

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА
– ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА:**

Николашин Ю.Л. Генеральный директор ПАО «Интелтех». Кандидат технических наук

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ЖУРНАЛА:

Кулешов И.А. Первый заместитель генерального директора ПАО «Интелтех» по научной работе. Д.т.н., доцент

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА ЖУРНАЛА

(Председатель редколлегии):

Будко П.А. Ученый секретарь ПАО «Интелтех». Д.т.н., профессор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА:

Катанович А.А. Главный научный сотрудник НИИ ОСИС ВМФ ВУНЦ ВМФ «Военно-морская академия имени Н.Г. Кузнецова». Д.т.н., профессор. Заслуженный изобретатель РФ

Кузичкин А.В. Заместитель генерального директора Научно-исследовательского института телевидения по информационным технологиям. Д.т.н., профессор. Заслуженный деятель науки РФ

Курносов В.И. Заместитель генерального директора АО «НИИ «Рубин» по научной работе. Д.т.н., профессор.

Лычагин Н.И. Заслуженный работник высшей школы РФ

Мирошников В.И. Заместитель директора научно-технического центра по развитию ПАО «Интелтех». Д.т.н., профессор

Половинкин В.Н. Генеральный конструктор ПАО «Интелтех». Д.т.н., профессор. Заслуженный деятель науки РФ

Присяжнюк С.П. Генеральный директор ЗАО «Институт телекоммуникаций». Д.т.н., профессор. Заслуженный деятель науки РФ

Чуднов А.М. Профессор кафедры Военной академии связи имени Маршала Советского Союза С.М. Буденного. Д.т.н., профессор

Яшин А.И. Заместитель генерального директора – директор научно-технического центра ПАО «Интелтех». Д.т.н., профессор. Заслуженный деятель науки РФ

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:

Бобровский В.И. ПАО «Интелтех» (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., доцент

Винограденко А.М. Военная академия связи (г. Санкт-Петербург). К.т.н., доцент

Габриэлян Д.Д. ФНПЦ «Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи» (г. Ростов-на-Дону). Д.т.н., профессор

Дорогов А.Ю. ПАО «Интелтех» (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., доцент

Жуков Г.А. ПАО «Интелтех» (г. Санкт-Петербург). К.т.н., старший научный сотрудник

Легков К.Е. Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского (г. Санкт-Петербург). К.т.н., доцент

Липатников В.А. Военная академия связи (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Макаренко С.И. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина) (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., доцент

Маковий В.А. АО «Концерн «Созвездие» (г. Воронеж). Д.т.н., старший научный сотрудник

Минаков В.Ф. Санкт-Петербургский государственный экономический университет (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Михайлов Р.Л. Череповецкое высшее военное инженерное училище радиоэлектроники (г. Череповец). К.т.н.

Одоевский С.М. Военная академия связи (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Пашинцев В.П. Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь). Д.т.н., профессор

Путилин А.Н. ПАО «Интелтех» (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Федоренко В.В. Северо-Кавказский федеральный университет (г. Ставрополь). Д.т.н., профессор

Финько О.А. Краснодарское высшее военное училище имени генерала армии С.М. Штеменко (г. Краснодар). Д.т.н., профессор

Цимбал В.А. Филиал Военной академии РВСН имени Петра Великого (г. Серпухов). Д.т.н., профессор

Семенов С.С. Военная академия связи (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Саенко И.Б. Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской Академии Наук (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

Стародубцев Ю.И. Военная академия связи (г. Санкт-Петербург). Д.т.н., профессор

**EDITORIAL BOARD CHAIRMAN
– JOURNAL EDITOR-IN-CHIEF:**

Nikolashin Y.L. General Director of PJSC «Inteltech». Doctorate of Technical Sciences

JOURNAL DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Kuleshov I.A. First Deputy General Director of PJSC «Inteltech» for Scientific Work. Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

JOURNAL DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

(Editorial Board Chairman):

Budko P.A. Academic Secretary of PJSC «Inteltech». Doctor of Technical Sciences, Professor

EDITORIAL COUNCIL MEMBERS:

Katanovich A.A. Chief Research Officer of the ISIS Institute of the Navy WUNCC Navy "N.G. Kuznetsov Naval Academy". Doctor of Technical Sciences, professor. Honored Inventor of the Russian Federation

Kuzichkin A.V. Deputy Director General of Information technology television Research Institute. Doctor of Technical Sciences, Professor. Honored Science Worker of the Russian Federation.

Kurnosov V.I. Director General of JSC "NII" Rubin" in scientific work. Doctor of Technical Sciences, Professor.

Lychagin N.I. Higher School Honored Employee of the Russian Federation Deputy Director of Science and Technology Development Center of PJSC «Inteltech». Doctor of Technical Sciences, Professor

Miroshnikov V.I. General Designer of PJSC «Inteltech». Doctor of Technical Sciences, Professor. Science Honored Worker of the Russian Federation

Polovinkin V.N. Scientific Head of FSUE Krylovsky State Scientific Center, Doctor of Technical Sciences, Professor. Honored Worker of Science of the Russian Federation

Prisyazhnik S.P. Director General of CJSC Institute telecommunications. Doctor of Technical Sciences, professor. Science Honored Worker of the Russian Federation

Chudnov A.M. Department Professor of the Communications Military Academy named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budennyi. Doctor of Technical Sciences, Professor

Yashin A.I. Deputy Director General – Director of Scientific and Technical Center of PJSC «Inteltech». Doctor of Technical Sciences, Professor. Science Honored Worker of the Russian Federation

EDITORIAL BOARD MEMBERS:

Bobrovskiy V.I. PJSC "Inteltech" (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Vinogradenko A.M. Military Academy of Communications (St. Petersburg) Doctorate of Technical Sciences, Associate Professor

Gabrielyan D.D. FNPC "Rostov-on-Don Scientific Radio Research Institute" (Rostov-On-Don). Doctorate of Technical Sciences, Associate Professor

Dorogov A.Y. PJSC "Inteltech" (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Zhukov G.A. PJSC "Inteltech" (St. Petersburg). Doctorate of Technical Sciences, Senior Researcher

Legkov C.E. Military Space Academy of A.F. Mozhaiskiy (St. Petersburg). Doctorate of Technical Sciences, Associate Professor

Lipatnikov V.A. Military Academy of Communications (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Makarenko S.I. Saint Petersburg State LETI Electrotechnical University of V.I. Ulyanov (Lenin) (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Makoviy V.A. Concern Constellation JSC (Voronezh). Doctor of Technical Sciences. Senior Researcher

Minakov V.F. St. Petersburg State Economic University (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Mikhailov R.L. Cherepovets Higher Military Engineering School of Radio Electronics (Cherepovets). Doctorate of Technical Sciences

Odoevskiy S.M. Military Academy of Communications (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Pashintsev V.P. North Caucasus Federal University (Stavropol). Doctor of Technical Sciences, Professor

Putilin A.N. PJSC "Inteltech" (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Fedorenko V.V. North Caucasus Federal University. (Stavropol). Doctor of Technical Sciences, professor

Finko O.A. Krasnodar Higher Military School named after General of the Army S.M. Stemenko (Krasnodar). Doctor of Technical Sciences, Professor

Tsymbal V.A. Branch of the Great Petr RVSN Military Academy (Serpukhov). Doctor of Technical Sciences, Professor

Semenov S.S. Military Academy of Communications (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Saenko I.B. Saint Petersburg Institute of Informatics and Automation of the Sciences Russian Academy (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

Starodubtsev Y.I. Military Academy of Communications (St. Petersburg). Doctor of Technical Sciences, Professor

РЕДАКЦИЯ: Верстка принт-макета: **Мамончикова А.С.**
Дизайн обложки: **Шаутин Д.В.**
Поддержка сетевой версии журнала: **Лебедев Д.А.**
Секретарь редакции: **Михайлова Н.В.**

АДРЕС РЕДАКЦИИ: 197342. Россия. г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, дом 8,
Телефон: +7(812) 542-90-54; +7(812) 448-95-97; +7(812) 448-96-84
Факс: +7(812) 542-18-49. E-mail: inteltech@inteltech.ru.
Официальный сайт: www.inteltech.ru; www.mce-journal.ru



Научно-технический журнал «Техника средств связи» – это рецензируемое научное издание, в котором публикуются результаты научных исследований специалистов в области современных инфокоммуникационных технологий и автоматизированных систем управления, средств связи и информационной безопасности. Журнал является правопреемником издававшихся с 1959 года Министерством промышленности средств связи СССР всесоюзных журналов «Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника проводной связи» и «Вопросы специальной радиоэлектроники. Серия: Техника проводной связи». С 1975 года журнал издается под названием «Техника средств связи». Учредитель и издатель журнала: Публичное акционерное общество «Информационные телекоммуникационные технологии» (ПАО «Интелтех»). Адрес учредителя и издателя журнала: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8.

СОДЕРЖАНИЕСИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ**Николашин Ю.Л., Винокур М.В.**

Системы управления в корабельных комплексах связи. Этапы развития и пути совершенствования.....2

Абрамкин Р.В., Бартош В.В., Веселовский А.П., Винограденко А.М.

Интеллектуальные системы контроля технического состояния источников автономного электроснабжения полевых объектов связи16

ПЕРЕДАЧА, ПРИЕМ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ**Солозобов С.А., Шевченко В.В., Щукин А.Н.**

Децентрализованное использование частотного ресурса декаметрового диапазона волн в сложной помеховой обстановке.....28

Моисеев А.А., Киселев А.А., Сударев А.П.

К вопросу о строительном расчете сверхдлинноволновых радиолиний передачи.....37

СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**Козлов К.В., Кулешов И.А., Сенчуков М.В., Козлова А.К.**

Разработка требований к комплексу авиационной связи надводного авианесущего корабля с групповым базированием воздушных судов (летательных аппаратов).....49

Меженев А.В.

Модель контроля технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения.....54

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**Мамончикова А.С.**

Анализ известных работ исследования динамического многостороннего информационного конфликта.....64

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**Васильев Н.В., Довжиков С.Н.**

Виртуальная машина исполнения и планирования блочно-структурированных бизнес-процессов.....76

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**Михайлюк П.П., Малаева Е.А.**

Проблема экологии в организации работ, связанных с нанесением гальванического покрытия на детали при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры для морской группы исполнения.....86

Информация о конкурсе.....95**Поздравление**.....99**CONTENTS**CONTROL SYSTEMS**Nikolashin Y.L., Vinokur M.V.**

Control systems in ship communication systems. Stages of development and ways of improvement.....2

Abramkin R.V., Bartosh V.V., Veselovsky A.P., Vinogradenko A.M.

Intelligent systems for monitoring the technical condition of Autonomous power supply sources for field communication facilities16

TRANSMISSION, RECEPTION AND PROCESSING OF SIGNALS**Solozobov S.A., Shevchenko V.V., Shchukin A.N.**

Decentralized use of the frequency resource decameter wave range in a complex interference environment.....28

Moiseyev A.A., Kiselev A.A., Sudarev A.P.

To the issue of construction calculation of ultra-long-wave radio links of transmission.....37

COMMUNICATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS**Kozlov K.V., Kuleshov I.A., Senchukov M.V., Kozlova A.K.**

Working out of requirements to a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship with group basing of aircrafts (flying machines).....49

Mezhenov A.V.

Model of control of technical condition communications and radio equipment.....54

INFORMATION SECURITY**Mamonchikova A.S.**

Analysis of known works of dynamic multilateral information conflict research64

COMPUTING SYSTEMS**Vasiliev N.V., Dovzhikov S.N.**

Simple execution and block-structured planning business processes machine.....76

ADVANCED RESEARCHES**Mikhaillyuk P.P., Malaeva E.A.**

The problem of ecology in the organization of work related to the electroplating of parts in the manufacture of electronic equipment for the marine performance group.....86

Information on a competition.....95**Congratulation**.....99

Рубрики журнала: Анализ новых технологий и перспектив развития техники средств связи • Системы управления • Передача, прием и обработка сигналов • Системы связи и телекоммуникации • Перспективные исследования • Вычислительные системы • Информационные процессы и технологии. Сбор, хранение и обработка информации • Моделирование сложных организационно-технических систем • Вопросы обеспечения информационной безопасности • Интеллектуальные информационные системы • Робототехнические системы • Электронные и радиотехнические системы • Объекты интеллектуальной собственности и инновационные технологии в области разработки средств телекоммуникаций

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 623.9

**Системы управления в корабельных комплексах связи.
Этапы развития и пути совершенствования**

Николашин Ю.Л., Винокур М.В.

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы развития и совершенствования корабельных средств связи. Проведен анализ технического уровня и тенденций развития систем управления комплексов связи надводных кораблей от корабельных диспетчерских пультов для радиопередающих устройств (30-40-е годы), коммутаторов выносных постов связи и пультов радистов-операторов (50-60-е годы), аппаратуры централизованного дистанционного управления (70-80-е годы), автоматизированных комплексов связи (80-90-е годы), систем автоматизированного управления и контроля (90-е годы XX века), до аппаратуры сопряжения и коммутации средств связи, интегрированных комплексов связи, интегрированных систем сопряжения и коммутации, а также автоматизированных информационно-управляющих подсистем многофункциональных интегрированных комплексов связи – в наши дни.*

***Ключевые слова:** система управления средствами связи; комплекс связи надводного корабля; технические средства; многофункциональный интегрированный комплекс связи.*

Когда речь заходит о том или ином комплексе связи (КС), устанавливаемом на любом объекте ВМФ (надводный корабль, подводная лодка, береговой объект связи, вспомогательное судно и т. д.), то, в первую очередь, имеют ввиду систему управления (СУ) техническими средствами в данном комплексе. Объясняется это тем, что состав средств, входящих в любой комплекс связи, практически одинаков для данного заказчика. Такое оборудование как: средства шифровальной аппаратуры связи (ШАС), станции спутниковой связи, комплексы видеоконференцсвязи, набор антенно-фидерных устройств (АФУ), радиоприемные устройства (РПУ) и радиостанции (РСТ) различных диапазонов частот определяются однозначно заказчиком – Службой связи ВМФ, и, как правило, изготавливаются и поставляются предприятиями – единственными поставщиками данной продукции. Незначительные отличия в составе комплекса могут быть только в выборе радиопередающих средств, оконечных и коммутационных устройств. Существенные отличия в комплектации оборудования по номенклатуре (типу) и количественному составу будут изменяться для различных объектов установки.

Системы управления и, соответственно, комплексы связи, в интересах ВМФ, поставляют в настоящее время несколько предприятий:

– для надводных кораблей и вспомогательных судов: АО «НИИ «Нептун», АО «ОНИИП», ЗАО «ПКБ «РИО», ЗАО «СПТБ «Звездочка», ИТЦ «КБ «Связьморпроект» АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», ПАО «Интелтех»;

– для подводных лодок: АО «РИМР», АО «Прибой», ПАО «Интелтех», ИТЦ «КБ «Связьморпроект» АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор»;

– береговых объектов: АО «НИИ «Нептун», АО «ОНИИП», АО «НТИ «Радиосвязь», ПАО «Интелтех».

Далее в статье будут рассмотрены только СУ комплексов связи надводных кораблей.

Система управления в общем виде, представляет собой часть комплекса связи, выполняющая функции централизованного дистанционного управления его составными элементами по формированию (расформированию) и контролю трактов связи и управления средствами комплекса в процессе подготовки трактов к осуществлению по ним связи [1].

Система управления имеет уровень автоматизации, соответствующий конкретному классу (рангу, проекту) корабля, судна, объекта [2].

Состав СУ зависит от количества постов и операторов связи. В неё входят:

- рабочее место оператора (дежурного по связи);
- антенные и трактовые коммутаторы;
- коммутаторы ШАС и оконечных средств связи;
- аппаратура управления и контроля работоспособности средств комплекса связи.

Первоначально, при некомплексированном использовании КС, управление средствами связи осуществлялось с лицевых панелей, все оборудование различных трактов связи было жестко сопряжено между собой, в случае необходимости изменения в трактах связи производились вручную гибкими шлангами (кабелем).

В последствии были разработаны специальные диспетчерские пульта для дистанционного управления радиопередающими устройствами (РПДУ) с приемного радиопередатчика. Эти пульта были установлены на всех крейсерах постройки 1937-1941 гг. После окончания Великой Отечественной войны, с учетом анализа техники связи, установленной на кораблях германских ВМС, были созданы выносные посты связи (ВПС), пульта радистов-операторов (ПРО), пульта буквопечатающей связи, предназначенные для обмена информацией с береговыми пунктами управления (БПУ) и взаимодействующими силами (установлены в 1949 г. на крейсере проекта 26-бис «Максим Горький», а затем на береговых объектах и, при модернизации, на линкоре «Новороссийск») [3].

Это оборудование явилось прообразом системы дистанционного управления [1]. Известно о семи модификациях коммутаторов ПРО и ВПС для различных проектов кораблей. Постепенно, с развитием информационных технологий, появляются возможности для создания систем дистанционного управления, позволяющих удаленно управлять средствами связи и контролировать их работоспособность. Благодаря данным системам, вся информация, необходимая для управления, сосредоточена на рабочем месте дежурного по связи, что позволяет сократить время на обслуживание комплекса связи, и повышает уровень его автоматизации.

Для нового парка средств связи (РПДУ Р-652, Р-653, Р-654; РПУ Р-675, Р-677, Р-678; РСТ Р-625, Р-618, Р-619, Р-405К) под новое поколение кораблей в Научно-исследовательском институте связи в 1958 году была выполнена НИР, и затем КБ «Связьморпроект» выполнило ОКР по созданию аппаратуры централизованного дистанционного управления (АЦДУ). После государственных испытаний на противокорабельной ракете (ПКР) пр. 1123 «Москва» в 1967 году, АЦДУ была принята на вооружение ВМФ и ей было присвоено наименование – аппаратура централизованного дистанционного управления П-460 «Дистанция». Аппаратура П-460 разрабатывалась в нескольких модификациях для оснащения кораблей различных рангов и классов. В ней, как и в коммутаторах ПРО и ВПС, проведение всех операций по управлению и коммутации средств связи осуществлялось по принципу «провод – команда». Данная система централизованного управления имела ограниченные функции из-за отсутствия у всей аппаратуры связи функции дистанционного управления. Для настройки некоторых средств связи (например, радиопередатчиков) необходимо было выполнить ряд ручных операций, что исключало возможность дистанционного формирования трактов связи. Но в то же время, благодаря наличию пультов дистанционного управления часть функций управления отдельными средствами связи могла осуществляться дежурным по связи, который участвовал в формировании тракта связи, выполняя определенные алгоритмы действий. Для этого были созданы пульта центральной коммутации, которые дополняли устройствами дистанционного управления и средствами межпостовой связи. Аппаратурой П-460 оснащались практически все корабли, строящиеся в стране до середины 70-х годов прошлого столетия, а также корабли, поставляемые на экспорт. В дальнейшем, наиболее распространенная модификация аппаратуры П-460-5 была модернизирована и принята на вооружение в 1977 году под наименованием П-460-5М «Дистанция-5М».

Новое поколение АЦДУ также создавалось под очередное поколение кораблей и, соответственно, под принципиально новые средства связи. Именно в этот период – период создания системы дистанционного управления средствами связи П-462 («Рубка-К» (рис. 1) и «Рубка-А») стали представлять создание АЦДУ как разработку корабельного комплекса связи. Буква «А» означает принадлежность оборудования к связи с авиацией корабельного базирования. Появилось понятие «автоматизированный комплекс связи (АКС)» надводного корабля (НК) ряда Р-785 («Тайфун-К» и «Тайфун-А»), которое подразумевает совокупность техники связи, включающую антенно-фидерные устройства, устройства коммутации, каналообразующую аппаратуру, оконечную аппаратуру и рабочие места операторов, объединенных единой АЦДУ. Вся аппаратура связи и АЦДУ создавались по единому замыслу и по единым принципам управления («провод – команда»). В АКС Р-785 «Тайфун» часть средств, благодаря наличию запоминающих устройств, имела возможность хранить радиоданные. Также комплекс был способен контролировать функционирование средств связи, автоматически настаивать широкополосные РПДУ с высокой стабильностью частот. АКС «Тайфун» имел полноступенчатое дистанционное управление средствами связи, что позволяло централизованно и автоматизированно управлять трактами связи. Главным разработчиком АЦДУ было определено СКБ ЛПО им. Козицкого (ныне – АО «НИИ «Нептун»). Одновременно с разработкой системы дистанционного управления (СДУ) П-462 создавался целый ряд новых средств связи: РПДУ Р-630, Р-631, Р-632, Р-633; РСТ Р-623, Р-624, Р-611; РПУ Р-680, Р-681, Р-682, Р-683; антенно-фидерные устройства К-667-001, К-667-002; антенных коммутаторов; аппаратов магнитной записи; аппаратуры контроля и т. д. Опытный образец СДУ П-462-1 был установлен на ТАКР пр. 1143 «Киев». Все модификации АКС, а они создавались для оснащения кораблей 1-3 рангов, приняты на вооружение ВМФ в 1975 году. Последний АКС ряда «Тайфун» был установлен в 2000 году на ТАКР пр. 1142.2 «Петр Великий». Всего данными комплексами были оснащены 35 боевых кораблей ВМФ.

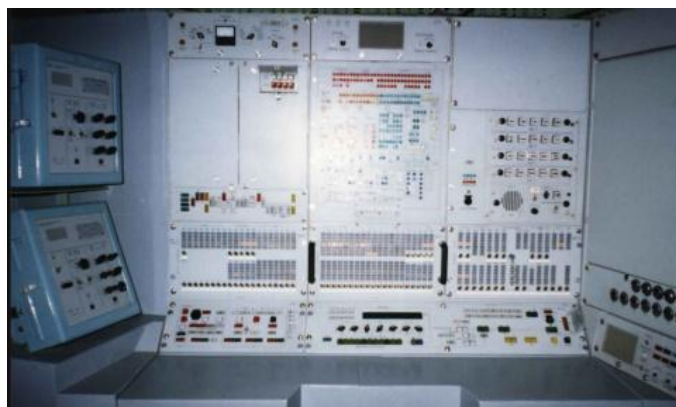


Рис. 1. СДУ средствами связи П-462 «Рубка-К»

Необходимость обеспечения прямого взаимодействия с корабельными боевыми информационно-управляющими системами (БИУС) и обмена между кораблями и летательными аппаратами (самолетами, вертолетами) большими потоками информации на очередном поколении кораблей потребовало создания принципиально нового поколения АЦДУ, построенной на основе широкого применения средств вычислительной техники (ВТ) с использованием микропроцессора «Нейрон». Разработка системы автоматизированного управления и контроля (САУК) «Координатор» (рис. 2), и АКС выполнялась СКБ ЛПО им. Козицкого в ОКР «Буран». САУК «Координатор» и АКС «Буран» на время проведения и завершения государственных испытаний (1987 г.) являлись первыми в стране системой и комплексом для вооружения кораблей, в которых на базе впервые примененных средств ВТ осуществлялась интеграция техники связи в единый комплекс. Внедрение средств ВТ

позволило впервые автоматизировать процессы управления средствами связи АКС. Автоматизация организации процессов связи обеспечило применение для связи как оптимальных рабочих частот, так и функций контроля трактов и отдельных средств АКС, сформированных на основе единой линии коллективного пользования (ЛКП) и программных методов управления. АКС «Буран» уже позволял автоматически создавать тракты связи и использовать предварительное формирование с запоминанием конфигурации и всех режимов работы средств связи, а также осуществлять централизованный контроль за состоянием средств связи автоматизированного комплекса связи. Один из первых АКС Р-782 «Буран-К» был установлен на МДК пр. 12322 в 1983 году. Принципы построения САУК «Координатор» были использованы при разработке систем управления АКС «Буран-К» для вооружения кораблей различных рангов и назначения. В 1987 году на ТАКР «Тбилиси» (ныне – «Адмирал Флота Советского Союза Кузнецов») АКС «Буран-2» с САУК «Координатор-2К» и «Координатор-2А», впервые в истории ВМФ, обеспечил посадку самолетов Су-27К и МиГ-29К. Появление на рынке ПЭВМ с большей памятью позволило ЗАО «ПКБ «РИО» разработать автоматизированные рабочие места (АРМ) дежурного по связи (ДС), которые совмещали в себе функции как центрального пульта управления, так и вычислительного устройства. АРМ ДС дало возможность на новом уровне организовать взаимодействие оператора с аппаратурой связи и повысить уровень автоматизации процессов формирования трактов связи. Такие АРМ ДС в последствии были установлены при модернизации на ряд кораблей ВМФ в составе САУК «Координатор-2К», «Координатор-2А», «Координатор-5К» и др.



Рис. 2. САУК «Координатор»

В 1981 году для кораблей 3 ранга Севастопольский НПК «Муссон» приступил к разработке САУК-Б в составе АКС Р-784 «Буран-7» в малогабаритном исполнении, в которой использовался принцип управления «провод – команда». Применение более современных ЭВМ позволило получить достаточно гибкую структуру построения АКС. Однако, из-за низкой надежности программного обеспечения САУК-Б и аппаратуры, входящей в состав АКС (радиостанции Р-603 «Кварк» и Р-625, микропроцессоры «Нейрон») массового внедрения данной системы управления и комплекса, в целом, не произошло.

Сокращение строительства НК и объемов финансирования НИОКР, с одной стороны, и необходимость выполнения требований по поддержанию в технической готовности существующих кораблей, с другой, потребовали нового подхода при разработке АЦДУ, заключающегося в создании простого, надежного и дешевого оборудования. К созданию такой аппаратуры приступило ГУП «КБ «Связьморпроект» в рамках ОКР «Дистанция-М» (рис. 3). Разработанная аппаратура сопряжения и коммутации средств связи (АСКС) выполняла, в

основном, функции коммутации, и лишь частично – управления. Тем не менее, в ней была применена встроенная микро-ЭВМ, позволившая обеспечить управление КС в полном объеме с использованием современных технологий на базе АРМ, при сохранении и резервного варианта – «ручного» управления с лицевых панелей технических средств и АСКС. Разработка АСКС П-454 была завершена в 1999 г., а в 2001 г. она принята на вооружение ВМФ.

В это же время, АО «НИИ «Нептун» и ЗАО «ПКБ «РИО» завершили в инициативном порядке разработку аппаратуры коммутации (АК) средств связи «Буран-6Д» (рис. 4) и П-450 «Бриз» (рис. 5), соответственно. Аппаратура построена на одних принципах, коммутация осуществляется в ручном режиме, функций управления не выполняет и предназначена для оснащения кораблей 3 и 4 ранга (катеров) и морских судов обеспечения. Отсутствие и невозможность использования в АК элементов современной ВТ делали ее упрощенной, по сравнению с предыдущими поколениями АЦДУ. Образцы прошли государственные испытания, но решением начальника связи ВМФ в 2001 г. на вооружение была принята только АК П-450.



Рис. 3. АСКС П-454 «Дистанция»



Рис. 4. АК «Буран-6Д»



Рис. 5. АК П-450 «Бриз»

В дальнейшем, для автоматизации процессов управления средствами комплексов связи кораблей 2-4 ранга, на основе АК «Буран-6Д» АО «НИИ «Нептун» в 2008 г. создал пульт управления дежурного по связи (ПУ-ДС) для однопостового размещения аппаратуры на кораблях (катерах) с ограниченным составом обслуживающего персонала (совмещение функций дежурного и оператора связи). ПУ-ДС (рис. 6) обеспечивал подключение до 14 средств каналообразования и до 8 – оконечного оборудования, включая специальное, формировал одновременно до 6 трактов связи, имел встроенное оборудование управления и коммутации, специальное программное обеспечение.



Рис. 6. ПУ-ДС

САУК АКС типа «Буран-К» продолжает в инициативном порядке последовательно совершенствоваться АО «НИИ «Нептун», и к 2000 году включает в себя (рис. 7-10):

– подсистему ВЧ коммутации;

- подсистему НЧ коммутации;
- систему дистанционного централизованного управления и контроля.

Подсистема ВЧ коммутации определяется номенклатурой средств связи и принципиально не отличается от своего прототипа. Достоинством АКС типа «Буран-К» является опережающее внедрение нового оборудования – АФУ и антенных коммутаторов, в основном, собственной разработки и технико-экономическая оптимизация на их основе схем коммутации.

Подсистема НЧ коммутации является радиально-пространственной, инвариантной к коммутируемым сигналам без ограничения полосы пропускания, уровней, направлений передачи, цифрового или аналогового представления.

Это определило следующие преимущества САУК:

- внедрение новых средств связи по информационным цепям, с реализацией любых вариантов стыков, общих для оборудования тракта;
- любую кратность наращивания средств;
- высокий коэффициент применения коммутационных модулей без дополнительных преобразователей, что обеспечило как сокращение ЗИП, так и возможность осуществления ремонта в море;
- эффективность как для малых кораблей и катеров, так и для крупных кораблей (крейсеров, эсминцев);
- повышенную надежность и живучесть за счет оптимизации топологии, согласованной с проектантом кораблей;
- обеспечение аварийных режимов коммутации без изменения принципа и дополнительного оборудования;
- сохранение состояния коммутационного поля при пропадании и перерывах в электропитании;
- отсутствие требования к высокой квалификации личного состава.

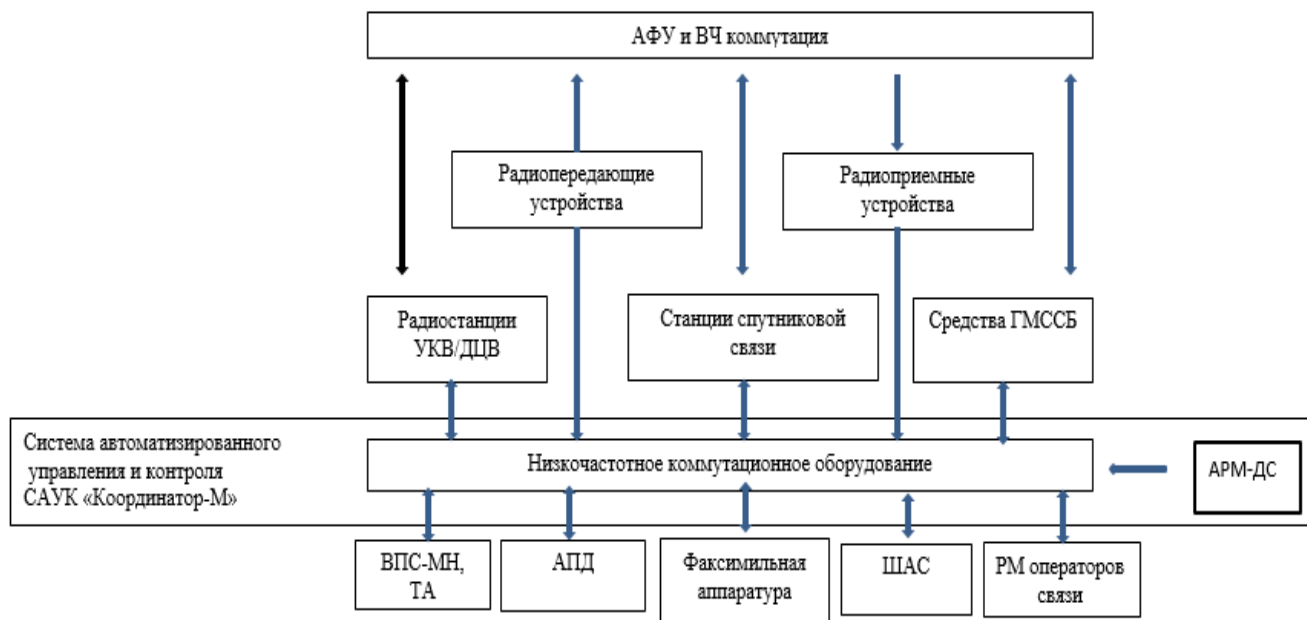


Рис. 7. Структурная схема АКС «Буран-М»



Рис. 8. АРМ-ДС



Рис. 9. Устройство коммутации и управления (УКУ)



Рис. 10. Устройство коммутации абонентское

Достоинствами САУК комплекса «Буран-М» являются: простота освоения и понятный интерфейс, надежность, отсутствие больших затрат в ходе эксплуатации и при техническом обслуживании, а также возможность модернизации.

Созданная в 2000 г. на базе САУК АКС «Буран-К», модернизированная система управления комплекса «Буран-М» «Координатор-М» принципиально отличалась от предыдущих систем. САУК «Координатор-М» представлял собой комплекс, в котором малонадежные и морально устаревшие аппаратные и программные средства управления заменены на современные аппаратные и программные средства, обеспечивающие автоматизацию процессов управления средствами связи, а рабочее место оператора – на АРМ, на базе ЭВМ, рис. 11 [4].

Параллельно с работой АО «НИИ «Нептун» по совершенствованию САУК «Координатор», предприятием ПКБ «РИО» в рамках ОКР «Модернизация автоматизированного комплекса связи для надводных кораблей ВМФ 2-3 ранга» (шифр: «Рубероид») была разработана информационно-управляющая система (ИУС), которая обеспечивала формирование трактов радиосвязи дежурным по связи в автоматическом (с терминала дежурного по связи – терминала ДС) и резервном режимах (с терминала местного управления системы цифровой коммутации и управления – прибора СЦКУ), а также в аварийном режиме (с панели устройства управления и сигнализации УО-32 и передних панелей РПУ, РПДУ и РСТ). Основным прибором ИУС являлась система цифровой коммутации и управления (СЦКУ) (рис. 12), объединяющая функции цифрового коммутатора трактов связи на базе стандартов *ISDN* (ЦКТС), устройства управления техническими средствами (УУТС) и коммуникационной среды [5].

Терминал ДС обеспечивал стандартный набор функций. Программное обеспечение (ПО) терминала ДС содержало следующие электронные документы: таблицу радиосетей, таблицу позывных и схему-приказ радиосвязи.

ИУС также обеспечивала контроль выполнения команд коммутации и управления, техническим состоянием канальных средств радиосвязи по системе «исправно – неисправно», а также дистанционный самоконтроль (самодиагностику) канальных средств радиосвязи и СЦКУ в объеме их дистанционного управления с информированием дежурного по связи о произошедшем отказе средства при помощи звуковой и световой сигнализации с автоматическим протоколированием отказа. Коммутируемые информационные стыки: С1-ТЧР, ТЛФ (с расширенной полосой), А2 (Слуховой ТЛГ), С1-ТГ, С1-И, S-интерфейс, ИКМ 30 (Е1), RS-232С (С2), А9, ИРПС, RS-485. ИУС в составе АКС Р-779 устанавливается на корабле ВМФ с 2002 года. Экспортная модификация комплекса – АКС «Рубин-ЭГ».

Продолжая совершенствовать СУ средствами связи, АО «НИИ «Нептун» в рамках ОКР «Рокот» в 2013 г. разработал информационно-управляющую систему «Нептун-ИУС-Р», рис. 13.



Рис. 11. Терминал УО-51 (АРМ дежурного по связи)



Рис. 12. ЦПКУ

ИУС является программно-аппаратным комплексом и предназначена для автоматизированного дистанционного управления техническими средствами автоматизированного корабельного комплекса связи (АККС), мониторинга их состояния и цифровой пакетной коммутации всех видов сообщений (передачи данных, телеграфных сообщений, речи, команд телеуправления техническими средствами). Локальная сеть ИУС построена на основе технологии *Ethernet 10/100BASE-T* (стандарт *IEEE 802.3*) и имеет основной и резервный каналы.

«Нептун-ИУС-Р» обеспечивает управление (коммутацию) аппаратурой связи нового и старого парка. Для этого все средства, подключаемые к ИУС, условно разделены на 4 группы:

- группа I – цифровое оборудование, имеющее один вход/выход *Ethernet* и подключаемое к маршрутизатору типа *Cisco 2911*;
- группа II – цифровое оборудование, имеющее один вход/выход *Ethernet* и подключаемое к основному и резервному каналам ЛВС ИУС через маршрутизатор типа *Cisco 2911* и модуль *MME*;
- группа III – цифровое оборудование, подключаемое к основному и резервному каналам ЛВС ИУС непосредственно;

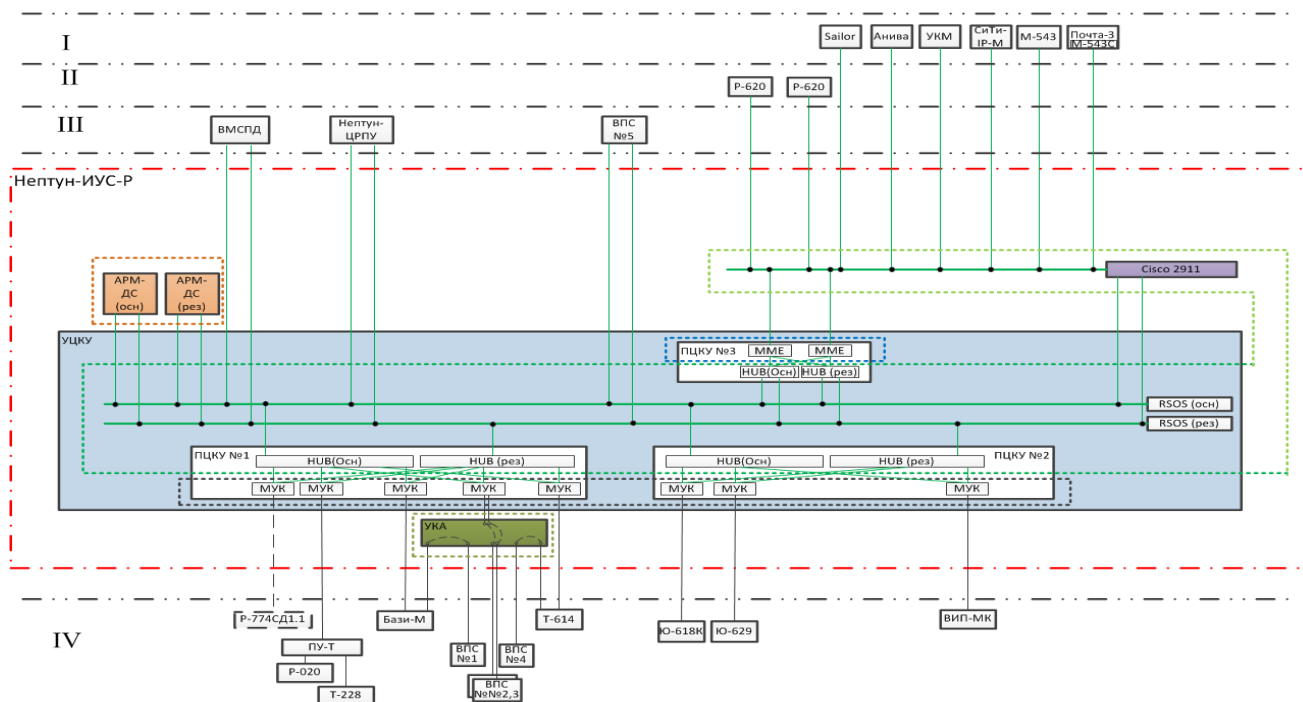


Рис. 13. Структура системы управления «Нептун-ИУС-Р» в составе АККС «Рокот»

– группа IV – аналоговое или низкоскоростное цифровое оборудование, подключаемое к ЛВС ИУС через модуль управления и коммутации (МУК).

Это обеспечило открытую архитектуру АККС, построенную на основе сетевых технологий, имеющую единую транспортную магистраль и обеспечивающую маршрутизацию всех видов сообщений, а также модульный принцип построения комплекса, позволивший гибко изменять структуру, применительно к требованиям конкретного проекта корабля.

Управляющим устройством ИУС является АРМ-ДС, представляющее собой программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий автоматизацию функций управления средствами АКС. ПО АРМ-ДС может работать под управлением различных операционных систем (*QNX Neutrino, Windows* и др.). В основу разработки ПО различных модификаций АККС «Рокот» легли единые принципы построения программной архитектуры. Общая последовательность действий для создания ПО универсальна: проектирование, дизайн, кодирование, тестирование, документирование, внедрение и сопровождение. Основные требования к дизайну (разработка интерфейса оператора) – это простота, интуитивность и минимальные затраты на выполнение действий. Модульный принцип разработки специального ПО (СПО) позволяет унифицировать разрабатываемые библиотеки программ и дает существенные преимущества на этапе сопровождения и модификации СПО.

Устройство цифровой коммутации и управления (УЦКУ) обеспечивает аналого-цифровое и цифро-аналоговое преобразование сигналов, обмен командами управления техническими средствами, а также пакетную коммутацию формируемых сообщений по сети *Ethernet*. В состав УЦКУ входят приборы цифровой коммутации и управления (ПЦКУ) и коммутаторы локальной сети. ПЦКУ выполняют преобразование разнородных интерфейсов управляющих цепей технических средств, в том числе «старого парка», через универсальные МУК в интерфейс *Ethernet 10/100BASE-T*; преобразование с использованием МУК различных интерфейсов информационных цепей технических средств в интерфейс *Ethernet 10/100BASE-T* и коммутацию пакетов, в соответствии с заданным алгоритмом коммутации; коммутацию информационно-управляющих цепей технических средств, имеющих интерфейс *Ethernet 10/100BASE-T*. Коммутаторы локальной сети предназначены для организации локальной сети ИУС на основе технологий *Ethernet*, подключения внешних сетей и маршрутизации сетевых трафиков (рис. 13, 14).

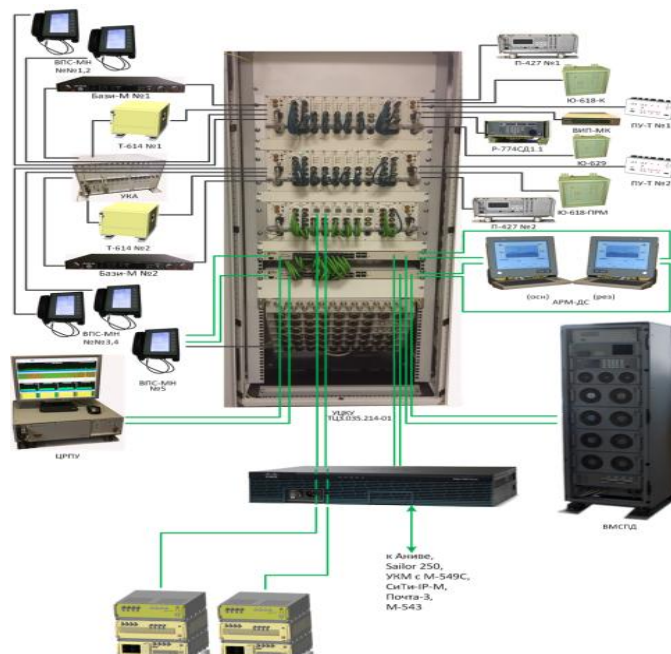


Рис. 14. Стойка УЦКУ

Локальная сеть ИУС, включающая АРМ-ДС, управляемый коммутатор, сетевой коммутатор ПЦКУ и сетевые интерфейсы МУК, а также технические средства с собственными сетевыми интерфейсами, построена по принципу 100-процентного резервирования и имеет «основной» и «резервный» каналы.

Изделие «Нептун-ИУС-Р», как самостоятельная система, успешно прошло государственные испытания в составе АККС «Рокот», в декабре 2013 года принято на вооружение ФСБ России, и с 2014 года поставляется для оснащения корабельно-катерного состава и береговых объектов связи береговой охраны Пограничной службы ФСБ России. На основе комплекса «Рокот» с 2019 года ведется разработка комплекса связи для ВМФ.

В 2014 году в составе интегрированного комплекса связи (ИКС) Р-760 «Ураган-Н» прошла государственные испытания, и стала поставляться для оснащения кораблей ВМФ автоматизированная информационно-управляющая подсистема (АИУП), разработанная АО «Омский НИИП». Данная подсистема (рис. 15) состоит из АРМ дежурного по связи, коммутаторов *Ethernet*, адаптеров технических средств и обеспечивает уже ставший штатным набор функций. Подключение к изделиям осуществляется по стыкам: *Ethernet*, С1-ТЧ, С1-ТГ, ИРПС, RS-232, «провод-команда» устройств и систем.



Рис. 15. ИКС Р-760

Практически параллельно с АО «Омский НИИП» свою аналогичную систему управления – интегрированную систему сопряжения и коммутации (ИССК) – в 2016 году создало АО «СПТБ «Звездочка». Данная система разработана и поставляется предприятием как системообразующий элемент модернизационного комплекта корабельного комплекса связи Р-752 «Пилот», и в его составе обеспечивает необходимое преобразование форматов, интерфейсов и коммутацию информационных и управляющих сигналов (см. рис. 16).

ИССК имеет варианты исполнения, проектируемые под заданный состав технических средств модернизируемого и ремонтируемого КС НК. ИССК состоит из одной или нескольких стоек, соединенных линиями связи по интерфейсам *Ethernet 10/100/1000BASE-T/TX* и/или *E1 G.703*. Терминал связи и управления ТС-У (см. рис. 17) построен на базе аппаратной платформы PC-1 разработки АО «СПТБ «Звездочка».

С 2016 года, в инициативном порядке создана, и в 2018 году выдержала государственные испытания АИУП многофункционального интегрированного комплекса

связи (МИКС) Р-772 (разработка ПАО «Интелтех») для оснащения надводных кораблей, морских судов обеспечения и судов вспомогательного флота. Вместе с традиционными функциями АИУП МИКС Р-772 должна обеспечивать формирование и расформирование трактов связи по заранее подготовленным сценариям – группировка 5 групп по 100 сценариев каждая; управление услугами внутренней и внешней связи; управлять сценариями и расписаниями сессий видеоконференцсвязи; формировать списки доступных для видеонаблюдения камер для каждого пользователя и т. п.

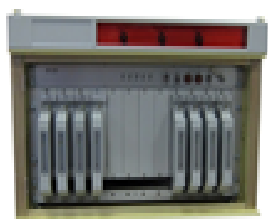


Рис. 16. ИССК



Рис. 17. Терминал связи и управления ТС-У

Этапы развития систем управления техническими средствами для изготавливаемых комплексов связи различных производителей представлены на рис. 18.

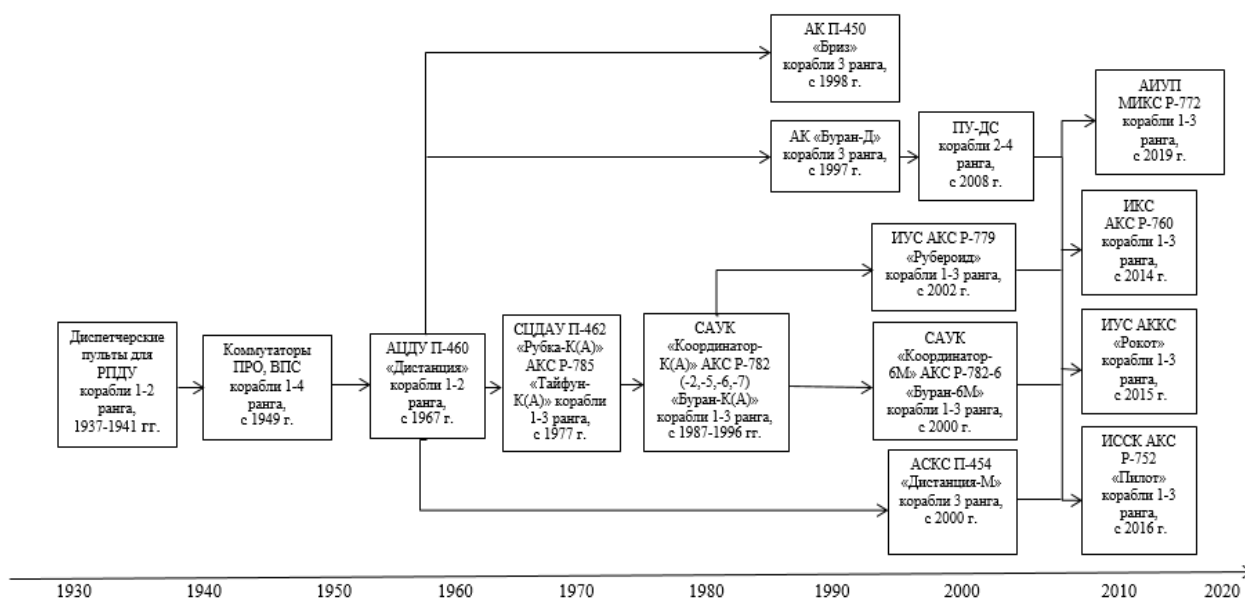


Рис. 18. Этапы развития систем управления корабельных комплексов связи

Дальнейшее развитие система управления, в частности ИУС АКС «Рокот», получила при выполнении инициативных исследований в АО «НИИ «Нептун» по теме «Рокот-А», направленных на обоснование облика базового автоматического комплекса связи (БАКС) для кораблей, судов и береговых объектов береговой охраны ФСБ России, ВМФ России и поставки на экспорт. ИУС БАКС должна создаваться с применением элементов искусственного интеллекта на основе технологии *Ethernet* 10/100/1000 с использованием протоколов *TCP/IP*, *UDP*. На АРМ и других терминах ИУС дополнительно должны решаться задачи информационной поддержки операторов, компьютерной поддержки принятия решения должностными лицами, электронного документооборота и т. д. При этом, типовые сценарии решений, возникающих в ходе работы задач, закладываются в специальное

программное обеспечение ИУС на этапе ее разработки, что позволяет минимизировать набор необходимых управляющих воздействий, сведя его к указанию новой цели (обеспечение своевременности доставки донесений, максимальной достоверности сообщений, скрытности работы радиосредств и т. п.) и вводу минимального набора ключевых параметров в диалоговом режиме информационного обмена с системой управления. Большинство операций, выполняемых оператором, в данном случае, сводится к подтверждению решений, предлагаемых интеллектуальной ИСУ [6]. Управление разнотипными техническими средствами и цифровая коммутация информационных потоков в ИУС должны осуществляться с использованием унифицированных модулей управления и коммутации.

Основными направлениями совершенствования ИУС определены следующие:

- модульный принцип построения, обеспечивающий возможность гибкого изменения структуры комплекса, применительно к требованиям конкретного проекта корабля (судна);
- применение цифровых технологий преобразования, обработки и распределения информации;
- обеспечение свободного управления и контроля работы средств БАКС. Комплекс должен иметь, как минимум, 4 вида управления техническими средствами: дистанционный автоматический, дистанционный автоматизированный, резервный дистанционный и аварийный ручной с лицевых панелей приборов;
- использование единых стандартов на форматы документов и представление данных;
- полномасштабная программная и аппаратная совместимость;
- возможность формирования вертикальных и горизонтальных связей на всех уровнях управления и взаимодействия;
- автоматическое (запрограммированное) формирование, расформирование трактов радиосвязи и управление режимами каналообразующих средств с учетом электромагнитной обстановки на корабле (судне, катере), автоматический выбор, назначение рабочих частот и мониторинг состояния средств связи [7];
- интеллектуальная поддержка должностных лиц органов управления связи при подготовке и принятии управленческих решений, документирование действий оператора (при его наличии) при управлении БАКС корабля (судна, катера);
- оперативное автоматизированное обновление информационных ресурсов у всех пользователей;
- гарантированная защита информации от несанкционированного доступа;
- единая адресная структура, протоколы и интерфейсы информационно-технического взаимодействия функциональных элементов подсистем;
- получение по запросу, с учетом разграничения доступа и приоритета информационных ресурсов и необходимых данных.

Такая ИУС может найти применение на перспективных кораблях (судах, катерах) и береговых объектах связи. В последнее время, в мировом судостроении наметилось новое направление – проведение исследований по созданию безэкипажных и дистанционно управляемых судов. Такие работы в России впервые были начаты в 2013 году при проектировании бортового дистанционно управляемого катера для заказа пр. 20386. Обмен информацией с кораблем-носителем должен осуществляться в режиме реального времени при плавании в дистанционно управляемом или автономном режиме (по заданному алгоритму), также предусматривается ручной режим управления. На катере планируется установить средства связи для обмена информацией с кораблем-носителем с организацией приемопередающего канала для режима дистанционного управления и высокоскоростного радиоканала для передачи видеосигнала в режиме реального времени, а так же обмена данными с пользовательским терминалом связи. Заказ 20386 предусматривает переносной пост управления катером (техническими средствами и вооружением) и средства обмена

информацией с катером (антенны, радиостанция, коммутационные устройства). Следует также учитывать, что с 2015 года активно ведутся работы в части разработки и производства робототехнических комплексов и систем, в том числе для кораблей (судов), а с 2018 года мероприятия проводятся в рамках Национальной технологической инициативы по направлению «Маринет», план работ («дорожная карта»), утвержденной распоряжением Правительства РФ от 29.03.2018 № 534-р.

Выводы

1. За 80 лет системы управления средствами связи ВМФ прошли путь от простейших диспетчерских пультов РПДУ до сложных автоматизированных систем, управляющих десятками технических средств.
2. Смена поколения систем управления, как правило, привязана к смене поколения кораблей. Системы управления одного поколения практически одинаковы, и имеют типовой набор функций.
3. Следует однозначно понимать, что в области кораблестроения конкурируют не комплексы связи, а системы управления средствами связи.
4. С ростом уровня автоматизации систем управления сокращается численность обслуживающего средства связи персонала, что на отдельных проектах кораблей (судов, катеров) приведет к обслуживанию комплексов связи непрофессионалами-связистами (вахтенными офицерами). Поэтому, требования к надежности оборудования систем управления с каждым поколением должны становиться более жесткими.

Литература

1. Лаврухин В.А., Елкин С.Н. История создания и совершенствования АКС подводных лодок, перспективы их развития // ТНТ сборник НИЦ связи ВМФ. Вып. 1 (153), СПб, 2002.
2. Директоров Н.Ф. Автоматизация управления и связь в ВМФ / Под ред. Ю.М. Кононова. СПб.: Элмор, 2001 – 509 с.
3. Никитин В.С., Теняев В.А. Динамика развития аппаратуры централизованного дистанционного управления корабельными средствами связи // ТНТ сборник НИЦ связи ВМФ. Вып. 1 (153), СПб, 2002.
4. Нероба Г.С., Катанович А.А. Комплексы и системы связи надводных кораблей. СПб.: Судостроение, 2006. – 312 с.
5. Кузеванов В.И., Лаврухин В.А. Проектирование автоматизированных комплексов связи кораблей ВМФ. СПб.: Элмор, 2009. – 232 с.
6. Зачатейский Д.Е., Лазарев Л.С. Интеллектуальная система управления корабельным комплексом связи // Радиотехника, электроника и связь. Сборник докладов V Международной научно-практической конференции, Омск, 2019. С. 295-310.
7. Муравченко В.Л., Катанович А.А. Автоматизация управления корабельными комплексами связи ВМФ. СПб.: Судостроение, 2014 – 217 с.

References

1. Lavrukin V.A., Elkin S.N. *Istoriya sozdaniya i sovershenstvovaniya AKS podvodnyh lodok, perspektivy ih razvitiya* [History of creation and improvement of AKS submarines, prospects of their development]. TNT collection of NIC communication of the Navy. Issue. 1 (153), SPb, 2002 (in Russian).
2. Automation of control and communication in the Navy. Under the general edition of Y.M. Kononov. SPb.: Elmor, 1998 (in Russian).
3. Nikitin V.S., Tenyaev V.A. *Dinamika razvitiya apparatury centralizovannogo distancionnogo upravleniya korabel'nymi sredstvami svyazi* [Dynamics of development of equipment of centralized remote control of ship communication facilities]. TNT collection of the Navy Communication Center. Issue. 1 (153), SPb, 2002 (in Russian).
4. Neroba G.S., Katanovich A.A. *Kompleksy i sistemy svyazi nadvodnyh korablej* [Complexes and communication systems of surface ships]. SPb.: Shipbuilding, 2006 (in Russian).

5. Kuzevanov V.I., Lavrukin V.A. *Proektirovanie avtomatizirovannykh kompleksov svyazi korablej VMF* [Design of automated communication complexes of ships of the Navy]. SPb.: Elmor, 2009 (in Russian).

6. Zachateysky D.E., Lazarev L.C. *Intellektual'naya sistema upravleniya korabel'nykh kompleksom svyazi* [Intelligent control system of ship communication complex]. Radio engineering, electronics and communication]. Compilation of reports of the V International Scientific and Practical Conference, Omsk, 2019 (in Russian).

7. Muravchenko V.L., Katanovich A.A. *Avtomatizatsiya upravleniya korabel'nykh kompleksami svyazi VMF* [Automation of control of naval communication complexes of the Navy]. SPb.: Shipbuilding, 2014 (in Russian).

Статья поступила 10 февраля 2020 г.

Информация об авторе

Николашин Юрий Львович – Генеральный директор ПАО «Интелтех». Кандидат технических наук. Тлф.: +7(812)295-66-66. E-mail: intelteh@inteltech.ru. Адрес: 197342, Россия, Санкт-Петербург, Кантемировская ул., д. 8.

Винокур Михаил Викторович – Директор АО «НИИ «Нептун». Тел.: +7(812)327-09-72. E-mail: inform@niineptun.ru. Адрес: 199178, г. Россия, Санкт-Петербург, В.О., 7 линия, д.80, корп.1, лит.А.

Control systems in ship communication systems. Stages of development and ways of improvement

Y.L. Nikolashin, V.M. Vinokur

Annotation. *Issues of development and improvement of ship communication facilities are considered. Analysis of technical level and trends of control systems of surface ships communication systems from ship dispatching panels for radio transmitting devices was carried out (30s-40s), switches of remote communication posts and radio operator consoles (50s-60s), Centralized remote control equipment (1970s-1980s), automated communication systems (1980s-1990s), automated management and control systems (1990s), Up to interface and switching equipment of communication facilities, integrated communication complexes, integrated interface and switching systems and automated information and control subsystems of multifunctional integrated communication complexes – nowadays.*

Keywords: *communication means control system; surface ship communication complex; technical means; multi-functional integrated communication complex.*

Information about Authors

Nikolashin Yriy L'vovich – General Director of PJSC «Inteltech». Doctorate of Technical Sciences. Tel: 8(812)295-66-66. E-mail: intelteh@inteltech.ru. Address: 197342, Russia, Saint-Petersburg, Kantemirovskaya, 8.

Vinokur Mikhail Viktorovich – Director of JSC "НИИ "Нептун". Tel.: +7(812) 327-09-72. E-mail: inform@niineptun.ru. Address: 199178, Russia, St. Petersburg, V.O., 7 line, 80, corp.1, lit. A.

Для цитирования: Николашин Ю.Л., Винокур М.В. Развитие систем управления в корабельных комплексах связи. Этапы развития и пути совершенствования // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 2-15.

For citation: Nikolashin Y.L., Vinokur M.V. Control systems in ship communication systems. Stages of development and ways of improvement. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 2-15 (in Russian).

УДК 621.396

Интеллектуальные системы контроля технического состояния источников автономного электроснабжения полевых объектов связи

Абрамкин Р.В., Бартош В.В., Веселовский А.П., Винограденко А.М.

Аннотация: Проведен анализ функционирования существующей системы контроля технического состояния автономной системы электроснабжения элементов полевых систем управления и связи. Представлены требования, предъявляемые к системам автономного электроснабжения полевых систем связи, с учетом их развития. Выделены основные направления развития и первоочередные задачи по совершенствованию автоматизированных систем контроля технического состояния автономной системы электроснабжения. Показан технологический базис перспективных интеллектуальных автоматизированных систем контроля, использование которого позволит многократно повысить эффективность контроля территориально-распределенных объектов связи.

Ключевые слова: система контроля; техническое состояние; системообразующее, электротехническое оборудование; система электроснабжения.

Введение

В настоящее время на снабжение ВС РФ принимаются электромеханические источники электроэнергии и электротехническое оборудование систем электроснабжения (СЭС) разрабатываемые в составе объектов и комплексов полевых систем управления и связи. Автономная система электроснабжения (АСЭС) представляет собой совокупность технических средств, предназначенных для обеспечения потребителей электрической энергией заданного качества в необходимом количестве в районе выполнения задачи. На данный момент в составе современных АСЭС объектов и комплексов полевых систем управления и связи применяются электромеханические источники электроэнергии (подвижные электростанции (ЭС) переменного трехфазного тока с линейным напряжением 400 В, частотой 50 Гц, автономные и встраиваемые электроагрегаты (ЭА) переменного и постоянного тока, а также электроустановки с отбором мощности (ЭУОМ) от двигателей силовых установок наземных транспортных средств, на базе которых создаются объекты), а также системообразующее электротехническое оборудование (базовая унифицированная СЭС объекта на колесном/гусеничном шасси).

Основными направлениями совершенствования техники и технологии автономного электроснабжения является ориентация на совершенствование традиционных способов получения электроэнергии при одновременном изыскании нетрадиционных способов электроснабжения, повышение эксплуатационно-технических характеристик первичных источников электроэнергии, совершенствование системы технического обслуживания и войскового ремонта электротехнических средств АСЭС, обеспечение электробезопасности личного состава, создание систем общего интеллектуального учета, контроля и диагностики технического состояния (ТС) электротехнических средств с использованием баз знаний.

Однако, особую озабоченность вызывает отсутствие перспективных инженерно-технических решений по созданию системы удаленного централизованного контроля ТС элементов АСЭС, с учетом требований по оперативности, точности, глубине контроля [1].

Таким образом, недостаточный текущий уровень технической оснащенности электромеханических источников электроэнергии и системообразующего оборудования, не позволяет осуществлять полный и оперативный контроль их ТС при требуемой достоверности.

Целью данной статьи является анализ существующей системы контроля ТС АСЭС ПУС тактического звена управления ВС РФ и внесение предложений по ее совершенствованию.

Анализ системы контроля технического состояния АСЭС

Проводимые в государстве мероприятия по реформированию ВС РФ предъявляют новые требования к системе управления связью.

Особенность этих требований определяется оперативно-тактическим назначением соединений, частей и подразделений группировок Сухопутных войск, их ролью и задачами в операциях – применение частей и подразделений различных родов войск и специальных войск осуществляется по единому плану и под единым руководством общевойскового командира с целью решения главной задачи: достижения победы над противником на определенном ограниченном территориальном пространстве в короткие сроки.

В этих условиях актуальность работ по созданию полевых объектов связи (ПОС) с высокими показателями подвижности, живучести и энерговооружённости вызвана потребностью реализации множества специфических функций (не только управленческих), необходимых частям и подразделениям различных родов войск для максимальной реализации их возможностей при решения главной задачи. При этом особенностями применения электротехнических средств (ЭТС) при выполнении поставленных задач являются:

- использование ЭТС в составе автономных централизованных СЭС элементов полевых систем связи и управления с централизацией электроснабжения в пределах групп;
- необходимость обеспечения надежного бесперебойного электроснабжения элементов полевой системы связи (ПСС);
- необходимость обеспечения устойчивого электроснабжения;
- необходимость обеспечения маневра электроэнергией в пределах элемента ПСС;
- выполнение требований по мобильности электротехнического оборудования для обеспечения потребностей ПСС по развертыванию, наращиванию и перестроению.

Материальной основой системы управления является система связи, которая, в свою очередь, является совокупностью взаимоувязанных и согласованных по задачам узлов и линий связи различного назначения, развертываемых для решения задач обеспечения управления войсками. Выполнение системой связи возложенных на нее задач возможно только при условии обеспечения электроэнергией необходимого качества и в достаточном количестве технических средств связи, составляющих ее основу. Это, с одной стороны, достигается проведением комплекса организационно-технических мероприятий, обеспечивающих производство, передачу и распределение электроэнергии, необходимой для функционирования технических средств связи в данных условиях оперативно-тактической обстановки. С другой стороны, электроснабжение средств связи заданного качества и необходимого количества невозможно без достаточного укомплектования соединений, частей и подразделений войск связи электротехническими средствами и имуществом, а также без поддержания ЭТС в готовности к использованию и непрерывного контроля их ТС [2].

Таким образом, техническая сложность устройств СЭС, ее многоуровневая структура, значительный разброс элементов системы на местности определяют необходимость обеспечения полного централизованного контроля ТС всех элементов АСЭС.

Система контроля ТС электротехнических средств ПОС предназначена для осуществления объективного контроля за ТС ЭТС элементов полевых систем управления и связи, предоставления должностным лицам на пункте управления измерительной информации о всех ЭТС в реальном времени и их фактическом состоянии, результатов прогнозирования состояний на требуемый период и интеллектуализированную поддержку принятия решений по обеспечению заданного уровня готовности АСЭС.

Задачи системы контроля АСЭС элементов систем управления и связи направлены на непосредственное решение задач электроснабжения, к которым относятся:

- определение состава, топологии и схем развертывания АСЭС узлов и комплексов средств связи;

- мониторинг общей обстановки и контроль ТС и режимов работы АСЭС, прогнозирование и предупреждение аварийных ситуаций, организация использования резерва;
- определение и проведение мероприятий противодействия аварийным процессам в АСЭС при отказах электротехнических средств;
- обеспечение безаварийной работы ЭТС, включая моменты их разворачивания и свертывания, а также создание условий экономичной работы источников электроэнергии;
- контроль и поддержание оптимальных режимов работы источников электроэнергии, обеспечение готовности резерва.

Технологической основой перспективной автоматизированной системы контроля (АСК) АСЭС является конвергенция современных контрольно-измерительных и информационно-телекоммуникационных технологий, позволяющих повысить эффективность системы контроля технического состояния АСЭС элементов полевых систем управления и связи за счет расширения функциональных возможностей в направлениях [3-5]:

- постоянного оперативного автоматического контроля ТС ЭТС полевых объектов связи;
- сбора, хранения и анализа информации о ТС ЭТС, других данных объективного контроля и учета, с использованием современных информационных технологий с целью предупреждения возникновения кризисных ситуаций вследствие прогнозируемого увеличения потока отказов.

В настоящее время оперативность и глубина контроля ТС, а также централизация управления элементами АСЭС недостаточна и не способна обеспечить необходимый уровень надежности системы. С целью повышения глубины, а также достоверности и оперативности контроля, разработан и планируется к применению перспективный пункт управления АСЭС (ПУ-АСЭС) в виде отдельной аппаратной, обеспечивающей следующие возможности:

- 1) автоматический сбор по каналам служебной связи и обработку данных о ТС 30-ти электростанций АСЭС ПОС с периодичностью в 15 минут;
- 2) автоматический анализ данных о текущем ТС АСЭС, автоматическое прогнозирование ТС АСЭС и выработку рекомендаций дежурному диспетчеру системы о блокировании возможных аварийных ситуаций за время не более 10 сек;
- 3) полное дистанционное управление в автоматическом и ручном режимах 30-ю электростанциями АСЭС ПОС на дальностях, обеспечиваемых каналами служебной связи;
- 4) решение информационных и расчетных задач управления АСЭС при планировании и осуществлении мероприятий электроэнергетического обеспечения ПОС.

Типовой вариант применения ПУ-АСЭС в составе централизованной СЭС элементов полевых систем управления и связи представлен на рис. 1.

Основная задача ПУ-АСЭС заключается в обеспечении централизованного автоматизированного управления АСЭС полевых узлов связи оперативно-тактического, оперативного, оперативно-стратегического и стратегического звеньев управления. Структура управления АСЭС должна строиться по иерархическому принципу по уровням управления, на каждом из которых решаются определенные вопросы в интересах всей системы. При централизации управления для обеспечения наибольшей эффективности системы управления необходимо соответствие структуры управления АСЭС структуре построения системы управления [6-9]. Работая в интересах АСЭС, ПУ АСЭС должен выдавать информацию о текущем ТС АСЭС и прогноз на ближайшую перспективу на пункт управления узлом связи (ПУУС) для обеспечения мероприятий по бесперебойности связи.

Однако, несмотря на очевидные достоинства, данная аппаратная обеспечивает контроль и управление лишь электромеханической частью АСЭС (рис. 2). При этом, системообразующее электротехническое оборудование (базовая унифицированная система электроснабжения (БУСЭС) аппаратных связи (рис. 3) существующей системой контроля и разрабатываемой ПУ АСЭС не охвачено, что отрицательно сказывается на надежности АСЭС элементов полевых систем управления и связи в целом.

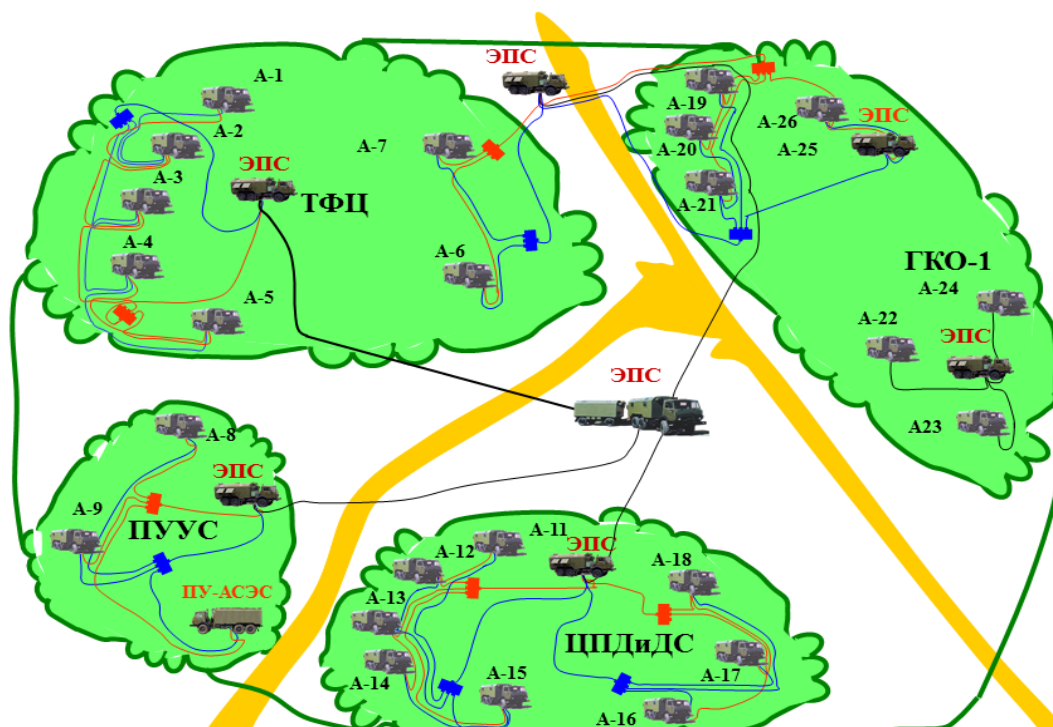


Рис. 1. Централизованная схема электроснабжения с применением ПУ-АСЭС

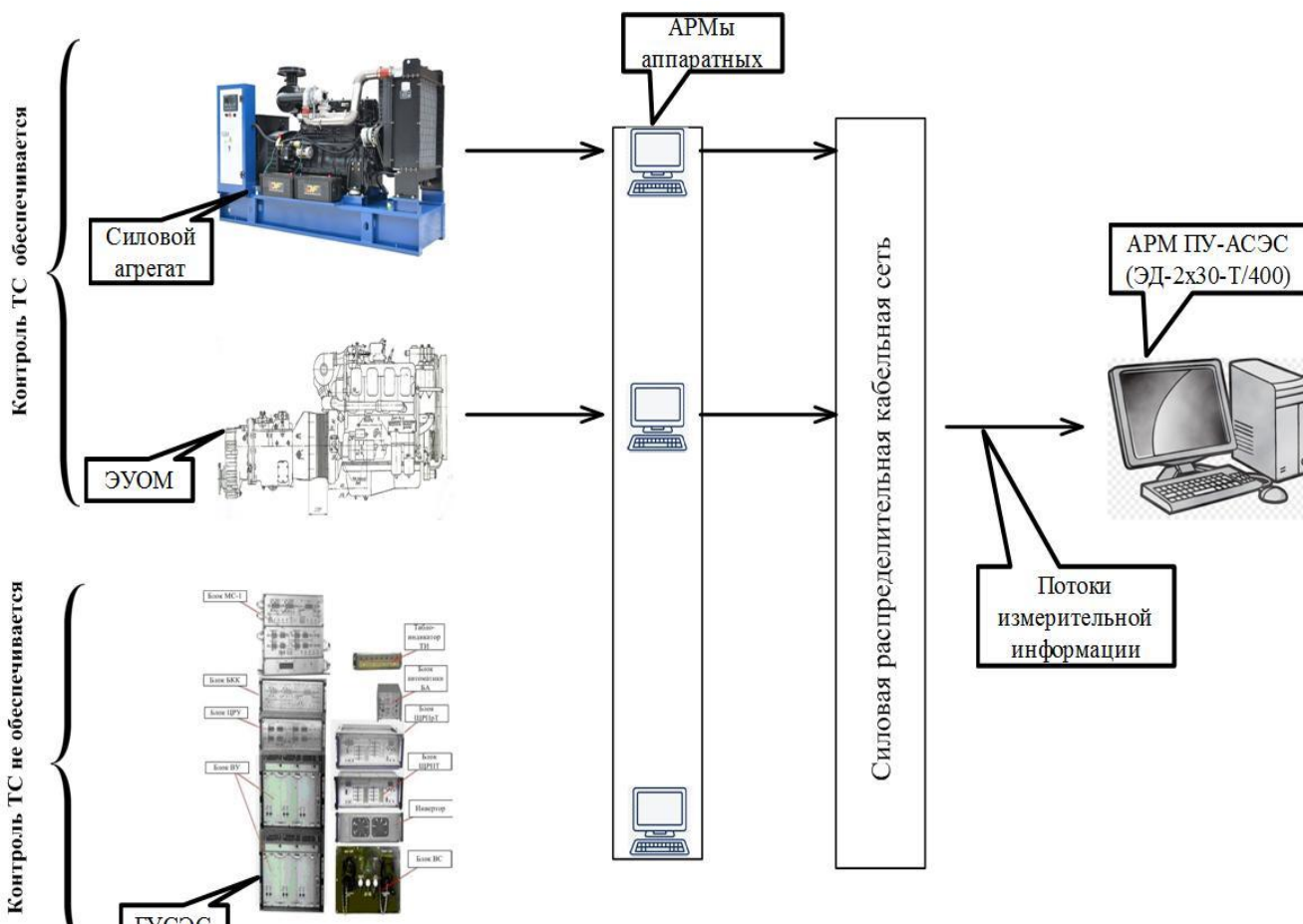


Рис. 2. Структура распределенных потоков измерительной информации

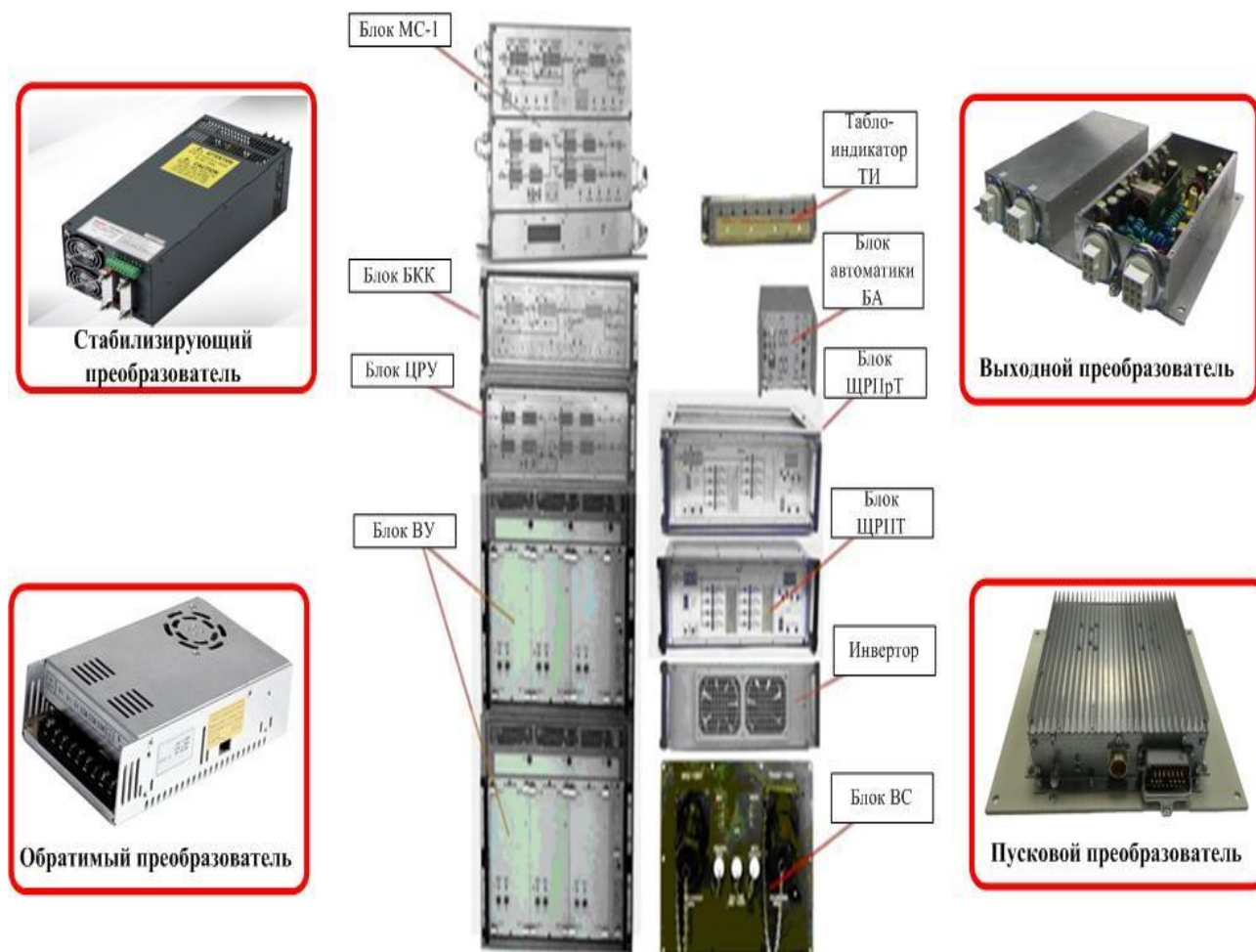


Рис. 3. Системообразующее электротехническое оборудование (БУ СЭС) полевого объекта связи

Кроме того, внедрение цифровых технологий на базе микроэлектронной техники при создании АСЭС имеет свои особенности: наряду с существенным общим отставанием в отечественном приборостроении, создании современных средств измерений и диагностирования, в том числе на аппаратных уровнях, вынуждает отечественных разработчиков использовать средства контроля иностранного производства коммерческого назначения, которые далеко не всегда отвечают существующим требованиям по надежности при размещении на подвижных объектах военного назначения [10].

В связи с этим существующая система контроля ТС АСЭС не обеспечивает необходимый уровень глубины и оперативности контроля. Главным недостатком существующей системы контроля ТС АСЭС можно назвать отсутствие автоматизированного (автоматического) контроля ТС, и, как следствие, отсутствие измерительной информации о ТС элементов системообразующего электротехнического оборудования (БУ СЭС) ПОС для принятия управляющих решений (должностными лицами дежурных смен).

В целях формирования структуры системы контроля необходима разработка следующих информационных модулей, работа которых основана на применении искусственного интеллекта:

- сбора, хранения, актуализации информации о техническом состоянии ЭТС;
- анализа динамики деградиционных изменений параметров ЭТС, прогнозирования их остаточного ресурса, возникновения отказов;
- базы знаний (правил) по порядку и методам выполнения измерений параметров ЭТС, актуализации библиотеки состояний и алгоритмов контроля, работы системы автоматизированного противоаварийного управления (САПАУ).

Важнейшей проблемой эксплуатации электротехнического оборудования является его надежность. Повышение сложности этого оборудования, отсутствие централизованного управления функционированием электротехнических средств в АСЭС привело к тому, что контроль технического состояния системообразующего оборудования осуществляется исключительно операторами на местах. Существующие СЭС аппаратных различаются между собой по функциональному составу и характеристикам элементов системы.

Сложившаяся ситуация негативно сказывается на унификации и вопросах обучения пользователей. Однако, в последние годы наметилась тенденция к переходу на унифицированную СЭС объектов управления и связи на гусеничном и колесном ходу. Система электроснабжения типовой аппаратной представляет собой набор функциональных блоков, обеспечивающих автономное (на стоянке и при движении объекта) электроснабжение приемников электроэнергии, подключение и нормальное функционирование аппаратуры и оборудования при питании от внешних источников электроэнергии переменного тока в составе АСЭС комплекса и от промышленной сети переменного трехфазного тока с линейным напряжением 380 В и другие возможности (рис. 3).

Анализ функциональных возможностей системы электроснабжения аппаратной показывает, что она представляет собой технически сложное устройство с широким использованием микропроцессорной техники. Такая реализация системы электроснабжения аппаратной существенно упрощает работу оператора, имеет высокую степень автоматизации, высокий уровень технической оснащенности и достаточный потенциал для создания на ее основе системы контроля технического состояния с минимальными материальными затратами на дополнительное оборудование.

Практика организации электроснабжения полевых узлов связи стратегического, оперативно-стратегического и тактического звеньев управления позволяет сформулировать основные исходные положения (принципы), определяющие применение системы контроля технического состояния электротехнических средств для обеспечения устойчивого функционирования системы связи. Основными свойствами системы контроля ТС ЭТС являются: опережающая готовность АСЭС при развертывании относительно готовности элементов полевой системы связи; централизация; непрерывность; избыточность; оперативность; достоверность.

Направления развития и совершенствования АСЭС

Концептуальными направлениями развития и совершенствования АСЭС объектов и комплексов полевых систем управления и связи являются:

1) унификация СЭС объектов и комплексов полевых систем управления и связи по роду тока, номиналам напряжения с использованием электромеханических источников повышенного напряжения;

2) глубокая модернизация электромеханических источников электроэнергии СЭС, обеспечивающая применение в их составе силовых установок с двигателями отечественного производства и оснащение аппаратно-программными комплексами автоматизированного противоаварийного управления с элементами искусственного интеллекта;

3) разработка интеллектуального блочно-функционального системообразующего электротехнического оборудования, обеспечивающего автоматизацию процессов управления электротехническим оборудованием СЭС, информационно-техническое сопряжение АСЭС с АСУ и высокий уровень межпроектной унификации оборудования.

Первоочередными задачами развития и совершенствования, позволяющими поэтапно реализовать концептуальные направления, являются:

1) модернизация, интеллектуализация существующих и разработка новых образцов электротехнических средств для АСЭС элементов полевой системы управления войсками и оружием (электростанций, «интегрированных» ЭУОМ, встраиваемых ЭА и

системообразующих устройств) с целью доведения их эксплуатационно-технических характеристик по надежности, экономичности, мобильности, живучести на поле боя и управляемости до уровня современных требований;

2) разработка средств технического обслуживания, войскового ремонта и восстановления электротехнических средств АСЭС.

3) разработка технических средств управления и контроля процессов электроснабжения элементов полевой системы управления войсками и оружием на основе современных интеллектуальных информационных технологий;

С учетом этого при разработке и (или) модернизации ЭС централизованного электроснабжения необходимо учитывать с учетом существующих новые требования:

– по автоматическому адаптивному (по нагрузке) управлению источниками электроэнергии;

– автоматизированному противоаварийному управлению функционально-технологическими системами (ФТС);

– дистанционному интеллектуальному контролю ТС ФТС электростанции до уровня типового элемента замены;

– дистанционному интеллектуальному управлению от внешней ЭВМ;

– решению задач АСЭС в режиме дистанционного управления (локального центра);

– управлению встроенными источниками СЭС объектов ВВСТ;

– информационно-техническому сопряжению с АСУ [11].

Разработка и (или) модернизация встраиваемых ЭА в дополнение к существующим требованиям должна обеспечивать:

– автоматическое адаптивное (по нагрузке) управление;

– автоматизированное противоаварийное управление функционально-технологическими системами (ФТС);

– дистанционное управление от внешней ЭВМ с учетом полного дистанционного контроля ФТС ЭА, основанного на технологиях, методах искусственного интеллекта;

– информационно-техническое сопряжение с системообразующими блоками СЭС и базовой информационной управляющей системой (БИУС) объекта [12, 13].

Разработка и (или) модернизация системообразующего оборудования СЭС объектов должна в первую очередь обеспечить унификацию СЭС объектов и комплексов ВВСТ по роду тока, номиналам напряжения, конструктивному исполнению и повысить показатели межпроектной унификации.

Для этого в дополнение к существующим требованиям системообразующее оборудование должно обеспечивать:

– интеллектуальный автоматический контроль входных и выходных параметров электроэнергии системы, информационно-техническое сопряжение с БИУС объекта ВВСТ;

– автоматическое и ручное управление каналами электроснабжения СЭС;

– автоматическую диагностику составных частей до уровня типового элемента замены;

– информационно-техническое сопряжение с автоматической системой пожаротушения объекта;

– защиту потребителей электроэнергии объекта от электро-магнитного импульса и проникающей радиации;

– информационно-техническое сопряжение по силовой кабельной линии, находящейся под нагрузкой с ЭС централизованного электроснабжения;

– оснащение речевым информатором и автоматическим регистратором параметров.

Таким образом, внедрение АСК ТС АСЭС позволит: повысить оперативность принятия решений при реализации мероприятий, уменьшить вероятность принятия ошибочных решений должностными лицами дежурных смен, а также прогнозировать ТС ЭТС элементов АСЭС.

Технологический базис перспективных интеллектуальных систем контроля технического состояния АСЭС элементов полевых систем управления и связи

Анализ тенденций развития и применения магистрально-модульных интеллектуальных измерительных систем в отечественных и зарубежных системах и комплексах военного назначения показывает, что наибольшее распространение, по сравнению с другими, получил стандарт *VXI*. Такое положение определило, в первую очередь, широкая поддержка этого стандарта отечественными производителями измерительной техники и, как следствие, отсутствие проблем при проведении сертификации и аттестации создаваемых измерительных систем.

Кроме того, производители оборудования стандарта *VXI* постоянно ведут разработки по совершенствованию измерительных модулей в направлении расширения их функционального ряда, как по назначению, так и по уровню точности решаемых измерительных задач (от эксплуатационных измерений до прецизионной точности), производительности и стоимости. Стандарт *VXI* регламентирует построение магистрально-модульных автоматизированных систем и ориентирован на применение, в основном, в военно-промышленном комплексе для создания контрольно-диагностического и радиоизмерительного оборудования.

В связи с тем, что стандарт разрабатывался специально для такого класса задач, он удовлетворяет большинству военно-промышленных стандартов, а также стандартам на электромагнитную совместимость и помехозащищенность. Все технические решения, обеспечивающие эти требования учтены в аппаратуре *VXI* еще на стадии проектирования и не требуют дополнительных затрат на их обеспечение при сборке системы и ее эксплуатации.

Существует ряд типоразмеров *VXI*, однако практически применяется только типоразмер *C* (размер платы 233×340 мм). Сравнение эффективной площади модулей *PXI/PXIexpress* и *VXI* при равных условиях (заполненный крейт высотой 5U) показывает, что эффективная площадь 21 модуля *PXI/PXIexpress* меньше аналогичного показателя 7 модулей *VXI* более чем в два раза. В мире разработано несколько тысяч типов приборов и устройств только на базе системной шины *VXI*, поддерживающих технологию *VXI plug&play*.

Кроме того, отечественной промышленностью разработан и имеется полный комплект действующих нормативно-технических документов, регламентирующих вопросы создания и автоматизированных систем на основе технических средств *VXI*. Целесообразность реализации базовых элементов перспективных средств технического обеспечения на основе технических средств *VXI* обусловлена следующими основными факторами:

- стандарт *VXI* является открытым международным и общедоступным стандартом, что обеспечивает высокую степень унификации оборудования различных производителей и снижение стоимости комплекса;
- стандарт *VXI* рекомендован для применения в ВС РФ для построения контрольно-измерительной и управляющей аппаратуры различного назначения;
- долговременная стабильность (отсутствие изменений базовой структуры и протокола обмена) магистрали *VME* и совместимость с новыми версиями обеспечивают поддержку у потребителей систем *VXI* до 25 и более лет для военных приложений с возможностью многократной их модернизации. Так, с оборудованием, разрабатываемом с учетом принятия спецификации *VXI-1* версии 4.0 совместимо оборудование предыдущих поколений;
- возможность быстрой адаптации контрольно-измерительного оборудования на основе стандарта *VXI* к появлению новых видов вооружений;
- разработка и производство общесистемной части, критически важной номенклатуры измерительных и технологических модулей (более 300 наименований) стандарта *VXI* и

общесистемного программного обеспечения *VXI VISA* освоено на территории РФ несколькими предприятиями промышленности;

– значительное число модулей *VXI* отечественного производства приняты на снабжение ВС РФ, включены в Специальный раздел Госреестра СИ и имеют свидетельства об утверждении типа средства измерений военного назначения;

– применение контрольно-измерительного оборудования стандарта *VXI* предусмотрено в жестких условиях эксплуатации без специальных мер.

Сегодня системы на основе *VXI* активно эксплуатируются в структурах Минобороны, Роскосмоса, Росатома и др. Более 90% объема контрольно-измерительного и испытательного оборудования различного назначения армий стран НАТО реализовано в стандарте *VXI*.

Таким образом, применение стандарта *VXI* целесообразно в настоящее время и в долгосрочной перспективе. Однако, для объединения отдельных элементов и сегментов при создании территориально-распределенных измерительных систем (в соответствии с топологией АСЭС), а также для интеграции в нее отдельных датчиков, сенсоров и т. п. необходимо применение технологии *LXI*. Поэтому АСК АСЭС элементов полевых систем управления и связи целесообразно реализовывать на основе распределенной измерительной системы с использованием технических средств *VXI* локальной сетью, построенной на базе стандартов *Ethernet* и *Precision Time Protocol (IEEE 1588)*.

С целью уменьшения расхода канального ресурса, а также сокращения расхода кабеля связи на полевом узле связи, целесообразно рассмотреть вопрос о передаче измерительной информации между объектом связи и ПУ-АСЭС по существующей силовой распределительной кабельной сети с применением технологии *PLC*. Технологии связи по электросети (*Power Line Communication, PLC*) активно развиваются и становятся все более востребованными во всем мире. Их используют при автоматизации процессов, организации систем мониторинга. Сегодня *PLC* находит широкое практическое применение. В связи с тем, что технология использует существующую электросеть, она может быть использована в автоматизации технологических процессов для связки блоков автоматизации по электропроводам.

Исследования в области передачи данных с использованием электросети ведутся достаточно давно. Ранее применение *PLC* ограничивала низкая скорость передачи данных и недостаточная защищенность от помех. Развитие микроэлектроники и создание более производительных процессоров (чипсетов), дали возможность использовать сложные способы модуляции для обработки сигнала, что позволило значительно продвинуться вперед в реализации *PLC*. Такая сеть легко масштабируется, что позволяет организовывать практически любую ее топологию с минимальными затратами. В таблице 1 приведена основная классификация *PLC*-технологий.

Таблица 1 – Классификация *PLC*-технологий по скоростям передачи данных

	Низкая скорость	Средняя скорость	Высокая скорость
Скорость передачи данных	0 – 10 Кбит/с	10 Кбит/с...1 Мбит/с	> 1 Мбит/с
Модуляция	BPSK, FSK, SFSK, QAM	PSK+OFDM	PSK+OFDM
Стандарты	IEC 61334, ANSI/EIA 709.1, .2, UPB	PRIME, G3, P1901.2	G.hn, IEEE 1901
Диапазон частот	До 500 кГц	До 500 кГц	Единицы МГц
Назначение	Управление и контроль	Управление и контроль; голосовые данные	Широкополосная передача данных по электросети; домашние сети

Заключение

В настоящее время функционирование системы связи тактического звена управления, невозможно без создания интеллектуальной автоматизированной системы контроля ТС элементов АСЭС полевых систем управления и связи, основанных на применении интеллектуальных технологий, баз знаний (правил) по порядку и методам выполнения измерений параметров контролируемых объектов, актуализации библиотеки состояний и алгоритмов контроля и противоаварийного управления в целом. Однако, сложность и специфика функционирования АСЭС накладывает определенные ограничения на функционирование системы контроля, что требует ее дальнейшего развития и совершенствования с применением существующих и перспективных интеллектуальных технологий.

Литература

1. Katzel J. Managing Alarms. Control Engineering. 2007. Vol. 54 (2), P. 50-54.
2. Абрамов О.В., Розенбаум А.Н. Управление эксплуатацией систем ответственного назначения. Владивосток: Дальнаука, 2000. 200 с.
3. Дмитриенко А.Г., Блинов А.В., Волков Д.В., Волков В.С. Техническая диагностика. Оценка состояния и прогнозирование остаточного ресурса технически сложных систем. Учебное пособие. Пенза: ПГУ, 2013. 62 с.
4. Охтилев П.А., Бахмут А.Д., Крылов А.В., Охтилев М.Ю., Соколов Б.В. Подход к оцениванию структурных состояний сложных организационно-технических объектов на основе обобщенных вычислительных моделей // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2017. Т. 9. № 5. С. 73-82.
5. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга состояния и управления структурной динамикой сложных технических объектов. М.: Наука, 2006. 410 с.
6. Бурьянов О.Н., Веселовский А.П., Винограденко А.М. Оперативный контроль технического состояния подвижных электротехнических объектов / Современные проблемы создания и эксплуатации ВВСТ: материалы докладов III Всероссийской научно-практической конференции (СПб, ВКА им. А.Ф. Можайского, Т. 2, 2016). – Санкт-Петербург, 2016. – С. 178-184.
7. Посупонько Н.В. Автоматизированные системы контроля, диагностики и прогнозирования. Учебное пособие. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. 79 с.
8. Баринов М.А., Будко П.А., Винограденко А.М., Морозов Р.В., Бурлаков А.А. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций. Учебник для курсантов вузов связи, обучающихся по специальностям «Инфокоммуникационные технологии и системы специальной связи» и «Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения» / Под редакцией А.В. Мякотина. СПб.: ВАС, 2015. 470 с.
9. Винограденко А.М., Кузнецов С.В. Модель единой централизованной автоматизированной системы управления техническим состоянием ВВСТ // Научные исследования в космических исследованиях Земли. 2018. Т. 10. № 4. С. 48-54. doi:10.24411/2409-5419-2018-10096.
10. Бартош В.В., Винограденко А.М., Веселовский А.П. Основные проблемы и перспективы развития АСЭС / Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях: материалы докладов Межвузовской научно-практической конференции (СПб.: Военная академия связи, 2018). – Санкт-Петербург, 2018. – С. 136-140.
11. Абрамкин Р.В., Анисимов А.А., Бартош В.В., Винограденко А.М., Слепов С.Н. Вариант построения электростанции с адаптивным управлением по нагрузке / Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях: материалы докладов Межвузовской научно-практической конференции (СПб.: Военная академия связи, 2019). – Санкт-Петербург, 2019. – С. 9-15.
12. Винограденко А.М., Будко Н.П. Адаптивный контроль технического состояния сложных технических объектов на основе интеллектуальных технологий // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 1. С. 25-36.
13. Zelensky E.G., Fedorenko V.V., Vinogradenko A.M., Kononov Y.G., Samoylenko V.V. Development of a distributed multi-agent system monitoring and control networks of 0.4–35 kV. 2017 IEEE II International Conference on Control in Technical Systems (CTS) – St. Petersburg, Russia, 25-27 Oct. 2017. P. 271 – 274. DOI: 10.1109/CTSISYS.2017.8109543.

References

1. Katzel J. Managing Alarms. *Control Engineering*, 2007, Vol. 54 (2), pp. 50-54.
2. Abramov O.V., Rozenbaum A.N. *Upravlenie ekspluatatsiyey sistem otvetstvennogo naznacheniya* [Responsible systems management]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2000. 200 p. (in Russian).
3. Dmitrienko A.G., Blinov A.V., Volkov D.V., Volkov V.S. *Tekhnicheskaya diagnostika. Otsenka sostoyaniya i prognozirovaniye ostatochnogo resursa tekhnicheskikh slozhnykh sistem* [Technical diagnostics. Assessment of state and forecasting of residual life of technically complex systems]. Penza, Penza state University Publ., 2013. 62 p. (in Russian).
4. Ohtilev P.A., Bahmut A.D., Krylov A.V., Ohtilev M.Y., Sokolov B.V. Podhod k otsenivaniyu strukturnykh sostoyaniy slozhnykh organizatsionno-tekhnicheskikh ob'ektov na osnove obobshennykh vychislitel'nykh modeley [Approach to estimation of structural states of complex organizational and technical objects based on generalized computational models]. *H&ES. Research*, 2017, Vol. 9, no. 5, pp. 73-82 (in Russian).
5. Ohtilev M.Y., Sokolov B.V., Yusupov R.M. *Intellektual'nye tekhnologii monitoringa sostoyaniya i upravleniya strukturnoy dinamiko slozhnykh tekhnicheskikh ob'ektov* [Intelligent technologies for monitoring the state and managing the structural dynamics of complex technical facilities]. Moscow, Nauka Publ., 2006. 410 p. (in Russian).
6. Bur'yanov O.N., Veselovskiy A.P., Vinogradenko A.M. Operativniy kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya podvizhnykh elektrotekhnicheskikh ob'ektov [Operational monitoring of technical condition of mobile electrical objects]. *Materiali dokladov 3 Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Sovremennye problemy sozdaniya i ekspluatatsii VVST"* [Modern problems of creation and operation of weapons, military and special equipment]. St. Petersburg, Military Academy named after A.F. Mozhaysky Publ., 2016, pp. 178-184 (in Russian).
7. Posupon'ko N.V. *Avtomatizirovannye sistemy kontrolya, diagnostiki i prognozirovaniya* [Automated monitoring, diagnostics and forecasting systems]. Rostov-na-Donu, Southern Federal University Publ., 2008. 79 p. (in Russian).
8. Barinov M.A., Budko P.A., Vinogradenko A.M., Morozov R.V., Burlakov A.A. *Elektropitanie ustroystv i sistem telekommunikatsiy* [Power supply of telecommunication devices and systems]. St. Petersburg, Military Academy of communications Publ., 2015. 470 p. (in Russian).
9. Vinogradenko A.M., Kuznetsov S.V. Model' edinoy tsentralizovannoy avtomatizirovannoy sistemi upravleniya tekhnicheskimi sostoyaniyem vooruzheniya voennoy i spetsial'noy tekhniki [Model of unified centralized automated system of control of technical state of weapons, military and special equipment]. *H&ES Research*, 2018, Vol. 10, no. 4, pp. 48-54. DOI 10.24411/2409-5419-2018-10096 (in Russian).
10. Bartosh V.V., Vinogradenko A.M., Veselovskiy A.P. Osnovnye problemy i perspektivy razvitiya avtonomnykh sistem elektrosnabzheniya [Main problems and prospects for development of autonomous power supply systems]. *Materiali dokladov 3 mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy tekhnicheskogo obespecheniya voysk v sovremennykh usloviyakh"* [Works of the 4-th inter-university scientific and practical conference "Main problems and prospects for development of autonomous power supply systems"]. St. Petersburg, Military Academy of communications Publ., 2018, pp. 136-140 (in Russian).
11. Abramkin R.V., Anisimov A.A., Bartosh V.V., Vinogradenko A.M., Slepov S.N. Variant postroyeniya elektrostantsii s adaptivnim upravleniem po nagruzke [Design Option for Adaptive Load Control Power Plant]. *Materiali dokladov 4 mezhvuzovskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy tekhnicheskogo obespecheniya voysk v sovremennykh usloviyakh"* [Works of the 4-th inter-university scientific and practical conference "Main problems and prospects for development of autonomous power supply systems"]. St. Petersburg, Military Academy of communications Publ., 2019, pp. 9-15 (in Russian).
12. Vinogradenko A.M., Budko N.P. [Adaptive control of technical condition of complex technical objects based on intelligent technologies]. *T-Comm. Telecommunications and transport*, 2020, Vol. 14, no. 1, pp. 25-36 (in Russian).
13. Zelensky E.G., Fedorenko V.V., Vinogradenko A.M., Kononov Y.G., Samoylenko V.V. Development of a distributed multi-agent system monitoring and control networks of 0.4-35 kV. *Trudy 2 Mezhdunarodnaya konferentsii po kontrolyu v tekhnicheskikh sistemah* [IEEE II International Conference on

Control in Technical Systems (CTS)]. St. Petersburg, Leningrad electrotechnical University, 2017, pp. 271-274. DOI: 10.1109/CTSYS.2017.8109543 (in Russian).

Статья поступила 11 марта 2020 г.

Информация об авторах

Абрамкин Роман Викторович – Адъюнкт кафедры Технического обеспечения связи и автоматизации Военной академии связи. Тел. +7-999-980-85-13. E-mail: avg62rus@rambler.ru.

Бартош Виктор Викторович – Старший научный сотрудник отдела ФГБУ 16 ЦНИИИ Минобороны России. Тел. +7-966-077-77-97. E-mail: vbartosh@mail.ru.

Веселовский Анатолий Платонович – Кандидат технических наук, доцент института электропитания СПбГПУ. Тел. +7-904-559-48-44. E-mail: aveselovskij@mail.ru.

Винограденко Алексей Михайлович – Кандидат технических наук, доцент, докторант кафедры Технического обеспечения связи и автоматизации Военной академии связи. Тел. +7-921-443-90-22. E-mail: vinogradenko.a@inbox.ru.

Адрес: 192062, Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий пр-т, д. 3.

Intelligent systems for monitoring the technical condition of Autonomous power supply to field communication facilities

R.V. Abramkin, V.V. Bartosh, A.P. Veselovsky, A.M. Vinogradenko

Annotation: An analysis of the functioning of the existing system for monitoring the technical condition of the autonomous power supply system of the field control and communication system components was carried out. Requirements for autonomous power supply systems of field communication systems are presented, taking into account their development. The main directions of development and priority tasks to improve automated systems for monitoring the technical condition of the autonomous power supply system have been identified. The technological basis of advanced intelligent automated control systems is shown, the use of which will significantly increase the effectiveness of monitoring geographically distributed communication objects.

Keywords: monitoring system; technical condition; system-forming electrical equipment; power supply system.

Information about authors

Abramkin Roman Victorovich – Associate of the Department of Communication Technical Support and Automation of the Military Academy of Communications. Tel. +7-999-980-85-13. E-mail: avg62rus@rambler.ru.

Bartos Victor Victorovich – Senior Researcher of the 44 Department of FSBU 16 of the Central Research Institute of the Russian Defense Ministry. Tel. +7-966-077-77-97. E-mail: vbartosh@mail.ru.

Veselovsky Anatoly Platonovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Power Supply Institute of SPbGPU. Tel. +7-904-559-48-44. E-mail: aveselovskij@mail.ru.

Vinogradenko Alexey Mikchaylovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Doctoral Student of the Department of Technical Support of Communication and Automation of the Military Academy of Communications. Tel. +7-921-443-90-22. E-mail: vinogradenko.a@inbox.ru. Address: 192062, Russia, St. Petersburg, Tikchoretskiy pr., 3.

Для цитирования: Абрамкин Р.В., Бартош В.В., Веселовский А.П., Винограденко А.М. Интеллектуальные системы контроля технического состояния источников автономного электроснабжения полевых объектов связи // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 16-27.

For citation: Abramkin R.V., Bartosh V.V., Veselovsky A.P., Vinogradenko A.M. Intelligent systems for monitoring the technical condition of Autonomous power supply sources for field communication facilities. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 16-27 (in Russian).

ПЕРЕДАЧА, ПРИЕМ И ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ

УДК 621.396.93

Децентрализованное использование частотного ресурса декаметрового диапазона волн в сложной помеховой обстановке

Солозобов С.А., Шевченко В.В., Щукин А.Н.

***Аннотация.** Цель статьи показать, что даже в условиях сложной помеховой обстановки, в пригодном для радиосвязи диапазоне частот, от наименьшей до максимально применимой частот, можно найти частоту, на которой условия распространения радиоволн и помеховая обстановка обеспечат требуемое качество связи. Проведено моделирование нормально-распределенных случайных процессов, характеризующих закон изменения уровней сигнала и помех, действующих в каналах радиосвязи декаметрового диапазона волн. Определена вероятность связи с требуемой достоверностью на моделируемых частотах для сигнала частотной телеграфии с различными частотными сдвигами. В качестве критерия пригодности частоты для радиосвязи выбрана вероятность связи с требуемой достоверностью превышающая на ней значение 0,9. Представлены результаты имитационного моделирования процесса определения вероятности связи с требуемой достоверностью как случайной величины, обусловленной случайным характером изменения сигнала и помех в декаметровом диапазоне волн с целью определения количества пригодных для связи частот. Определена вероятность того, что эти частоты будут заняты другими корреспондентами при различной загрузке частотного диапазона. Представлен алгоритм установления связи между корреспондентами, использующими для связи SDR-радиоприемники, в условиях сложной помеховой обстановки. Результаты работы могут быть реализованы при создании адаптивных радиолиний, основу которых будут составлять SDR-радиоприемники, быстро перестраиваемые радиопередатчики декаметрового диапазона волн и аппаратура управления, имеющая информацию о структуре сигнала и помех, на предполагаемых для использования частотах.*

***Ключевые слова:** декаметровый диапазон; условия распространения радиоволн; помеховая обстановка; вероятность связи с требуемой достоверностью; SDR-радиоприемник; алгоритм установления связи.*

Введение

Для обеспечения радиосвязи в декаметровом (ДКМ) диапазоне волн частоты связи распределяются централизованно и закрепляются за отдельными направлениями связи на определенный период времени. Связь на этих частотах осуществляется эпизодически и большую часть времени они не используются. Другие же корреспонденты использовать эти частоты для связи не могут. Однако по условиям распространения радиоволн и помеховой обстановке эти частоты могут быть использованы для радиосвязи на других направлениях связи. Это приводит к тому, что выделенный частотный ресурс используется неэффективно.

Сложная помеховая обстановка может возникнуть и при постановке противником преднамеренных помех на закрепленных для направления связи рабочих и запасных частотах в угрожаемый период. Такое положение может привести к потере управления объектами.

Текущая неравномерность загрузки ДКМ диапазона волн, которая подтверждается результатами имитационного моделирования, позволяет с большой вероятностью выбрать полосу частот, соизмеримую с шириной спектра сигнала, в пределах которой имеется низкий уровень помех и приемлемый для качественного приема уровень сигнала.

Современные радиоприемные устройства, построенные по SDR технологии [1], обеспечивают быструю перестройку по диапазону частот и позволяют обработать не только тот радиосигнал, который принимается на рабочей частоте, но и радиосигналы, которые присутствуют в определенном участке диапазона волн. Это позволяет использовать SDR-

радиоприемники для приема сигнала вызова и измерения уровней помех, в полосе частот которой обеспечивается линейность его динамических характеристик.

Данные факторы указывают на то, что имея возможность выбора частот, в неравномерно загруженном декаметровом диапазоне, SDR-радиоприемник обеспечит быстрое сканирование диапазона частот и выбор в нем пригодной по помеховой обстановке и условиям распространения радиоволн частоты.

1. Имитационное моделирование загрузки декаметрового диапазона волн

В качестве критерия оценки состояния загрузки декаметрового диапазона волн выбрана вероятность связи с требуемой достоверностью.

Радиосвязи в декаметровом диапазоне волн характерны глубокие замирания сигнала и высокий уровень помех от радиопередатчиков посторонних радиостанций. При этом уровни как сигналов, так и помех на входе радиоприемника изменяются по случайному закону.

Согласно статистическим данным [2] распределение уровней сигналов и помех в декаметровом диапазоне волн подчиняется нормальному закону распределения. Сумма нормальных законов распределения также подчиняется нормальному закону распределения. В этом случае аналитическое выражение для расчета вероятности связи с требуемой достоверностью имеет вид [2]:

$$P(p_{\text{ош}} \leq p_{\text{ош доп}}) = P(z \geq z_{\text{доп}}) = F(\xi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\xi} \exp\left\{-\frac{t^2}{2}\right\} dt, \quad (1)$$

где: $\xi = (\bar{z} - z_{\text{доп}})/\sigma_z$ – некоторый расчетный параметр; $\bar{z} = (\bar{y} - \bar{x})$ – среднее значение превышения уровня сигнала над уровнем помех, дБ; $z_{\text{доп}}$ – допустимое превышение уровня сигнала над помехой в точке приема, дБ; σ_z – среднеквадратическое отклонение превышения уровня сигнала над уровнем помех от её среднего значения, дБ.

Для оценки состояния загрузки декаметрового диапазона волн формировались два случайных процесса сигнал и помеха, изменяемые по нормальному закону.

Исходя из того, что при моделировании в качестве сигнала, используемого для передачи информации, был выбран сигнал частотной телеграфии (ЧТ), то для него [2]

$$z_{\text{доп}} = 10 \lg((1 - 2p_{\text{ош доп}}) / p_{\text{ош доп}}),$$

где: $p_{\text{ош доп}}$ – допустимая вероятность ошибки.

По формуле (1) определялась вероятность связи в каждой из полос, занимаемой сигналом ЧТ, затем строилась гистограмма и подсчитывалось количество превышений порогового значения (при моделировании $P(p_{\text{ош}} \leq p_{\text{ош доп}}) \geq 0.9$) вероятности связи.

Результаты моделирования, выполненные в среде *Matlab*, показаны на рис. 1 – 3.

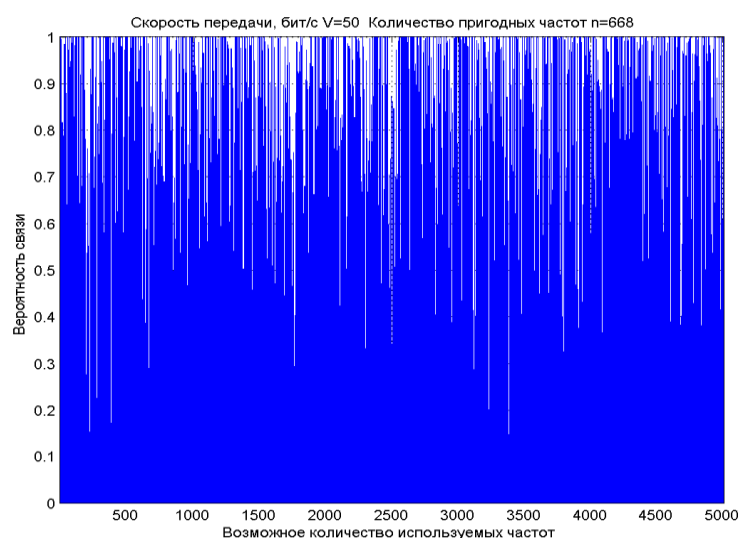


Рис. 1. Зависимость вероятности связи от возможного количества используемых частот при $V = 50$ бит/с

Из рис. 1 видно, что при скорости передачи 50 бит/с, количество частот, на которых вероятность связи с требуемой достоверностью превышает пороговое значение, равно 668 частотам из 5000.

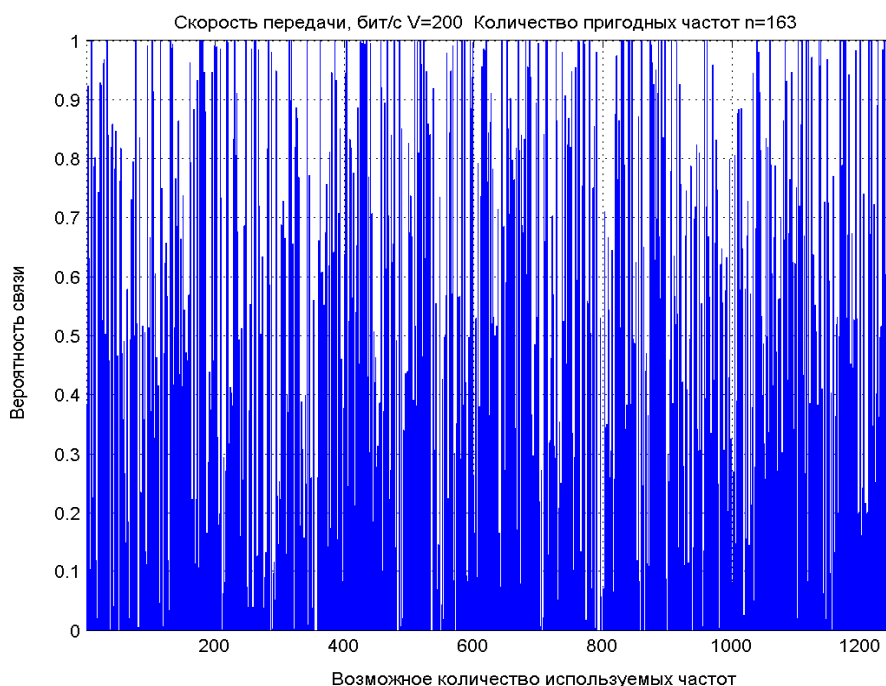


Рис. 2. Зависимость вероятности связи от возможного количества используемых частот при $V = 200$ бит/с

Из рис. 2 видно, что при скорости передачи 200 бит/с, количество частот, на которых вероятность связи с требуемой достоверностью превышает пороговое значение, равно 163 частотам из 1200.

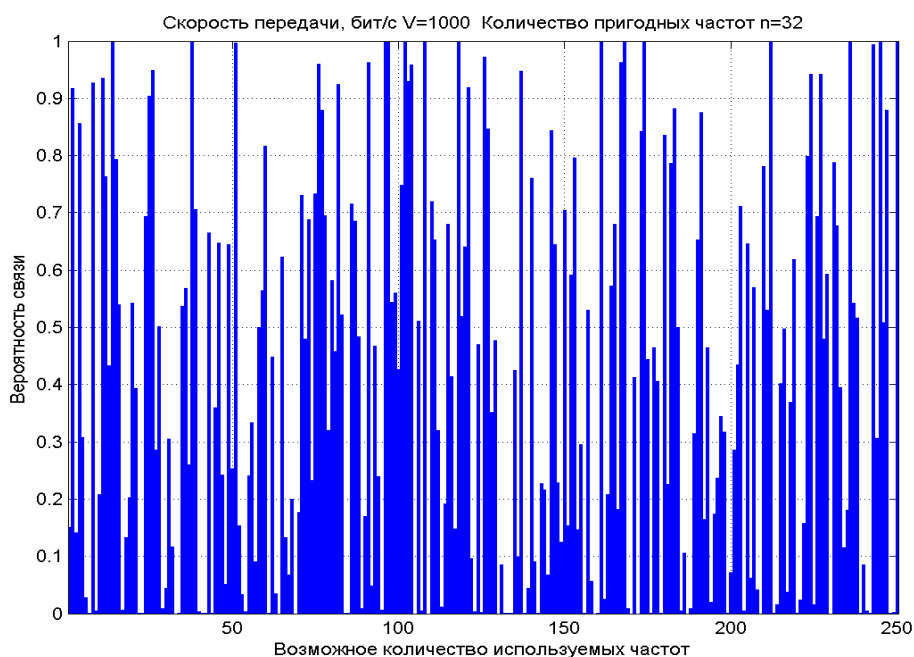


Рис. 3. Зависимость вероятности связи от возможного количества используемых частот при $V = 1000$ бит/с

Из рис. 3 видно, что при скорости передачи 1000 бит/с, количество частот, на которых вероятность связи с требуемой достоверностью превышает пороговое значение, равно 32 частотам из 250.

Из рис. 1 – 3 также видно, что вероятность связи с требуемой достоверностью является случайной величиной, изменяющейся в пределах от 0 (белые просветы на гистограмме) до 1, что обусловлено случайным характером изменения сигнальной и помеховой обстановки в декаметровом диапазоне волн.

Однако результаты моделирования показывают, что чем ниже скорость передачи тем больше свободы в выборе полосы частот для установления связи.

2. Определение вероятности занятия частот другими радиосредствами

Все пригодные для связи частоты могут быть использованы корреспондентами в качестве рабочих частот для заданного направления связи.

Вероятность того, что часть из этих частот может быть занята другими пользователями можно определить с использованием первой формулы Эрланга [3], которая имеет вид:

$$E(A) = \frac{A^n/n!}{\sum_{i=0}^n (A^i/i!)} \quad (2)$$

где: n – количество пригодных частот, A – степень загрузки диапазона частот от наименьшей применимой частоты (НПЧ) до максимально применимой частоты (МПЧ).

Результаты расчета вероятности занятия частот другими радиосредствами от количества пригодных частот, рассчитанные, в среде *Matlab*, по формуле (2) приведены на рис. 4 – 6.

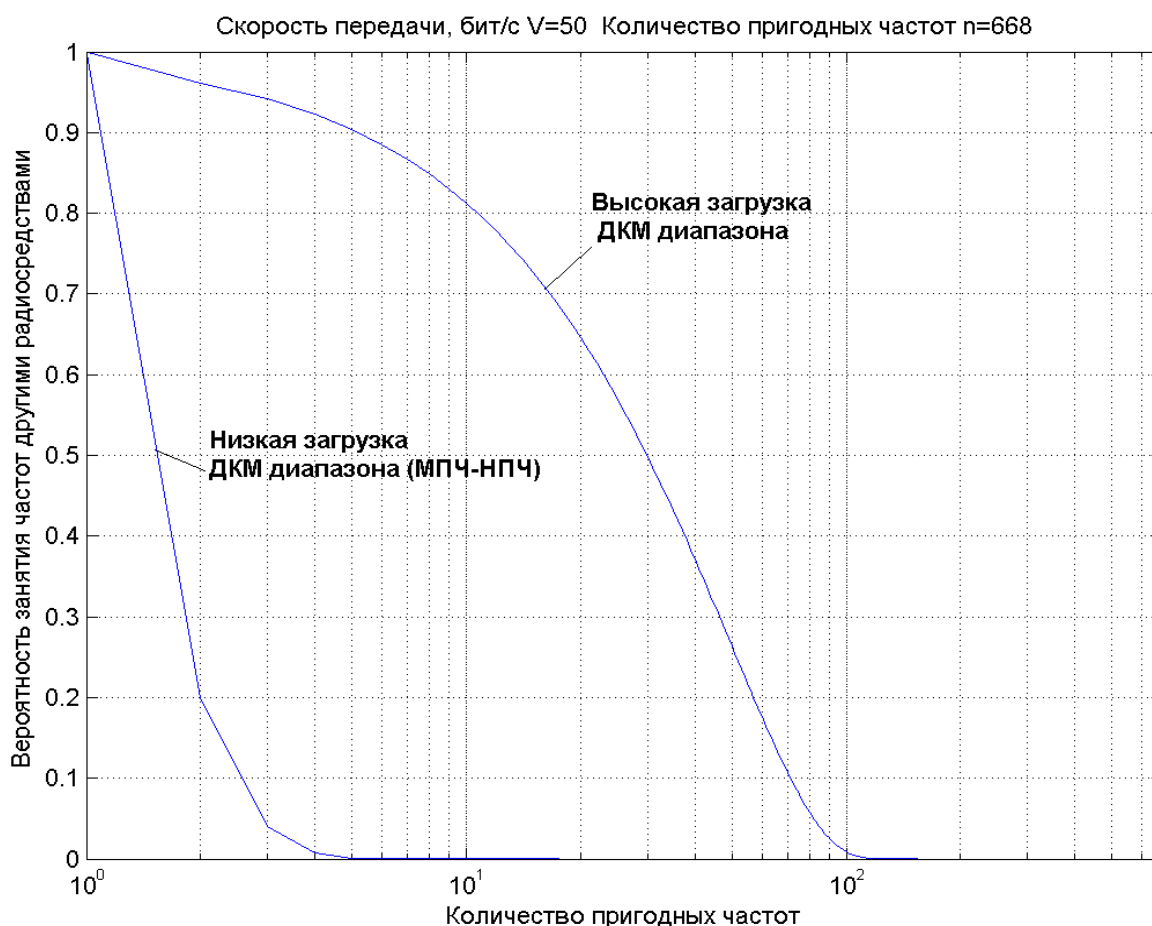


Рис. 4. Зависимость вероятности занятия частот другими радиосредствами от количества пригодных частот при скорости передачи $V = 50$ бит/с

Из рис. 4 видно, что при низкой загрузке ДКМ диапазона волн (МПЧ-НПЧ) вероятность того, что из 668 пригодных для связи частот с вероятностью 0,5 будет занята всего 1 частота, а при высокой загрузке декаметрового диапазона – 30.

Таким образом, при высокой загрузке декаметрового диапазона с вероятностью 0,5 будет занято около 5% пригодных частот.

Из рис. 5 видно, что при низкой загрузке декаметрового диапазона (МПЧ-НПЧ) вероятность того, что из 163 пригодных для связи частот с вероятностью 0,5 будет занята также 1 частота, а при высокой загрузке декаметрового диапазона также 30.

Однако, при высокой загрузке декаметрового диапазона с вероятностью 0,5 будет занято около 20% пригодных частот.



Рис. 5. Зависимость вероятности занятия частот другими радиосредствами от количества пригодных частот при скорости передачи $V = 200$ бит/с

Из рис. 6 видно, что при низкой загрузке декаметрового диапазона (МПЧ-НПЧ) вероятность того, что из 32 пригодных для связи частот с вероятностью 0,5 будет занята также 1 частота, а при высокой загрузке декаметрового диапазона также 30.

Однако, при высокой загрузке декаметрового диапазона с вероятностью 0,5 будет занято около 90% пригодных частот.

Таким образом, с увеличением загрузки декаметрового диапазона, т. е. при сложной помеховой обстановке в точке приема, которая может быть создана не только передатчиками других радиостанций, но и средствами радиоэлектронного подавления, процент частот, который может быть использован для передачи информации с различными скоростями имеет большой разброс от 5% ÷ 90%.

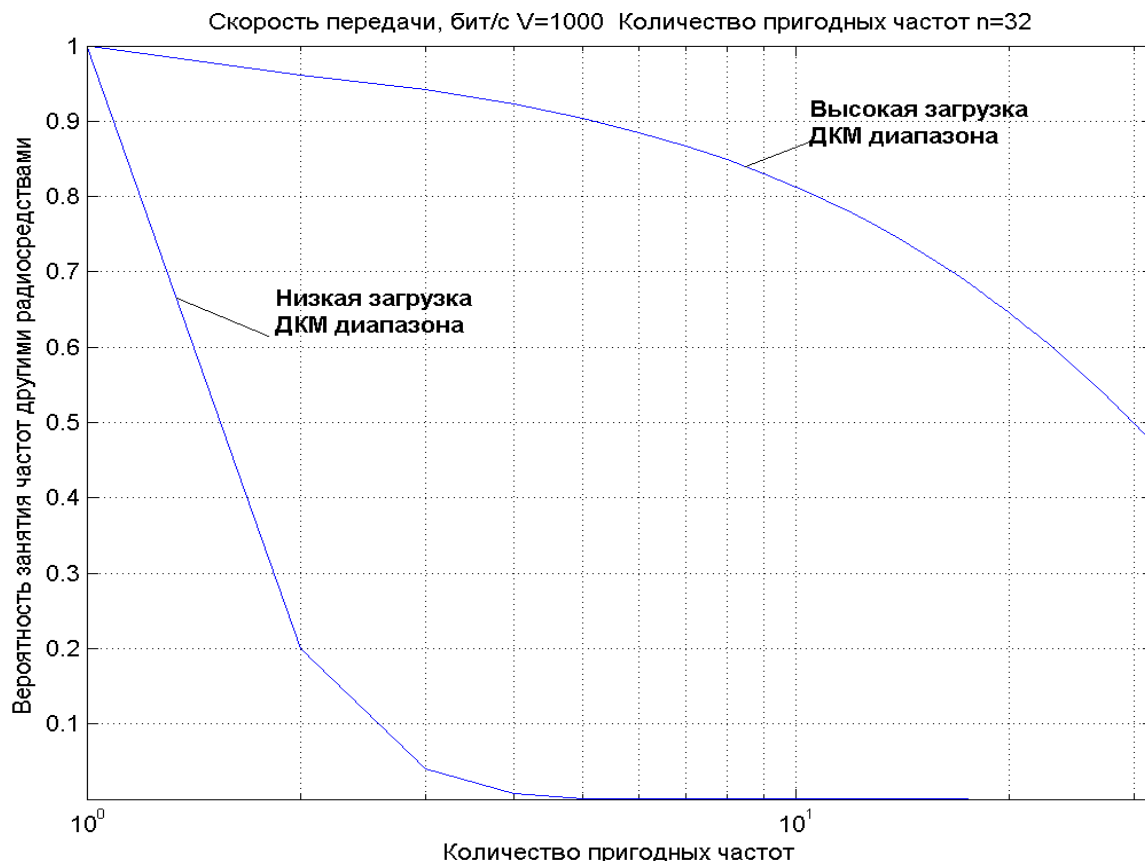


Рис. 6. Зависимость вероятности занятия частот другими радиосредствами от количества пригодных частот при скорости передачи $V = 1000$ бит/с

3. Вариант формирования алгоритма установления связи

При постановке противником преднамеренных помех на закрепленных частотах может возникнуть ситуация, когда обмен информацией, в том числе и на запасных частотах, будет невозможен. В этом случае, для установления радиосвязи, с целью обмена информацией, можно осуществить поиск частот свободных от помех в диапазоне частот пригодных по условиям распространения радиоволн.

Результаты моделирования загрузки декаметрового диапазона волн и расчета вероятности занятия частот другими средствами показывают, что как при низкой, так и при высокой его нагрузке имеются полосы частот с низким уровнем помех. Эти полосы могут быть использованы для радиосвязи корреспондентами, оборудование которых имеет возможность анализировать сигнально-помеховую обстановку в точке приёма и управлять процессом установления радиосвязи.

SDR-радиоприемники обеспечивают быструю перестройку по диапазону частот и позволяют обрабатывать не только тот радиосигнал, который принимается на рабочей частоте, но и радиосигналы, которые присутствуют в определенном участке диапазона волн. Этот фактор и определяет в перспективе возможность использования его для установления радиосвязи в декаметровом диапазоне волн на любых, пригодных по условиям распространения радиоволн и помеховой обстановке в точке приема, частотах, т. е. без предварительного жесткого закрепления за ними частотного ресурса.

Для установления радиосвязи в декаметровом диапазоне волн корреспондентам необходима лишь информация о диапазоне частот, для данной протяженности трассы, в котором они могут работать по условиям распространения радиоволн. Этим диапазоном

является интервал частот между МПЧ и НПЧ, определенный в соответствии с рекомендациями МСЭ-R [4, 5].

Для установления радиосвязи между корреспондентами радиоприемные и радиопередающие устройства корреспондентов должны работать по следующему алгоритму:

– радиоприемное устройство вызываемого корреспондента перестраивается по диапазону частот от НПЧ до МПЧ с шагом, равным полосе частот в которой обеспечивается линейность динамических характеристик радиоприемника, измеряет уровень помехи в полосе частот, определяемой видом радиосигнала, сравнивает его с уровнем сигнала, полученным путем имитационного моделирования нормально распределенного случайного процесса, характеризующего закон изменения сигнала при его распространении в ионосфере с рассчитанным параметром \bar{y} [6] и статистически полученным σ_y [2], а также анализирует принимаемые сигналы на предмет наличия в них своего адреса. Этот процесс необходим для выбора частоты приема, пригодной как по условиям распространения радиоволн так и помеховой обстановке;

– радиоприемное устройство корреспондента, инициатора установления связи, перестраивается по диапазону частот с шагом, равным полосе частот в которой обеспечивается линейность динамических характеристик радиоприемника, измеряет уровень помехи, в полосе частот, определяемой видом радиосигнала, сравнивает его с уровнем сигнала, полученным путем имитационного моделирования нормально распределенного случайного процесса, характеризующего закон изменения сигнала при его распространении в ионосфере с рассчитанным параметром \bar{y} [6] и статистически полученным σ_y [2], а также анализирует принимаемые сигналы на предмет наличия в них своего адреса. Этот процесс необходим для выбора частоты приема;

– радиопередающее устройство инициатора установления связи, перестраивается на одну из частот с минимальным уровнем помех (для исключения влияния на качество связи других радиолиний) и излучает сигнал вызова с адресом вызываемого корреспондента и значением частоты на которой вызывающий корреспондент готов принять ответ на вызов, в течение времени, пока его радиоприемник не перестроится по всем полосам частот, в которых обеспечивается линейность динамических характеристик радиоприемника, и не проанализирует принимаемые сигналы в полосе частот, равным ширине спектра сигнала, который будет использоваться для передачи информации. При этом полоса частот, в которой передается вызов, исключается из сканирования радиоприемником вызываемого корреспондента;

– если в обрабатываемом сигнале присутствует адрес вызываемого корреспондента, то его радиоприемник останавливается на этой частоте, аппаратура управления перестраивает его радиопередатчик на частоту, указанную в вызове, и излучает сигнал ответа на вызов, в котором содержится адрес вызываемого корреспондента, свой адрес и частота, на которых был принят сигнал вызова, в течение времени, пока радиоприемник вызываемого корреспондента не перестроится по всем полосам частот и не проанализирует принимаемые сигналы в полосе частот, равным ширине спектра сигнала, который будет использоваться для передачи информации. При этом полоса частот, в которой передается ответ на вызов, исключается из сканирования радиоприемником вызываемого корреспондента;

– корреспондент-инициатор установления связи, приняв ответ на вызов, посылает квитанцию, подтверждая окончание процесса установления связи.

На этом процесс установления связи завершается.

Таким образом, радиоприёмные устройства корреспондентов, обрабатывая сигнал и выделяя из него информацию, выбирают частоты для ведения радиосвязи не только в условиях случайных, но и в условиях преднамеренных помех. При выборе частот учитывается распределение мощности помехи и радиосигнала в полосе, занимаемой им.

Выводы

1) С увеличением скорости передачи информации количество частот, пригодных для связи в декаметровом диапазоне при одинаковой сигнально-помеховой обстановке в точке приема, уменьшается.

2) В сложной сигнально-помеховой обстановке и относительно высокой скорости передачи процент пригодных для связи частот резко уменьшается. Поэтому целесообразно вхождение в связь осуществлять на низкой скорости передачи, а затем адаптироваться к сигнально-помеховой обстановке для ведения связи оптимальным с точки зрения помехоустойчивости и скорости передачи информации.

3) Использование SDR-приемников в радиоприемах декаметрового диапазона волн и реализация алгоритма установления связи в устройствах управления радиоприемами позволит в перспективе отказаться от жесткого закрепления частот за направлениями связи, что приведет к более рациональному использованию частотного ресурса и возможности установления радиосвязи в условиях преднамеренных помех, когда на рабочих и запасных частотах будет нарушена радиосвязь средствами радиоэлектронного подавления противника.

Литература

1. Николашин Ю.Л., Кулешов И.А., Будко П.А., Жуков Г.А. SDR радиоприемники и когнитивная радиосвязь в декаметровом диапазоне волн // Научные технологии в космических исследованиях Земли. № 1. 2015. С. 20-30.
2. Прохоров В.К., Шаров А.Н. Расчет показателей эффективности радиосвязи. Л.: ВАС, 1982. 132 с.
3. Шнепс М.А. Системы распределения информации. Методы расчета: Справ. пособие. М.: Связь, 1979. 344 с.
4. Методы прогнозирования основной МПЧ, рабочей МПЧ и траектории луча, разработанные МСЭ-Р. Рекомендация МСЭ-Р P.1240-2, 2015. 7 с.
5. Эталонные характеристики ионосферы, разработанные МСЭ-Р. Рекомендация МСЭ-Р P.1239-3, 2012. 30 с.
6. Метод для прогнозирования рабочих характеристик ВЧ-линий, разработанные МСЭ-Р, рекомендация МСЭ-Р P.533-13, 2015. 28 с.

References

1. Nikolashin Yu. L., Kuleshov I.A., Budko P.A., Zhukov G.A. SDR radio devices and cognitive radio communication in the decameter wave range. Science-Intensive technologies in earth space research, no. 1. 2015. P. 20-30 (in Russian).
2. Prokhorov V.K., Sharov A.N. Calculation of radio communication efficiency indicators. L.: VAS, 1982. 132 P. (in Russian).
3. Schneps M.A. information distribution Systems. Calculation methods: Reference. stipend. Moscow: Svyaz, 1979. 344 s. (in Russian).
4. Methods for predicting the main MHR, working MHR, and beam path developed by ITU-R, recommendation ITU-R P. 1240-2, 2015. 7 s. (in Russian).
5. Reference characteristics of the ionosphere developed by ITU-R, recommendation ITU-R P. 1239-3, 2012. 30 s. (in Russian).
6. A method for predicting the performance of RF lines developed by ITU-R, recommendation ITU-R P. 533-13, 2015. 28 s. (in Russian).

Статья поступила 16 марта 2020 г.

Информация об авторах

Солозобов Сергей Анатольевич – Кандидат технических наук, доцент, начальник научно-исследовательского отделения ПАО «Интелтех». E-mail: solozobob@inteltech.ru. Тел.: (812)295-40-54.

Шевченко Василий Васильевич – Кандидат военных наук, доцент, начальник лаборатории ПАО «Интелтех». E-mail: ShevchekoVV@inteltech.ru. Тел.: (812)448-95-94.

Щукин Анатолий Николаевич – Кандидат технических наук, главный специалист ПАО «Интелтех». E-mail: ShchukinAN@inteltech.ru. Тел.: (812)448-95-94.

Адрес: 197342, Россия, Санкт Петербург, ул. Кантемировская, д. 8.

**Decentralized use of the frequency resource decameter wave range
in a complex interference environment**

S.A. Solozobov, V.V. Shevchenko, A.N. Shchukin

Annotation. *The purpose of the article is to show that even in the complex interference environment suitable for radio frequency range from the lowest to the highest applicable frequency is the frequency at which the conditions of propagation and interference environment will ensure the required quality of communication. The simulation of normally distributed random processes that characterize the law of changes in signal levels and interference in radio channels of the decameter wave range is carried out. The probability of a connection with the required confidence at the simulated frequencies for a frequency telegraphy signal with different frequency shifts is determined. As a criterion for the suitability of the frequency for radio communication, the probability of communication with the required reliability is selected, which exceeds the value of 0.9 on it. The results of simulation modeling of the process of determining the probability of communication with the required reliability as a random variable due to the random nature of the signal change and interference in the decameter wave range in order to determine the number of frequencies suitable for communication are presented. The probability that these frequencies will be occupied by other correspondents at different frequency range loads is determined. An algorithm for establishing communication between correspondents using SDR radios for communication in a complex interference environment is presented. The results of the work can be implemented when creating adaptive radio lines, which will be based on SDR radio receivers, quickly tunable radio transmitters of the decameter wave range, and control equipment that has information about the signal structure and interference at the intended frequencies for use.*

Keywords: *decameter range; radio wave propagation conditions; interference situation; probability of communication with the required reliability; SDR radio receiver; communication algorithm.*

Information about Authors

Sergey Anatolyevich Solozobov – Doctoral. The postgraduate shef of the Department Inteltech. Field of research: radio; data acquisition. Tel.: +78122954054. E-mail: solozobob@inteltech.ru.

Vasiliy Vasilievich Shevchenko – Doctoral. The postgraduate shef of the Department Inteltech. Field of research: radio; data acquisition. Tel.: +78124489594. E-mail: ShevchekoVV@inteltech.ru .

Anatoliy Anatolievich Shchukin – Doctoral. The postgraduate engenier of the Department Inteltech. Field of research: radio; data acquisition. Tel.: +78124489594. E-mail: ShchukinAN @inteltech.ru.

Address: 197342, Russia, Saint-Petersburg, Kantemirovskaya street, 8.

Для цитирования: Солозобов С.А., Шевченко В.В., Щукин А.Н. Децентрализованное использование частотного ресурса декаметрового диапазона волн в сложной помеховой обстановке // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 28-36.

For citation: Solozobov S.A., Shevchenko V.V., Shchukin A.N. Decentralized use of the frequency resource decameter wave range in a complex interference environment. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 28-36 (in Russian).

УДК 621.37

К вопросу о строительном расчете сверхдлинноволновых радиолиний передачи

Моисеев А.А., Киселев А.А., Сударев А.П.

***Аннотация.** В статье представлен авторский подход к последовательности проведения строительного расчета сверхдлинноволновых радиолиний передачи. Показаны различия между строительным и энергетическим расчетами сверхдлинноволновых радиолиний. Сформулированы цели расчета сверхдлинноволновых радиолиний передачи. Для корректного решения поставленной задачи проведен краткий содержательный анализ основных положений теории распространения радиоволн сверхдлинноволнового диапазона. Выявлены особенности обеспечения связи в сверхдлинноволновом диапазоне, зависящие от вида электромагнитной радиоволны и дальности связи. На этой основе разработана обобщенная формализованная последовательность строительного расчета сверхдлинноволновых радиолиний передачи. Приведена детальная последовательность строительного расчета сверхдлинноволновых радиолиний для земной (поверхностной) и ионосферной (пространственной) волн. В качестве примера представлены результаты расчета уровня сигнала в точке приема для различных условий ведения связи. Для организации связи в сверхдлинноволновом диапазоне с подводными объектами, находящимися на определенной глубине, показан порядок определения напряженности электромагнитного поля (уровня сигнала) для ионосферной и земной волн. Описаны типы сверхдлинноволновых антенн, позволяющие увеличить основную резонансную волну при их допустимой высоте. Определен критерий обеспечения связи на сверхдлинноволновые радиолинии с заданным качеством, заключающийся в сравнении уровня радиосигнала в точке приема с уровнем реальной чувствительности сверхдлинноволнового радиоприемного устройства. Заключительным этапом является расчет для подготовки данных, необходимых для объективного контроля за развертыванием (строительством) и эксплуатационным обслуживанием сверхдлинноволновой радиолинии. С этой целью определен критерий качества телеграфного (дискретного) канала сверхдлинноволновой радиолинии по вероятности ошибки. Для этого представлена последовательность вычисления значения вероятности ошибки на сверхдлинноволновые радиолинии.*

***Ключевые слова:** сверхдлинноволновая радиолиния передачи; строительный расчет; земная (поверхностная) волна; ионосферная (пространственная) волна; организация связи с подводными объектами.*

Любая сеть связи структурно состоит из узлов и линий связи. Наиболее сложным и дорогостоящим элементом являются линии передачи, по которым передаются сообщения в виде сигналов, обеспечивающих передачу информации от одного абонента (станции, передатчика, регенератора) к другому (станции, регенератору, приемнику) и обратно.

При планировании развертывания (строительства) сверхдлинноволновых (СДВ) радиолиний передачи с использованием СДВ передатчиков и приемников конкретных образцов проводят строительные расчеты. С помощью этих расчетов обосновывается выбор намечаемых на картах мест развертывания СДВ радиостанций по критерию выполнения ожидаемых качества и надежности связи.

Другая, обратная задача решается в ходе проектирования новых образцов радиостанций СДВ диапазона. В этом случае производится энергетический расчет с целью разработки требований к основным техническим характеристикам (энергетическим параметрам) приемо-передающей аппаратуры и антенно-фидерных устройств станций на основе задаваемых наиболее важных оперативно-технических требований, определяющих возможности станций по обеспечению связи.

Цели расчета СДВ радиолиний передачи заключаются:

– в оценке пригодности выбранного по карте варианта размещения станций на трассе СДВ радиолиний по соответствующему критерию;

– подготовке данных для документов планирования и данных для контроля качества развертывания (строительства) и функционирования линий.

Основными исходными данными для расчета СДВ радиолиний передачи являются:

– координаты пунктов, между которыми разворачивается (строится) СДВ радиолиния;

– тип СДВ радиостанций, используемых для развертывания (строительства) СДВ радиолинии, их тактико-технические характеристики;

– требования к качественным показателям СДВ радиолинии;

– физико-географические и климатические особенности районов развертывания СДВ радиолинии;

– время года, планируемая продолжительность работы СДВ радиолинии;

– районы расположения радиоцентров и других источников мощных радиоизлучений, а также вероятного размещения средств радиоразведки и радиопротиводействия противника;

– время выделяемой для планирования развертывания (строительства) СДВ радиолинии.

В качестве одного из исходных данных, для проведения строительного расчета, является диапазон рабочих частот приемо-передающих устройств. На этом проведем краткий содержательный анализ основных положений теории распространения радиоволн СДВ диапазона.

Радиоволны частотного диапазона 3-30 кГц, соответственно, находящиеся в границе 100-10 км называются мириаметровыми или СДВ, этот частотный диапазон именуется очень низким (ОНЧ).

Характерной особенностью этого диапазона является то, что сферичность Земли, которая служит препятствием для прямолинейного распространения радиоволн, для СДВ диапазона соизмерима с длиной волны, что, в свою очередь, способствует почти беспрепятственному огибанию радиоволнами земного шара. При этом скорость распространения радиоволн не сопровождается резкими перепадами из-за незначительных флуктуационных изменений электронной концентрации напряженности электромагнитного поля, которое обычно составляет около 10-30%. Суточное и годовое изменение напряженности электромагнитного поля этого диапазона также не является критичным для распространения радиоволн.

Сравнительно низкая частота колебаний в этом диапазоне обуславливает практически полное отражение СДВ радиоволн даже от самых нижних, наименее плотных ионосферных слоев *D* (в дневное время) и *E* (в ночное время). В результате, эти волны распространяются в сферическом приземном «волноводе» Земля-ионосфера. При современной технике генерирования и приема радиоволн дальность СДВ радиолиний может составлять несколько тысяч километров [1, 2].

Распространение СДВ радиоволн отличается постоянством уровня сигнала в разное время суток и в различные сезоны года. Из-за весьма большой длины волны глубина проникновения в почву и воду составляет десятки метров, что позволяет создавать системы подземной и подводной радиосвязи. Однако, передающие антенны рассматриваемого диапазона получаются громоздкими, и, что самое главное, из-за низкого значения несущей частоты при передаче и приеме не удастся осуществить модуляцию и демодуляцию достаточно высокими частотами. В результате, подобные радиоканалы имеют очень малую скорость передачи информации и пригодны, в основном, для работы в телеграфном режиме. Основная область применения СДВ радиоволн – создание систем устойчивой дальней связи с надводными, подводными и воздушными объектами.

Важной особенностью при обеспечении связи в СДВ диапазоне является вид электромагнитной радиоволны, которая зависит от дальности связи [2, 3]:

– до 700 км связь осуществляется земной (поверхностной) волной;

– на расстояниях 700-1000 км поля земной (поверхностной) и ионосферной (пространственной) волн становятся примерно равными;

– на расстоянии свыше 1000 км сверхдлинные волны распространяются только ионосферной (пространственной) волной.

Именно эта особенность определяет начальный порядок расчета СДВ линии передачи.

Обобщенная формализованная последовательность строительного расчета СДВ радиолиний передачи представлена на рис. 1. Согласно ей представим полную последовательность рассматриваемого строительного расчета.

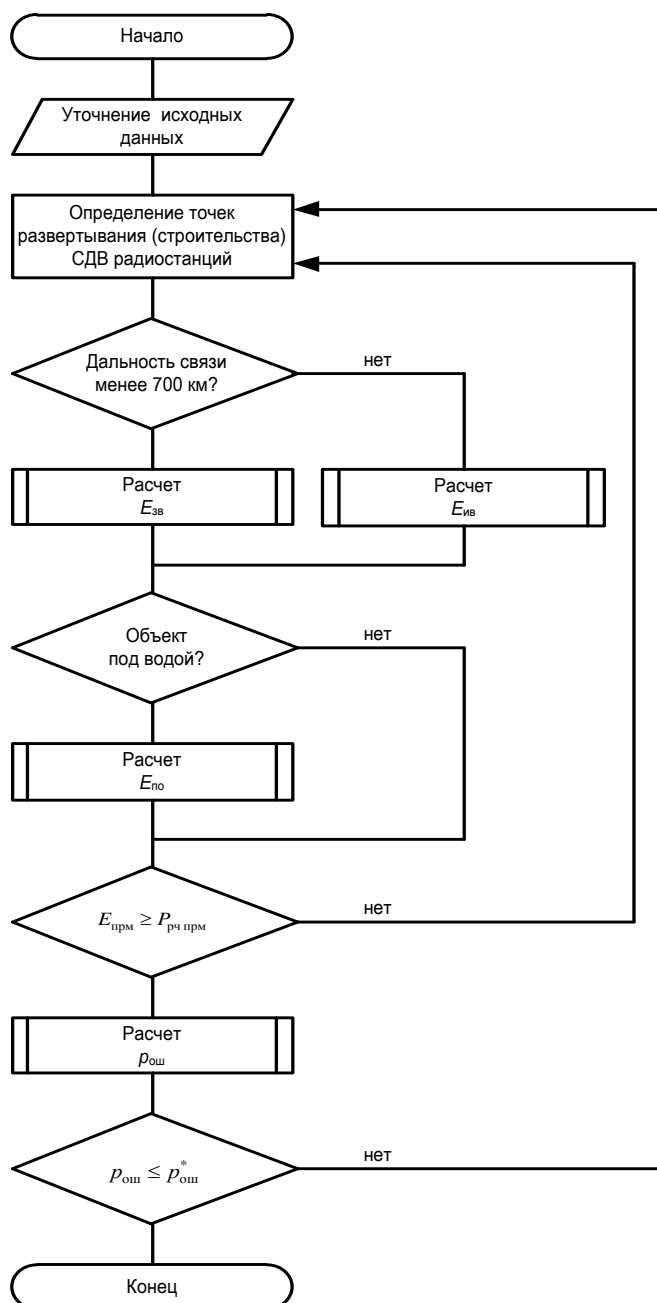


Рис. 1. Формализованная последовательность строительного расчета СДВ радиолиний передачи

Для расстояния до 700 км напряженность электрического поля земной (поверхностной) волны (уровень сигнала) в пункте приема можно определять формулой Шулейкина-Ван-дер-Поля [2, 3]:

$$E_{\text{вн}} = \frac{173\sqrt{PD}}{r} |W|, \text{ [МВ/М]}, \quad (1)$$

где: P – мощность передающего устройства, кВт; D – коэффициент направленного действия антенны (для антенн СДВ диапазона, которые являются ненаправленными, он составляет 1,5); r – протяженность (длина) линии передачи, км; W – множитель ослабления поля свободного пространства, который рассчитывается по формуле:

$$W = \frac{2 + 0,3a}{2 + a + 0,6a^2}, \quad (2)$$

где a – численное расстояние, определяемое для СДВ диапазона выражением:

$$a = \frac{100\pi r}{6\lambda^2\sigma}, \quad (3)$$

где r – протяженность (длина) линии передачи, км; λ – длина волны, м.

В случае, когда известны (заданы) действующая (активная) длина передающей антенны l_d (м), и амплитуда силы тока I_m (А) можно использовать другой вид формулы Шулейкина-Ван-дер-Поля:

$$E_{\text{вн}} = \frac{120\pi I_m l_d}{\lambda r} |W|, \text{ [МВ/М]}, \quad (4)$$

где λ – длина волны, м; r – протяженность (длина) линии передачи, км; σ – удельная диэлектрическая проницаемость среды, см/м (для морской воды $\sigma = 3 - 6 \text{ см/м}$).

При распространении сверхдлинных волн ионосферной (пространственной) волной на расстоянии свыше 1000 км, для вычисления с достаточной для практических расчетов точностью напряженности поля сигнала (уровня сигнала в точке приема), используют полуэмпирическую формулу Остина-Когена, полученную на основании обобщения статистических данных многочисленных результатов измерений [3, 4]:

$$E_{\text{вн}} = \frac{300\sqrt{PD}}{r} \sqrt{\frac{\Theta}{\sin \Theta}} \frac{0,0014}{\lambda^{0,6} r}, \text{ [МВ/М]}, \quad (5)$$

где P – мощность передающего устройства, кВт; D – коэффициент направленного действия антенны (для антенн СДВ диапазона, которые являются ненаправленными, он составляет 1,5); r – протяженность (длина) линии передачи, км; θ – геоцентрический угол между приемными и передающими устройствами (рис. 2); λ – длина волны, км.

Для случая, когда известны (заданы) действующая (активная) длина передающей антенны l_d (м), и амплитуда силы тока I_m (А) можно использовать другой вид формулы Остина-Когена:

$$E_{\text{вн}} = \left(\frac{120\pi I_m [A] l_d [M]}{\lambda [M] r [KM]} \sqrt{\frac{\Theta}{\sin \Theta}} e \right)^{\frac{0,0014}{\lambda^{0,6} [KM]} r [KM]}, \text{ [МВ/М]}. \quad (6)$$

Отличительной особенностью формулы Остина-Когена является определенная зависимость напряженности поля от расстояния. В противоположной точке Земли, называемой точкой антипода, эта формула, при ее вычислении, дает бесконечное значение электромагнитной напряженности поля сигнала в точке приема, так как геоцентрический угол $\Theta = 180^\circ$. Реально в этой точке наблюдается некоторое увеличение величины поля, поскольку в нее приходят в фазе ионосферные волны, обогнувшие Землю с разных направлений. Это явление получило название «эффект антипода». На практике формулу Остина-Когена применяют для проведения расчетов напряженности электромагнитного поля ионосферной волной на расстояниях от 1000 до 18000 километров.

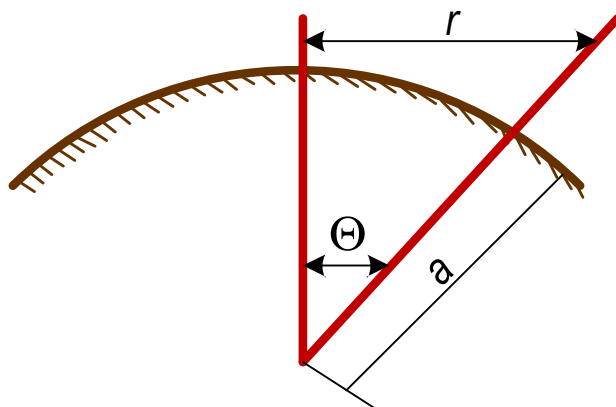


Рис. 2. Геоцентрический угол θ между приемными и передающими устройствами

В качестве примера рассмотрим расчет уровня сигнала в точке приема для земной и ионосферной волн. Для земной волны: $P_{0,5} = 500$ кВт; $P_1 = 1000$ кВт; $P_2 = 2000$ кВт; $D = 1,5$; $\lambda = 15$ км; $r = 100 - 700$ км; $\sigma = 4$ см/м. Для ионосферной волны: $P_{0,5} = 500$ кВт; $P_1 = 1000$ кВт; $P_2 = 2000$ кВт; $D = 1,5$; $\lambda = 15$ км; $\Theta = 45^\circ$; $r = 700 - 2000$ км. В результате расчета, получаем числовые значения представленные на графике (рис. 3).

Как промежуточный вывод можно констатировать, что представленная часть строительного расчета радиолиний СДВ диапазона для организации связи на большие расстояния позволяет определить величину напряженности электромагнитного поля (уровень сигнала) в точке приема с надводными и воздушными объектами. Остается открытым вопрос организации связи в СДВ диапазоне с подводными объектами, находящимися на определенной глубине $h_{но}$. В этом случае, напряженность электромагнитного поля (уровень сигнала) в точке приема для СДВ радиолинии передачи до 700 км можно рассчитать по формуле [4, 5]:

$$E_{но700} = \frac{E_{зв} e^{-\delta h_{но}}}{\sqrt{\epsilon^2 + (60\lambda\sigma^2)}}, \quad [\text{мкВ/м}], \quad (7)$$

а для СДВ радиолинии передачи свыше 1000 км:

$$E_{но1000} = \frac{E_{пв} e^{-\delta h_{но}}}{\sqrt{\epsilon^2 + (60\lambda\sigma^2)}}, \quad [\text{мкВ/м}], \quad (8)$$

где e – основание натурального логарифма, математическая константа ($e = 2,718$); ϵ – диэлектрическая проницаемость среды (для морской воды $\epsilon = 80$); σ – удельная диэлектрическая проницаемость среды, см/м (для морской воды $\sigma = 3 - 6$ см/м); δ – коэффициент поглощения, 1/м, который для формул (7) и (8) определяется:

$$\delta = \frac{w}{c} \sqrt{\frac{1}{2}(-\epsilon + \sqrt{\epsilon^2 + (60\lambda\sigma)^2})}, \quad [1/\text{м}], \quad (9)$$

где w – циклическая частота $w = 2\pi f$; c – скорость света ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

На сегодняшний день, для обеспечения связи с удаленными объектами используются радиостанции СДВ диапазона 8-60 кГц большой мощности 1000-4000 кВт, которые обеспечивают связь на расстоянии 5000-12000 км. Проведенные исследования показали высокий уровень атмосферных помех в СДВ диапазоне, вызванных грозами, поэтому для передачи информации со скоростью 50-100 Бод на различные объекты с заданной вероятностью на больших удалениях необходима излучаемая мощность не менее 400-500 кВт без учета преднамеренных помех.

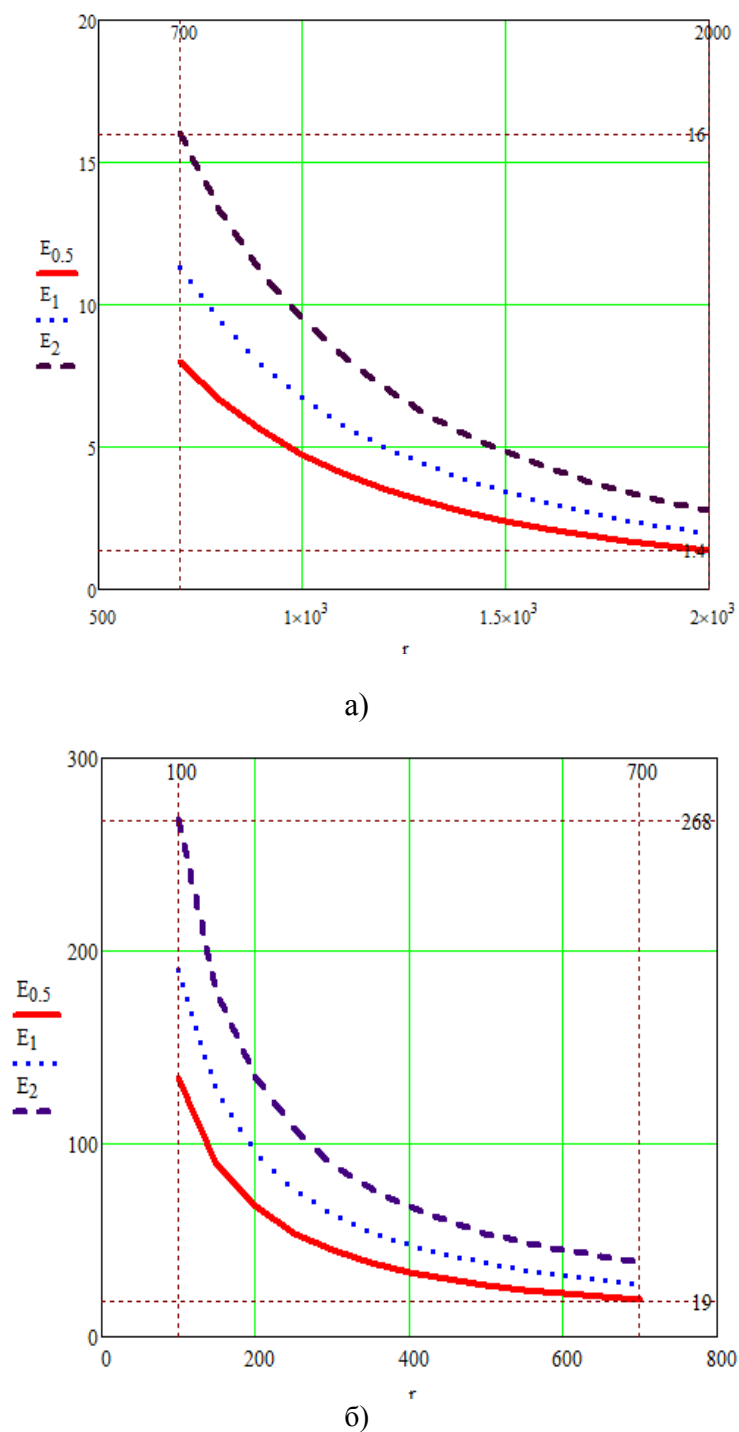


Рис. 3. Графики примера расчета уровня СДВ сигнала:
 а) для земной волны; б) для ионосферной волны

Для излучения таких мощностей требуются антенно-мачтовые сооружения, которые занимают площади 600-1000 Га с высотой мачт 300-500 м. С этой целью, в качестве передающих антенн, в основном, применяются вертикальные несимметричные электрические вибраторы, создающие вдоль земли вертикально поляризованные волны.

Для увеличения основной резонансной волны, при допустимой высоте антенны, на сверхдлинных волнах применяются несимметричные заземленные вибраторы, преимущественно следующих типов [6, 7]:

– Г-образная антенна, состоящая из вертикальной части (снижения) и горизонтальной части, увеличивающей резонансную волну антенны, и приводящую к более равномерному распределению тока на снижении, являющимся основной излучающей частью антенны (рис. 4 а);

– Т-образная антенна, состоящая, как и Г-образная антенна, из снижения и горизонтальной части, отличающаяся тем, что снижение удалено от мачт (с целью уменьшить их возбуждение) и подвешено к середине горизонтальной части (рис. 4 б);

– зонтичная антенна, которая в отличие от двух предыдущих, подвешивается на одной мачте. Снижение идет вдоль мачты и в верхней своей части присоединяется к радиально расходящимся наклонным проводам (рис. 4 в). Наклонные провода через изоляторы натягиваются оттяжками, закрепленными на анкерах;

– П-образная антенна, состоящая из двух снижений и горизонтальной части (рис. 4 г). Напряжение питания подводится к одному из снижений, а в другое снижение включают реактивное сопротивление, которым можно обеспечить синфазное распределение тока в обоих снижениях. П-образная антенна образована как бы из двух Г-образных антенн. Вследствие взаимного влияния снижений, сопротивление излучения этой антенны больше, чем у Г-образной антенны;

– антенна с несколькими снижениями повышает, как и в П-образной антенне, сопротивление излучения, чем существенно увеличивает КПД СДВ антенны (рис. 4 д).

Коэффициент полезного действия стационарных антенн СДВ диапазона составляет 30-60 %, в зависимости от рабочей частоты. Конструктивно, большинство стационарных СДВ антенн – это антенны зонтичного типа с круговой диаграммой направленности. Электрически эти антенны являются «короткими», и потому для их настройки в резонанс на заданную частоту требуются катушки индуктивности. Добротность этих антенных систем лежит в диапазоне $Q_a = 100$ в нижней части рабочего диапазона и $Q_a = 15-20$ – в верхней. Суммарная сила тока антенны может достигать 2000 А, при напряжении до 180 кВ. Для уменьшения силы тока в элементах настройки антенны (антенных катушек и вариометров), а также для равномерного согласования антенн, их настройка осуществляется с помощью нескольких антенных павильонов. При частичном ремонте антенного полотна возможна работа радиопередатчика при отключенных одном или двух антенных павильонах на пониженной мощности.

Ранее, стационарные СДВ радиостанции комплектовались резервной аэростатной антенной, которые в настоящее время сняты с эксплуатации, и разработки в этом направлении прекращены, несмотря на то, что вертикальная тросовая антенна наиболее действенна по излучающим свойствам и имеет относительно низкую стоимость.

Стационарные зонтичные и другие мачтовые СДВ антенны в нижней части диапазона имеют узкую полосу пропускания, что связано с высокой добротностью антенного контура, который является последовательным колебательным контуром. Например, полоса пропускания $2\Delta f$ на частоте 12 кГц может находиться в пределах 40-80 Гц. С повышением рабочей частоты полоса пропускания увеличивается и в верхней части диапазона может достигать 200-300 Гц. Для передачи информации в режиме частотной или фазовой телеграфии (ЧТ, ОФТ), при скорости манипуляции 50 Бод полоса сигнала составляет порядка 150 Гц. Для передачи сигналов при скоростях манипуляции 50-100 Бод требуется расширение полосы пропускания антенного контура. Одним из способов решения этого вопроса является использование декрементного сопротивления, которое включается в антенный контур. В качестве декрементного сопротивления применяется резистивный эквивалент антенны. Но, при использовании декрементного сопротивления уменьшается излучаемая мощность и дальность связи. Более рациональный способ расширения полосы пропускания – это применение системы синхронной перестройки антенного контура (ССП). ССП – достаточно сложное и дорогостоящее устройство (цена соизмерима со стоимостью

передатчика). Этот способ позволяет передавать информацию на высоких скоростях без искажения и снижения излучаемой мощности.

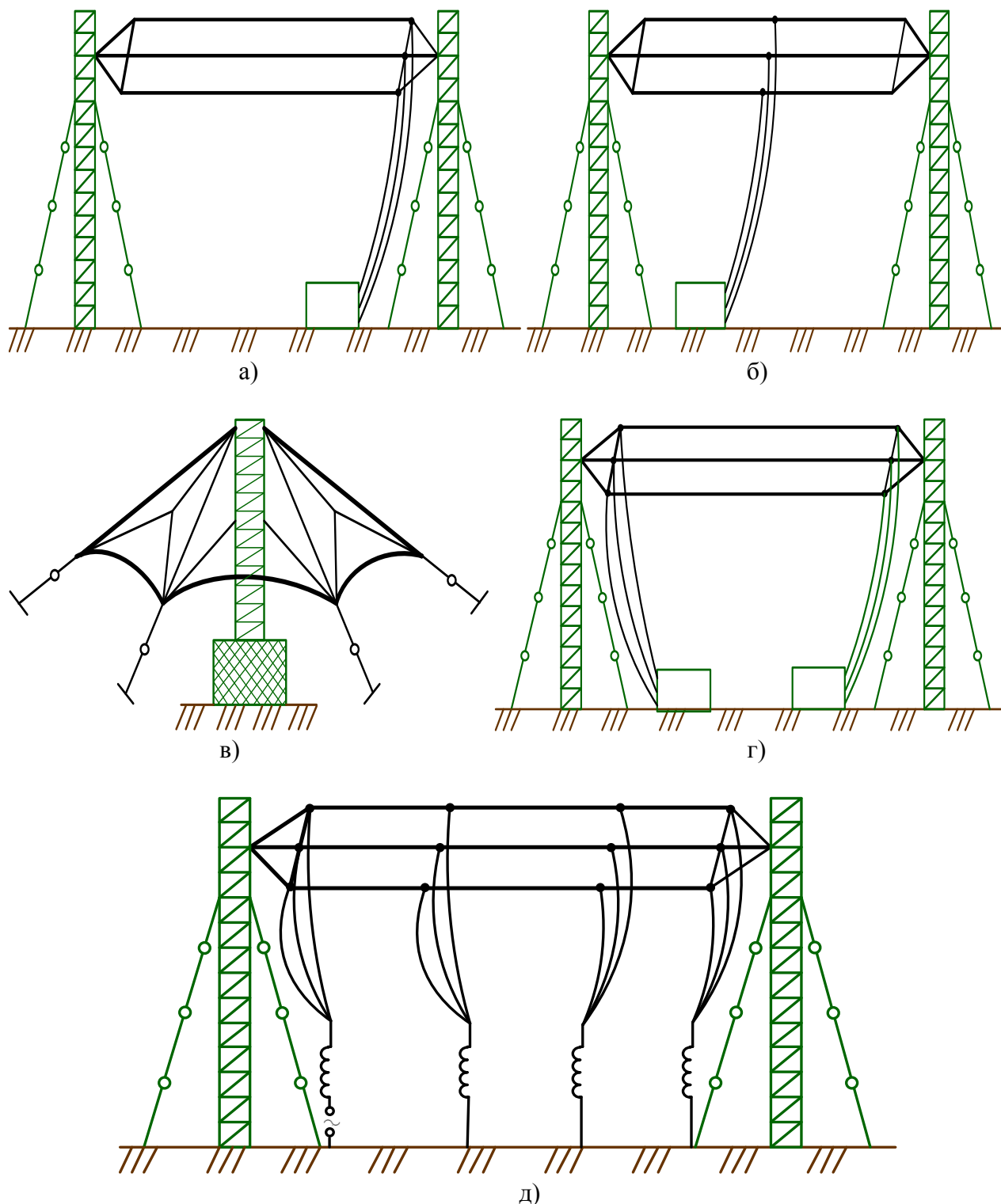


Рис. 4. Основные виды передающих антенн СДВ диапазона: а) – Г-образная; б) – Т-образная; в) – зонтичная; г) – П-образная; д) – антенна с несколькими снижениями.

В качестве приемной антенны, в настоящее время, широкое распространение получила низкопрофильная широкополосная приемная антенна магнитного типа СДВ диапазона «Акция-СДВ», работающая в диапазоне 10-500 кГц (рис. 5).



Рис. 5. Низкопрофильная широкополосная приемная антенна магнитного типа СДВ диапазона «Акция–СДВ»

Для достижения целевой установки строительного расчета необходимо ответить на вопрос о возможности обеспечения связи на СДВ радиолинии с заданным качеством.

Это будет возможно, если уровень радиосигнала в точке приема, определенный по формулам (1, 4-8), будет не ниже уровня реальной чувствительности радиоприемного устройства СДВ радиостанции конкретного типа [7, 8]:

$$E_{\text{прм}} \geq P_{\text{рчпрм}} \cdot \quad (10)$$

При этом, величина уровня радиосигнала на входе приемного устройства СДВ радиостанции зависит как от технических характеристик конкретных типов станций, так и от протяженности радиолинии, рельефа местности и других условий распространения радиосигнала.

Дальнейший расчет проводится для подготовки данных, необходимых для объективного контроля за развертыванием (строительством) и эксплуатационным обслуживанием СДВ радиолинии.

При передаче телеграфных (дискретных) сигналов в качестве показателя качества принимают вероятность ошибки ($p_{\text{ош}}$) или достоверность передачи (Q), которые связаны между собой выражением [7]:

$$Q = 1 - p_{\text{ош}} \quad (11)$$

Под вероятностью ошибки понимается предельное отношение числа неправильно принятых элементов телеграфного (дискретного) сигнала (элементарных посылок или блоков) ($n_{\text{ош}}$) к общему числу переданных элементов (N):

$$p_{\text{ош}} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n_{\text{ош}}}{N} \quad (12)$$

Критерием качества телеграфного (дискретного) канала на СДВ радиолинии является выполнение требования:

$$p_{\text{ош}} \leq p_{\text{ош}}^* \quad (13)$$

где $p_{\text{ош}}^*$ – нормированная (требуемая, заданная) вероятность ошибки на СДВ радиолинии.

Для вычисления значения вероятности ошибки на СДВ радиолинии необходимо:

1) определить значение уровня сигнала на входе СДВ приемного устройства в зависимости от протяженности радиолинии и вида распространения радиоволны по формулам (1, 4-8);

2) вычислить отношение сигнал/шум на входе СДВ приемного устройства [7]:

$$h^2 = \frac{10^{0,1(P_{\text{прм}} - \Delta P_{\text{тех}})}}{n_{\text{ш}} \cdot k \cdot T \cdot \Pi_{\text{ш прм}}} \quad (14)$$

где $n_{\text{ш}}$ – коэффициент шума приемника; T – температура входных цепей приемника по шкале Кельвина; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/град – постоянная Больцмана; $\Pi_{\text{ш прм}}$ – шумовая полоса приемника; $\Delta P_{\text{тех}}$ – поправка на потери при технической реализации приема;

3) вычислить вероятность ошибки на СДВ радиолинии:

$$p_{\text{ош}} = \frac{\exp\left(-\frac{\gamma^2 \cdot h^2}{2}\right)}{2} \quad (15)$$

где γ – коэффициент, учитывающий вид модуляции в приемном устройстве;

4) по критерию (13) сравнить значение вероятности ошибки на СДВ радиолинии с нормированным значением и сделать вывод о ее пригодности к обеспечению связи с заданным качеством.

Таким образом, определены цель, основные исходные данные и последовательность проведения строительного расчета СДВ радиолиний передачи с береговыми, надводными и подводными объектами, для различных условий ведения связи.

Для определенного круга должностных лиц, занимающихся вопросами планирования развертывания (строительства) СДВ радиолиний передачи, предлагаемый подход может стать реальным инструментом в их профессиональной деятельности. Он позволяет:

– оценить пригодность определенного по карте варианта размещения станций на трассе СДВ радиолиний по критерию вероятности ошибки в телеграфном (дискретном) канале передачи;

– обеспечить объективными расчетными данными соответствующие документы по планированию и объективному контролю качества связи в ходе развертывания и функционирования СДВ радиолиний передачи.

Литература

1. Долуханов М.П. Распространение радиоволн – М.: Связь, 1972. – 336 с.
2. Грудинская Г.П. Распространение радиоволн – М.: Высшая школа, 1975. – 280 с.
3. Фейнберг Е. Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 496 с.
4. Кириллов В.В., Копейкин В.Н., Муштак В.К. Электромагнитные волны ОНЧ-диапазона в волноводном канале Земля-ионосфера // Геомагнетизм и Аэрномия, 1997. Т. 37. № 3. С. 114-120.
5. Корчагин Ю.А. Источники электромагнитного поля очень низких частот – Красноярск: КГУ, 1988. – 205 с.
6. Драбкин А.Л., Коренберг Е.Б. Антенны. – М.: Радио и связь, 1992. – 144 с.
7. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория: справочник // Под ред. Я.Д. Ширмана – М.: ЗАО Маквис, 1998. – 226 с.
8. Лезин Ю.С. Введение в теорию и технику радиотехнических систем – М.: Радио и связь, 1986. – 279 с.

References

1. Doluhanov M.P. *Rasprostranenie radiovoln* [Radio propagation] – М. : Svjaz', 1972. – 336 s. (in Russian).
2. Grudinskaja G.P. *Rasprostranenie radiovoln* [Radio propagation] – М. : Vysshaja shkola, 1975. – 280 s. (in Russian).
3. Fejnberg E.L. *Rasprostranenie radiovoln vdol' zemnoj poverhnosti* [Propagation of radio waves along the Earth 's surface] – М. : Nauka. Fizmatlit, 1999. – 496 s. (in Russian).
4. Kirillov V.V., Kopejkin V.N., Mushtak V.K. *Jelektromagnitnye volny ONCh-diapazona v volnovodnom kanale Zemlja-ionosfera. Geomagnetizm i Ajeronomija* [RF electromagnetic waves in the Earth-ionosphere waveguide channel. Geomagnetism and Aeronomy]. 1997. Т. 37. № 3. P. 114-120. (in Russian).
5. Korchagin Ju.A. *Istochniki jelektromagnitnogo polja ochen' nizkih chastot* [Very low frequency electromagnetic field sources] – Krasnojarsk : KGU, 1988. – 205 s. (in Russian).
6. Drabkin A.L., Korenberg E.B. *Antenny*. – М. : Radio i svjaz', 1992. – 144 s. (in Russian).
7. *Radiojelektronnye sistemy. Osnovy postroenija i teorija* [Radio-electronic systems. Construction Basics and Theory] Reference Book. Ja.D. Shirman – М. : ZAO Makvis, 1998. – 226 s. (in Russian).
8. Lezin Ju.S. *Vvedenie v teoriju i tehniku radiotehnicheskikh sistem* [Introduction to the Theory and Technique of Radio Engineering Systems] – М. : Radio i svjaz', 1986. – 279 s. (in Russian).

Статья поступила 20 марта 2020 г.

Информация об авторах

Моисеев Анатолий Алексеевич – Заместитель директора научно-технического центра ПАО «Интелтех», кандидат военных наук, профессор. Тел.: +79112950761. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Киселев Алексей Алексеевич – Начальник сектора ПАО «Интелтех», кандидат технических наук, доцент. Тел.: +79119621460. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Сударев Аркадий Прокопович – Начальник сектора ПАО «Интелтех», кандидат технических наук, доцент. Тел.: +79213290815. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Адрес: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8.

To the issue of construction calculation of ultra-long-wave radio links of transmission

A.A. Moiseyev, A.A. Kiselev, A.P. Sudarev

Annotation. The article presents the author's approach to the sequence of construction calculation of ultra-long-wave radio links of transmission. Differences between construction and energy calculations of ultra-long-wave of radio links are shown. Objectives of calculation of ultra-long-wave of transmission radio links are formulated. In order to correctly solve the problem, a brief and meaningful analysis of the basic provisions of the theory of propagation of radio waves of the ultra-long-wave range was carried out. Peculiarities of communication provision in ultra-long-wave ultra-long-wave range, depending on type of electromagnetic radio wave and communication range, are revealed. On this basis, a generalized formalized sequence of construction calculation of ultra-long-wave of radio transmission links has been developed. Detailed sequence of construction calculation of ultra-long-wave of radio lines for terrestrial (surface) and ionospheric (spatial) waves is given. As an example, the signal strength at the receiving point is calculated for different communication conditions. The procedure for determining the intensity of the electromagnetic field (signal level) for ionospheric and terrestrial waves is shown for communication in the ultra-long-wave range with underwater objects at a certain depth. Types of ultra-long-wave of antennas are described, which allow to increase the main resonance wave at their permissible height. Criterion of providing communication on ultra-long-wave of radio link with specified quality is determined, which consists in comparison of level of radio signal at receiving point with level of real sensitivity of ultra-long-wave of radio receiving device. The final step is the calculation for the preparation of the data necessary for objective control of the deployment (construction) and maintenance of the ultra-long-wave of the radio link. For this purpose, the quality criterion of the telegraph (discrete) channel of the ultra-long-wave of the radio link is determined by the probability of error. For this purpose, the sequence of calculating the error probability value on the RV of the radio link is presented.

Keywords: ultra-long-range radio transmission line; construction calculation; earth (surface) wave; ionospheric (spatial) wave; organization of communication with underwater objects.

Information about Authors

Moiseyev Anatoly Alekseyevich – Deputy Director of the Scientific and Technical Center of PJSC «Inteltech», candidate of military sciences, professor. Tel.: 79112950761. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Kiselev Alexey Alekseyevich – Head of the Sector of PJSC «Inteltech», candidate of technical sciences, associate professor. Tel.: 79119621460. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Sudarev Arkadiy Prokopovich – Head of the Sector of PJSC «Inteltech», candidate of technical sciences, associate professor. Tel.: 79213290815. E-mail: saldv@inteltech.ru.

Address: 197342, Russia, St. Petersburg, Kantemirovskaya Str., 8.

Для цитирования: Моисеев А.А., Киселев А.А., Сударев А.П. К вопросу о строительном расчете сверхдлинноволновых радиолиний передачи // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 37-48.

For citation: Moiseyev A.A., Kiselev A.A., Sudarev A.P. To the issue of construction calculation of ultra-long-wave radio links of transmission. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 37-48 (in Russian).

СИСТЕМЫ СВЯЗИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

УДК 623.611

Разработка требований к комплексу авиационной связи надводного авианесущего корабля с групповым базированием воздушных судов (летательных аппаратов)

Козлов К.В., Кулешов И.А., Сенчуков М.В., Козлова А.К.

***Аннотация.** Статья раскрывает актуальность необходимости разработки требований к комплексам авиационной связи надводных авианесущих кораблей. В ней отражен рост роли морской авиации и войск противовоздушной обороны в решении задач, стоящих перед Военно-Морским Флотом и группировками войск (сил) различной принадлежности. В представленных материалах приведён перечень основных характеристик комплекса авиационной связи надводного авианесущего корабля, подлежащих реализации; упомянуты зарубежные аналоги и раскрыта необходимость разработки отечественного варианта комплекса авиационной связи надводного авианесущего корабля. Работа раскрывает порядок разработки требований к комплексу авиационной связи надводного авианесущего корабля с групповым базированием воздушных судов (летательных аппаратов).*

***Ключевые слова:** система связи; радиотехническое обеспечение; автоматизация управления; морская авиация; комплекс авиационной связи; надводный авианесущий корабль.*

Необходимость разработки требований к комплексам авиационной связи (КАВС) надводных авианесущих кораблей (НАК) связана с объективной потребностью создания систем связи кораблей указанного класса, что, в свою очередь, обусловлено влиянием ниже перечисленных факторов.

Во-первых, увеличением роли авиации флота и авианесущих кораблей в решении задач, стоящих перед группировкой сил флота, вызванных ростом влияния результатов противоборства в воздушно-космической сфере на результаты вооружённого конфликта (военных действий), в целом.

Во-вторых, расширением перечня и увеличением объёма задач группировки сил флота (региональной группировки авиации и войск противовоздушной обороны (ПВО), региональной группировки войск (сил), решаемых путем применения корабельной авиации и авиации, переданной под управление НАК.

В-третьих, планирующимся оснащением кораблей основных классов беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) различного назначения, что неизбежно повлечёт за собой необходимость дооснащения корабельных систем управления программно-аппаратными комплексами авиационной связи.

В-четвёртых, объективной необходимостью использования надводных авианесущих кораблей в качестве:

пунктов управления авиацией при решении задач управления экипажами летательными (беспилотными летательными) аппаратами (ЛА) различной видовой и ведомственной принадлежности в районах, необорудованных в отношении связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления;

аэродромов базирования корабельной авиации, при необходимости присутствия авиационных групп РФ в районах, необорудованных в аэродромно-техническом отношении.

При этом, пилотируемыми и беспилотными авиационными комплексами может решаться широкий круг задач – от обеспечения обороноспособности РФ в арктических районах при несении боевого дежурства по ПВО до защиты месторождений полезных

ископаемых на морском шельфе (в малоосвоенных приморских районах побережья) и контроля районов мирового океана, при проведении отдельных контртеррористических (антипиратских) мероприятий с участием сил (средств) флота.

В-пятых, необходимостью внедрения перспективных телекоммуникационных технологий, без которых удовлетворение растущих потребностей системы управления авиацией надводного авианесущего корабля с групповым (одиночным) базированием летательных аппаратов, является невозможным.

В настоящее время, ведущие мировые государства активно осуществляют строительство авианесущих кораблей различного назначения, по очевидным причинам на открытом рынке аналоги разрабатываемой технологии отсутствуют. В своё время, специалистам РФ удалось получить доступ к технологии создания комплекса авиационной связи десантного вертолётноносного корабля-дока типа «Мистраль», которая в существующем виде (без доработки) соответствует стандартам НАТО, но не в полной мере удовлетворяет требованиям нормативных документов РФ по пропускной способности, поскольку не обеспечивается требуемое количество:

- радиосредств для организации сетей открытой и закрытой воздушной связи диапазонов дециметровых волн (ДКМВ), метровых волн (МВ2) и дециметровых волн (ДМВ1);

- окончательных устройств для оборудования рабочих мест должностных лиц (ДЛ) группы руководства полетами (ГРП) и боевого расчёта пунктов управления (ПУ);

- типов кодеров и декодеров для формирования всего перечня командных радиолиний управления и радиолиний, использующих алгоритмы помехозащищённого кодирования, применяемых в авиации видов ВС РФ.

Также необходимо отметить, что данная технология не обеспечивает требования к безопасности информации (поскольку разработчиком системы является иностранный производитель).

Устаревшим отечественным аналогом является технология построения системы авиационной связи *тавкр* пр. 1143.5 «Адмирал Кузнецов», не удовлетворяющая возросшие телекоммуникационные потребности системы управления авиацией.

Опыт участия авторов в НИОКР позволяет сделать выводы о том, что определение требований к КАВС НАК, в основном, состоит в:

- определении количества трактов связи;

- расчёте значения требуемой пропускной способности его трактов:

- спутниковой, воздушной и объектовой (корабельной) связи, предназначенных для обеспечения информационного обмена по управлению авиацией;

- спутниковой, воздушной и объектовой (корабельной) связи, предназначенных для обеспечения информационного обмена по управлению элементами системы связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления;

- воздушной и объектовой (корабельной) связи, предназначенных для обеспечения объективного контроля;

- формировании подлежащих реализации:

- перечня телекоммуникационных служб и услуг;

- множества сочетаний классов излучений, диапазона и шага сетки радиочастот, криптоалгоритмов, режимов командных радиолиний, алгоритмов помехоустойчивого кодирования и перестройки рабочих частот по псевдослучайному закону (ППРЧ) (полностью учитываемые в авиации видов Вооруженных Сил);

- разработке порядка управления элементами комплекса (конфигурирования, контроля работоспособности и дистанционного управления);

определении перечня применяемых производственных технологий и особенностей конструктивного исполнения в аспекте обеспечения требований радиоэлектронной защиты, стойкости воздействия вредных факторов, эргономики и безопасности.

При этом, для расчёта значения требуемой пропускной способности трактов КАвС должны быть разработаны и исследованы модели пространственно-информационных структур автоматизированных систем управления авиацией НАК с групповым (одиночным) базированием летательных аппаратов. На основании полученных результатов должны быть сформированы научно-обоснованные требования к системе авиационной связи НАК.

После чего, в соответствии со сформированными требованиями, разрабатываются комплексные модели систем связи НАК с групповым (одиночным) базированием летательных аппаратов, реализующих информационный обмен на направлениях:

воздушной связи в диапазонах ДКМВ, МВ1, МВ2, ДМВ1, ДМВ2, СМВ и спутниковой связи между автоматизированными рабочими местами должностных лиц группы руководства полётами и/или боевого расчёта пункта управления авиацией и экипажами (или бортовыми вычислительными комплексами, бортовой аппаратурой наведения, информационно-управляющими системами) существующих и перспективных (пилотируемых и беспилотных) летательных аппаратов морской, фронтовой, армейской авиации и авиационными комплексами радиолокационного дозора и наведения (управления) с реализацией телекоммуникационных служб передачи речевой информации (речи) и передачи данных (по открытым каналам связи и закрытым каналам связи, сформированным с использованием ШАС);

объектовой (внутрикорабельной) связи между автоматизированными рабочими местами должностных лиц группы руководства полётами, боевого расчёта пункта управления авиацией, группы обеспечения, управления (штаба) авиационной группы; местами стоянок авиационной техники, хранения авиационного вооружения и имущества; рабочими местами должностных лиц расчётов боевых постов обеспечивающих боевых частей (БЧ-1, БЧ-4, БЧ-6 и БЧ-7) (задействованными для обеспечения управления авиацией), сил инженерно-авиационного и аэродромно-технического обеспечения надводного авианесущего корабля.

По результатам исследования моделей пространственно-информационных структур системы управления авиацией надводных авианесущих кораблей с групповым (одиночным) базированием летательных аппаратов становится возможным определить:

– перечень телекоммуникационных и геоинформационных технологий, технологических и конструкторских решений, подлежащих реализации в аппаратно-программном комплексе (АПК);

– требования к базовому и специальному программному обеспечению (ПО) АПК и алгоритмы их функционирования.

Затем, осуществляется научно-техническое обоснование системного облика комплексов авиационной связи НАК с групповым (одиночным) базированием летательных аппаратов и выполняется системное проектирование, итогом которого является формирование технического задания для ОКР на разработку КАвС, определяющего тактико-технические характеристики опытного образца, содержащие:

- 1) значения полосы рабочих частот (радиотрактов изделия в диапазонах ДКМВ, МВ-2, ДМВ-1 и ДМВ-2) и соответствующие им значения шага сетки частот;
- 2) перечень классов излучения (реализуемых изделием в диапазонах ДКМВ, МВ-2 и ДМВ-1);
- 3) перечень режимов использования частот и перечень обеспечиваемых алгоритмов ППРЧ;
- 4) перечень реализуемых алгоритмов помехоустойчивого кодирования;

- 5) перечень типов и характеристики циклограмм обмена в сетях воздушной связи с временным разделением каналов;
- 6) перечень режимов реализуемых командных радиолиний управления;
- 7) требуемое количество радиотрактов (в диапазонах ДКМВ, МВ-2 и ДМВ-1);
- 8) значение скоростей передачи и эффективно-передаваемой полосы частот радиотрактов;
- 9) характеристики модемов, реализующих построение трактов ТЧ-Р;
- 10) значение выходной мощности радиопередающих устройств и чувствительности радиоприёмных устройств изделия для обеспечиваемых классов излучения в полосах рабочих частот;
- 11) значение параметров надёжности изделия, стойкости к внешним воздействующим факторам и спецвоздействиям.

В последующем, в ходе выполнения ОКР необходимо обосновать:

требования по пропускной способности, которые могут быть определены путем анализа:

– требований нормативных документов по составу ГРП;

– задач по управлению экипажами ЛА, решаемым ДЛ боевых расчетов ПУ авиации;

требования по безопасности информации определяемые с учетом порядка получения разрешительных документов в системе сертификации МО РФ, ФСБ и ФСТЭК;

выбор технологий для формирования архитектуры КАВС, которые должны осуществляться с учётом необходимости обеспечения выполнения требований по пропускной способности и обеспечению безопасности информации.

Литература

1. Козлов К.В., Сорокин К.Н. Некоторые проблемы организации связи в интересах обеспечения управления авиацией и пути их решения // Новые информационные технологии в системах связи и управления. Труды Российской научно-технической конференции. – Калуга, 2009.
2. Духон Ю.И. Справочник по связи и радиотехническому обеспечению полётов. – М.: Воениздат, 1979. – 286 с.

References

1. Kozlov K.V., Sorokin K.N. *Nekotorye problemy organizacii svyazi v interesah obespecheniya upravleniya aviaciej i puti ih resheniya. Novye informacionnye tekhnologii v sistemah svyazi i upravleniya.* [Some communication problems for aviation management and solutions. New information technologies in communications and management systems]. Proceedings of the Russian Scientific and Technical Conference. – Kaluga, 2009 (in Russian).
2. Duhon Y.I. Handbook of communications and radio engineering flight support. – М.: Military Publishing, 1979. – 286 s. (in Russian).

Статья поступила 6 марта 2020 г.

Информация об авторах

Козлов Константин Валентинович – Заместитель директора научно-технического центра ПАО «Интелтех». Кандидат военных наук. E-mail: k.kozlov@inteltech.ru.

Кулешов Игорь Александрович – Первый заместитель генерального директора ПАО «Интелтех» по научной работе. Доктор технических наук, доцент. E-mail: KuleshovIA@inteltech.ru.

Сенчуков Михаил Викторович – Ведущий инженер ПАО «Интелтех». E-mail: m.senchukov@inteltech.ru.

Козлова Анастасия Константиновна – студент Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ». E-mail: gb6s@mail.ru.

Тел. +7(812)313-12-52. Адрес: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, 8.

Working out of requirements to a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship with group basing of aircrafts (flying machines)

K.V. Kozlov, I.A. Kuleshov, M.V. Senchukov, A.K. Kozlova

***Annotation.** Article opens an urgency of necessity of working out of requirements to complexes of aviation communication of the surface aviabearing ships, in it growth of a role of sea aircraft and armies of air defence of the Navy in the decision of the problems facing the Navy and groupings of armies (forces) of a various accessory is reflected. In the presented materials the list of the basic characteristics of a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship, realisation subjects is resulted; foreign analogues are mentioned and necessity working out of a domestic variant of a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship is opened. Work opens an order of working out of requirements to a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship with group basing of aircrafts (flying machines).*

***Keywords:** the communication system; radio engineering maintenance and automation of management of sea aircraft; a complex of aviation communication; the surface aviabearing ship.*

Information about authors

Kozlov Konstantin Valentinovich – The deputy director of scientific and technical centre PJSC «Inteltech». The candidate of military sciences. Field of research: Control systems and communications. E-mail: k.kozlov@inteltech.ru.

Kuleshov Igor Aleksandrovich – The first deputy of general director PJSC «Inteltech» on scientific work. Dr.Sci.Tech., the senior lecturer. Field of research: Control systems and communications. E-mail: KuleshovIA@inteltech.ru.

Senchukov Michael Viktorovich – The lead engineer PJSC «Inteltech». Field of research: Control systems and communications. E-mail: m.senchukov@inteltech.ru.

Kozlova Anastasia Konstantinova – Student of St. Petersburg State Electrotechnical University "LETI". E-mail: g66s@mail.ru.

Address: 197342, Russia, St. Petersburg, ul. Kantemirovskaya, 8.

Для цитирования: Козлов К.В., Кулешов И.А., Сенчуков М.В., Козлова А.К. Разработка требований к комплексу авиационной связи надводного авианесущего корабля с групповым базированием воздушных судов (летательных аппаратов) // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 49-53.

For citation: Kozlov K.V., Kuleshov I.A., Senchukov M.V., Kozlova A.K. Working out of requirements to a complex of aviation communication of the surface aviabearing ship with group basing of aircrafts (flying machines). Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 49-53 (in Russian).

УДК 621.353

Модель контроля технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения

Меженев А.В.

Аннотация. *Постановка задачи:* современные средства связи и радиотехнического обеспечения представляют собой сложные технические комплексы, применение которых непосредственно влияет на выполнение авиацией поставленных задач. В таких условиях важно обеспечить постоянную готовность к применению средств связи и радиотехнического обеспечения, что подразумевает актуальность совершенствования способов контроля их технического состояния. **Цель работы:** разработка математической модели для оценки функции распределения времени реализации процесса контроля технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения. **Используемые методы:** в основу модели положен метод топологического преобразования стохастических сетей. **Новизна и практический результат:** состоит в дальнейшем развитии научно-методического аппарата контроля и диагностирования, учитывающего влияние таких показателей, как периодичность и длительность контроля, условные вероятности необнаруженного и ложного отказов при оценке функции распределения времени реализации процесса контроля технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения.

Ключевые слова: система связи и радиотехнического обеспечения; средства связи и радиотехнического обеспечения; контроль технического состояния; топологическое преобразование стохастических сетей.

Введение

В настоящее время стремительное развитие науки и военных технологий меняет характер вооруженной борьбы. Поэтому с конца двадцатого века в обиходе военных и политиков закрепилось понятие «высокотехнологичные войны». Основным методом достижения целей этих войн стало дистанционное бесконтактное воздействие на противника путем массированного применения высокоточных средств поражения с воздуха, моря и из космоса на большие расстояния. Этот подход нашел отражение во взглядах ведущих мировых государств на ведение вооруженной борьбы, что подтверждается в Сирийской Арабской Республике [1].

Современная политическая обстановка отличается неопределенностью и большой вероятностью применения Воздушно-космических сил (ВКС) с целью обеспечения геополитических интересов Российской Федерации и ее союзников. Наряду с этим боевое применение авиации сопряжено с достаточной сложностью, то есть – необходимостью своевременной передачи команд управления летательным аппаратам (ЛА), а также растущего количества объема информационных данных для фазы их боевого применения [2].

Одним из элементов технической основы системы управления ВКС является система связи и радиотехнического обеспечения, представляющая собой организационно-техническое объединение сил и средств связи (СС) и радиотехнического обеспечения (РТО), создаваемое для обеспечения обмена всеми видами сообщений (информации) в системе управления авиацией и решения задач радиотехнического обеспечения [3].

Основными средствами связи и РТО аэродрома (рис. 1) являются: комплекс средств руководства полетами (КСРП); радиостанции УКВ- и КВ-диапазонов; радиолокационная система посадки (РСП), диспетчерский и посадочный радиолокаторы (ДРЛ и ПРЛ); азимутально-дальномерный радиомаяк (АДРМ); радиотехническая система ближней навигации (РСБН); приводные аэродромные станции (ПАР); автоматический радиопеленгатор (АРП); светосигнальное оборудование (ССО); система инструментальной посадки (ИСП).

Значимость средств связи и РТО в выполнении боевых задач авиации и обеспечении безопасности полетов постоянно повышается. Основаниями этого являются: рост интенсивности

воздушного движения и скоростей ЛА, увеличение требований к точности выдерживания маршрута полета, массированное и продолжительное применение авиации с быстрой сменой аэродромов в ходе боевых действий, полеты на низких высотах и на предельные расстояния.

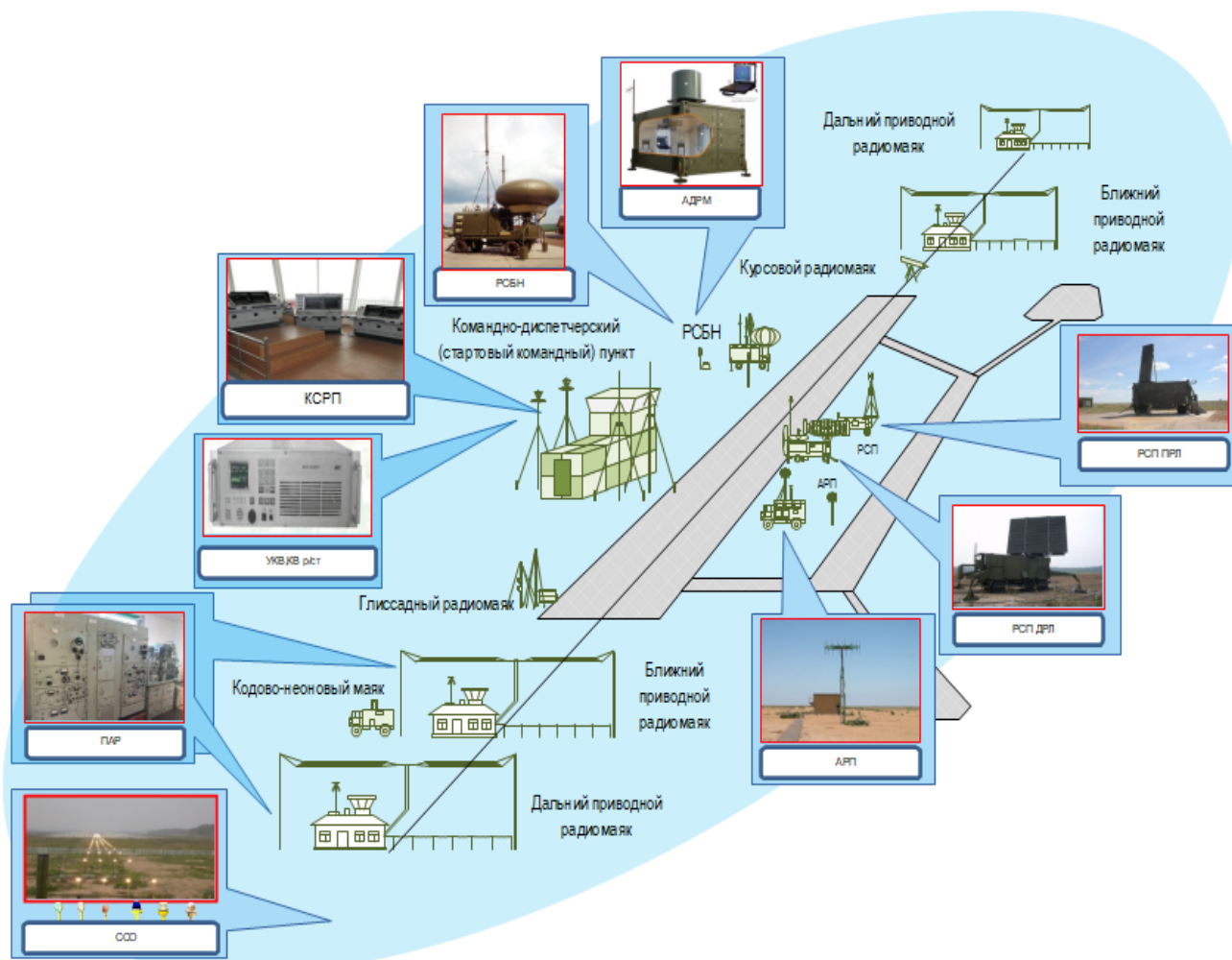


Рис. 1. Средства связи и РТО аэродрома

Любое нарушение в работе средств связи и РТО может привести к потере управления ЛА, а значит к невыполнению поставленной задачи, возможным авиационному инциденту, летному происшествию, катастрофе. Поэтому важнейшим фактором выполнения задач авиации становится обеспечение готовности средств связи и РТО.

Особенности применения авиации, возрастание интенсивности полетов и перелетов, высокие требования к обеспечению безопасности полетов, огромные ресурсные затраты, ограниченность времени на восстановление отказавших средств связи и РТО в период подготовки и проведения полетов, территориальная распределенность, подразумевает актуальность совершенствования методов контроля технического состояния (КТС) средств связи и радиотехнического обеспечения [4]. Требуется разработка методов и средств, обеспечивающих достоверную оценку фактического состояния средств связи и РТО, прогнозирование его изменения и оперативный поиск возможных отказов [5].

Для оценки оперативности функционирования подсистемы КТС возможно использование различных методов (графоаналитического, марковских цепей, топологического преобразования стохастических сетей (ТПСС) и других). Графоаналитическая модель при решении задачи анализа сводится к поиску путей между вершинами графа [6]. Однако из-за

сложности процесса применение такого метода требует дополнительного определения весовых коэффициентов. При применении марковских цепей имеется сложность задания исходных данных и отсутствует возможность учета времени нахождения системы в отдельных состояниях [7, 8]. При применении модели ТПСС сложный процесс функционирования подсистемы КТС декомпозируется на элементарные процессы, каждый из которых характеризуется функцией распределения или средним временем выполнения процесса [9].

Сущность метода топологического преобразования стохастических сетей заключается в том, что исследуется не система, а целевой процесс, который она реализует.

Логика и порядок выполнения процессов обуславливается двухполюсной сетью, включающей входной, промежуточные и выходной узлы (вершины), при этом ребрам соответствует набор элементарных процессов, а вершинам (узлам) условия их выполнения. Каждый узел осуществляет две функции – входную, устанавливающую условие выполнения узла и выходную, определяющую какие из операций, следующих за узлом будут выполняться. Входной узел сети выполняет только выходную функцию, а выходной только входную. Для каждого из ребер определяется функция передачи – условная характеристическая функция, являющаяся преобразованием Лапласа функции плотности вероятностей времени выполнения элементарного процесса [9].

Затем осуществляется топологическое преобразование стохастической сети по правилу Мэйсона. Поскольку входная и выходная вершины двухполюсной сети (графа) являются связными, то топологическое преобразование приводит к получению эквивалентной функции, сохраняющей в своей структуре параметры распределения и логику взаимодействия элементарных случайных процессов.

Получение эквивалентной функции позволяет известными методами [10] определить первые моменты случайного времени выполнения целевого процесса либо произвести ее обратное преобразование по Лапласу (определить ее оригинал в пространстве изображений Лапласа), результатом которого является функция плотности вероятностей времени выполнения исследуемого процесса

Таким образом, суть метода ТПСС состоит в представлении рассматриваемого процесса в виде стохастической сети, замене множества элементарных ветвей сети одной эквивалентной и дальнейшем определении эквивалентной функции сети, начальных моментов и функции распределения случайного времени реализации анализируемого процесса [6, 9].

Постановка задачи на моделирование

Пусть на вход системы поступает пуассоновский поток заявок на определение технического состояния СС (РТО) с некоторой интенсивностью, который реализуется за время t_w с функцией распределения (ФР) $W(t)$.

Проведение КТС реализуется за время t_m с функцией распределения $M(t)$. С вероятностью P_{oo} подсистемой КТС определяется отказ СС (РТО). С вероятностью $1-P_{oo}$ средство связи (РТО) признается работоспособным.

С вероятностью P_{lo} подсистемой КТС определен ложный отказ СС (РТО). С вероятностью $1-P_{lo}$ подсистемой КТС отказ СС (РТО) определен правильно.

Ложный отказ распознается и устраняется за время t_l с функцией распределения $L(t)$.

С вероятностью P_{no} подсистемой КТС отказ не обнаружен.

Идентификация необнаруженного отказа происходит за время t_z с функцией распределения $Z(t)$.

Восстановление СС (РТО) после определения отказа и идентификации необнаруженного отказа проводится за время t_d с функцией распределения $D(t)$.

С вероятностью $1-P_{no}$ СС (РТО) работоспособно. Алгоритм контроля технического состояния при применении СС (РТО) завершается.

Ограничения и допущения: функции распределения случайных величин относятся к классу экспоненциальных; вероятности, соответствующие ветвям стохастической сети, определяются статистическими методами; время осуществления отдельных операций анализируемого процесса имеет экспоненциальное распределение; предполагается отсутствие новых заявок до окончания обработки предыдущей; потоки заявок являются неконкурирующими.

Алгоритм функционирования средства связи (РТО) при контроле технического состояния представлен на рис. 2.

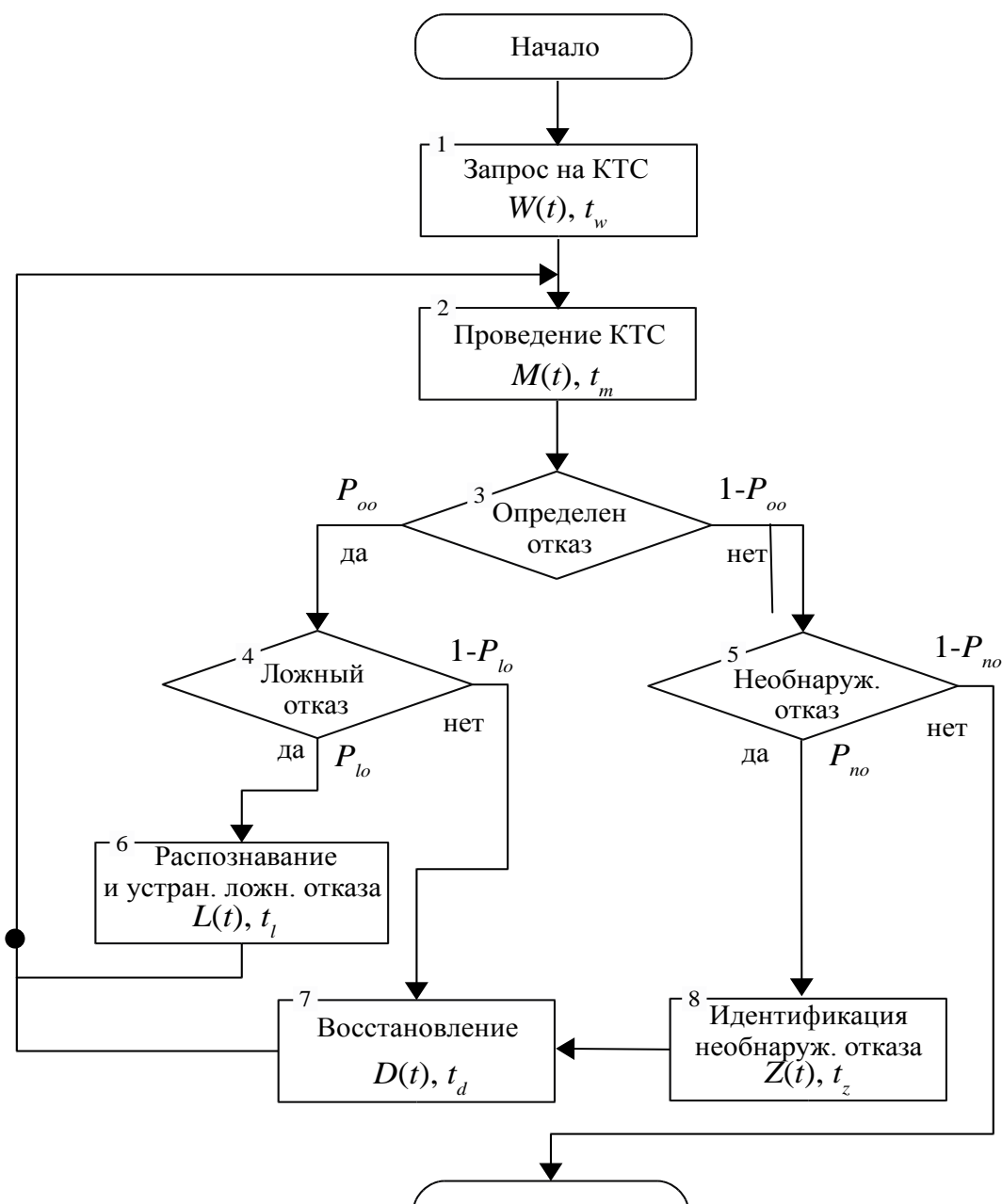


Рис. 2. Алгоритм функционирования средства связи (РТО) при контроле их технического состояния

Результаты моделирования

Представим процесс контроля технического состояния средства связи (РТО) в виде стохастической сети, показанной на рис. 3.

Необходимо определить ФР $Q(t)$ и среднее время выполнения всех процессов, происходящих в стохастической сети процесса КТС при применении СС (РТО).

Каждый элементарный процесс, характеризующийся функцией распределения, представим, используя преобразование Лапласа [6, 9]. Исходные данные для моделирования исследуемого процесса показаны в табл. 1.

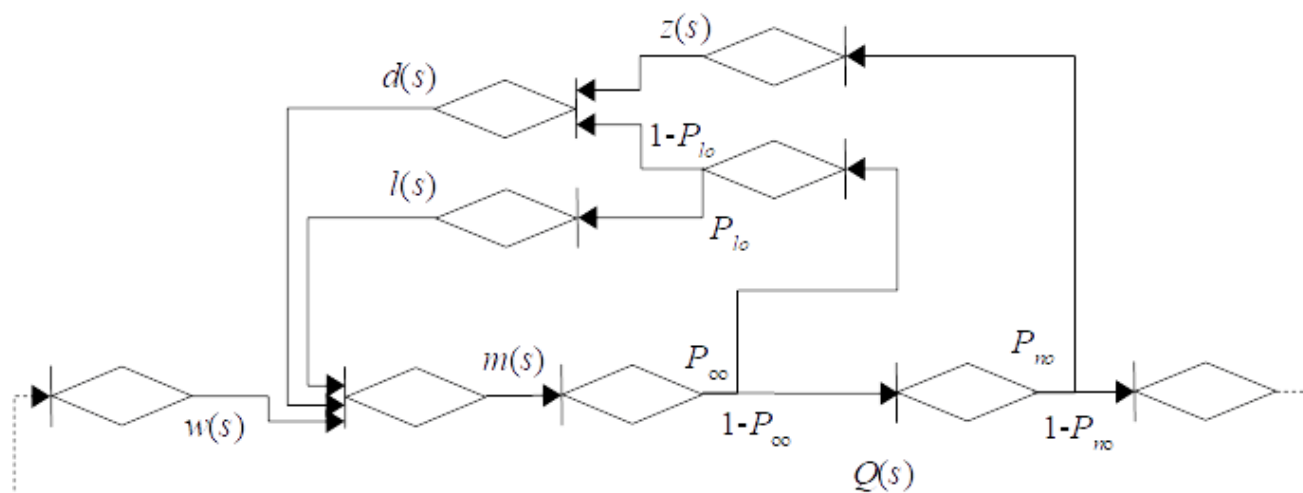


Рис. 3. Стохастическая сеть функционирования СС (РТО) при контроле их технического состояния

Таблица 1 – Исходные данные для моделирования

№ п/п	Описание параметра	Обозначение	Значение
1	Среднее время поступления заявок на КТС	t_w	0,1...8 ч.
2	Среднее время проведения КТС	t_m	0,1...8 ч.
3	Вероятность отказа СС (РТО)	P_{oo}	0,0001...0,1
4	Вероятность необнаруженного отказа	P_{no}	0,001...0,1
5	Вероятность ложного отказа	P_{lo}	0,001...0,1
6	Среднее время распознавания и устранения ложного отказа	t_l	0,1...1 ч.
7	Среднее время идентификации необнаруженного отказа	t_z	0,1...1 ч.
8	Среднее время восстановления отказа	t_d	0,5 ч.

Тогда топологическое уравнение Мейсона [9] для стохастической сети процесса контроля технического состояния при применении СС (РТО) представленной на рис. 3, будет иметь вид (1):

$$Q(t) = \frac{w \cdot m \cdot (1 - P_{oo})(1 - P_{no})}{w + s \cdot m + s} \cdot \frac{1 - \frac{m}{m+s} P_{oo} P_{lo} \frac{l}{l+s} - \frac{m}{m+s} P_{oo} (1 - P_{lo}) \frac{d}{d+s} - \frac{m}{m+s} (1 - P_{oo}) P_{no} \frac{z}{z+s} \frac{d}{d+s}}{1} \quad (1)$$

Используя обратное преобразование Лапласа и разложение Хевисайда [9], получаем функцию распределения времени проведения КТС средств связи и РТО.

На рис. 4 и 5 показаны графики функции распределения времени проведения КТС средств связи (РТО) включая задачи восстановления при различных значениях среднего времени поступления заявок и среднего времени проведения КТС, соответственно.

Функция распределения времени функционирования подсистемы КТС средства связи (РТО) при различных значениях P_{oo}, P_{no}, P_{lo} приведена на рис. 6.

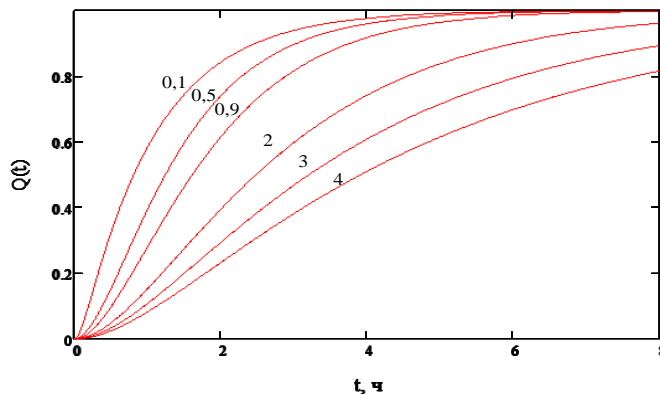


Рис. 4. Функция распределения времени проведения КТС СС (РТО) включая задачи восстановления для разных значений t_w , ч, при $t_m = 1$ ч, $t_l = 0,4$ ч, $t_z = 0,4$ ч, $t_d = 0,5$ ч, $P_{oo} = 0,0001$, $P_{no} = 0,01$, $P_{lo} = 0,01$

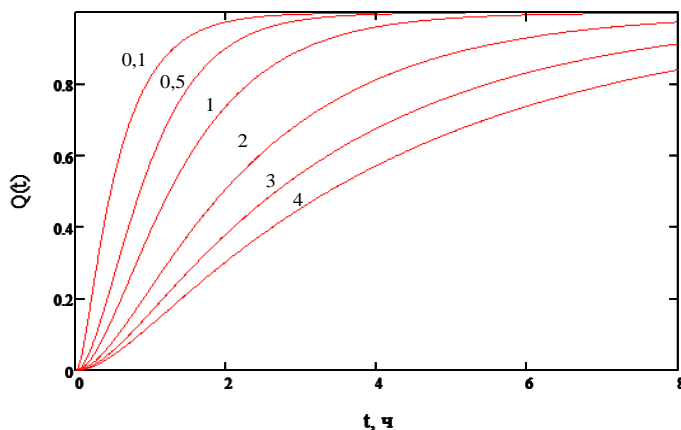


Рис. 5. Функция распределения времени проведения КТС СС (РТО) включая задачи восстановления при различных значениях t_m , ч, при $t_w = 0,5$ ч, $t_l = 0,4$ ч, $t_z = 0,4$ ч, $t_d = 0,5$ ч, $P_{oo} = 0,0001$, $P_{no} = 0,01$, $P_{lo} = 0,01$

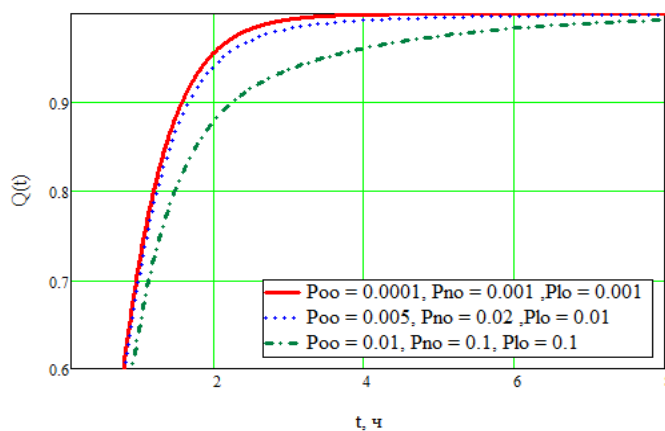


Рис. 6. Функция распределения времени функционирования подсистемы КТС средства связи (РТО) при различных значениях P_{oo}, P_{no}, P_{lo} при $t_w = 0,5$ ч, $t_m = 0,3$ ч, $t_l = 2$ ч, $t_z = 2$ ч, $t_d = 0,5$ ч

Модель позволяет производить расчет значений вероятности и времени проведения контроля технического состояния с учетом восстановления.

Наиболее важными результатами моделирования являются те, которые позволяют установить возможные причины недостаточной эффективности функционирования подсистемы КТС средства связи (РТО) [9].

Сложность решения этой задачи состоит в том, что монотонно-возрастающая функция $Q(t)$, из которой определяются значения обобщенного показателя, имеет экстремум только при значениях текущего аргумента $t \rightarrow \infty$, а наложение критериальных условий на значение самой функции или ее аргумента не позволяет получать необходимые, для практического применения решения.

Поэтому, используется методика анализа результатов моделирования [11] для определения степеней зависимости обобщенного показателя эффективности от значений и диапазонов изменения частных показателей, применяемых при моделировании в качестве исходных данных.

Показателем степени зависимости обобщенного параметра эффективности выбрано приращение $\Delta Q(T_{\text{к зад}})$ значений вероятности проведения КТС за время не более заданного $T_{\text{к зад}}$. При этом критерием является (2):

$$\max_i \{\Delta Q(T_{\text{к зад}}, x_i)\}, i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где x_i – частные показатели, используемые при моделировании в качестве исходных данных.

Помимо частных показателей x_i , при моделировании используются и диапазоны возможного изменения Δx_i , определяемые как разность их конечного $x_{\text{ик}}$ и начального значений $x_{\text{ин}}$, т. е. $\Delta x_i = x_{\text{ик}} - x_{\text{ин}}$ [9].

Необходимо определить максимальную степень зависимости значений вероятности проведения КТС за время не более заданного от значений и диапазонов изменений указанных параметров:

$$A_i = \max f(\Delta Q(t)_{x_i}). \quad (3)$$

Указанная задача относится к классу задач поисковой оптимизации, которые могут быть решены градиентными методами и их модификациями, методом Ньютона, методами переменной метрики, покоординатного спуска, случайного поиска и т. д. [12, 13 и др.]. Эти методы имеют существенные различия по точности получаемых решений, скорости сходимости, а также по объему и сложности вычислительных процедур. Так как для нахождения максимальных степеней A_i не требуется высокой точности определения значений приращений целевой функции в зависимости от изменения ее аргументов, а необходим лишь знак этого приращения и номер соответствующего ему аргумента, то с целью уменьшения объема и времени вычислений для решения задачи целесообразно применить градиентный метод Гаусса-Зейделя [13, 14] с учетом свойства вложенности моделей.

Определим значения $\Delta Q(t)_{x_i}$. Для этого необходимо найти частные производные функции $Q(t, x_i)$ по каждому из параметров x_i , изменяющихся в пределах Δx_i . Это возможно, при условии, что $Q(t, x_i)$ является аналитической в области определения каждого x_i . Применяя теорему Лагранжа [15] получим (4):

$$\Delta Q(t)_{x_i} = \frac{dQ}{dx_i} \Delta x_i. \quad (4)$$

При расчетах по выражению (4) значения параметров, имеющих отличный от i номер фиксируются на уровне $x_{\text{ин}}$. Результатом расчетов является набор функций приращений обобщенного показателя эффективности.

Заменив t в (4) на заданное значение времени контроля $T_{\text{к зад}}$, и распределяя полученные результаты в порядке убывания получим упорядоченное множество приращений

обобщенного показателя эффективности $\{\Delta Q\}_y$. При этом, j -му элементу $\{\Delta Q\}_y$ соответствует i -й параметр модели процесса КТС [9].

При условии, что x_i являются взаимно независимыми, из них можно выбрать минимально необходимую для достижения заданной эффективности совокупность изменяемых параметров по правилу (5)

$$\max_{j \neq 1} \{ |P_{\text{тр}} - P(t \leq T_{\text{кзад}}) - (\Delta Q_1 + \Delta Q_j) | \} \leq 0 \cdot \quad (5)$$

Выводы

Таким образом, предложенная модель контроля технического состояния средств связи и РТО работоспособна и чувствительна к изменению исходных данных; позволяет производить расчет среднего времени, необходимого для выполнения процессов КТС с учетом вероятностей ложного и необнаруженного отказа.

В дальнейшем, необходимо определить соответствие моделируемого процесса КТС предъявляемым требованиям, а также параметры, изменение которых обеспечит достижение заданной эффективности функционирования.

Представленный подход позволяет не только произвести оценку эффективности функционирования процесса КТС, но и обеспечить применение методов их адаптации к складывающимся условиям на разных этапах функционирования и достичь заданного качественного состояния процесса КТС [9]. Это дает возможность реализовать динамические способы управления КТС средств связи и РТО в различных условиях и технических реализациях в разрабатываемых (совершенствуемых) системах связи и РТО.

Литература

1. Новичков Н.Н., Федюшко Д.И., Костин В.В., Милованова Л.Р. Российское оружие в сирийском конфликте. На мировом рынке вооружений возможны серьезные изменения // Под общей ред. В.Н. Половинкина – М.: ООО «СТАТУС», 2016. – 224 с.
2. Понаморев А.В. Повышение эффективности функционирования сети воздушной радиосвязи боевого управления авиацией путем адаптации каналов управления к интенсивности передаваемого в них трафика // Экономика и качество систем связи. 2018. № 3. С. 29-46.
3. Ивануткин А.Г. Интеграция связи, радиотехнического обеспечения и автоматизации управления авиации // Вестник академии военных наук. 2015. № 4 (53). С. 81-83.
4. Васильев Р.А., Меженев А.В., Подымов А.А. Распределенный контроль технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения // Сборник трудов 73-й Всероссийской научно-технической конференции, посвященной Дню радио. – СПб.: Издательство СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2018. С. 340-341.
5. Гуменюк В.М. Надежность и диагностика электротехнических систем: Учеб. пособие для вузов. – Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. – 218 с.
6. Моделирование процесса управления в единой системе мониторинга и администрирования связи ОАО «РЖД» / А. А. Привалов, А. П. Вандич, Е. В. Опарин // Сб. материалов IV Междунар. конгресса «Цели развития тысячелетия и инновационные принципы устойчивого развития арктических регионов». – СПб.: ПИФ.com, 2011. С. 130-133.
7. Кузнецов С.В. Математические модели процессов и систем технической эксплуатации авионики как марковские и полумарковские процессы // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 213. С. 28-33.
8. Кузнецов С.В. Математические модели процессов и систем технической эксплуатации авионики как марковские цепи // Научный Вестник МГТУ ГА. 2014. № 201. С. 56-64.
9. Привалов А.А. Метод топологического преобразования стохастических сетей и его использование для анализа систем связи ВМФ. – СПб: ВМА, 2000. –166 с.
10. Pritsker A.A. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part.1, Fundamentals. The Journal of Industrial Engineering (May 1966), pp. 67-101.
11. Сударев А.П., Привалов А.А., Лобов С.А. Подход к созданию упреждающих алгоритмов управления линиями и сетями передачи данных / Сб. тезисов докладов на Третьей межведомственной

научно-технической конференции «Проблемные вопросы сбора, обработки и передачи информации в сложных радиотехнических системах». – г. Пушкин: ПВУРЭ ПВО, 1995. – 204 с.

12. Базара М., Шетти К. Нелинейное программирование. Теория и алгоритмы. – М.: Мир, 1982. – 583 с.

13. Батищев Д.И. Поисковые методы оптимального проектирования. – М.: Сов. радио, 1975. – 248 с.

14. Сойфер В.А. Методы компьютерной обработки изображений. – М.: Физматлит, 2004. – 784 с.

15. Коровкин П.П. Математический анализ. – М.: Физматлит, 1964. – 400 с.

References

1. Beginners N.N., Feduska D.I., Kostin V.V., Milovanova L.R. *Rossijskoe oruzhie v sirijskom konflikte. Na mirovom rynke vooruzhenij vozmozhny ser'eznye izmeneniya* [Russian weapons in the Syrian conflict. Serious changes are possible in the global arms market]. Under the General editorship of V. N. Polovinkin. Moscow, ООО "STATUS", 2016. 224 p. (in Russian).

2. Ponamarev A.V. *Povyshenie effektivnosti funkcionirovaniya seti vozdushnoj radiosvyazi boevogo upravleniya aviatsiej putem adaptacii kanalov upravleniya k intensivnosti peredavaemogo v nih trafika* [Improving the efficiency of the air defense radio communication network by adapting control channels to the intensity of traffic transmitted in them]. Economics and quality of communication systems, 2018, no. 3. pp. 29-46 (in Russian).

3. Ivanutkin A.G. *Integraciya svyazi, radiotekhnicheskogo obespecheniya i avtomatizacii upravleniya aviatsii* [Integration of communication, radio engineering support and automatization of aviation management]. Bulletin of the Academy of military Sciences, no. 4 (53), 2015. pp. 81-83 (in Russian).

4. Vasiliev R.A., Mezenov A.V., Podymov A. A. *Raspredeennyj kontrol' tekhnicheskogo sostoyaniya sredstv svyazi i radiotekhnicheskogo obespecheniya* [Distributed control of technical condition of communication facilities and radio support]. Proceedings of the 73rd all-Russian scientific and technical conference dedicated to the radio Day. Saint Petersburg. Publishing house of the Etu "LETI", 2018. pp. 340-341 (in Russian).

5. Gumenyuk V.M. *Nadezhnost' i diagnostika elektrotekhnicheskikh sistem* [Reliability and diagnostics of electrical systems]: Studies. the manual for high schools. Vladivostok. Publishing house of the far East. state tech. UNTA, 2010. 218 p. (in Russian).

6. *Modelirovanie processa upravleniya v edinoj sisteme monitoringa i administrirovaniya svyazi OAO «RZHD»* [Modeling of the management process in the unified system of monitoring and administration of communications of JSC "Russian Railways"]. A.A. Privalov, A.P. Vandich, E.V. Oparin. Collection of materials IV international. Congress "Millennium development Goals and innovative principles for sustainable development of the Arctic regions". Saint Petersburg. Pifam, 2011. pp. 130-133 (in Russian).

7. Kuznetsov S. *Matematicheskie modeli processov i sistem tekhnicheskoy ekspluatatsii avioniki kak markovskie i polumarkovskie processy* [Mathematical models of processes and systems of technical operation of avionics as Markov and semi-Markov processes]. Scientific Bulletin of MSTU GA. 2015, no. 213. pp. 28-33 (in Russian).

8. Kuznetsov S.V. *Matematicheskie modeli processov i sistem tekhnicheskoy ekspluatatsii avioniki kak markovskie cepi* [Mathematical models of processes and systems of technical operation of avionics as Markov chains]. Scientific Bulletin of MSTU GA. 2014, no. 201. pp. 56-64 (in Russian).

9. Privalov A.A. *Metod topologicheskogo preobrazovaniya stohasticheskikh setej i ego ispol'zovanie dlya analiza sistem svyazi VMF* [Method of topological transformation of stochastic systems and its use for analysis of Navy communication systems]. Saint Petersburg. Military medical Academy, 2000. 166 p. (in Russian).

10. Pritsker A.A. GERT: Graphical Evaluation and Review Technique. Part.1, Fundamentals. The Journal of Industrial Engineering (May 1966), pp. 67-101.

11. Sudarev A.P., Privalov A.A., Lobov S.A. *Podhod k sozdaniyu uprezhdayushchih algoritmov upravleniya liniyami i setyami peredachi dannyh* [Approach to creating proactive algorithms for managing data transmission lines and networks]. In the collection of abstracts at the Third interdepartmental scientific and technical conference "Problems of collecting, processing and transmitting information in complex radio engineering systems". Pushkin: PURE defense, 1995. 204 p. (in Russian).

12. Bazara M., Shetty K. *Nelinejnoe programmirovaniye. Teoriya i algoritmy* [Nonlinear programming. Theory and algorithms]. Moscow: Mir, 1982. 583 p. (in Russian).
13. Batishchev D.I. *Poiskovye metody optimal'nogo proektirovaniya* [Search methods of optimal design]. Moscow.: Sov. radio, 1975. 248 p. (in Russian).
14. Soifer V.A. *Metody komp'yuternoj obrabotki izobrazhenij* [Methods of computer image processing]. Moscow: Fizmatlit, 2004. 784 p. (in Russian).
15. Korovkin P.P. *Matematicheskij analiz* [Mathematical analysis]. Moscow: "Fizmatlit", 1964. 400 p. (in Russian).

Статья поступила 24 марта 2020 г.

Информация об авторах

Меженов Алексей Викторович – адъюнкт Военной академии связи. г. Санкт-Петербург.
Тлф.: 8(969)7203007, E-mail: a.mezhenov@yandex.ru.
Адрес: 194064, Россия, г. Санкт-Петербург, Тихорецкий проспект, д. 3.

Model of control of technical condition communications and radio equipment

A.V. Mezhenov

Annotation. Problem statement: modern means of communication and radio engineering is a complicated technical systems, the application of which directly affects the execution of tasks by the aircraft. In such circumstances, it is important to ensure constant readiness for the use of communications and radio equipment, which implies the relevance of improving methods for monitoring their technical condition. **Objective:** to develop a mathematical model for evaluating the time distribution function of the process of monitoring the technical condition of communications and radio equipment. **Methods used:** the model is based on the method of topological transformation of stochastic networks. **Novelty and practical result:** it consists in the further development of the scientific and methodological apparatus for monitoring and diagnosing, taking into account the influence of indicators such as the frequency and duration of monitoring, conditional probabilities of undetected and false failures when evaluating the time distribution function of the process of monitoring the technical condition of communications and radio equipment.

Keywords: communication system and radio equipment; communication and radio equipment; technical condition control; model; topological transformation of stochastic networks.

Information about Authors

Mezhenov Alexey Viktorovich – Graduated of the Military Academy of communication. Saint-Petersburg. Phone.: 8(969)7203007. E-mail: a.mezhenov@yandex.ru.
Address: 194064, Russia, Saint-Petersburg, Tikchoretskiy pr., 3.

Для цитирования: Меженов А.В. Модель контроля технического состояния средств связи и радиотехнического обеспечения // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 54-63.

For citation: Mezhenov A.V. Model of control of technical condition communications and radio equipment. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 54-63 (in Russian).

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

УДК 623.624

Анализ известных работ исследования динамического многостороннего информационного конфликта

Мамончикова А.С.

Аннотация. Актуальность. Одним из ключевых понятий информационного противоборства является информационный конфликт. На сегодняшний день, актуальным вопросом является исследование теории информационного конфликта. **Цель** статьи состоит в анализе известных публикаций и научно-методического аппарата в области исследования информационного конфликта для оценивания необходимости моделирования динамики многостороннего конфликтного взаимодействия. **Результат.** Благодаря анализу источников выявлены общие и частные закономерности исследования информационного конфликта на основе использования различного научно-методического аппарата, а именно: теории динамических систем, теории марковских процессов, теории сетей Петри, теории сложных иерархических систем, теории игр, теории стохастических сетей, а также других теорий. Показано, что актуальным направлением развития исследований информационного конфликта является учет динамических свойств многостороннего конфликта, за счет его формализации на основе теории динамических систем. **Практическая значимость.** Представленный анализ может быть полезен научным работникам и соискателям, ведущим научные исследования в области информационного конфликта.

Ключевые слова: анализ; научно-методический аппарат; информационный конфликт; динамический многосторонний информационный конфликт.

Введение

Стремительное развитие средств дестабилизирующих воздействий на информационную систему требует совершенствования научно-методического аппарата моделирования эффектов от таких воздействий. В настоящее время, формируется методология теории информационного противоборства в технической сфере. Одним из ключевых понятий данной теории является информационный конфликт – процесс столкновения сторон на этапах сбора, формирования, передачи, хранения, обработки, представления и интерпретации информации о состоянии, намерениях и действиях своей и противоборствующей стороны. При этом каждая из сторон стремится к упреждающим действиям, в виде снижения возможностей противоборствующей стороны, а так же к обеспечению независимости и эффективности своей системы от вмешательства другой стороны [1].

Целью статьи является анализ известных публикаций и существующего научно-методического аппарата в области теории информационных конфликтов, для подтверждения вывода о том, что на данный момент, в рассматриваемой области не в полной мере учитывается динамика развития конфликта, а также в интересах научного обоснования необходимости разработки модели многостороннего динамического информационного конфликта. Методологически данная работа продолжает и дополняет ранее вышедший обзор исследований в области информационных конфликтов, выпущенный С.И. Макаренко и Р.Л. Михайловым [2].

Анализ научно-методического аппарата

Известно достаточное количество работ авторов, которые занимаются исследованием вопросов информационно-технического воздействия (ИТВ) на информационные системы. Например, Б.С. Рыжов [3] изучает повышение устойчивости функционирования автоматизированной системы за счет совершенствования системы обнаружения ИТВ. А.А. Бойко, А.В. Дьякова [4] изучают способ разработки тестовых удаленных ИТВ на пространственно распределенные системы ИТВ. В.А. Гончаренко, С.И. Фомин,

О.В. Суржанов [5] изучают модели и методы оценивания устойчивости критически важных информационных систем к ИТВ. В.В. Грызунов, О.И. Бокова, А.В. Сидоров [6, 7] занимаются моделированием информационно-вычислительных систем, деградирующих в условиях ИТВ, а также критериями оценки эффективности функционирования средств связи и управления в условиях противоправных ИТВ. Д.Н. Чулков [8] занимается моделированием угроз ИТВ на информационные объекты. Р.Р. Габитов, С.Н. Козлитин [9] изучают алгоритмы выбора рационального состава системы мониторинга ИТВ на средства автоматизации. С.Г. Антонов, С.М. Климов [10] – методики оценки рисков нарушения устойчивости функционирования программно-аппаратных комплексов в условиях ИТВ. М.М. Добрышин, П.В. Закалкин [11] разрабатывают способ мониторинга защищенности информационно-телекоммуникационных сетей от ИТВ. А.С. Дубровин, Т.В. Мещерякова, В.И. Арутюнова [12] изучают ИТВ на автоматизированные системы специального назначения. С.М. Колбасов [13] изучает макро моделирование информационных конфликтов и информационных операций социотехнических информационных систем. А.В. Паршуткин, С.А. Святкин и др. [14] изучают радиоэлектронные информационные воздействия в конфликтах информационных и телекоммуникационных систем. А.И. Ватага, В.И. Граков и др. [15] занимаются многокритериальной оценкой защищенности информационной системы при оперативном управлении в условиях информационного конфликта. Д.Н. Бирюков, А.Г. Ломако [16] изучают синтез упреждающего поведения систем кибербезопасности в информационном конфликте. И.Е. Горбачев, М.А. Еремеев и др. [17] изучают эффективность действий сторон информационного конфликта в инфотелекоммуникационных системах. Л.А. Обухова [18] занимается моделированием процесса передачи данных в защищенных информационных сетях в условиях конфликта. С.А. Житенёв, А.А. Ерыгин и др. [19] анализируют показатели функционирования инфокоммуникационных систем в условиях информационного конфликта. О.А. Бубарева [20] изучает семантические конфликты при интеграции информационных систем. В.А. Павлов, Р.С. Нистратов и др. [21] занимаются управлением ресурсом комплекса технических средств в информационном конфликте. С.П. Соколовский, С.Р. Шарифуллин, Е.С. Маленков [22] моделируют конфликт в информационной сфере. Д.Ю. Чаркин, Н.Г. Ролдугин, М.В. Артемов и др. [23] изучают вопросы устойчивости инфокоммуникационной системы в условиях конфликта. В.В. Меньших, Ю.С. Лунев [24] занимаются моделированием конфликтов в защищенных информационных системах. Д.Б. Десятов, А.С. Дубровин, А.С. Кравченко и др. [25] моделируют информационный вероятностный конфликт. Я.В. Миколум, И.А. Доровская [26] занимаются выявлением вторжений в информационных системах в рамках общей теории конфликта. А.Г. Филиппов, И.С. Тулохонова [27] изучают подход к разрешению конфликтов репликации при моделировании сетевого взаимодействия в предметной информационной среде. О.В. Голобокова, А.В. Карпов [28, 29] занимаются конфликтами в информационной сфере.

Как показано в работе Макаренко С.И., Михайлова Р.Л. [2], для моделирования информационного конфликта может быть использован различный научно-методический аппарат. В области исследования информационных конфликтов на основе теории марковских процессов известны работы следующих ученых специалистов: В.Г. Радзиевского, А.А. Сироты, Ю.Л. Козирацкого, С.А. Будникова, А.А. Привалова [30-32] и др.; П.Б. Абрамова [33], занимающегося моделированием информационного конфликта с внешними потоками событий. В области исследования информационных конфликтов на основе теории сетей Петри известны работы: Ю.К. Язова, А.Л. Сердечного, А.В. Бабурина [34] и др. В области исследования информационных конфликтов на основе теории сети Петри – Маркова известны работы: М.С. Соломатина, Е.А. Рогозина, И.Г. Дровниковой [35], занимающихся созданием модели информационного конфликта «нарушитель – система защиты». В области исследования информационных конфликтов на

основе теории сложных иерархических систем известны работы: Ю.Л. Козирацкого и др. [36], В.Г. Радзиевского [37], С.И. Макаренко [1] и др. В области исследования информационных конфликтов на основе теории стохастических сетей известны работы следующих ученых специалистов: А.А. Привалова [38], М.А. Коцыняк, О.С. Лауты и др. [39]. Известны работы в области разработки технологий раннего обнаружения компьютерного нападения, основанные на поведении в условиях конфликтов в киберпространстве – работа С.А. Петренко [40]. Известна работа Е.А. Жидко, П.М. Леонова, Е.С. Попова [41], которые занимаются моделированием идентификации конфликтного компонента и метода ситуационного управления информационными ресурсами информационно-телекоммуникационной системы критически важного объекта в условиях информационного противоборства. В области исследования информационных конфликтов на основе теории полумарковских процессов известны работы: П.Б. Абрамова, К.В. Славнова, А.В. Нагалина [42], которые изучают полумарковскую модель функционирования беспроводной линии с учетом последствия в потоках передаваемых в сети пакетов сообщений в условиях информационного конфликта. В области исследования информационных конфликтов на основе теории игр известны работы следующих ученых: Н.Н. Воробьева [43], А.М. Чуднова [44], Т. Vazar [45], С. Cahn [46] и др. В области исследования информационных конфликтов на основе теории автоматов известны работы А.А. Сироты, Н.И. Гончарова [47]. В области исследования информационных конфликтов на основе теории диффузных марковских моделей эволюции известны труды Кубарева А.В., Лапсаря А.П., Федоровой Я.В. [48].

Однако, ни одна из названных выше работ не учитывает динамико-временные характеристики процессов информационного конфликта, а формализует развитие конфликта преимущественно в виде его движения в пространстве состояний. Подводя итоги анализа существующего состояния теории информационных конфликтов, необходимо отметить, что научно-методический аппарат для формализации информационного конфликта, в наибольшей мере и наиболее полно, разработан на основе: теории марковских процессов; теории сетей Петри; теории игр; теории конфликта сложных иерархических систем; теории стохастических сетей и др.

Ниже, на рис. 1 представлена классификация исследователей информационного конфликта по используемому научно-методическому аппарату.

Вместе с тем, направление формализации информационного конфликта на основе теории динамических систем с учетом временных параметров его развития разработано пока еще недостаточно глубоко, соответственно, не в полной мере изученными остаются, например, динамические процессы информационного конфликта в условиях влияния дестабилизирующих воздействий на информационную систему. К работам ученых специалистов, в которых уже сейчас рассматривается данное актуальное направление исследований информационного конфликта, основанное на научно-методическом аппарате теории динамических систем, можно отнести следующие работы: Н.Н. Толстых и др. [49], А.Н. Асоскова и др. [50], С.И. Макаренко [51-52], Р.Л. Михайлова и др. [53-56], В.И. Потапова [57], Г.А. Остапенко, Д.Г. Плотникова, Ю.Н. Гузева [58-61], Г.Е. Веселова, А.А. Колесникова [62], Е.Н. Надеждина [63], А.П. Петрова, А.И. Маслова и др. [64], И.И. Семенов и др. [65], В.А. Шведовского, М.А. Петровой [66, 67]. В некоторых из этих работ, например, в [51] автор опирается на уже известные модели теории популяционной динамики, в которой задача моделирования конкурентной борьбы между различными биологическими видами является классической и хорошо исследованной. Кроме того, подобные исследования ведутся и за рубежом (примером может являться работа [68]). Известны работы ученых, которые описывают модель системой двух обыкновенных дифференциальных уравнений, например, модель Ланкастера [69]. Известна также работа А.К. Гришко, А.С. Жумабаевой, Н.К. Юркова [70], в которой описывается управление

электромагнитной устойчивостью радиоэлектронных систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта. Отличительной особенностью вышеперечисленных работ является то, что в основу положены модели антогонистических двусторонних конфликтов, при этом модели трех и более сторон (многостороннего) информационного конфликта не рассматриваются.

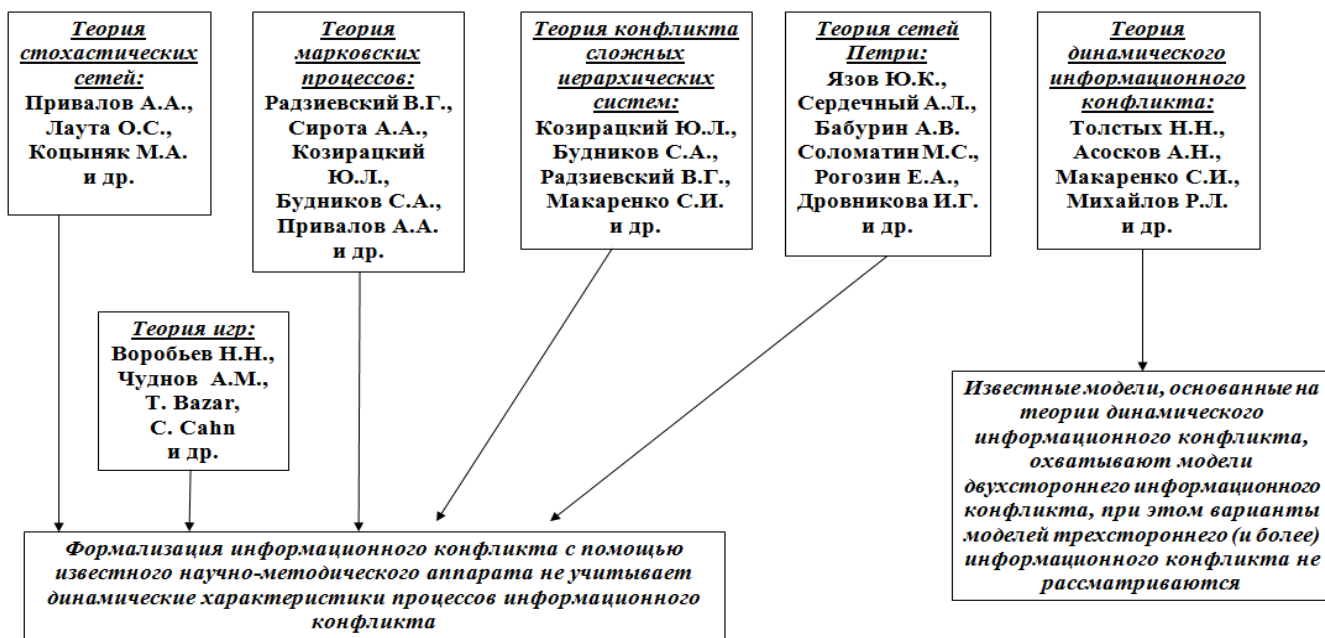


Рис. 1. Классификация исследователей информационного конфликта по используемому научно-методическому аппарату

Результаты выше представленного анализа позволяют подвести итог об актуальности развития научно-методического аппарата моделирования информационного конфликта на основе теории динамических систем путем учета возможности участия в конфликте нескольких сторон, а также учета их различной степени конфликтности. Таким образом, обобщая анализ известных на сегодняшний день работ в рассматриваемой области, можно сделать вывод о том, что существующий уровень развития научно-методического аппарата исследования информационного конфликта не позволяет формализовать многосторонний информационный конфликт, с учетом динамики его развития.

Заключение

Анализ известных работ в области информационного конфликта показал, что перспективным развитием исследований является: учет динамических свойств многостороннего информационного конфликта за счет его формализации на основе теории динамических систем; развитие известного научно-методического аппарата теории динамических систем, с целью моделирования многосторонних динамических информационных конфликтов.

Известные исследователи теории динамических систем сосредоточены на разработке моделей двусторонних динамических информационных конфликтов, что существенно сужает возможности по его использованию для разработки научно обоснованных решений в условиях многосторонних и разнонаправленных преднамеренных дестабилизирующих воздействий.

Предлагается вести работу по следующим направлениям. Во-первых, формализовать многосторонний информационный конфликт, с учетом динамики развития. Во-вторых, разработать модель и методику повышения устойчивости информационной системы, учитывая эффекты динамического многостороннего информационного конфликта. В основу

разрабатываемых модели и методики предлагается положить развитие известных научных результатов, которые получены следующими учеными специалистами: Н.Н. Толстых [49], А.Н. Асосковым [50], С.И. Макаренко [51-52], Р.Л. Михайловым [53-56].

Литература

1. Макаренко С.И. Динамическая модель системы связи в условиях функционально-разноразовного информационного конфликта наблюдения и подавления // Системы управления, связи и безопасности. 2015. № 3. С. 122-185.
2. Макаренко С.И., Михайлов Р.Л. Информационные конфликты – анализ работ и методологии исследования // Системы управления, связи и безопасности. 2016. № 3. С. 95-178.
3. Рыжов Б.С. Повышение устойчивости функционирования автоматизированной системы за счет совершенствования системы обнаружения информационно-технических воздействий // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2011. № 7. С. 27-31.
4. Бойко А.А., Дьякова А.В. Способ разработки тестовых удаленных информационно-технических воздействий на пространственно распределенные системы информационно-технических средств // Информационно-управляющие системы. 2014. № 3 (70). С. 84-92.
5. Гончаренко В.А., Фомин С.И., Суржанов О.В. Модели и методы оценивания устойчивости критически важных информационных систем к информационно-техническим воздействиям / Современные тенденции в образовании и науке. Сб. научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 10 частях. Тамбов, 2013. С. 49-50.
6. Грызунов В.В. Модель информационно-вычислительной системы, деградирующей в условиях информационно-технических воздействий / Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2015. № 646. С. 93-102.
7. Бокова О.И., Сидоров А.В. Критерий оценки эффективности функционирования средств связи и управления ОВД в условиях преднамеренных противоправных информационно-технических воздействий / Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. Сб. материалов. 2014. С. 6-9.
8. Чулков Д.Н. Модель угроз информационно-технических воздействий на информационные объекты – как основа создания комплексной системы обеспечения безопасности / Проблемы технического обеспечения войск в современных условиях. Труды научно-практической конференции. Военная академия связи. 2016. С. 82-86.
9. Габитов Р.Р., Козлитин С.Н. Алгоритм выбора рационального состава системы мониторинга информационно-технических воздействий на средства автоматизации / Охрана, безопасность, связь. 2017. № 1-2. С. 142-148.
10. Антонов С.Г., Климов С.М. Методика оценки рисков нарушения устойчивости функционирования программно-аппаратных комплексов в условиях информационно-технических воздействий // Надежность. 2017. Т. 17. № 1 (60). С. 32-39.
11. Добрышин М.М., Закалкин П.В. Способ мониторинга защищенности информационно-телекоммуникационных сетей от информационно-технических воздействий // Информационные системы и технологии. 2018. № 5 (109). С. 74-82.
12. Дубровин А.С., Мещерякова Т.В., Арутюнова В.И. Информационно-технические воздействия в автоматизированных системах специального назначения // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2018. № 3 (26). С. 28-33.
13. Колбасов С.М. Макромоделирование информационных конфликтов и информационных операций социотехнических информационных систем. Диссертация кандидата технических наук – Воронеж: 2006.
14. Паршуткин А.В., Святкин С.А., Бажин Д.А., Сазыкин А.М. Радиоэлектронные информационные воздействия в конфликтах информационных и телекоммуникационных систем / Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2015. № 5-6 (83-84). С. 13-17.
15. Вагага А.И., Граков В.И., Игнатенко Ж.В., Трошков А.М. Многокритериальная оценка защищенности информационной системы при оперативном управлении в условиях информационного конфликта // Современное гуманитарное знание о проблемах социального развития. Материалы XXII Годишного научного собрания профессорско-преподавательского состава. 2015. С. 102-106.
16. Бирюков Д.Н., Ломако А.Г. Синтез упреждающего поведения систем кибербезопасности в информационном конфликте / Методы и технические средства обеспечения безопасности информации. 2014. № 23. С. 10-11.
17. Горбачев И.Е., Еремеев М.А., Андрушкевич Д.В. Методологические основы оценивания эффективности действий сторон информационного конфликта в инфотелекоммуникационных системах // Методы и технические средства обеспечения безопасности информации. 2014. № 23. С. 11-13.
18. Обухова Л.А. Моделирование процесса передачи данных в защищенных информационных сетях в условиях конфликта // Охрана, безопасность, связь. 2019. Т. 3. № 4 (4). С. 126-128.

19. Житенёв С.А., Ерыгин А.А., Голубинский А.Н. Анализ показателей функционирования инфокоммуникационных систем в условиях информационного конфликта / Теория и техника радиосвязи. 2019. № 1. С. 37-48.
20. Бубарева О.А. К вопросу разрешения семантических конфликтов при интеграции информационных систем / Динамика взаимоотношений различных областей науки в современных условиях. Сб. статей по итогам Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2018. С. 44-46.
21. Павлов В.А., Нистратов Р.С., Кочедыков С.С. Управление ресурсом комплекса технических средств в информационном конфликте // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2018. № 1. С. 61-70.
22. Соколовский С.П., Шарифуллин С.Р., Маленков Е.С. Модель конфликта в информационной сфере / VIII Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 57-ой годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос. Сб. научных статей. КВВАУЛ им. А.К. Серова. 2018. С. 299-304.
23. Чаркин Д.Ю., Ролдугин Н.Г., Артемов М.В., Поздышева О.В., Мордовин А.И. К вопросу об устойчивости инфокоммуникационной системы в условиях информационного конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 1. С. 46-55.
24. Меньших В.В., Лунёв Ю.С. Моделирование конфликтов в защищенных распределенных информационных системах / Теория конфликта и ее приложения. Материалы IV Всероссийской научно-технической конференции "Теория конфликта и ее приложения". 2006. С. 266-274.
25. Десятов Д.Б., Дубровин А.С., Кравченко А.С., Соколовский С.П. Информационная модель вероятностного конфликта // Вестник Воронежского института ФСИН России. 2017. № 1. С. 32-36.
26. Миколум Я.В., Доровская И.А. Решение задачи выявления вторжений в информационных системах в рамках общей теории конфликта // Вестник Херсонского национального технического университета. 2011. № 2 (41). С. 350-353.
27. Филиппов А.Г., Тулохонова И.С. Подход к разрешению конфликтов репликации при моделировании сетевого взаимодействия в предметной информационной среде // Перспективы развития информационных технологий. 2012. № 9. С. 53-59.
28. Голобокова О.В. Конфликты в информационной сфере // Информационные ресурсы России. 2008. № 4 (104).
29. Карпов А.В. Информационные конфликты в автоматизированных системах // Программные продукты и системы. 2004. № 3.
30. Радзиевский В.Г., Сирота А.А. Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта. – М.: ИПРЖР, 2001.
31. Будников С.А., Гревцев А.И., Иванцов А.В., Кильдюшевский В.М., Козирацкий А.Ю., Козирацкий Ю.Л., Кушев С.С., Лысиков В.Ф., Паринов М.Л., Прохоров Д.В. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография // Под ред. Козирацкого Ю.Л. – М.: Радиотехника, 2013.
32. Евглевская Н.В., Привалов А.А., Скуднева Е.В. Марковская модель конфликта автоматизированных систем обработки информации и управления с системой деструктивных воздействий нарушителя // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2015. № 1 (42). С. 78-84.
33. Абрамов П.Б. Модель информационного конфликта на основе марковских форм с внешними потоками событий // Охрана, безопасность, связь – 2014. Материалы международной научно-практической конференции. Воронежский институт МВД России. 2015. С. 7-12.
34. Язов Ю.К., Сердечный А.Л., Бабурин А.В. Метод формализации процесса несанкционированного доступа в информационных системах, построенных с использованием средств виртуализации, основанный на математическом аппарате сетей Петри // Информация и безопасность. 2013. Т. 16. № 4. С. 518-521.
35. Соломатин М.С., Рогозин Е.А., Дровникова И.Г. Создание модели информационного конфликта "нарушитель-система защиты" на основе сети Петри-Маркова // Вестник Воронежского института МВД России. 2019. № 2. С. 93-100.
36. Будников С.А., Гревцев А.И., Иванцов А.В., Кильдюшевский В.М., Козирацкий А.Ю., Козирацкий Ю.Л., Кушев С.С., Лысиков В.Ф., Паринов М.Л., Прохоров Д.В. Модели информационного конфликта средств поиска и обнаружения. Монография // Под ред. Козирацкого Ю.Л. – М.: Радиотехника, 2013. С. 232.
37. Современная радиоэлектронная борьба. Вопросы методологии // Под ред. В.Г. Радзиевского – М.: Радиотехника, 2006.
38. Привалов А.А. Метод топологического преобразования стохастических сетей и его использование для анализа систем связи ВМФ. – СПб: ВМА, 2000.
39. Коцыняк М.А., Осадчий А.И., Коцыняк М.М., Лаута О.С., Дементьев В.Е., Васюков Д.Ю. Обеспечение устойчивости информационно-телекоммуникационных систем в условиях информационного противоборства. – СПб.: ЛО ЦНИИС, 2015.
40. Петренко А.С., Петренко С.А. Технологии больших данных (big data) в области информационной безопасности // Защита информации. Инсайд. 2016. № 4 (70). С. 82-88.

41. Жидко Е.А., Леонов П.М., Попова Е.С.. Разработка модели идентификации конфликтного компонента и метода ситуационного управления информационными ресурсами информационно-телекоммуникационной системы критически важного объекта в условиях информационного противоборства – Воронеж: 2019.
42. Абрамов П.Б., Славнов К.В., Нагалин А.В. Полумарковская модель функционирования беспроводной линии волоконной связи с учетом последействия в потоках передаваемых в сети пакетов сообщений в условиях информационного конфликта. // Радиотехника. 2008. № 11. С. 5-7.
43. Воробьев Н.Н. Основы теории игр. Бескоалиционные игры. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984.
44. Чуднов А.М. Теоретико-игровые задачи синтеза алгоритмов формирования и приема сигналов // Проблемы передачи информации. 1991. Том 27. № 3. С. 57-65.
45. Bazar T., Wu Y. A Complete Characterization of Minimax and Maximin Encode-Decoder Policies for Communication Channels with Incomplete Statistical Description // IEEE Transactions on Information Theory. 1985. Vol. 31. № 4. Pp. 482-489.
46. Cahn C. Performance of Digital Matched Filter Correlator with Unknown Interference // IEEE Transactions on Information Theory. 1971. Vol. 19. № 6. Pp. 1163-1172.
47. Сирота А.А., Гончаров Н.И. Исследование конфликта коалиций систем с использованием формализма гибридных автоматов // Системный анализ и информационные технологии. 2017, № 4. С. 56-70.
48. Кубарев А.В., Лапсарь А.П., Федорова Я.В. Повышение безопасности эксплуатации значимых объектов критической инфраструктуры с использованием параметрических моделей эволюции // Вопросы кибербезопасности. 2020, № 1 (35). С. 8-18.
49. Алферов А.Г., Власов Ю.Б., Толстых И.О., Толстых Н.Н., Челядинов Ю.В. Формализованное представление эволюционирующего информационного конфликта в телекоммуникационной системе // Радиотехника. 2012. № 8. С. 27-33.
50. Асосков А.Н., Мальшева И.Н. К вопросу о синтезе алгоритма управления инфокоммуникационной системы в условиях информационного конфликта // Теория и техника радиосвязи. 2011. № 4. С. 19-26.
51. Макаренко С.И. Модели воздействия средств радиоэлектронной борьбы на систему связи на основе методов популяционной динамики // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2011. Т. 7. № 1. С. 96-99.
52. Макаренко С.И. Динамическая модель двунаправленного информационного конфликта с учетом возможностей сторон по наблюдению, захвату и блокировке ресурса // Системы управления, связи и безопасности. 2017. № 1. С. 60-97.
53. Михайлов Р.Л. Модель динамической координации подсистем наблюдения и воздействия в информационном конфликте в виде иерархической дифференциальной игры трех лиц // Научные технологии. 2018. Т. 19. № 10. С. 44-51.
54. Михайлов Р.Л., Ларичев А.В., Смылова А.Л., Леонов П.Г. Модель распределения ресурсов в информационном конфликте организационно-технических систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2016. № 6 (75). С. 24-29.
55. Михайлов Р.Л., Поляков С.Л. Модель оптимального распределения ресурсов и исследование стратегий действий сторон в ходе информационного конфликта // Системы управления, связи и безопасности. 2018. № 4. С. 323-344.
56. Михайлов Р.Л., Шишков А.И. Принципы координации подсистем наблюдения и воздействия // Научная мысль. 2017. Т. 1. № 3 (25). С. 38-43.
57. Потапов В.И. Математические модели динамических технических объектов конфликтных ситуаций – Омск: 2017.
58. Остапенко Г.А., Плотников Д.Г., Гузев Ю.Н. Особенности конфликтологии взвешенных сетей: понятие сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 1. С. 136-137.
59. Остапенко Г.А., Плотников Д.Г., Гузев Ю.Н. Формализация описания сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 232-237.
60. Остапенко Г.А., Плотников Д.Г., Гузев Ю.Н. Стратегии сетевого противоборства // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 250-253.
61. Остапенко Г.А., Плотников Д.Г., Гузев Ю.Н. Динамика развития сетевого конфликта // Информация и безопасность. 2016. Т. 19. № 2. С. 278-279.
62. Веселов Г.Е., Колесников А.А. Синергетический подход к обеспечению комплексной безопасности сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 4 (129). С. 8-18.
63. Надеждин Е.Н. Оценка эффективности механизма защиты сетевых ресурсов на основе игровой модели информационного противоборства // Научный вестник. 2015. № 2 (4). С. 49-58.
64. Петров А.П., Маслов А.И., Цаплин Н.А. Моделирование выбора позиций индивидами при информационном противоборстве в социуме // Математическое моделирование. 2015. Т. 27. № 12. С. 137-148.

65. Семенова И.И., Мишурин А.О. Система управления моделями в области информационного противоборства // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2010. Т. 4. № 1 (49). С. 150-160.
66. Шведовский В.А., Петрова М.А. Математическое моделирование напряженности этнополитического конфликта // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2001. № 14. С. 151-175.
67. Шведовский В.А. Динамическая модель электорального поведения // Математическое моделирование. 2000. Т. 12. № 8. С. 46-56.
68. Udvardi F., Leitmann G. E., Lambertini L. A Dynamical model of terrorism // *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2006. Vol. 2006. Article ID 85653. Pp. 1-32. doi: 10.1155/DDNS/2006/85653.
69. https://studme.org/169856/matematika_himiya_fizik/prostye_matematicheskie_modeli_realnyh_yavleniy.
70. Гришко А.К., Жумабаева А.С., Юрков Н.К. Управление электромагнитной устойчивостью радиоэлектронных систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. 2016. № 4 (18). С. 66-75.

References

1. Makarenko S.I. Dynamic Model of Communication System in Conditions the Functional Multilevel Information Conflict of Monitoring and Suppression. *Systems of Control, Communication and Security*, 2015, no. 3, P. 122-185 (accessed 23 August 2016) (in Russian).
2. Makarenko S.I., Mikhailov R.L. Information Conflicts – Analysis of Papers and Research Methodology. *Systems of Control, Communication and Security*, 2016, no. 3, P. 95-178 (accessed 17 September 2016) (in Russian).
3. Ryzhov B.S. *Povyshenie ustojchivosti funkcionirovaniya avtomatizirovannoj sistemy za schet sovershenstvovaniya sistemy obnaruzheniya informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij // Nejrokompyutery: razrabotka, primeneniye* [Improving the stability of the automated system by improving the information technology impact detection system. Neurocomputers: development, application]. 2011. No 7 (in Russian).
4. Boyko A.A., Djakova A.V. Method of Developing Test Remote Information-Technical Impacts on Spatially Distributed Systems of Information-Technical Tools. *Informacionno-upravliaiushchie sistemy*, 2014, vol. 70, no. 3, P. 84-92 (in Russian).
5. Goncharenko V.A., Fomin S.I., Surzhanov O.V. *Modeli i metody ocenivaniya ustojchivosti kriticheski vaznykh informacionnykh sistem k informacionno-tehnicheskim vozdeystviyam. Sovremennye tendencii v obrazovanii i nauke. Sbornik nauchnykh trudov po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii* [Models and methods for assessing the resilience of critical information systems to information technology impacts. Current trends in education and science. Collection of scientific works on the materials of the International Scientific and Practical Conference]. In 10 parts. 2013. P. 49-50 (in Russian).
6. Gryzunov V.V. *Model' informacionno-vychislitel'noj sistemy, degradiruyushchej v usloviyah informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij. Trudy VoЕННО-kosmicheskoy akademii im. A.F. Mozhajskogo* [Model of information-computing system degraded in conditions of information-technical impacts. Works of the Military Space Academy named by A.F. Mozhajskogo]. 2015. No 646. P. 93-102 (in Russian).
7. Bokova O.I., Sidorov A.V. *Kriterij ocenki effektivnosti funkcionirovaniya sredstv svyazi i upravleniya OVD v usloviyah prednamerennykh protivopravnykh informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij. Obshchestvennaya bezopasnost', zakonnost' i pravoporyadok v III tysyacheletii Sbornik materialov* [Criterion for evaluating the effectiveness of communication and management of internal affairs in the context of intentional illegal information technology impacts. Public safety, legality and the rule of law in the III millennium]. 2014. P. 6-9 (in Russian).
8. Chulkov D.N. *Model' ugroz informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij na informacionnye ob'ekty - kak osnova sozdaniya kompleksnoj sistemy obespecheniya bezopasnosti. Problemy tehnicheskogo obespecheniya vojsk v sovremennykh usloviyah trudy nauchno-prakticheskoy konferencii. Voennaya akademiya svyazi* [Model of threats of information technology impacts on information facilities - as the basis of creation of an integrated security system. Problems of technical support of troops in modern conditions works of scientific and practical conference. Military academy of communication]. 2016. P. 82-86 (in Russian).
9. Gabitov R.R., Kozlitin S.N. *Algoritm vybora racional'nogo sostava sistemy monitoringa informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij na sredstva avtomatizacii. Ohrana, bezopasnost', svyaz'* [Algorithm for selection of the rational composition of the information technology impact monitoring system for automation. Safety, safety, communication]. 2017. No 1-2. P. 142-148 (in Russian).
10. Antonov S.G., Klimov S.M. *Metodika ocenki riskov narusheniya ustojchivosti funkcionirovaniya programmno-apparatnykh kompleksov v usloviyah informacionno-tehnicheskikh vozdeystvij. Nadezhnost'* [Method of assessment of risks stability of software and hardware systems operation in conditions of information-technology impacts. Reliability]. 2017. V. 17. No 1 (60). P. 32-39 (in Russian).
11. Dobryshin M.M., Zakalkin P.V. *Sposob monitoringa zashchishchennosti informacionno-telekommunikacionnykh setej ot informacionno tehnicheskikh vozdeystvij. Informacionnye sistemy i tehnologii* [Method

of information and telecommunication networks security monitoring against information technology impacts. Information systems and technologies]. 2018. No 5 (109). P. 74-82 (in Russian).

12. Dubrovin A.S., Meshcheryakova T.V., Arutyunova V.I. *Informacionno-tehnicheskie vozdeystviya v avtomatizirovannyh sistemah special'nogo naznacheniya. Vestnik Voronezhskogo instituta vysokih tekhnologij* [Information and technical impacts in automated systems of special purpose. Journal of the Voronezh Institute of High Technologies.]. 2018. No 3 (26). P. 28-33 (in Russian).

13. Kolbasov S.M. *Makromodelirovanie informacionnyh konfliktov i informacionnyh operacij sociotekhnicheskikh informacionnyh sistem* [Macromodeling of information conflicts and information operations of sociotechnical information systems. Thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences]. Voronezh: 2006 (in Russian).

14. Parshutkin A. V., Svyatkin S. A., Bazhin D. A., Sazykin A. M. Radio-electronic information influences in the conflicts of information and telecommunication systems. *Voprosy oboronnoi tekhniki. 16-th Seriya*, 2015, no. 5-6, P. 13-17 (in Russian).

15. Vataga A.I., Grakov V.I., Ignatenko Z.V., Troshklyv A.M. *Mnogokriterial'naya ocenka zashchishchennosti informacionnoj sistemy pri operativnom upravlenii v usloviyah informacionnogo konflikta. Sovremennoe gumanitarnoe znanie o problemah social'nogo razvitiya. Materialy XXII Godichnogo nauchnogo sobraniya professorsko-prepodavatel'skogo sostava* [Multi-criteria assessment of security of information system in operational management in conditions of information conflict. Modern humanitarian knowledge about problems of social development. Materials of the XXII Annual Scientific Meeting of Faculty]. 2015. P. 102-106 (in Russian).

16. Biryukov D.N., Lomako A.G. *Sintez uprezhdayushchego povedeniya sistem kiberbezopasnosti v informacionnom konflikte. Metody i tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti informacii* [Synthesis of proactive behavior of cybersecurity systems in information conflict. Methods and technical means of ensuring information security]. 2014. №23. P. 10-11 (in Russian).

17. Gorbachev I.E., Ereemeev M.A., Andrushkevich D.V. *Metodologicheskie osnovy ocenivaniya effektivnosti dejstvij storon informacionnogo konflikta v infotelekkommunikacionnyh sistemah. Metody i tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti informacii* [Methodological basis for assessing the effectiveness of actions parties to information conflict in infotelecommunication systems. Methods and technical means of ensuring information security]. 2014. No 23. P. 11-13 (in Russian).

18. Obuhova L.A. *Modelirovanie processa peredachi dannyh v zashchishchennyh informacionnyh setyah v usloviyah konflikta. Ohrana, bezopasnost', svyaz'* [Modeling of data transfer process in secure information networks in conflict conditions. Security, security, communication]. 2019. V. 3. No 4 (4). P. 126-128 (in Russian).

19. Zhitenyov S.A., Erygin A.A., Golubinskij A.N. *Analiz pokazatelej funkcionirovaniya infokommunikacionnyh sistem v usloviyah informacionnogo konflikta. Teoriya i tekhnika radiosvyazi* [Analysis of functioning indicators of infocommunication systems in conditions of information conflict. Theory and technique of radio communication]. 2019. No 1. P. 37-48 (in Russian).

20. Bubareva O.A. *K voprosu razresheniya semanticheskikh konfliktov pri integracii informacionnyh sistem. Dinamika vzaimootnoshenij razlichnyh oblastej nauki v sovremennyh usloviyah. Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3 chastyah* [To the issue of resolution of semantic conflicts during integration of information systems. Dynamics of relations between different fields of science in modern conditions. Compilation of articles on the results of the International Scientific and Practical Conference: in 3 parts]. 2018. P. 44-46 (in Russian).

21. Pavlov V.A., Nistratov R.S., Kochedykov S.S. *Upravlenie resursom kompleksa tekhnicheskikh sredstv v informacionnom konflikte. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii* [Management of complex resource of technical means in information conflict. Journal of the Voronezh Institute of FSIN of Russia]. 2018. No 1. P. 61-70 (in Russian).

22. Sokolovskij S.P., SHarifullin S.R., Malenkov E.S. *Model' konflikta v informacionnoj sfere. VIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh uchenyh, posvyashchennaya 57-oy godovshchine poleta Y.A. Gagarina v kosmos. Sbornik nauchnyh statej* [Model of Conflict in the Information Sphere. VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists dedicated to the 57th anniversary of the flight of Y.A. Gagarin into space. Collection of scientific articles]. KWVAUL named after A.K. Serova. 2018. P. 299-304 (in Russian).

23. Charkin D.Y., Roldugin N.G., Artemov M.V., Pozdysheva O.V., Mordovin A.I. *K voprosu ob ustojchivosti infokommunikacionnoj sistemy v usloviyah informacionnogo konflikta. Informaciya i bezopasnost'* [To the issue of the sustainability of the infocommunication system in the context of an information conflict. Information and security]. 2016. V. 19. No 1. P. 46-55 (in Russian).

24. Men'shikh V.V., Lunyov Y.S. *Modelirovanie konfliktov v zashchishchennyh raspredelennyh informacionnyh sistemah. Teoriya konflikta i ee prilozheniya Materialy IV Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii "Teoriya konflikta i ee prilozheniya"* [Conflict Modeling in Secure Distributed Information Systems. Conflict Theory and its Applications Materials of the IV All-Russian Scientific and Technical Conference "Conflict Theory and its Applications"]. 2006. P. 266-274 (in Russian).

25. Desyatov D.B., Dubrovin A.S., Kravchenko A.S., Sokolovskij S.P. *Informacionnaya model' veroyatnostnogo konflikta. Vestnik Voronezhskogo instituta FSIN Rossii* [Information Model of Probability Conflict. Journal of the Voronezh Institute of FSIN of Russia]. 2017. No 1. P. 32-36 (in Russian).

26. Mikolom Y.V., Dorovskaya I.A. *Reshenie zadachi vyyavleniya vtorzhenij v informacionnyh sistemah v ramkah obshchej teorii konflikta. Vestnik Hersonskogo nacional'nogo tekhnicheskogo universiteta* [Solving the problem of detecting intrusions in information systems within the framework of the general theory of conflict. Journal of Kherson National Technical University]. 2011. No 2 (41). P. 350-353 (in Russian).

27. Filippov A.G., Tulohonova I.S. *Podhod k razresheniyu konfliktov replikacii pri modelirovanii setevogo vzaimodejstviya v predmetnoj informacionnoj srede. Perspektivy razvitiya informacionnyh tekhnologij* [Approach to resolving replication conflicts in modeling network interaction in the subject information environment. Prospects for the development of information technologies.]. 2012. No 9. P. 53-59 (in Russian).

28. Golobokova O.V. *Konflikty v informacionnoj sfere. Informacionnye resursy Rossii* [Conflicts in the information sphere. Information resources of Russia]. 2008. No 4 (104) (in Russian).

29. Karpov A.V. *Informacionnye konflikty v avtomatizirovannyh sistemah. Programmnye produkty i sistemy* [Information Conflicts in Automated Systems. Software Products and Systems]. 2004. No 3 (in Russian).

30. Radzievskii V.G., Sirota A.A. *Informatsionnoe obespechenie radioelektronnykh sistem v usloviakh konflikta* [Information support of electronic systems in conflict]. Moscow, IPRZR Publ., 2001 (in Russian).

31. Budnikov S.A., Grevtsev A.I., Ivantsov A.V., Kil'diushhevskii V.M., Koziratskii A.I., Koziratskii I.L., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Parinov M. L., Prokhorov D. V. *Modeli informatsionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniia. Monografiia* [Model information conflict of search and discovery. Treatise]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2013 (in Russian).

32. Evgrlevskaya N.V., Privalov A.A., Skudneva E.V. Markov model of conflict of automated information processing and management systems with the system of destructive effects of an offender. *Proceedings of Petersburg Transport University*, 2015, vol. 42, no. 1, P. 78-84 (in Russian).

33. Abramov P.B. *Model' informacionnogo konflikta na osnove markovskih form s vneshnimi potokami sobytij. Ohrana, bezopasnost', svyaz' - 2014. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoi konferencii. Voronezhskij institut MVD Rossii* [Model of information conflict based on Markov forms with external flows of events. Security, security, communication - 2014. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. 2015. P. 7-12 (in Russian).

34. Iazov Iu. K., Serdechnyi A. L., Baburin A. V. Metod formalizatsii protsessa nesanktsionirovannogo dostupa v informatsionnykh sistemakh, postroennykh s ispol'zovaniem sredstv virtualizatsii, osnovannyi na matematicheskom apparate setei Petri [The method of the formalization process of unauthorized access to information systems, built using virtualization, based on the mathematical formalism of Petri nets]. *Informatsiia i bezopasnost'*, 2013, vol. 16, no. 4. P. 518-521 (in Russian).

35. Solomatin M.S., Rogozin E.A., Drovnikova I.G. *Sozdanie modeli informacionnogo konflikta "narushitel' - sistema zashchity" na osnove seti Petri – Markova. Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii* [Creation of a model of information conflict "violin - system of protection" on the basis of the network Petri – Markova. Journal of the Voronezh Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia]. 2019. No 2. P. 93-100 (in Russian).

36. Budnikov S.A., Grevtsev A.I., Ivantsov A.V., Kil'diushhevskii V. M., Koziratskii A.I., Koziratskii I.L., Kushchev S. S., Lysikov V. F., Parinov M. L., Prokhorov D. V. *Modeli informatsionnogo konflikta sredstv poiska i obnaruzheniia. Monografiia* [Model information conflict of search and discovery. Monograph]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2013 (in Russian).

37. Radzievskiy V.G. and etc. *Sovremennaiia radioelektronnaia bor'ba. Voprosy metodologii* [Modern electronic warfare. Methodological issues]. Moscow, Radiotekhnika Publ., 2006 (in Russian).

38. Privalov A. A. *Metod topologicheskogo preobrazovaniia stokhasticheskikh setei i ego ispol'zovanie dlia analiza sistem svyazi VMF* [The method of topological transformations of stochastic networks and its application to the analysis of communication systems of the Navy]. Saint-Petersburg, Naval Academy, 2000 (in Russian).

39. Kotsyniak M.A., Osadchii A.I., Kotsyniak M.M., Lauta O.S., Dement'ev V.E., Vasiukov D.J. *Obespechenie ustoichivosti informatsionno-telekommunikatsionnykh sistem v usloviakh informatsionnogo protivoborstva* [Sustainability Information and Telecommunication Systems in Terms of Information Warfare]. Saint-Petersburg, Saint-Petersburg Branch "Leningrad Branch of Central Science Research Telecommunication Institute", 2015 (in Russian).

40. Petrenko A.S., Petrenko S.A. *Tekhnologii bol'shikh dannykh (big data) v oblasti informacionnoj bezopasnosti. Zashchita informacii. Insajd* [Big data technologies in the field of information security. Information protection. Insider]. 2016. No 4 (70). P. 82-88 (in Russian).

41. Zhidko E.A., Leonov P.M., Popova E.C. *Razrabotka modeli identifikacii konfliktnogo komponenta i metoda situacionnogo upravleniya informacionnymi resursami informacionno-telekommunikacionnoj sistemy kriticheskoi vazhnogo ob'ekta v usloviyah informacionnogo protivoborstva* [Development of a model of identification of a conflict component and a method of situational management of information resources of the information and telecommunication system of a critical object in conditions of information confrontation] - Voronezh, 2019 (in Russian).

42. Abramov P.B., Slavnov K.V., Nagalin A.V. *Polumarkovskaya model' funkcionirovaniya besprovodnoj linii volokonnoj svyazi s uchetom posledejstviya v potokah peredavaemykh v seti paketov soobshchenij v usloviyah informacionnogo konflikta. Radiotekhnika* [Semarkov model of wireless fibre communication line functioning taking

into account the follow-up in the flows of packets transmitted in the network in conditions of information conflict. [Radio engineering]. 2008. № 11. P. 5-7 (in Russian).

43. Vorobev N. N. *Osnovy teorii igr. Beskoalitsionnye igrы* [Fundamentals of the theory of games. Noncooperative games]. Moscow, Nauka Publ., Glavnaia redaktsiia fiziko-matematicheskoi literatury, 1984 (in Russian).

44. Chudnov A.M. Teoretiko-igrovye zadachi sinteza algoritmov formirovaniia i priema signalov [Game-theoretical problems of synthesis of algorithms of formation and receiving signals]. *Problems of Information Transmission*, 1991, vol. 27, no. 3, P. 233-240 (in Russian).

45. Bazar T., Wu Y. A Complete Characterization of Minimax and Maximin Encode-Decoder Policies for Communication Channels with Incomplete Statistical Description. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1985. Vol. 31. No 4. Pp. 482-489.

46. Cahn C. Performance of Digital Matched Filter Correlator with Unknown Interference. *IEEE Transactions on Information Theory*. 1971. Vol. 19. No 6. Pp. 1163-1172.

47. Sirota A.A., Goncharov N.I. *Issledovanie konflikta koalitsij sistem s ispol'zovaniem formalizma gibridnyh avtomatov. Sistemnyj analiz i informacionnye tekhnologii* [Research of conflict of coalitions of systems using formalism of hybrid machines. System analysis and information technologies]. 2017, No 4. P. 56-70 (in Russian).

48. Kubarev A.V., Lapsar A.P., Fedorova Y.V. Increase the security of important critical infrastructure using parametric models of evolution. *Questions of cyber security*. 2020, № 1 (35). P. 8-18 (in Russian).

49. Alferov A.G., Vlasov J.B., Tolstykh I.O., Tolstykh N.N., Chelajdinov J.V. The formalized representation of the evolving information conflict in telecommunication system. *Radiotekhnika*, 2012, no. 8. P. 27-33 (in Russian).

50. Asoskov A.N., Malysheva I.N. On infocommunication system management algorithm synthesis under information conflict conditions. *Teoriia i tekhnika radiosvyazi*, 2011, no. 4, P. 19-26 (in Russian).

51. Makarenko S.I. *Modeli vozdejstviya sredstv radioelektronnoj bor'by na sistemu svyazi na osnove metodov populyacionnoj dinamiki. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Models of effects of electronic warfare means on communication system based on methods of population dynamics. Journal of the Voronezh State Technical University]. 2011. V. 7. No 1. P. 96-99 (in Russian).

52. Makarenko S.I. *Dinamicheskaya model' dvunapravlennogo informacionnogo konflikta s uchetom vozmozhnostej storon po nablyudeniю, zahvatu i blokirovke resursa. Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti* [Dynamic model of bidirectional information conflict taking into account the capabilities of the parties to monitor, seize and block the resource. Control, communication and security systems]. 2017. No 1. P. 60-97 (in Russian).

53. Mihajlov R.L. *Model' dinamicheskoy koordinacii podsystem nablyudeniya i vozdejstviya v informacionnom konflikte v vide ierarhicheskoy differencial'noj igrы trekh lic. Naukoemkie tekhnologii* [Model of dynamic coordination of observation and impact subsystems in information conflict in the form of hierarchical differential game of three persons. Knowledge-intensive technologies]. 2018. V. 19. No 10. P. 44-51 (in Russian).

54. Mihajlov R.L., Larichev A.V., Smyslova A.L., Leonov P.G. *Model' raspredeleniya resursov v informacionnom konflikte organizacionno-tekhnicheskikh sistem. Vestnik Cherepoveckogo gosudarstvennogo universiteta* [Model of resource allocation in information conflict of organizational and technical systems. Journal of Cherepovets State University]. 2016. No 6 (75). P. 24-29 (in Russian).

55. Mihajlov R.L., Polyakov S.L. *Model' optimal'nogo raspredeleniya resursov i issledovanie strategij dejstvij storon v hode informacionnogo konflikta. Sistemy upravleniya, svyazi i bezopasnosti* [Model of optimal allocation of resources and study of strategies of actions of the parties during information conflict. Management, communication and security systems]. 2018. No 4. P. 323-344 (in Russian).

56. Mihajlov R.L., Shishkov A.I. *Principy koordinacii podsystem nablyudeniya i vozdejstviya. Nauchnaya mysl'* [Principles of Coordination of Observation and Impact Subsystems. Scientific Thought]. 2017. V. 1. No 3 (25). P. 38-43 (in Russian).

57. Potapov V.I. *Matematicheskie modeli dinamicheskikh tekhnicheskikh ob'ektov konfliktnyh situacij* [Mathematical models of dynamic technical objects of conflict situations]. Omsk, 2017 (in Russian).

58. Ostapenko G.A., Plotnikov D.G., Guzev Y.N. Features of conflictology of the weighed networks: concept of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 1, P. 136-137 (in Russian).

59. Ostapenko G.A., Plotnikov D.G., Guzev Y.N. Formalization of the description of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, P. 232-237 (in Russian).

60. Ostapenko G.A., Plotnikov D.G., Guzev Y.N. Strategy of network oppositon. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, P. 250-253 (in Russian).

61. Ostapenko G.A., Plotnikov D.G., Guzev Y.N. Dynamics of development of the network conflict. *Informatsiia i bezopasnost*, 2016, vol. 19, no. 2, P. 278-279 (in Russian).

62. Veselov G.E., Kolesnikov A.A. Sinergeticheskii podkhod k obespecheniiu kompleksnoi bezopasnosti slozhnykh sistem [A synergistic approach to ensuring overall security of complex systems]. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*, 2012, vol. 129, no. 4, P. 8-18 (in Russian).

63. Nadezhdin E.N. Evaluation of the effectiveness of the protection mechanism of network resources based gaming model of information warfare. *Science Bulletin*, 2015, vol. 4, no. 2, P. 49-58 (in Russian).

64. Petrov A.P., Maslov A. I., Tsaplin N. A. Modeling of Making Choices by Individuals During Information Warfare in Society. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2015, vol. 27, no. 12, P. 137-148 (in Russian).
65. Semenova I.I., Mishurin A.O. Management System Model of Information Counterforce. *Vestnik Saratov State Technical University*, 2010, vol. 4, no. 1, P. 150-160 (in Russian).
66. Shvedovskii V.A., Petrova M.A. Matematicheskoe modelirovanie napriazhennosti etno-politicheskogo konflikta [Mathematical modeling of the tension of ethno-political conflict]. *Sociology: methodology, methods, mathematical modeling*, 2001, no. 14, P. 151-175 (in Russian).
67. Shvedovskii V.A. Dinamicheskaja model' elektoral'nogo povedeniia [A dynamic model of electoral behavior]. *Mathematical Models and Computer Simulations*, 2000, vol. 12, no. 8. P. 46-56 (in Russian).
68. Udvardi F., Leitmann G. E., Lambertini L. A Dynamical model of terrorism. *Discrete Dynamics in Nature and Society*. 2006. Vol. 2006. Article ID 85653. Pp. 1-32. doi: 10.1155/DDNS/2006/85653.
69. https://studme.org/169856/matematika_himiya_fizik/prostye_matematicheskie_modeli_realnyh_yavleniy.
70. Grishko A.K., Zhumabaeva A.S., Yurkov N.K. *Upravlenie elektromagnitnoj ustojchivost'ju radioelektronnyh sistem na osnove veroyatnostnogo analiza dinamiki informacionnogo konflikta. Izmerenie. Monitoring. Upravlenie. Kontrol'* [Electromagnetic stability management of radio electronic systems based on probabilistic analysis of information conflict dynamics. Measurement. Monitoring. Management. Control]. 2016. No 4 (18). P. 66-75 (in Russian).

Статья поступила 26 марта 2020 г.

Информация об авторе

Мамончикова Алина Сергеевна – Специалист 1 категории патентного бюро ПАО «Интелтех». Область научных интересов: информационная безопасность, интеллектуальная собственность. Тел.: +7(812) 448-96-84. E-mail: alinita33@mail.ru.

Адрес: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8.

Analysis of known works of dynamic multilateral information conflict research

A.S. Mamonchikova

Annotation. Relevance. One of the key concepts of information confrontation is information conflict. To date, the study of the theory of information conflict is a pressing issue. The aim is to analyze well-known publications and scientific and methodological apparatus in the field of information conflict research in order to assess the need to model the dynamics of multilateral conflict interaction. **Result.** The analysis of sources revealed general and private patterns of research of information conflict based on the use of various scientific and methodological apparatus, namely: theories of dynamic systems, theory of Markov processes, theory of Petri networks, theory of complex hierarchical systems, theory of games, theory of stochastic networks, as well as other theories. It is shown that the current direction of development of research of information conflict is: taking into account dynamic properties of multilateral conflict, due to its formalization on the basis of theory of dynamic systems. **Practical importance.** The presented analysis can be useful to researchers and applicants engaged in scientific research in the field of information conflict.

Keywords: analysis; scientific and methodical device; information conflict; Dynamic multilateral information conflict.

Information about Authors

Mamonchikova Alina Sergeevna – Specialist 1 category of the Patent Office of PJSC «Inteltech», Area of scientific interest: information security, intellectual property. Tel +7(812)448-96-84. E-mail: alinita33@mail.ru.

Address: 197342, Russia, St. Petersburg, ul. Kantemirovskaya, 8.

Для цитирования: Мамончикова А.С. Анализ известных работ исследования динамического многостороннего информационного конфликта // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 64-75.

For citation: Mamonchikova A.S. Analysis of known works of dynamic multilateral information conflict research. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 64-75 (in Russian).

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 004.4'24

Виртуальная машина исполнения и планирования
блочно-структурированных бизнес-процессов

Васильев Н.В., Довжиков С.Н.

Аннотация. *Постановка задачи:* большинство современных корпоративных информационных систем строятся на основе процессного подхода, в соответствии с которым деятельность предприятия представляется в виде формализованного описания последовательности выполняемых сотрудниками операций. Однако, внедрение подобной системы приводит к увеличению нагрузки на аналитиков и сотрудников служб обеспечения и значительной субъективности при описании бизнес-процессов. Особенно сложной эта задача становится при изменении структуры организации или при переориентации деятельности. Вследствие описанных структурных изменений, имеющаяся совокупность моделей процессов теряет актуальность. Несмотря на известный научно-методологический задел направления, носящего название *Process Mining*, в настоящий момент в составе инфраструктуры исполнения бизнес-процессов отсутствуют средства, позволяющие осуществлять актуализацию моделей процессов. **Целью работы** являются разработка и реализация виртуальной машины исполнения бизнес-процессов, использующей в качестве модели описания дерева процессов, и интегрирующей в свой состав средства *Process Mining* для актуализации бизнес-процессов. **Используемые методы:** описание бизнес-процесса представляет собой дерево, содержащее четыре типа вершин: элементарное действие, выбор (*or*), параллельное исполнение (*and*) и циклическое исполнение. **Новизна и практический результат:** основным свойством деревьев процессов является бездефектность на уровне синтаксиса. Как следствие, отпадает необходимость в сложных средствах верификации и проверки корректности. Это, наряду с реализацией эффективных алгоритмов анализа журналов событий позволяет значительно повысить адаптивность процессов автоматизации на предприятии.

Ключевые слова: бизнес-процесс; машины исполнения рабочих процессов; деревья процессов; глубинный анализ процессов; планирование бизнес-процессов.

Актуальность

Концепция бизнес-процессов была призвана упростить и удешевить автоматизацию предприятий. Степень этого упрощения может варьироваться довольно широко – от формализации постановок задач для дальнейшей разработки корпоративных информационных систем (КИС) «с нуля» (*IDEF0*, *ARIS VAD*) до описания на специализированных нотациях сценариев функционирования платформ автоматизации деятельности предприятий (*BPMN*, *BPEL*). Сценарный подход получил дальнейшее развитие, что выразилось в разработке абстрактной архитектуры систем управления бизнес-процессами (СУБП), предложенной комитетом *WfMC*, и реализации ряда программных виртуальных машин исполнения бизнес-процессов, среди которых наиболее известны *JBPM*, *Activiti* и *Camunda*, а также отечественная свободно распространяемая платформа *RunaWFE* [1].

СУБП предполагает представление всякой деятельности при выполнении задачи в виде маркера, перемещающегося по определенному маршруту между исполнителями, в соответствии с последовательностью заданий бизнес-процесса. При завершении задания исполнитель при помощи машины исполнения бизнес-процессов передает маркер в следующее задание.

В основе большинства языков описания процессов (*BPMN*, *YAML*, *xPDL*) лежит особый класс сетей Петри, называемый сетями потоков работ (*WF*-сетями). Формально, в соответствии с [2], сеть Петри $N = (P, T, F)$ называется сетью потоков работ если:

- 1) существует единственная позиция-источник $i \in P : \cdot i = \Phi$;

2) существует единственная позиция-сток $o \in P : o^{\bullet} = \emptyset$;

3) каждый узел из совокупного множества находится на пути от i к o .

Данное определение налагает только структурные ограничения на сеть Петри. Как следствие, указанное определение не избавляет разработчика от возможности создания некорректных описаний, содержащих блокировки и «мертвые переходы».

Интуитивное свойство корректности процесса, выражающееся в том, что «нормальный» бизнес-процесс должен начинаться с одного маркера в начальной вершине i и заканчиваться одним маркером в последней вершине, что выражается в концепции бездефектности [2]. Сеть рабочих процессов называется бездефектной, если выполняются следующие условия:

– возможность выполнения (*option to complete*), выражающаяся в том, что для всех состояний процесса, достижимых из начального состояния, содержащего единственный маркер в начальной позиции i должно быть возможным достижение состояния, содержащего маркер в последней вершине o ;

– правильное завершение (*proper termination*). Любое состояние, содержащее маркер в последней вершине процесса o , не содержит маркеров в других вершинах;

– отсутствие «мертвых переходов» (*deadlock free*). Существует потенциальная возможность выполнения любого задания процесса (при различных условиях).

Переход от неформального, словесного описания последовательности действий к жесткой схеме процесса, помимо ошибок, зачастую, сопровождается неточностями и упрощениями, которые в конечном итоге снижают качество процесса автоматизации, выражающееся в несоответствии разработанной системы заявленным целям. Для борьбы с ошибками, помимо формальных средств верификации используется:

– итерационный подход при разработке процесса [2]: анализ требований, синтез бизнес-процессов, апробация средствами натурального или полунатурального моделирования, уточнение требований и схемы процесса, моделирование и т. д.;

– подход на основе *Process Mining* [3-5], частично автоматизирующий этапы анализа и синтеза бизнес-процессов, предполагающий наличие частично развернутой на предприятии системы автоматизации деятельности, в которой недостающие части «достраиваются» в процессе эксплуатации системы. В данном случае, хороша аналогия базовой системы как «зерна», из которого произрастет дерево системы, автоматизирующее деятельность предприятия.

Как первый, так и второй подход имеют свои недостатки. Первый подход дорогостоящий и длительный, второй имеет концептуальные ограничения. Поиск «зерна», из которого может вырасти желаемое дерево, будет едва ли проще классического анализа. Поэтому, рациональнее говорить о необходимости взаимного дополнения методологий.

Указанное противоречие разрешается в формализме описания на основе деревьев процессов, предложенного в работе [4], которое позволяет создавать гарантированно корректное (бездефектное) описание. Теоретические основы этого подхода следуют из доказанной Аалстом теоремы, о том, что любой бездефектный процесс можно разбить на блоки, каждый из которых имеет на входе и выходе один маркер. Если каждый из таких блоков корректен (бездефектен), то их можно рассматривать как элементарные действия-подпроцессы, которые, в свою очередь, могут быть объединены при помощи операторов (шлюзов «И», «ИЛИ») в процесс более высокого уровня. Формализм дополняет параллельный (\wedge) и исключаящий (\times) операторы композиции блоков циклическим ($@$) и последовательным (\rightarrow) способами.

Дерево процесса – это представление разбитого на блоки бизнес-процесса, в котором листья помечены действиями, а промежуточные узлы – операторами, описывающими способ композиции поддеревьев-блоков.

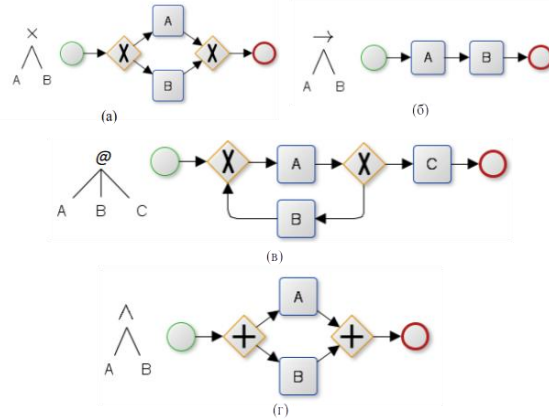


Рис. 1. Поддеревья и соответствующие им BPMN-модели: (а) исключаяющего выбора; (б) последовательного выполнения; (в) циклического выполнения; (г) параллельного выполнения

Пусть задан конечный алфавит Σ действий и набор L операторов композиции. Символ $\tau \in \Sigma$ обозначает скрытое действие.

– a для всякого $a \in \Sigma \cup \{\tau\}$ является деревом процессов;

– если M_1, \dots, M_n с $n > 0$ – деревья процессов, а \oplus – оператор композиции, то $\oplus (M_1, \dots, M_n), n \geq 2$ – дерево процессов.

Обозначим операторы следующим образом:

\times – исключаяющий выбор между одним из поддеревьев;

\rightarrow – последовательное выполнение всех поддеревьев;

@ – цикл с телом M_1 , блоком возврата на начало цикла M_2 и оператором выхода M_3 ;

\wedge – параллельное выполнению блоков поддеревьев.

Например, BPMN-процесс, показанный на рис. 2 (а), может быть описан деревом процессов, показанным на рис. 2 (б).

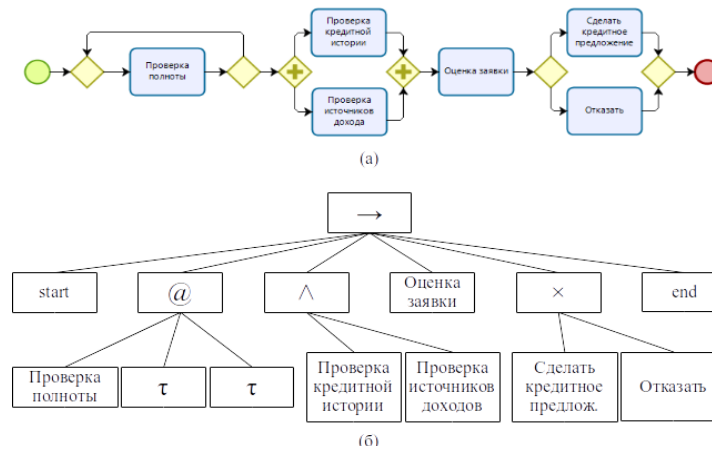


Рис. 2. BPMN-схема бизнес процесса (а) и соответствующее ему дерево (б)

Помимо логической корректности, описываемой понятием бездефектности, бизнес-процесс должен обладать определенными параметрами производительности. В качестве основных целевых функций при оптимизации процессов используются: время, стоимость, качество, устойчивость к изменению нагрузки [6]. Для оценки данных параметров производительности, в настоящее время, используется имитационное моделирование, СМО и аналитические методы. С точки зрения точности, аналитические методы являются самыми грубыми, поскольку не принимают во внимание доступность ресурсов, исполняющих задания процесса. Но этот подход является наиболее простым в плане реализации вычислений.

Суть аналитического метода [6] оценки производительности процесса состоит в его разбиении на элементарные блоки, с последующей оценкой их метрик. Например, для

последовательного исполнения задач, очевидно, время будет суммироваться, в то время как для параллельного исполнения задач следует взять максимум от подпотоков.

Согласно методике, приведенной в [6], время выполнения CT бизнес-процесса может быть рекурсивно вычислено на основании времен исполнения поддеревьев T_i следующим образом:

– последовательное исполнение

$$CT = \sum_{i=1}^n T_i ;$$

– параллельное исполнение

$$CT = \max(T_1, T_2, \dots, T_n) ;$$

– условный выбор

$$CT = \sum_{i=1}^n p_i T_i ;$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 ;$$

где p_1, p_2, \dots, p_n – вероятности выполнения соответствующих поддеревьев;

– циклическое исполнение

$$CT = \frac{T}{1-r} ,$$

где r – вероятность доработки, т. е. вероятность, что фрагмент внутри цикла нужно будет доработать или переработать.

Таким образом, блочно-структурированное описание бизнес-процессов является наиболее естественной и удобной формой описания, как с точки зрения возможности задания самой схемы процесса, так и оценки времени выполнения процесса при планировании выполняемых задач.

Логика функционирования машины исполнения

Рассмотрим перемещение маркера по дереву в зависимости от типа узла. Заметим, что, исходя из бездефектности деревьев процессов, между родительским и дочерним узлом всегда представлен только один маркер. Любой узел, как формальное представление блока имеет единственный маркер на входе и выходе. После выполнения всех узлов дочернего поддерева, маркер передается обратно в родительский узел.

1) В случае исполнения узла последовательного исполнения (рис. 3а) единственный маркер, в соответствии с порядком, последовательно передается в поддерева. Такое исполнение соответствует обходу в глубину.

2) В исключаящем узле (рис. 3б) единственный маркер передается в выбранное дочернее поддерево, по завершении которого маркер передается обратно в родительский узел.

3) При входе маркера в узел параллельного выполнения (рис. 3в) происходит создание дочерних маркеров, каждый из которых передается в дочернее поддерево. Исходный (родительский) маркер ожидает момента возврата маркеров от дочерних поддеревьев. После получения маркеров от дочерних поддеревьев происходит их уничтожение, а родительский маркер передается узлу-предку.

4) В узле циклического выполнения (рис. 3г), содержащего тело цикла M и возможные варианты доработки конечного результата A_1 и A_2 и выход из цикла B , единственный маркер передается в первое по порядку поддерево. После его завершения поведение, фактически, аналогично исключаящему узлу с поддеревами: «возврат маркера в родительский узел», «вариант доработки A », «вариант доработки B ». В случае доработки, маркер передается в соответствующее поддерево. По его возвращению, маркер снова передается в первое поддерево, после чего снова производится исключаящий выбор между возвратом маркера или доработкой.

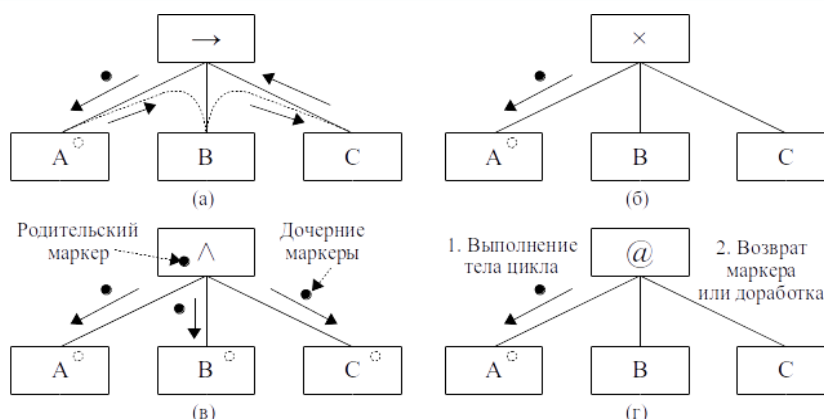


Рис. 3. Перемещение маркера по дереву: (а) последовательного выполнения; (б) исключаяющего выбора; (в) параллельного выполнения; (г) циклического выполнения

Модель и язык описания блочно-структурированных процессов

Описание бизнес-процесса [2] может быть представлено как набор из 4 проекций-перспектив, рис. 4.



Рис. 4. Проекция модели рабочего процесса

Перспективе «управление потоком» соответствует маршрут движения документа между исполнителями (схема рабочего процесса), которой соответствует дерево процесса.

Перспективе «данные» соответствует набор переменных-атрибутов процесса.

Перспективе «ресурсы» соответствует набор ролей и исполнителей, которые могут выполнять действия в листовых узлах дерева рабочего процесса. В рамках описываемой модели описываются переменными специального типа *actor*.

Перспективе «операции» соответствует список элементарных действий, совершаемых исполнителями в листовых узлах. Описывается обработчиками событий-делегатами.

Для описания блочно-структурированных процессов был разработан более легковесный и простой *json*-формат описания. Корневая сущность каждого определения процесса состоит из общих параметров: имени, описания, перечня атрибутов (переменных процесса), последовательности выполняемых (на верхнем уровне) блоков и узлов, а также обработчиков событий посещения корневого узла при обходе, т. е. событий входа и событий выхода маркера из узла, соответствующих, старту и окончанию процесса.

Основными элементами описания структуры выступают узлы дерева, определяющие отдельные действия бизнес-процесса, а также логику его исполнения.

В языке, для описания перспективы «управление потоком» поддерживаются следующие узлы: начало процесса (*start*), окончание процесса (*end*), пустое действие (*nil*), активное задание (*activity*), уведомление (*notification*), контролируемое задание (*control*), подпроцесс (*process*). Кроме этого, в языке введены следующие узлы контроля логики выполнения: узел условного ветвления (принятия решения), узел последовательного исполнения, узел параллельного исполнения, узел циклического исполнения. Формирование схемы бизнес-

процесса производится в рамках *REST*-сервиса работы с определениями процессов (*ProcessDefinitionService*), вызовом метода создания поддерева (с указанным типом узла).

Основная прикладная логика взаимодействия с внешними системами сосредоточена в делегатах, вызов которых происходит при входе и выходе маркера из узла.

На уровне базы данных, модель данных управления рабочими процессами можно условно разделить на 4 группы таблиц:

1) таблицы описания схемы рабочего процесса, описывающие дерево процесса и типы переменных, ассоциированных с вершинами дерева процесса, а также средства (обработчики) сопряжения с внешними системами;

2) таблицы выполнения экземпляров рабочих процессов, описывающие текущее состояние выполняемого экземпляра процесса, маркера, текущие значения переменных, введенных пользователями и взаимодействующими системами;

3) таблицы описания организационной структуры – пользователи, группы пользователей и роли пользователей в группах (дорожки – *swimlanes*);

4) вспомогательные таблицы – журналы выполнения рабочих процессов. Особенностью системы журнализации является хранение значений сложных и атомарных (см. ниже) процессов. Это позволяет использовать данные журналы для корректировки схем процессов.

Особенности функционирования с учетом адаптивности

Привлечение методологии *Process Mining* вносит в привычную схему функционирования машины исполнения бизнес-процессов коррективы. Вначале, отметим, что бизнес-процесс имеет целью изменение состояния некоторого объекта, фигурирующего в бизнес-процессе в виде атрибута или группы атрибутов. В рамках систем электронного документооборота отдельный экземпляр рабочего процесса ассоциируется с объектом-документом. В случае рассмотрения системы управления заказами, в качестве объекта будет выступать номер заказа и т. д.

У исполнителя есть альтернатива – исполнить процесс над объектом, согласно схемы, либо последовательно выполнять действия над объектом. На основании выполняемых вручную действий формируется журнал, который служит для исправления исходного процесса. Таким образом, в машине исполнения бизнес-процессов вводится два типа создаваемых экземпляров:

– экземпляр, формируемый по предварительно заданной схеме бизнес-процесса;

– атомарный экземпляр, создаваемый путем выбора одного из контролируемых (*control*) или неконтролируемых (*activity*) узлов.

При создании атомарного экземпляра прикрепляемый узел, очевидно, должен наследовать форму и некоторые атрибуты-переменные процесса, которому принадлежит узел. Автор атомарного процесса заполняет атрибуты формы-задания, в том числе идентификатор объекта, указывает исполнителя и, при необходимости, контролера.

Согласно [5], для обеспечения реконструкции схемы процесса журнал событий должен иметь как минимум четыре атрибута:

– действие (*activity*) – действие, выполненное пользователем, например, «подпись документа», «наложение резолюции», «осуществить перевод»;

– время регистрации (*timestamp*) – момент времени, когда произошло событие;

– идентификатор последовательности событий (*case id*) – идентификатор последовательности действий над определенным объектом;

– ресурс (*resource*) – исполнитель, или инициатор действия (пользователь или внешняя информационная система).

После «ручной» обработки нескольких однотипных объектов, журнал становится «полным», что позволяет реконструировать предполагаемый процесс обработки или внести коррекцию в существующий процесс.

Как отмечалось выше, для выделения трасс процесса в конфигурационных настройках должны быть указаны атрибуты, которые однозначно характеризуют объект и его состояния (например, для документа: «разработан», «согласован», «сдан в архив»). Последние обычно задаются при разработке объемлющей информационной системы, в которой функционирует машина исполнения рабочих процессов.

Архитектура машины исполнения блочных процессов

Машина исполнения была реализована по классической трехуровневой схеме (уровень доступа к данным, уровень бизнес-логики, уровень представления) с хранением данных в СУБД «Postgresql». Уровень данных представлен базой данных, предназначенной для хранения описаний процессов и данных экземпляров потоков работ. Доступ к уровню данных осуществляется при помощи библиотеки объектно-реляционного отображения.

Уровень бизнес-логики представлен набором сервисов, рассматриваемых далее.

Уровень отображения, реализующий взаимодействие с пользователем. Данные (атрибуты-переменные) бизнес-процессов на уровне отображения представлены в текстовом виде на формах, задаваемых при определении процесса. На уровне бизнес-логики, работа с атрибутами реализована в виде *java*-классов, которые посредством сериализации отображаются в поле записей таблиц базы данных. На уровне бизнес-логики были реализованы следующие сервисы и соответствующие им интерфейсы, рис. 5:

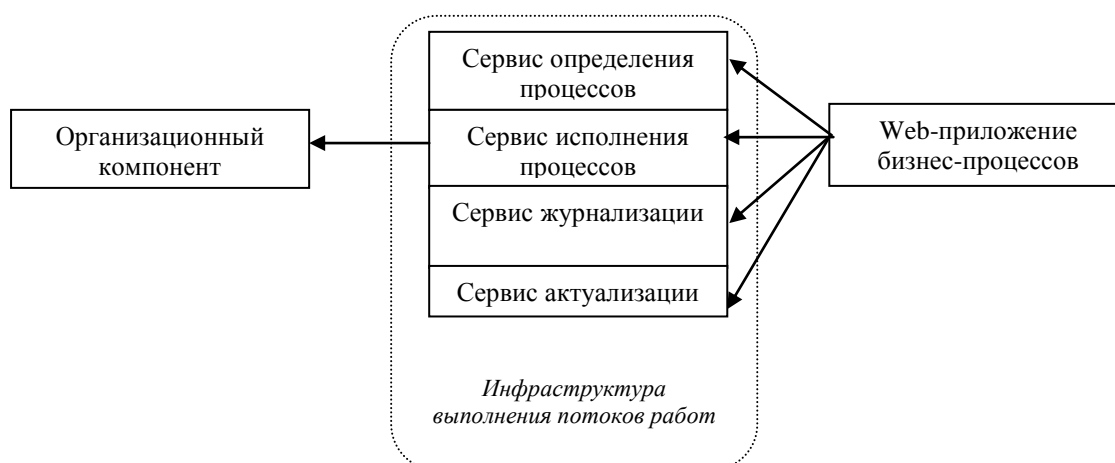


Рис. 5. Основные сервисы машины исполнения

1) Интерфейс разработчика бизнес-процессов. Используется для создания определений бизнес-процессов, а также трансляции в хранилище определений процессов, заданных в виде архивов процессов. В составе архива содержится, непосредственно, *json*-описание, формы заданий, отображаемые в *Web*-интерфейсе пользователя и программные обработчики событий, содержащиеся в скомпилированном виде (*.class*) или в виде *groovy*-скриптов. После загрузки, архив разбирается и помещается в базу данных. Отличительной особенностью является то, что при разборе процесса производятся вычисления параметров производительности процесса.

2) Интерфейс пользователя (исполнителя процессов). Методы данного интерфейса можно разбить на две группы:

- действия запуска/останова бизнес-процесса, т. е. создание/удаление экземпляра процесса, на основе созданного или загруженного дерева процесса. Каждый экземпляр бизнес-процесса состоит из одного или нескольких маркеров исполнения, состоящих из задач, которые поступают в очереди пользователей-исполнителей;

- методы получения и исполнения задач пользователей.

Формально, функциями данного сервиса являются:

- создание новых и завершение выполненных экземпляров процессов;
- маршрутизация экземпляров процессов на основании интерпретации определения дерева процесса;
- управление атрибутами экземпляра процесса;
- предоставление заданий исполнителям;
- управление обработкой событий входа и выхода из узлов;
- запуск прикладных программ в ходе исполнения действий;
- занесение данных в журнал истории функционирования системы;
- предоставление сводок об исполнении потоков работ;
- мониторинг целостности потоков работ.

3) Интерфейс актуализации процессов, который позволяет для заданного определения бизнес-процесса и журнала событий исполнения атомарных процессов, заданного в базе данных, на основании полученного журнала, при соблюдении методики выравнивания, вычислить метрику соответствия (*fitness*) [7] и, при необходимости, инициировать схему внесения локальных изменений в схему процесса, согласно методики, описанной в [7, 8].

4) Интерфейс между внешними системами и машиной исполнения потоков работ. Данное взаимодействие может осуществляться двумя путями:

- взаимодействие, инициируемое внешней системой. Когда системе необходимо выполнить действие, вызывается реализация интерфейса *EventHandler*;
- взаимодействие, инициируемое бизнес-процессом. Для данного вида взаимодействий используются классы-обработчики (делегаты), которые хранятся в базе данных и вызываются, при необходимости. Каждый такой класс имеет доступ к контексту бизнес-процесса и может изменять значения тех или иных параметров.

5) Интерфейс между машиной бизнес-процессов и организационным хранилищем (*LDAP*). Для взаимодействия с данными системами, машина потоков использует шаблон «Фасад сессии» (*Session Facade*).

6) Интерфейс и сервис журнализации, предназначенный для хранения служебных сообщений в процессе функционирования других сервисов, а также для отладки комплекса.

Администраторы, разработчики и исполнители взаимодействуют с подсистемой через клиентские *Web*-приложения. У каждого исполнителя имеется список работ (входной список, список задач), который является частью клиентского приложения. Клиентское приложение, реализованное в виде *Web*-клиента, предоставляет следующие базовые функции:

- хранение и предоставление информации о заданиях, которые могут быть выполнены работником;
- предоставление сведений о существенных свойствах работ, таких как информация об экземпляре и о задании;
- возможности сортировки и выборки на основании этих свойств;
- запуск выполнения задачи для специфического экземпляра при выборе соответствующего элемента работ;
- информирование о завершении действия (выбранного элемента работ).

Практическая апробация. Выводы

Анализ разработанного прототипа машины адаптивного исполнения рабочих процессов, описываемых при помощи деревьев позволяет получить:

1) возможность описывать процесс без сложного графического редактора. Представленные четыре типа вершин: элементарное действие, выбор (*or*), параллельное исполнение (*and*), циклическое исполнение задаются в графическом *Web*-интерфейсе в виде таблицы, содержащей гиперссылки на дочерние узлы;

2) отсутствие сложных средств проверки корректности описания процесса, вследствие бездефектности деревьев процессов;

3) упрощение и ускорение анализа времени выполнения бизнес-процессов, за счет встроенных в машину исполнения средств. Анализ производительности бизнес-процессов ведется в терминах вершин дерева процессов: последовательное выполнение, параллельное выполнение, условное выполнение, цикл. Задав длительность и стоимость отдельных действий и вероятность ветвлений, можно оценить производительность процесса сразу после его описания без имитационного моделирования. Указанная особенность упрощает интеграцию со средствами планирования деятельности;

4) возможность эффективного описания деревьев процессов в более легковесном формате *JSON*;

5) возможность обновлять процессы не только целиком, как в случае *BPMN*, но и отдельными частями-поддеревьями. В данном случае, полученное описание всегда будет корректно;

6) встроенную поддержку модели процесса в актуальном состоянии, за счет интеграции со средствами *Process Mining*.

Литература

1. Михеев А.Г. Системы управления бизнес-процессами и административными регламентами на примере свободной программы RunaWFE: учеб. пособие / А.Г. Михеев. – М.: Альт Линукс, 2011. – 178 с.
2. Вил ван дер Аалст, Кейс ванн Хей. Управление потоками работ: модели, методы и системы / Пер. с англ. В. А. Башкина, И. А. Ломазовой. Под ред. И. А. Ломазовой. – М.: Физматлит, 2007. – 316 с.
3. W.M.P. van der Aalst Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Berlin. Springer-Verlag, 2011. 352 p.
4. Leemans S.J.J., Fahland D., van der Aalst W.M.P. (2013) Discovering Block-Structured Process Models from Event Logs -A Constructive Approach. In: Colom JM., Desel J. (eds) Application and Theory of Petri Nets and Concurrency. PETRI NETS 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7927. Springer, Berlin, Heidelberg.
5. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters L. Maruster. Workflow Mining: Discovering process models from event logs. In IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering, vol. 16, no.5, pp. 1128-1142, 2004.
6. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). Fundamentals of business process management. (2nd ed.) Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
7. A. Adriansyah, B.F. van Dongen, and W.M.P. van der Aalst. Conformance checking using cost-based _tness analysis. In Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2011 15th IEEE International, pages 55-64. IEEE, 2011.
8. D. Fahland and W.M.P. van der Aalst. Repairing Process Models to Reect Reality. In Business Process Management, pages 229-245. Springer, 2012.

References

1. Mikheev A.G. *Sistemy` upravleniya biznes-processami i administrativny`mi reglamentami na primere svobodnoj programmy` RunaWFE* [Business processes and administrative regulations management systems using RunaWFE free software as an example] A.G. Mikheev. – Moscow: Alt Linux, 2011. – 178 p (in Russian).
2. Wil van der Aalst, Kees van Hee. Workflow Management Models, methods and systems. M.: Fizmatlit, 2007. 316 p (in Russian).
3. W.M.P. van der Aalst Process Mining. Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Berlin. Springer-Verlag, 2011. 352 p.
4. Leemans S.J.J., Fahland D., van der Aalst W.M.P. (2013) Discovering Block-Structured Process Models from Event Logs -A Constructive Approach. In: Colom JM., Desel J. (eds) Application and Theory of Petri Nets and Concurrency. PETRI NETS 2013. Lecture Notes in Computer Science, vol 7927. Springer, Berlin, Heidelberg.
5. W.M.P. van der Aalst, A.J.M.M. Weijters L. Maruster. Workflow Mining: Discovering process models from event logs. In IEEE Transactions on Knowledge & Data Engineering, vol. 16, no.5, pp. 1128-1142, 2004.
6. Dumas, M., La Rosa, M., Mendling, J., & Reijers, H. A. (2018). Fundamentals of business process management. (2nd ed.) Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
7. A. Adriansyah, B.F. van Dongen, and W.M.P. van der Aalst. Conformance checking using cost-based _tness analysis. In Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC), 2011 15th IEEE International, pages 55-64. IEEE, 2011.
8. D. Fahland and W.M.P. van der Aalst. Repairing Process Models to Reect Reality. In Business Process Management, pages 229-245. Springer, 2012.

Статья поступила 26 марта 2020 г.

Информация об авторах

Васильев Николай Владимирович – кандидат технических наук, начальник сектора ПАО «Интелтех». Область научных интересов: корпоративные информационные системы; распределенные системы обработки информации и управления. Тел.: +79111202622. E-mail: VasilievNV@inteltech.ru.

Довжиков Сергей Николаевич – инженер-программист сектора ПАО «Интелтех». Область научных интересов: специальные системы обработки информации и управления. Тел.: +7(812)295-50-69. E-mail: DovzhikovSN@inteltech.ru.

Адрес: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Кантемировская, д. 8.

Simple execution and block-structured planning business processes machine

N.V. Vasiliev, S.N. Dovzhikov

Annotation. Problem statement: most modern ERP systems are based on the process approach, according to which the activities are presented in the form of a formalized set of descriptions of the sequence of operations performed by employees. However, the introduction of such a system leads to an increase in the burden on analysts and employees of support services and significant subjectivity in the description of business processes. This task becomes especially difficult when the organization structure changes. Due to the described structural changes, the existing set of process models loses relevance. Despite the existing scientific and methodological groundwork for the direction called Process Mining, currently there are no tools (in the infrastructure) for the adaptive execution of business processes that automate the process of creating and updating process models. **Objective:** to develop and implement a business process execution machine, using process trees as a description model, integrating Process Mining tools for updating business processes. **Methods used:** A business process is described as tree containing four types of vertices: elementary action, selection (or), parallel execution (and), and cyclic execution. **Novelty and practical result:** process trees allow you to describe a business process without a complex graphical editor. The main property of process trees is that they are syntax sound. As a result, there is no need for complex tools for verification and validation. Modern effective Process Mining algorithms are represented by algorithms that also use the formalism of process trees, which can significantly increase the adaptability of automation processes in the enterprise. The methodology for planning and analyzing the performance of business processes is also conducted in terms of the vertices of the process tree. By setting the duration and cost of individual actions and the likelihood of branching, you can evaluate the performance of the process immediately after its description without simulation. The approach allows updating processes not only as a whole, as in BPMN, but also as separate subtree parts. The resulting description will always be correct provided that the data and resource models are consistent.

Keywords: business process; workflow execution machines; process trees; in-depth process analysis; business process planning.

Information about Authors

Vasiliev Nikolay Vladimirovich - Ph.D., Head of Sector, PJSC «Inteltech». Research interests: corporate information systems; distributed information processing and management systems. Tel.: +79111202622. E-mail: VasilievNV@inteltech.ru.

Dovzhikov Sergey Nikolaevich - engineer, PJSC «Inteltech». Research interests: special information processing and management systems. Tel.: +7(812)295-50-69. E-mail: DovzhikovSN@inteltech.ru.

Address: 197342, Russia, St. Petersburg, ul. Kantemirovskaya, 8.

Для цитирования: Васильев Н.В., Довжиков С.Н. Простая машина исполнения и планирования блочно-структурированных бизнес-процессов // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 76-85.

For citation: Vasiliev N.V., Dovzhikov S.N. Simple execution and block-structured planning machine business processes. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 76-85 (in Russian).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 623.832

Проблема экологии в организации работ, связанных с нанесением гальванического покрытия на детали при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры для морской группы исполнения

Михайлюк П.П., Малаева Е.А.

Аннотация. Постановка задачи: проблема экологии при нанесении гальванических покрытий в ходе изготовления радиоэлектронной аппаратуры для Военно-морского флота. **Целью работы** является анализ применяемых гальванических покрытий при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) и описание проблемы экологии в организации работ, связанных с нанесением гальванического покрытия на детали в черте г. Санкт-Петербург. **Новизна:** состоит в описании конфликта требований законодательства в части лицензирования опасных производств и предложений по исправлению ситуации. **Результат:** заключается в выдаче предложений по изменению законодательства Санкт-Петербурга о возможности переоснастить существующие гальванические производства в центре города для улучшения экологического состояния.

Практическая значимость: улучшение экологической обстановки на территории Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура; гальваническое производство; экология; полипропилен; вредные вещества.

Актуальность

Проблема экологии при нанесении гальванических покрытий при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры для Военно-морского флота является актуальной потому, что гальванические производства являются одними из наиболее опасных источников загрязнения окружающей среды, главным образом, поверхностных и подземных водоемов, ввиду образования большого объема сточных вод [1]. Формирование загрязнения атмосферного воздуха происходит под влиянием выбросов стационарных источников (промышленных предприятий) и транспортных средств. Суммарный объем вредных выбросов 513 тыс. тонн. На рис.1 представлена диаграмма количества вредных веществ (в тыс. тонн) в выбросах от транспорта и стационарных источников в городе Санкт-Петербург.

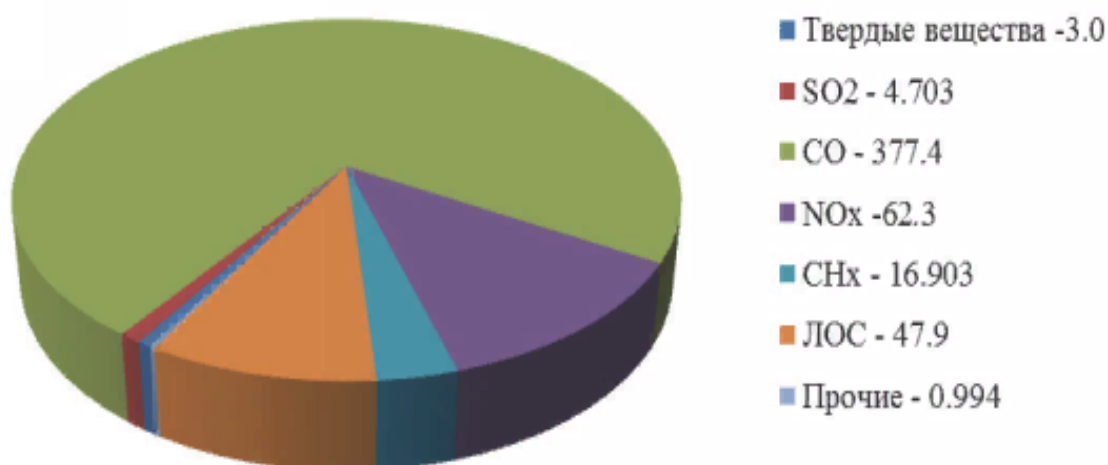


Рис. 1. Диаграмма количества вредных веществ (в тыс. тонн) в выбросах от транспорта и стационарных источников

Постановка задачи

При производстве радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), включая производство комплексов связи в интересах ВМФ, используются защитные металлические покрытия. Это вызвано необходимостью защиты металла от коррозии при воздействии влаги, содержащейся в воздухе. В соответствии с ГОСТ РВ 20.39.309-98, кроме защиты от коррозии, детали РЭА должны иметь низкое переходное сопротивление между металлизированными элементами для получения надежного контура заземления, в том числе для обеспечения электромагнитного экрана [2]. Металлические покрытия в производстве РЭА обычно получают гальваническим методом. Преимущество таких покрытий заключается в том, что возможен широкий выбор металлов покрытия, и в процессе электролиза – получение тонких и сравнительно точных по толщине плёнок. По требованиям ГОСТ РВ 20.39.304-98 [3] выбирается группа исполнения аппаратуры, в соответствии с требованиями технического задания (ТЗ). Данный стандарт устанавливает классификацию, номенклатуру, характеристики и значения технических требований к аппаратуре, в соответствии с условиями её применения, в том числе, для морских групп исполнения аппаратуры 2.1-2.7.

Статья посвящена вопросам нанесения гальванического покрытия при производстве аппаратуры групп исполнения 2.1.1 и 2.3.1. Такая аппаратура размещается на объектах с морским климатом (ОМ), в соответствии с классификацией климатической обстановки на Земном шаре, которая отражена в ГОСТ 15150-69 [4]. Кроме коррозии от воздействия влажного воздуха, во влажном климате приобретает особое значение электрохимическая коррозия контактных соединений металлов. Допустимые и не допустимые контакты между металлами и покрытиями в различных условиях эксплуатации указаны в ГОСТ 9.303-84 [5]. В стандарте ГОСТ 9.306-85 [6] приведены обозначения покрытий, способы получения и примеры записи. ГОСТ 9.305-84 [7] устанавливает параметры операций, входящих в процесс получения покрытий.

Главной производственной характеристикой конструкции РЭА является технологичность, поэтому систематизация работ, связанных с выбором и нанесением гальванических покрытий, с учетом системы стандартов по ЕСЗКЗ, позволяет использовать отработанные типовые технологические процессы.

Материалы

Рассмотрим основные характеристики покрытий и экологические характеристики металлов и покрытий [2-8]. Параметры материалов приведены в табл. 1.

Табл. 1 – Параметры материалов при температуре 18 °С

№	Наименование материала	Удельное сопротивление, Ом·м
1	Цинк	$5,75 \cdot 10^{-8}$
2	Кадмий	$10,98 \cdot 10^{-8}$
3	Никель	$7,23 \cdot 10^{-8}$
4	Хром	$1,68 \cdot 10^{-8}$
5	Полипропилен	$10 \cdot 10^{-8}$
6	Медь	$1,68 \cdot 10^{-8}$
7	Олово	$11,5 \cdot 10^{-8}$
8	Палладий	$10,8 \cdot 10^{-8}$
9	Родий	$4,5 \cdot 10^{-8}$
10	Свинец	$20,8 \cdot 10^{-8}$

1) Цинковые покрытия анодные, имеют среднюю твердость, выдерживают различные изгибы, плохо свариваются, цвет покрытия – сине-стальной. Покрытие предотвращает контактную коррозию сталей при стыковке с деталями из алюминия и его сплавов, обеспечивает навинчивание резьбовых деталей. Цинковые покрытия хромируются для повышения коррозионной стойкости, тем самым улучшая внешний вид покрытия и его прочность. Цинковые покрытия имеют прочную связь с основным металлом. Он слегка токсичен для человека по сравнению с различными металлами, которые используются для гальваники.

2) Кадмиевое покрытие анодно и защищает сталь от коррозии в атмосфере и морской воде, электрохимически и механически в пресной воде. При необходимости повысить устойчивость к коррозии – хром. Не рекомендуется использовать его в промышленной атмосфере, содержащей соединения серы и летучие агрессивные соединения, поскольку органические вещества выделяются при старении. Обладает сильной адгезией к основному металлу, хорошими антифрикционными свойствами, выдерживает вытяжки, запрессовку и растрескивание. Оксиды кадмия токсичны. Кадмий является одним из самых опасных из всех металлических загрязнителей. Длительное поступление кадмия в организм вызывает тяжелые заболевания почек, а также костей. Длительное воздействие кадмия вызывает анемию и гипертонию. Токсичность кадмия уменьшается, а другие металлы попадают в организм. Смягчающим эффектом является кобальт, селен, а также цинк и его хелаты.

3) Никелирование катодное. Не токсичное вещество для человека. Повышенное потребление никеля происходит, когда желоба загрязнены промышленными отходами, включая гальванические стоки. Покрытие используется для защитной и декоративной отделки деталей, повышения твердости поверхности, износостойкости и электропроводности. Оно обеспечивает хорошую текучесть припоя и служит барьерным слоем под покрытием из золота, серебра, оловянно-свинцового сплава и других металлов, предотвращая диффузию меди, цинка, железа и других металлов.

4) Хромированное покрытие катодное. Твердое покрытие обладает высокой износостойкостью, эффективно работает на трение. Токсическое воздействие хрома на организм человека зависит от степени окисления. Высокое содержание солей шестивалентного хрома в сточных водах оказывает токсическое воздействие на микрофлору водоемов.

5) Полипропиленовое (ПП) покрытие характеризуется высокой химической стойкостью, механической прочностью, низкой стоимостью, мягкой, эластичной термостойкостью. Относительно низкая проницаемость полиолефинов позволяет использовать их для защиты продуктов, которые работают в контакте с агрессивными средами. ПП покрытия защищают металл от коррозии в воде, в растворах различных кислот и щелочей. ПП также используется в сочетании с глобулярным углеродным концентратом; экструдировается в профильные изделия с использованием одно- и двухшнековых методов экструзии. Использование этого продукта возможно в системах трубопроводов для транспортировки сыпучих материалов, жидкостей и газов, в качестве защиты силовых кабелей и в других конструкциях. Использование полипропиленового покрытия позволит снизить трудозатраты при монтаже, время монтажа, вес конструкции.

6) Медное покрытие катодное имеет высокую электрическую теплопроводность, хорошо противостоит глубокой вытяжке, растрескиванию, хорошо припаивается и обладает низкой коррозионной стойкостью. Токсично для водных организмов. В концентрации $0,001 \text{ мг / см}^3$ соли меди ингибируют развитие многих водных организмов, а в концентрации $0,004 \text{ мг / см}^3$ они оказывают токсическое действие. Токсичные дозы солей меди приводят к острому, но поддающемуся лечению отравлению человека. Это покрытие обладает высокой электрической и теплопроводностью, пластичностью, выдерживает глубокую вытяжку, растрескивание, хорошо полируется, облегчает прикатывание, притирку и завинчивание; в свежесаженном состоянии оно хорошо спаяно. При использовании низкотемпературных

припоев оно образует интерметаллические соединения, которые резко ухудшают паяемость и прочность паяного соединения.

7) Оловянное покрытие является катодным в атмосферных условиях. Покрытие рекомендуется для обеспечения пайки. Оно устойчиво к серосодержащим соединениям и рекомендуется для деталей, соприкасающихся со всеми типами пластмасс и каучуков. Хорошая адгезия к основному металлу, эластичная, устойчива к изгибу, волочению, прокатке, штамповке, прессовой посадке, хорошо сохраняется при нанесении. Свеженанесенное покрытие хорошо спаяно, блестящее сохраняет способность к пайке дольше, чем матовое. Олово, поступающее в организм человека с пищей и питьевой водой, быстро выводится из организма. В организме олово откладывается в почках, печени, костях и, в небольшой степени, в мягких тканях, наибольшее количество откладывается в скелете.

8) Палладиевое покрытие катодное. Обладает высокой устойчивостью к атмосферным условиям и воздействию сернистых соединений. Рекомендуется использовать для уменьшения переходного сопротивления контактирующих поверхностей, увеличения их поверхностной твердости и износостойкости, при необходимости, для поддержания постоянства электрического сопротивления. Обладает высокой износостойкостью и хорошей электропроводностью, стабильным во времени контактным сопротивлением; коэффициент отражения 60-70%. Электропроводность стабильна во времени до температуры 300 °С. Не рекомендуется использовать в контакте с органическими материалами и каучуками, а также в замкнутом пространстве в присутствии этих материалов. Покрытие не допускается наносить в среде водорода.

9) Родиевое покрытие катодное. Рекомендуется использовать для обеспечения стабильных электрических параметров контактных частей устройства. Обладает высокой износостойкостью, электропроводностью, отражательной способностью, не подвержено сварке, устойчиво в большинстве агрессивных сред, в том числе сероводорода, не окисляется до температуры 600 °С. При толщине 1,0 мкм родий практически не имеет пор, а при толщине более 3 мкм подвержен микротрещинам.

10) Свинец относится к микроэлементам, приводящим к патологии органов и крови человека; в течение жизни свинец накапливается в костях. Повышенное усвоение свинца из воды и пищи наблюдается у детей.

Анализируя вредное воздействие на организм человека и окружающую природу гальванического производства, можно сделать вывод о необходимости соблюдения требований безопасности в любом случае, где бы не размещалось данное производство. Эквивалентной замены указанной выше системы ЕСЗКС в процессе создания РЭА, в том числе для ВМФ в настоящее время нет. Представленные растворы для указанных гальванических покрытий содержат соли металлов, слабые кислоты, щелочи, и в некоторых случаях, цианиды калия и натрия. Все химические реактивы являются токсичными. Метеорологические условия и содержание вредных веществ в рабочей зоне помещений не должно превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.005.88. Для предупреждения воздействия общетоксичных и раздражающих веществ необходимо предусматривать приточно-вытяжную вентиляцию в помещениях и на рабочих местах.

Производство

Загрязнение атмосферы вредными выбросами от стационарных источников по районам города Санкт-Петербург представлены в табл. 2.

Возьмем, например, производство, которое располагается в Невском районе с большим загрязнением атмосферы вредными выбросами. Предприятие имеет право оставить уже существующие оборудование для гальвано-покрытия, но не имеет права на переоснащение гальванического производства новыми линиями, требуя использовать только

имеющееся оборудование. В следствии чего, использование старого оборудования является наиболее опасным и вредным для экологии города Санкт-Петербурга.

Табл. 2 – Загрязнение атмосферы вредными выбросами от стационарных источников

Район	Наиболее загрязненные	Наименее загрязненные
Выборгский	+	
Кировский	+	
Приморский	+	
<u>Невский</u>	+	
Кронштадтский		+
Адмиралтейский		+
Фрунзенский		+
Петродворцовый		+

Необходимо создание современного комплекса гальванопокрытий, полностью обеспечивающего потребности предприятий в необходимом ассортименте, качестве и объеме продукции, который бы включал в себя высокоэффективные очистные сооружения, отвечающие современным требованиям по охране окружающей среды.

Оборудование

При создании современного комплекса гальванопокрытий на предприятии необходимо оптимизировать (укрупнить) гальваническое производство путем планомерной замены физически и морально устаревшего оборудования на современные автоматические линии в комплексе с очистными сооружениями и системами автоматизированной разработки технологических процессов гальванического производства на персональных компьютерах и управлении, а так же ликвидацию отдельных гальванических участков с передачей деталей на покрытие на новое оборудование.

С целью снижения нагрузки на очистные сооружения и уменьшению сброса в канализацию нефтепродуктов, а так же рациональному использованию растворов обезжиривания предлагается приобрести во все цеха установку микрофльтрации, представленную на рис. 2. Такие установки позволят в три раза сократить сброс растворов обезжиривания и извлечь до 90% нефтепродуктов.

С целью уменьшения потребления пожарнопитьевой воды предлагается приобрести установки Ц 93 и МСЦ-3 для получения дионизированной воды, работа которой скоординирована с подачей воды в ванны промывки.

В новом оборудовании Ц 93 и МСЦ-3 установлены системы трёхкаскадных промывок деталей, позволяющая уменьшить количество воды используемой на промывку. На рис. 3 представлена система трёхкаскадных промывок деталей.

Следующей задачей экологии гальванического производства является поступление вредных веществ в окружающую среду с аэрозолями и парами из удаляемого воздуха от ванн вытяжной вентиляции.

Решение данной задачи наиболее актуально для ванн никелирования и хромирования, а также ванн с кислотами (для ванн травления и активации). В данное время, вопрос решён благодаря установленным вытяжной вентиляции у ванны рамного фильтра со специальным материалом, поглощающим пары и аэрозоли. Периодически данный материал промывается водой и образующие промывные воды сбрасываются на очистные сооружения.



Рис. 2. Установка микрофльтрации



Рис. 3. Система трёхкаскадных промывок деталей

С целью ликвидации сбросов аэрозолей и паров от ванн травления и активации в новом оборудовании Ц 93 установить пенный абсорбер представленный на рис. 4.

Образующие при работе данного абсорбера промывные воды сбрасываются на очистные сооружения. Необходимо по всем цехам в действующем оборудовании установить

рамные фильтры со специальным абсорбирующим материалом. Новое оборудование при поставке должно иметь и рамные фильтры в вентиляции, и пенные абсорберы.



Рис. 4. Пенный абсорбер

Вывод

При организации гальванического производства существует экологическая проблема. На данный момент, законодательством запрещено размещение гальванических производств в черте города. При этом, даже в историческом центре города разрешено было оставить уже существующие гальванические производства. То есть, запрет действует на создаваемые гальванические производства, но не касается существующих. При этом, запрещено не только создавать, но и реконструировать существующие системы. Это решение даже более экологически опасно для города, чем запрет новых производств.

В то же время на территории Санкт-Петербурга предприятиям, находящимся в черте города, не дают возможность переоснастить гальваническое производство новыми линиями, требуя использовать имеющееся оборудование, либо закрывать или переносить гальванические производства, что в свою очередь не выгодно для предприятий экономически. Просматривается недоработка регионального законодательства, которую можно устранить либо закрытием гальванических производств в черте города, либо рекомендацией в адрес Правительства Санкт-Петербурга разработать региональный закон, разрешающий модернизировать существующие производства современными средствами очистки воды и гальванических отходов.

Литература

1. Виноградов С.С. Организация гальванического производства. М.: Глобус, 2005. – 56 с.
2. Климов Е.С., Эврюкова М.Е., Колганова Н.С., Варламова С.И., Борисова В.В. Экологические проблемы гальванических производств // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 11. – С. 68-69.
3. ГОСТ РВ 20.39.309-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Общие технические требования, методы контроля и испытаний. Конструктивно-технические требования от 16.05.2016. – 58 с.
4. ГОСТ РВ 20.39.304-98 Комплексная система общих технических требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования стойкости к внешним воздействующим факторам: гос. военный стандарт // Разработан Техн. ком. по стандартизации ТК 319 "Надежность и стойкость ЭРИ и РЭА военного назначения". - Изд., нояб. 2014 г., с Изм. №1, утв. в дек. 2009 г. Введ. 01.01.1999. - Москва: Стандартиформ, 2015. – 54 с.
5. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды, – Изд. апрель 2010 г., с Изм. № 1, 2, 3, 4 и Поправкой (ИУС 3-2004).
6. ГОСТ 9.303-84 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Общие требования к выбору. – введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 15.03.84 N 784. – Изд. Ноябрь. 2001 г. с Изм. N 1, 2, 3, 4, утв. в декабре 1986 г., марте 1988 г., марте 1990 г., мае 1992 г. (ИУС 3-87, 6-88, 6-90, 8-92).
7. ГОСТ 9.306-85 Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Обозначения. – введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 24.01.85 N 164. – Переизд. ноябрь 1996 г. с Изм. N 1, 2, 3, утв. в октябре 1985 г., феврале 1987 г., мае 1993 г. (ИУС 1-86, 5-87, 8-92).
8. ГОСТ 9.305-84 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий. – введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.12.84 №4424. – Изд. апрель 2003 г. с Изм. N 1, 2, утв. в декабре 1987 г., июне 1990 г. (ИУС 3-88, 10-90).
9. ГОСТ 12.1.005.88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – введ. в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 29.09.88 №3388. – Изд. январь 2008 г. с Изм., принятым в июне 2000 г. (ИУС 9-2000).

References

1. Vinogradov S.S. Organization of galvanic production. M.: Globus, 2005. 56 p.
2. Klimov E.S., Evryukova M.E., Kolganova N.S., Varlamova S.I., Borisova V.V. Ecological problems of galvanic production. Successes in modern natural sciences. 2004. No. 11. p. 68-69.
3. GOST RV 20.39.309-98 An integrated system of general technical requirements. Military equipment, instruments, devices and equipment. General technical requirements, control and testing methods. Design and technical requirements of 05.16.2016. 58 p.
4. GOST RV 20.39.304-98 An integrated system of general technical requirements. Military equipment, instruments, devices and equipment. Requirements for resistance to external factors: state. military standard. Developed by Tech. com according to standardization TC 319 "Reliability and durability of military electric and electronic equipment". Ed., Nov. 2014, as amended. No. 1 approved. in dec. 2009. Introduction. first; Enter 01.01.1999. Moscow: Standartinform, 2015 . 54 p.
5. GOST 15150-69 Machines, devices and other technical products. Versions for different climatic regions. Categories, operating conditions, storage and transportation regarding the impact of climatic environmental factors, Ed. April 2010, as amended. No. 1, 2, 3, 4 and Amendment (IMS 3-2004).
6. GOST 9.303-84 Unified system of protection against corrosion and aging. Metallic and non-metallic inorganic coatings. General selection requirements. Enter into force by the Decree of the USSR State Committee for Standards dated 15.03.84 N 784. Ed. Nov 2001, Rev. N 1, 2, 3, 4, approved. in December 1986, March 1988, March 1990, May 1992 (IMS 3-87, 6-88, 6-90, 8-92).
7. GOST 9.306-85 Unified system of protection against corrosion and aging. Metallic and non-metallic inorganic coatings. Designations. - enter into force by the Resolution of the USSR State Committee for Standards dated 24.01.85 N 164. Reprint. November 1996 Amend. N 1, 2, 3, approved. in October 1985, February 1987, May 1993 (IMS 1-86, 5-87, 8-92).

8. GOST 9.305-84 Unified system of protection against corrosion and aging (ESZKS). Metallic and non-metallic inorganic coatings. Operations of technological processes for producing coatings. Enter into force by the Decree of the USSR State Committee for Standards dated 12/14/84 No. 4424. Ed. April 2003 rev. N 1, approved. in December 1987, June 1990 (IMS 3-88, 10-90).

9. GOST 12.1.005.88 Occupational safety standards system (SSBT). General hygiene requirements for air in the work area. Enter into force by the Decree of the USSR State Committee for Standards dated 09.29.88 No. 3388. - Ed. January 2008 rev. N 1 adopted in June 2000 (IMS 9-2000).

Статья поступила 27 марта 2020 г.

Информация об авторах

Михайлюк Павел Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры института Фундаментальной подготовки и технологических инноваций Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения. Технический директор ПАО «Интелтех». Область научных интересов: организация производства. Тел.: +7 911 257 16 65. E-mail: mihayluk@inteltech.ru.

Малаева Екатерина Александровна – аспирант Томского политехнического университета по направлению Техносфера безопасна. Инженер-технолог 1 категории ПАО «Интелтех», Область научных интересов: организация производства. Тел.: +7 913 1107837. E-mail: Katrina.malaeva@bk.ru.

Адрес: 197342, Россия, г. Санкт-Петербург, Кантемировская, 8.

The problem of ecology in the organization of work related to the electroplating of parts in the manufacture of electronic equipment for the marine performance group

P.P. Mikhaylyuk, E.A. Malaeva

Annotation. *Problem statement: Ecological problem in the application of galvanic coatings during the manufacture of electronic equipment for the Navy. The aim of the work is to analyze the applied galvanic coatings in the manufacture of radio-electronic equipment (CEA) and a description of the environmental problem in the organization of work related to the application of galvanic coatings to parts within the city of St. Petersburg. Novelty: consists in a description of the conflict of legislative requirements regarding licensing of hazardous industries and proposals to rectify the situation. The result: it is necessary to allow enterprises located within the city limits to re-equip galvanic production to improve the ecological condition of the city. Practical significance: improving the environmental situation in the city of St. Petersburg.*

Keywords: *electronic equipment; galvanic production; ecology; polypropylene; harmful substances.*

Information about Authors

Mihailuk Pavel Petrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Institute of Fundamental Training and Technological Innovation, St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation. MBA Technical Director of PJSC «Inteltech». Research interests: organization of production. Tel.: +7 911 257 16 65.

Malaeva Ekaterina Aleksandrovna – graduate student of Tomsk Polytechnic University in the field of Technosphere safety. 1st category industrial engineer, PJSC «Inteltech», Research interests: production organization.

Address: 197342, Russia, Saint-Petersburg, Kantemirovskaya, 8.

Для цитирования: Михайлюк П.П., Малаева Е.А. Проблема экологии в организации работ, связанных с нанесением гальванического покрытия на детали при изготовлении радиоэлектронной аппаратуры для морской группы исполнения // Техника средств связи. 2020. № 1 (149). С. 86-94.

For citation: Mikhaylyuk P.P., Malaeva E.A. The problem of ecology in the organization of work related to the electroplating of parts in the manufacture of electronic equipment for the marine performance group. Means of communication equipment. 2020. No 1 (149). P. 86-94 (in Russian).

Информация о конкурсе

В честь 75-й годовщины Победы в Великой Отечественной войне объявляется конкурс молодых ученых и специалистов ПАО «Интелтех» в 2020 г.!

Конкурс проводится в целях профессиональной адаптации, выявления и максимального использования творческого потенциала молодых специалистов, стимулирования научной деятельности и привлечения их к решению научно-технических задач, повышающих качество текущих научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также в соответствии с Положением по организации и проведению конкурса на лучшую научную работу молодых ученых и специалистов ПАО «Интелтех».

К конкурсу на лучшую научную работу молодых ученых и исследователей представляются выполненные на русском языке закрытые и открытые завершённые научно-исследовательские работы молодых ученых и специалистов ПАО «Интелтех» в возрасте до 35 лет, представляющие собой самостоятельно выполненные исследования по актуальным проблемам телекоммуникационных и информационных технологий. Научные работы могут быть выполнены индивидуально и коллективно (не более 3 соавторов).

К награждению премиями (поощрению) представляются авторы (соавторы), представившие на конкурс научные работы:

– результаты которых могут быть реализованы на предприятиях оборонно-промышленного комплекса Российской Федерации, включая создание продукции гражданского и двойного назначения;

– результаты которых могут использоваться в научных исследованиях в плановых НИР (ОКР);

– по результатам которых получены патенты или имеются научные публикации (в журналах, сборниках трудов научно-технических конференций), статьи на депонировании, патенты РФ или программные продукты.

Победители конкурса определяются по итогам их выступления на научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ПАО «Интелтех».

Порядок представления на конкурс и рассмотрения научных работ

Конкурс проводится по следующим номинациям:

«Телекоммуникационные системы и сети»;

«Информационная безопасность»;

«Системы управления».

Конкурс проводится в 3 этапа:

I этап (заочный тур) – сдача работ (пояснительных записок) в конкурсную комиссию до 01.07 года проведения конкурса; II этап (очный тур) – выступление на научно-технической конференции (НТК) и защита результатов, изложенных в научно-технической работе, до 30.10 года проведения конкурса; III этап – подведение итогов,

награждение победителей, представление победителей к участию на городских и Всероссийских конкурсах. Представление конкурсных работ к печати в журнале «Техника средств связи».

Работы, поступающие на конкурс, оценивает конкурсная комиссия. Председателем конкурсной комиссии является первый заместитель генерального директора по научной работе, заместитель председателя конкурсной комиссии – ученый секретарь ПАО «Интелтех», секретарь конкурсной комиссии – председатель совета молодых специалистов ПАО «Интелтех».

К работе конкурсной комиссии по отбору научных работ (I этап конкурса) и оценке их на научно-технической конференции (II этап конкурса) могут привлекаться ведущие специалисты ПАО «Интелтех» в данной области науки, как правило, имеющие ученые степени (звания).

На конкурс представляются следующие материалы:

- научная работа (до 40 страниц машинописного текста);
- сведения об авторе (о соавторах, если научная работа выполнена коллективно) научной работы, представленной на конкурс, по установленной форме;
- список научных трудов (форма №16), заверенных ученым секретарем ПАО «Интелтех», и подписанных конкурсантом и его научным руководителем;
- копии патентов и научных публикаций (с копией первых страниц и оглавлений журналов, сборников, трудов) (при наличии);
- копии свидетельств программ для ЭВМ и баз данных (при наличии);
- иные документы, подтверждающие авторское право (выписки из открытых отчетов по НИР со списком исполнителей);
- награды за участие в конкурсах, выставках.

Порядок проведения конкурса

Решение о соответствии требованиям конкурса, представленных на конкурс научных работ принимается на первом этапе конкурса на заседании конкурсной комиссии простым большинством голосов из участвующих в заседании членов комиссии. При равном числе голосов решающим голосом обладает председатель конкурсной комиссии.

Результаты проведения первого этапа конкурса оформляются протоколом заседания конкурсной комиссии.

По каждой представленной на конкурс научной работе, отобранной для участия на втором этапе, конкурсная комиссия назначает рецензента (эксперта) для ознакомления с работой и подготовки экспертного заключения.

Рецензенты назначаются из числа компетентных в соответствующей конкурсной работе отрасли науки ученых и ведущих специалистов ПАО «Интелтех», имеющих публикации в соответствующей сфере исследования и давших на это согласие.

Второй этап конкурса проводится на научно-технической конференции молодых ученых и специалистов ПАО «Интелтех» путем публичной защиты конкурсной работы.

Для защиты основных положений конкурсной работы автору (соавторам) предоставляется не более 15 минут.

При необходимости представления режимных материалов на НТК выделяется закрытая секция в установленном в ПАО «Интелтех» порядке.

По результатам выступлений участников конкурса научных работ конкурсная комиссия проводит обсуждение с выступлением рецензента и научного руководителя по

данной работе. В случае отсутствия на заседании рецензента конкурсной работы текст рецензии оглашает председатель конкурсной комиссии.

В ходе обсуждения конкурсной работы члены конкурсной комиссии заполняют анкету рейтинговой оценки научной работы. Результаты анкет рейтинговой оценки суммируются в сводной ведомости конкурса.

Места в конкурсе научных работ определяются в каждой номинации по максимальному числу набранных баллов в сводной ведомости конкурса.

Итоговые результаты конкурса оформляются протоколом заседания конкурсной комиссии простым большинством голосов. При равном числе голосов решающим голосом обладает председатель конкурсной комиссии.

В каждой номинации определяется первое, второе и третье место.

В зависимости от числа участников в каждой номинации и качества представленных научных работ на конкурс число призовых мест в каждой номинации может быть пересмотрено конкурсной комиссией, о чем принимается решение на заседании конкурсной комиссии, не выходя за рамки общего бюджета конкурса.

Решение конкурсной комиссии о победителях конкурса научных работ в номинациях доводится на заключительном заседании научно-технической конференции.

По результатам конкурса научных работ издается приказ генерального директора ПАО «Интелтех» о результатах конкурса и награждении победителей конкурса по номинациям. При этом в каждой номинации предусматривается денежное вознаграждение:

за 1 место – 50 000 руб; за 2 место – 30 000 руб; за 3 место – 20 000 руб.

Конкурсная комиссия оставляет за собой право перераспределения призового фонда в случае ассиметричного представления числа научных работ по номинациям, не выходя за рамки общего бюджета конкурса, о чем принимается решение на заседании конкурсной комиссии.

Все участники конкурса научных работ награждаются почетной грамотой генерального директора ПАО «Интелтех» с занесением записи в трудовую книжку.

Результаты проведенного конкурса должны быть освещены на интерактивном стенде ПАО «Интелтех» и на информационных стендах структурных подразделений.

Работы, ставшие победителями конкурса научных работ в номинациях, публикуются в научно-техническом сборнике «Техника средств связи» в виде научных статей, а также рекомендуются к участию в городских, ведомственных и общероссийских конкурсах научных работ среди молодых специалистов.

Правила оформления научной работы на конкурс

Научная работа оформляется машинописным способом или с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ на одной стороне листа белой бумаги (формата А4) через полтора интервала. Нумерация листов работы должна быть сквозной.

Текст пишется (печатается) с соблюдением следующих размеров полей: левое – не менее 20 мм, правое – не менее 10 мм, верхнее – не менее 15 мм, нижнее – не менее 20 мм.

Заголовки структурных элементов глав работы следует оформлять заглавными буквами, располагать в середине строки без точки. Заголовки подразделов и пунктов

следует начинать с абзацного отступа и печатать с прописной буквы, не подчеркивая, без точки в конце.

Расстояние между заголовками структурных элементов работы и разделов основной части и текстом должно быть не менее 3 интервалов.

Иллюстрации должны иметь название, которое помещают под иллюстрацией. При необходимости под иллюстрацией помещают поясняющие данные (подрисуночный текст). Иллюстрации обозначают словом "Рис.", которое помещают ниже поясняющих данных, и нумеруют арабскими цифрами в пределах всей работы. Таблицы должны иметь надтабличный заголовок с названием «Таблица 1 – Название таблицы...»

Общими требованиями к работе являются логическая последовательность изложения материала, убедительность аргументации, краткость и четкость формулировок, исключающих неоднозначность толкования, конкретность изложения результатов работы, обоснованность рекомендаций и предложений.

Требования к конкурсной работе

Общие требования к работам во всех номинациях: работа должна соответствовать научно-техническим направлениям деятельности предприятия (НТЦ).

Требования к предлагаемым технологическим решениям:

– участником должны быть представлены принципиальные (конструктивные, схемные и др.) технические решения (изделий, деталей, оснастки, инструмента, программного обеспечения, технологии и т. п.), раскрывающие содержание разработки, отражающие ее новизну в масштабах предприятия;

– предлагаемые решения должны быть научно обоснованы и реализуемы путем качественного анализа, математического моделирования, эксперимента, ссылок на научную литературу и др.;

участником должен быть предложен перечень необходимых для использования разработки ресурсов (оборудования, технологии, пр.).

Ждем Ваши работы!

75-летию Победы в Великой Отечественной войне посвящается!



Много есть в России обелисков
В память о былой, о той войне...
Я войну не видела так близко,
Но она живет в душе, во мне.

С болью в сердце, с болью старой раны
Деда и его однополчан...
Я благодарю Вас, ветераны
За спокойный сон мой по ночам.

Много книг написано, но все же,
Тайны та война еще хранит.
Прах бойцов, уже с землею схожий,
На полях сражений тех лежит.

Заросли военные дороги,
Над лугами синь и тишина.
Золотом на памятниках строгих
Высечены Ваши имена.

День Победы – праздник нашей славы,
Деда моего, его друзей,
Поклонюсь я в пояс ветеранам,
Ветеранам Родины моей!

***Ведущий специалист ПАО «Интелтех»
Побережная Т.В.***