 208
Пан В.В. 219
Петров Г.В. 303
Пешкевич А.А. 233
Пилипенко И.А. 68,72
Полякова А.Н. 98
Полякова М.В. 11,19
Поркшеян В.М. 237
Пугачева М.А. 264
Ревякина Е.А. 424
Решетникова И.В. 230,254
Ромашко С.С. 469
Руденко Н.В. 116,161,169,212,219,458
Рудый С.В. 140
Рыбалко И.П. 230,391
Сабинина Е.Р. 496
Сафарьян О.А. 68,72
Светличная Н.О. 498,525,527

Севрюкова М.В. 480
Серьянов Н.И. 169
Скупкина Я.Н. 328
Сокиренко Л.В. 435
Соколов С.В. 11,19
Соколова О.О. 59
Сопранцова Ю.С. 522
Стрельчук С.С. 534
Усаров А.Б. 179
Усманова Н.Б. 123
Файсханов И.Ф. 322,328,334
Фатхулин Т.Д. 264,473
Фатхулина Г.Г. 473
Федяев И.А. 226
Харченко В.В. 140
Харченко Д.В. 140
Цветков Д.С. 391
Черепанов Д.А. 144,149
Чикалов А.Н. 391,452,464,469
Чистяков И.Н. 104
Швидченко С.А. 237,249
Шевченко В.В. 241,249
Шипшова Е.М. 336
Шкабрий Р.С. 237,245
Щербань И.В. 34
Юдина А.А. 26
Юхнов В.И. 68,72,226,300,396,405
Юхнова В.В. 501