№ 1 +0
2019 [51]

научно-технический журнал

Известия

ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ



8 февраля
День российской науки

Межрегиональное общественное учреждение
“Институт инженерной физики”
(научное, образовательное и производственное учреждение)

В НОМЕРЕ

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО–ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

2 **Бутранов А.С., Ерёмин Б.Г., Мартынов С.В., Никитенко В.В.**

Регрессионная зависимость поддержания комфортного физиологического состояния военнослужащего, одетого во всесезонный комплект полевого обмундирования с активной системой электрообогрева в условиях низких температур

7 **Мартынов С.В., Ерёмин Б.Г., Назаров А.В., Бутранов А.С.**

Экспериментальная оценка теплозащитных функций средств индивидуальной защиты военнослужащего от холода с применением теплового манекена

13 **Смирнов В.А., Шуваева О.В.**

Прибор для измерения мощности ультрафиолетового излучения

16 **Турбал Р.А., Глазов Д.Н.**

Использование производных от пеленга на излучатель электромагнитных волн для определения временной задержки между земной и ионосферными волнами

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

18 **Зеленевский В.В., Зеленевский Ю.В., Зеленевский А.В., Шмырин Е.В., Ржаных А.В.**

Оценка качества передачи данных в декаметровых радиоканалах с ионосферной волной

22 **Шиманов С.Н., Франков С.В., Дёмочкин Е.А., Рыженков В.А.**

Вероятностная маршрутизация в Mesh-сетях с быстроменяющейся топологией

27 **Шиманов С.Н., Прасолов В.А., Бобрус С.Ю., Егоров В.В., Рыженков В.А.**

Модификация протокола доведения сообщений HDL в части приема квитанций по обратному каналу

32 **Зеленевский В.В., Зеленевский Ю.В., Зеленевский А.В., Дурнов А.С., Наконечный Б.М.**

Математическая модель радиоканала передачи данных ОНЧ-НЧ диапазона

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

39 **Емелин Н.М.**

Марковские и полумарковские модели сложных систем: преимущества и недостатки

42 **Евсиков А.А., Леонов А.П.**

Об использовании системы моделирования VisSim для исследования электропривода, работающего при скалярном управлении в повторно-кратковременном номинальном режиме с частыми пусками и электрическим торможением

49 **Боровиков А.Ю., Новиков К.Б., Маслов О.А.**

Описание подхода программной реализации модуля доверенной загрузки операционной системы

55 **Коломбет В.А., Лесных В.Н., Елистратов А.В.**

О возможной природе осцилляций, приводящих к универсальной системе утраивающихся периодов

58 **Смуров С.В., Масликов А.А., Волков Г.Г.**

Идеи и методы генерации запутывания твердотельных спин-кубитов. Квантовая запутанность двух систем

65 **Бугаков И.А., Сорокин А.Д., Хомяков А.В.**

Показатели эффективности применения группы беспилотных летательных аппаратов при решении задачи воздушной разведки в условиях противодействия противника

69 **Бугаков А.И., Бугаков И.А., Лысенко А.В., Шаров Ю.К.**

О комплексировании видеонаблюдения с датчиками физических величин в системах автоматического распознавания нарушителя на охраняемой территории критически важных объектов

74 **Смирнов Д.В., Коротин А.М., Воронов Я.Р.**

Определение в рамках методики построения систем контроля целостности ответственной информации в системах АЛС на базе широковещательного радиоканала механизмов защиты от угроз безопасности

86 **Андрух О.Н., Дранников С.Г.**

Анализ современных подходов к мониторингу удовлетворенности потребителей качеством образовательной деятельности вуза

СОВРЕМЕННАЯ МЕДИЦИНА И ФАРМАЦЕВТИКА

92 **Грачёв В.А., Краснова Ю.В., Панов П.Б., Умников Е.В., Казакова Е.Ю.**

Направления модернизации комплектов медицинского имущества для кораблей и судов Военно-морского флота Российской Федерации

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

95 **Баранчук Н.А., Обыночный И.А., Шугалей Д.В.**

Педагогические управленческие компетенции как составляющая профессиональной компетентности преподавателя военного вуза

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ

99 **Смурова А.С.**

Анализ причин и предпосылок существования проблем при распределении прав на результаты интеллектуальной деятельности между государственным заказчиком и исполнителем в договорах на НИОКР

НАУЧНЫЕ ОБЗОРЫ. НАУЧНЫЕ РЕЦЕНЗИИ. ОТЗЫВЫ

102 **Емелин Н.М.**

Качественный прорыв в формировании Перечня рецензируемых изданий

104 **СОБЫТИЯ**

105 **AUTHORS**

107 **ЭТИКА НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ**

108 **ТРЕБОВАНИЯ К АВТОРАМ СТАТЕЙ**

Научно-технический журнал

ИЗВЕСТИЯ Института инженерной физики

№1 (51) 2019

Издается с апреля 2006 г. Выходит ежеквартально

ISSN 2073-8110

Включен в «Перечень ВАК» по научным специальностям:
05.11.16. Информационно-измерительные и управляющие системы
05.12.13. Системы, сети и устройства телекоммуникаций
05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации
05.13.19. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность

Главный редактор,
председатель редакционного совета
и редакционной коллегии

Алексей Николаевич Царьков
Президент – Председатель Правления МОУ «ИИФ», заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Редакционный совет

Геннадий Иванович Азаров
главный научный сотрудник ФГУП «16 ЦНИИИ МО РФ» заслуженный деятель науки РФ, заслуженный изобретатель РФ, лауреат Государственной премии РФ, лауреат премии Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

Сергей Владимирович Дворянкин
начальник департамента Государственной корпорации «РОСТЕХ» ОАО КРЭТ, доктор технических наук, профессор

Николай Михайлович Емелин
главный научный сотрудник ФГБНУ «Госметодцентр», заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор

Валерий Иванович Николаев
научный референт ОАО «Концерн «Созвездие», лауреат Государственной премии СССР, лауреат премии Правительства РФ, доктор технических наук, профессор

Владимир Георгиевич Редько
заместитель руководителя Центра оптико-нейронных технологий НИИ системных исследований РАН, доктор физико-математических наук

Юрий Александрович Романенко
старший научный сотрудник филиала ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов) заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Александр Викторович Синьговский
старший научный сотрудник Европейского центра ядерных исследований (CERN), Adjunct Assistant Professor Университета Миннесоты (США), кандидат физико-математических наук

Анатолий Васильевич Тодосийчук
главный советник аппарата Комитета ГД ФС РФ по образованию и науке, почетный работник науки и техники РФ, доктор экономических наук, профессор

Александр Павлович Царёв
заведующий кафедрой компьютерных архитектур и телекоммуникаций Западно-поморского технологического университета (Польша), доктор технических наук, профессор

Игорь Анатольевич Шеремет
заместитель директора Российского фонда фундаментальных исследований по науке, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор

научно-технический журнал
Известия
ИНСТИТУТА ИНЖЕНЕРНОЙ ФИЗИКИ
№ 1 2019
51

Редакционная коллегия

Олег Николаевич Андрух
почетный работник науки и техники РФ, кандидат технических наук, доцент

Борис Фёдорович Безродный
доктор технических наук, профессор

Сергей Борисович Беркович
почетный геодезист РФ
доктор технических наук, профессор

Владимир Эрнестович Бородай
лауреат Государственной премии СССР, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Игорь Александрович Бугаков
заслуженный изобретатель РФ, почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор

Вадим Геннадьевич Грибунин
почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук

Сергей Григорьевич Данилюк
доктор технических наук, профессор

Владимир Владимирович Зеленевский
почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор

Николай Николаевич Казаков
член Союза писателей России
выпускающий редактор

Олег Павлович Кузнецов
кандидат технических наук, доцент

Александр Ильич Куприянов
доктор технических наук, профессор

Анатолий Викторович Мазин
доктор технических наук, доцент

Алексей Сергеевич Марков
доктор технических наук, старший научный сотрудник

Дмитрий Геннадьевич Митрофанов
заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор

Роман Леонидович Мусатов
кандидат технических наук
заместитель главного редактора

Игорь Николаевич Оков
доктор технических наук, профессор

Владимир Петрович Пашинцев
заслуженный работник высшей школы РФ, доктор технических наук, профессор

Дмитрий Вячеславович Смирнов
почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, доцент

Сергей Владимирович Смуров
почетный работник науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор

Валерий Николаевич Умников
доктор технических наук, профессор

Владимир Анатольевич Цимбал
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Сергей Николаевич Шиманов
почетный работник высшего профессионального образования РФ, почетный радист РФ, доктор технических наук, профессор



Дмитрий Вячеславович Смирнов

Генеральный директор –
Первый Вице-президент МОУ «ИИФ»
почетный работник науки и техники РФ
доктор технических наук, доцент
действительный член АИН

Дорогие друзья, уважаемые коллеги и партнеры!

В конце прошлого года, в Кремле, на заседании Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, Владимир Владимирович Путин отметил, что развитие науки для России – это ни много ни мало вопрос выживания страны. В современном мире наука и высокие технологии стали самой ценной валютой. И Россия нуждается в ней так же сильно, как и другие страны. «Нам нужны прорывные открытия и разработки, которые позволят создать отечественную продукцию мирового уровня, – особо подчеркнул Президент России – … Знания, технологии, компетенции, кадры – это основа для реализации наших национальных проектов, для достижения наших стратегических целей».

Чем Институт инженерной физики в преддверии нашего профессионального праздника – Дня российской науки и 295-й годовщины со дня основания Российской академии наук может ответить на обращение Президента?

За без малого 26 лет работы МОУ «ИИФ» стал одним из ведущих инновационных научно-производственных центров Подмосковья, успешно реализующим на практике идею интеграции науки, образования и производства, постоянно повышающим качественный уровень проведения фундаментально-поисковых, научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ; внедряющим новые технологии и достижения прикладных наук в проекты развития производства, вооружения и военной техники.

Мы имеем целый ряд прорывных открытий и разработок в области навигации и геодезического обеспечения, медицины, АСУ и связи, физико-энергетических систем, защиты информации, квантовых информационных технологий. Многие из них уникальны и востребованы в оборонной промышленности и гражданской сфере на государственном уровне. С каждым годом улучшается качество предоставляемых Институтом услуг в области IP-телефонии, Интернета, цифрового телевидения, систем теле-, видеонаблюдения, охранно-пожарных сигнализаций, спутникового ГЛОНАСС/GPS контроля объектов, сертификации программных комплексов, аттестации объектов информатизации.

Особо хочется подчеркнуть, что основное достояние Института – это наши сотрудники: ученые, изобретатели, инженеры, педагоги, специалисты разных областей, желающие и умеющие эффективно трудиться, это наша команда единомышленников-профессионалов, это наша, не побоюсь этого слова, элита!

С праздником, дорогие друзья! Творческих успехов на научном поприще! Новых научных открытий и их практического применения! Ведь главное, снова приведу слова Президента России, обращённые к российским учёным: «…нацеленность на конкретный результат, понятный и ощутимый для всех, в первую очередь для общества».

С Днём российской науки!



УДК 613.481

РЕГРЕССИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПОДДЕРЖАНИЯ КОМФОРТНОГО ФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО, ОДЕТОГО ВО ВСЕСЕЗОННЫЙ КОМПЛЕКТ ПОЛЕВОГО ОБМУНДИРОВАНИЯ С АКТИВНОЙ СИСТЕМОЙ ЭЛЕКТРООБОГРЕВА В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

REGRESSION RELATIONSHIP MAINTAIN A COMFORTABLE PHYSIOLOGICAL STATE OF THE SOLDIER, CLAD IN ALL-SEASON SET OF FIELD UNIFORMS WITH ACTIVE ELECTRICAL HEATING SYSTEM AT LOW TEMPERATURES

Андрей Сергеевич Бутранов
старший научный сотрудник
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8 (4967) 72-19-11
E-mail: varvsn-serp@mail.ru

Сергей Владимирович Мартынов
кандидат технических наук, доцент
начальник управления
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Борис Георгиевич Ерёмин
кандидат технических наук, доцент
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Владимир Викторович Никитенко
научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Аннотация
Получено уравнение регрессии теплоизоляции штатного комплекта ВКПО с учетом применения активной системы электрообогрева, что имеет практическую значимость в возможности его использования, как комплекса рекомендаций по формированию рациональной комплектации ВКПО для защиты от холода военнослужащих, выполняющих специальные задачи в особых климатических районах.
Ключевые слова: тепловой манекен, комфортное состояние, уравнение регрессии, защита от холода.

Summary
The equation of regression of thermal insulation of the regular set of VKPO taking into account application of active system of electric heating that has practical importance in possibility of its use as a complex of recommendations on formation of a rational complete set of VKPO for protection against cold of the military personnel performing special tasks in special climatic areas is received.
Keywords: thermal manikin, comfort, the state, the regression equation, the protection from the cold.

Выполнение военнослужащими Вооруженных сил своих служебных обязанностей в различных регионах России тесно связано с окружающей средой. Военнослужащие в местах дислокации воинских частей часто выполняют функциональные обязанности на открытом воздухе, в том числе и в режиме круглосуточной работы, в этих условиях военнослужащие экипируются во всесезонный комплект полевого обмундирования (ВКПО).

Штатная экипировка военнослужащего должна быть адаптирована для эксплуатации в различных климатических поясах (регионах) Российской Федерации, и подразделяется по уровню теплозащитных свойств на четыре класса защиты:

а) 1-й класс защиты - II-I климатические пояса (регионы III-IV);

б) 2-й класс защиты - III климатический пояс (регион II);

в) 3-й класс защиты - IV климатический пояс (регион IБ);

г) 4-й класс защиты – «особый» климатический пояс (регион IА).

Учитывая, что всесезонный комплект полевого обмундирования (ВКПО) является многоуровневой системой обмундирования и предназначен для использования при температурном режиме окружающей среды от минус 40°С до плюс 15°С, поэтому важную научную задачу представляет разработка технологии формирования регулируемой структуры одежды за счет обоснования рациональной конструкции пакета материалов и технологии проектирования многофункциональной теплозащитной одежды с дальнейшим её экспериментальным исследованием. Поэтому возрастает роль средств индивидуальной защиты от холода, обладающих улучшенными эксплуатационными и защитными свойствами одежды, предназначенной для поддержания длительного теплового равновесия между организмом военнослужащего и окружающей средой.

На теплоизоляцию одежды оказывают влияние температура окружающей среды, режим мощности системы активного обогрева и непрерывное время нахождения на открытом воздухе. Задачей этого исследования было изучение взаимосвязей между показателями предоставленной выборки многомерного случайного вектора, представляющего собой сочетание параметров: температура окружающей среды, режимов мощности системы активного обогрева, непрерывного времени нахождения на открытом воздухе и температурой тела испытателя при различных температурах окружающей среды. Данное исследование необходимо для обоснованных рекомендаций теоретических подходов к разработке проектирования и моделирования теплоизоляционных компонентов индивидуальной активной системы защиты военнослужащего.

Для оценки эффективности средств индивидуальной защиты военнослужащего с учетом применения активной системы защиты применена верхняя часть комплекта ВКПО с использованием торсового теплового манекена.

Тепловой манекен представляет собой торсовый манекен, имеющий размер и форму человека, поверхность которого представляет индивидуально управляемую нагреваемую зону.

В качестве нагревательного элемента поверхности торсового теплового манекена применяется электропроводящая ткань, состоящая из элементов, как по основе, так и по утку из нити бикарболон-2М, полиамидной нити и вплетенных в них токопроводящих шин из мишурных нитей.

Для измерения и регистрации температуры на поверхности термоманекена применялись комплексы измерительные Термохрон Ревизор TCR-G. Точность измерений датчика имеет погрешность ±1,0°С.

В качестве объекта исследования выбран всесезонный комплект полевого обмундирования, стоящий на снабжении в Вооруженных силах России.

Сложность исследуемых явлений предопределяет необходимость натурного (модельного) эксперимента при исследовании системы активного обогрева военнослужащего. Воспользуемся программно-алгоритмическим средством обработки данных трехфакторного планирования эксперимента.

Для данного исследования с целью отбора существенных факторов, влияющих на результаты исследований, были использованы методы априорного ранжирования и случайного баланса.

Первоначально было выделено три фактора:

X_1 – температура окружающей среды;

X_2 – мощность активной системы обогрева;

X_3 – время экспозиции образца.

Факторы и интервалы их варьирования представлены в соответствии с *таблицей 1*.

Таблица 1

Факторы и интервалы их варьирования

	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования	Наименование фактора
X_1	-20	-35	-50	-15	температура
X_2	30	60	90	30	мощность нагрева
X_3	30	45	60	15	время

Таблица 2. План эксперимента и выходные параметры опытов

Номер опыта (u)	Матрица планирования			Натуральные значения переменных			Выходной параметр		
	X_1	X_2	X_3	температура	мощность нагрева	время	y(u, 1)	y(u, 2)	y(u, 3)
1	-1	-1	-1	-20	30	30	37,5	37,5	37,0
2	+1	-1	-1	-50	30	30	35,7	35,5	35,6
3	-1	+1	-1	-20	90	30	37,5	38,5	37,5
4	-1	-1	+1	-20	30	60	36,5	36,0	36,0
5	-1	0,19	0,19	-20	65,7	47,85	37,0	37,0	37,4
6	0,19	-1	0,19	-37,85	30	47,85	34,5	34,5	34,5
7	0,19	0,19	-1	-37,85	65,7	30	34,0	34,0	34,5
8	-0,29	+1	+1	-30,65	90	60	37,0	37,5	37,5
9	+1	-0,29	+1	-50	51,3	60	34,0	34,5	36,0
10	+1	+1	-0,29	-50	90	40,65	37,5	37,0	37,0

Таблица 3. Коэффициенты уравнения математической модели

b_o	b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{22}	b_{23}	b_{33}
34,558	- 0,833	0,863	0,033	1,508	0,016	0,016	1,018	0,6	- 0,357

Таблица 4. Критерии Стьюдента и значимость коэффициентов модели (1/0 - значимый/незначимый)

	b_o	b_1	b_2	b_3	b_{11}	b_{12}	b_{13}	b_{22}	b_{23}	b_{33}
t-критерий	85,171	4,797	4,97	0,19	4,493	0,077	0,077	3,033	2,898	1,064
Значимость	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0

В расчете факторного плана значения уровней входных факторов принимаются в кодированном виде, при этом, основной уровень (центр плана) каждого фактора обозначается как «0», а нижний и верхний уровни – «–1» и «+1» соответственно.

План эксперимента и выходные параметры опытов представлены в соответствии с *таблицей 2*.

После введения исходных данных рассчитываются коэффициенты математической модели (в соответствии с *таблицей 3*) и выводится функция отклика в виде уравнения математической модели

Регрессионная модель процесса нагрева пододежного пространства запишется в виде:

$$Y = b_o + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 + b_3 \cdot X_3 + b_{11} \cdot X_1^2 + b_{22} \cdot X_2^2 + b_{33} \cdot X_3^2 + b_{12} \cdot X_1 \cdot X_2 + b_{13} \cdot X_1 \cdot X_3 + b_{23} \cdot X_2 \cdot X_3$$

Уравнение математической модели с учетом полученных коэффициентов примет вид:

$$Y = 34{,}558 - 0{,}833 \cdot X_1 + 0{,}863 \cdot X_2 + 0{,}033 \cdot X_3 + 1{,}508 \cdot X_1^2 + 1{,}018 \cdot X_2^2 - 0{,}357 \cdot X_3^2 + 0{,}016 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0{,}016 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0{,}6 \cdot X_2 \cdot X_3$$

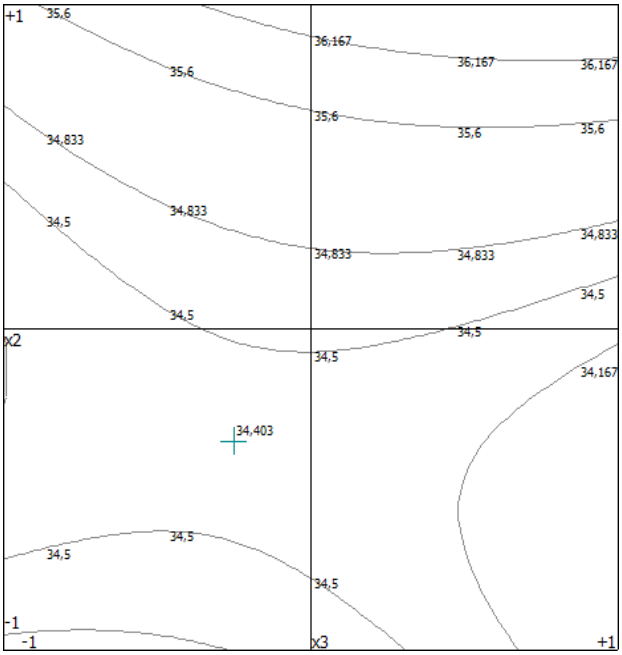


Рис.1. Диаграмма линий равного уровня

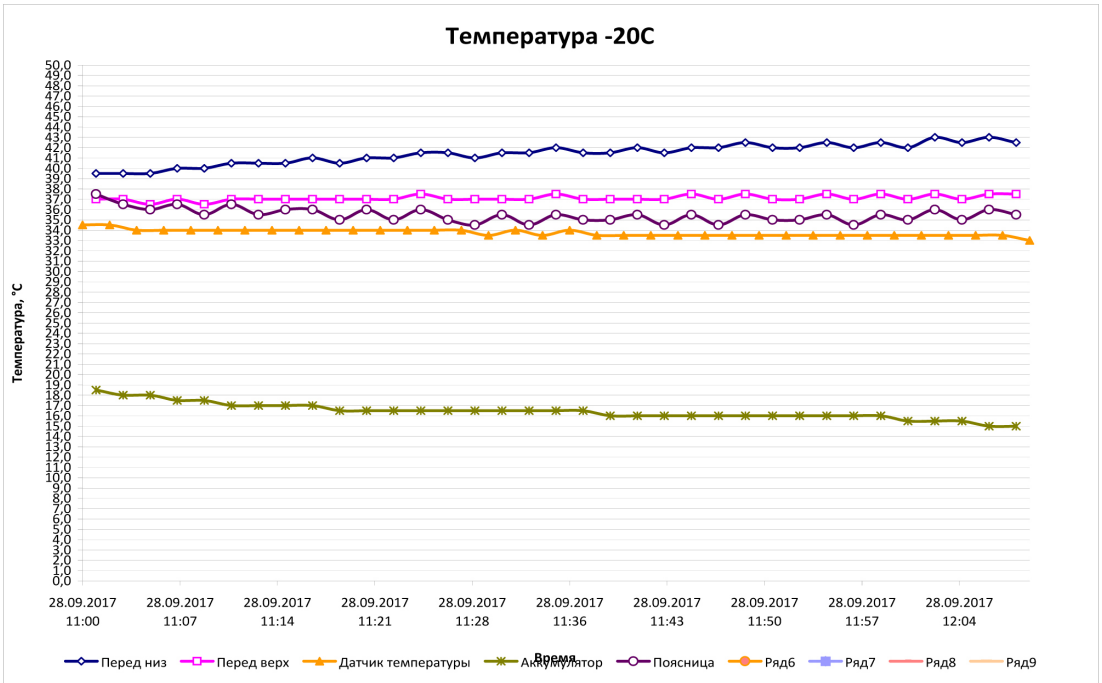


Рис. 2. Результаты испытаний при температуре в климатической камере минус 20˚С

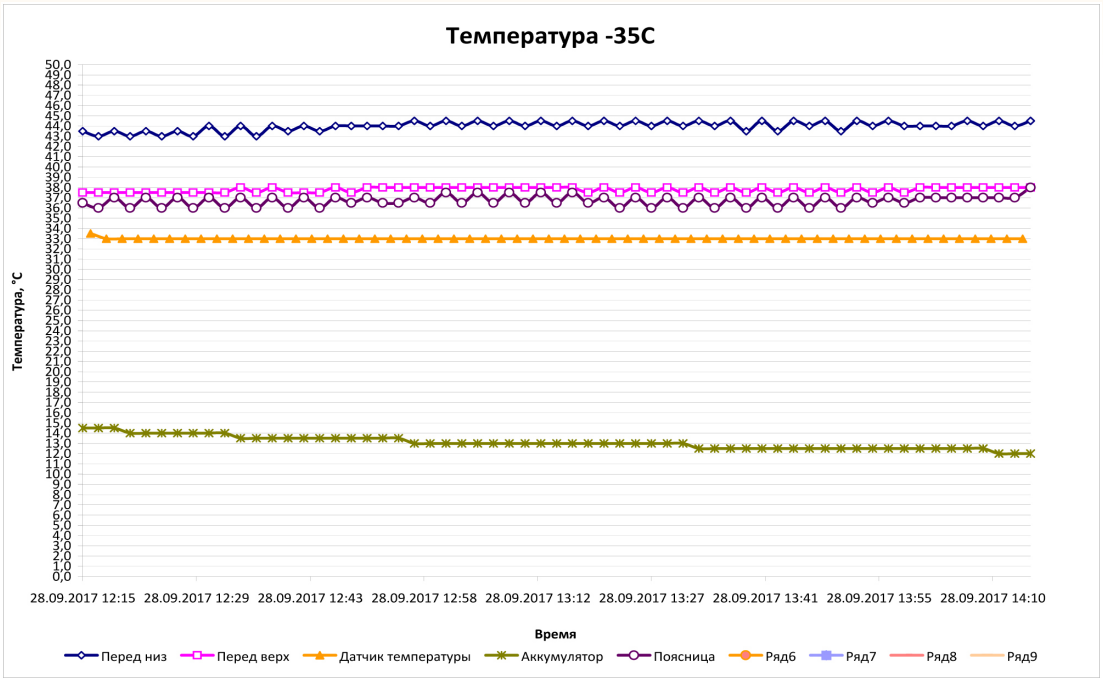


Рис. 3. Результаты испытаний при температуре в климатической камере минус 35˚С

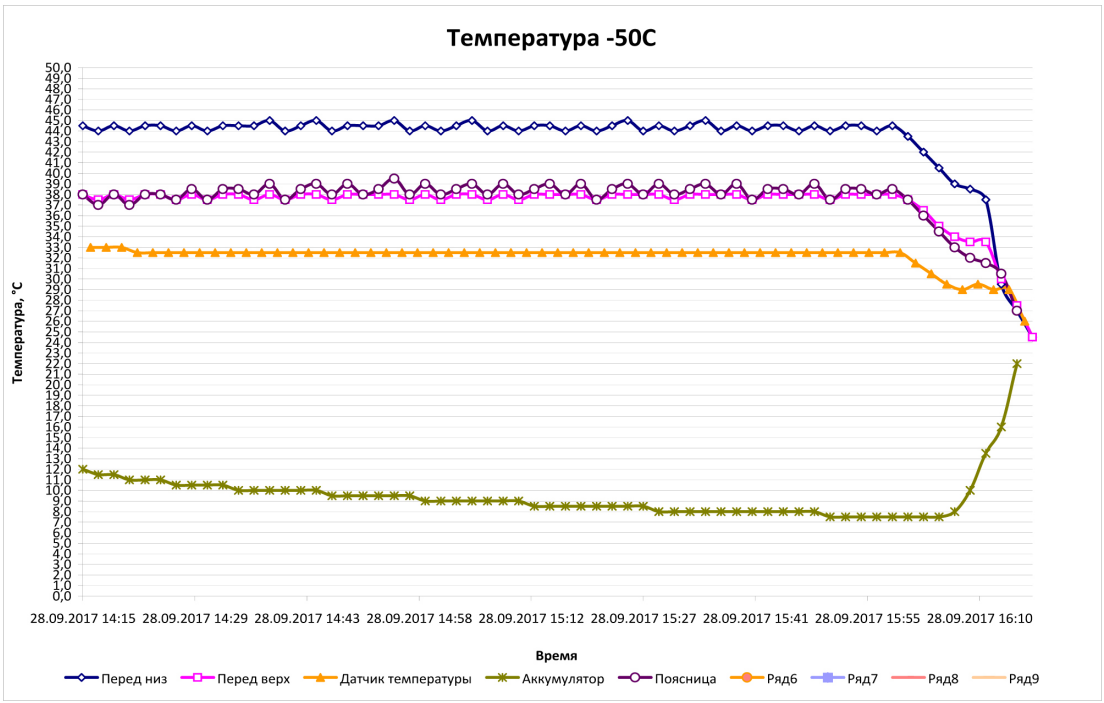


Рис. 4. Результаты испытаний при температуре в климатической камере минус 50˚С

Дисперсия воспроизводимости в параллельных опытах: 0,19

Число степеней свободы: 20

Табличное значение критерия Стьюдента: 2,09

Значимость коэффициентов математической модели приведены в соответствии с *таблицей 4*.

Дисперсия адекватности математической модели: 0,493

Число степеней свободы при значимых коэффициентах: 4

Табличное значение критерия Фишера: 2,87

Расчетное значение критерия Фишера: 2,59

Вывод по адекватности математической модели:

По критерию Фишера уравнение математической модели является адекватным.

В качестве постоянного фактора принят: $X_1=0(-35)$.

Преобразованное уравнение математической модели с учетом постоянного фактора:

$$У = 34{,}558 + 0{,}863 \cdot X_2 + 0{,}033 \cdot X_3 + 1{,}018 \cdot X_2^2 - 0{,}357 \cdot X_3^2 + 0{,}6 \cdot X_2 \cdot X_3$$

Диаграмма линий равного уровня представлена в соответствии с *рисунком 1*.

Экстремум функции отклика находится в пределах варьирования переменных факторов. Значение экстремума составляет $Y_{опт}=34{,}403$.

Экстремуму функции отклика соответствуют значения факторов:

$X_2=-0{,}351(49{,}47)$ и $X_3=-0{,}248(41{,}28)$ при $X_1=0(-35)$.

По результатам проведенных испытаний обрабатываются показания всех температурных регистраторов, снятых с термоманекена с учетом их места положения на термоманекене. При этом получены следующие графические зависимости температуры на поверхности манекена при работающей активной системе электрообогрева военнослужащего (в соответствии с *рисунками 2-4*)

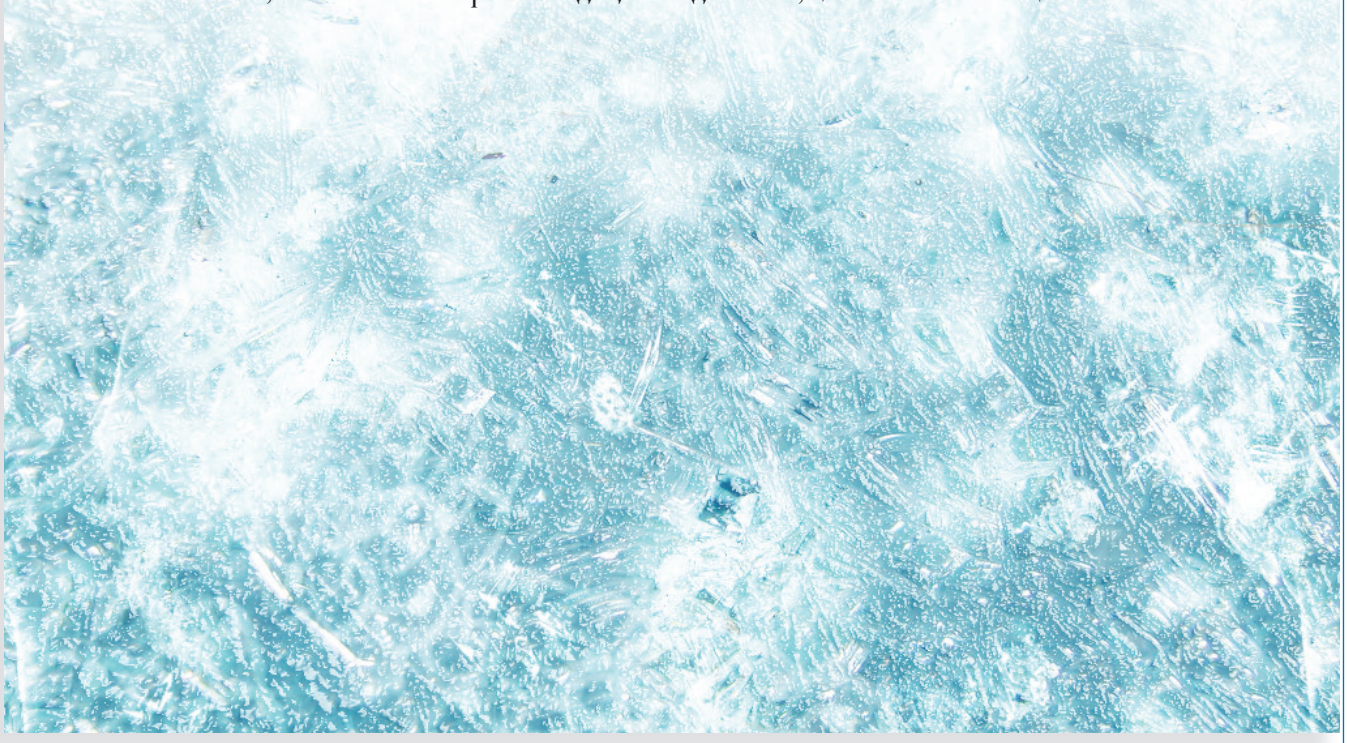
Выводы

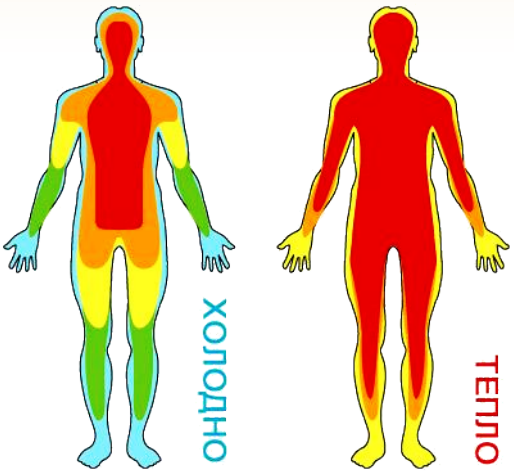
Учет влияния всех слоев и параметров в комплекте ВКПО – задача сложная, но применение активной системы электрообогрева по принципу единства и согласованности слоев и активной системы электрообогрева обеспечивает создание комфортных условий военнослужащему в различных климатических районах России.

Полученное уравнение регрессии теплоизоляции штатного комплекта ВКПО с учетом применения активной системы электрообогрева имеют практическую значимость в возможности её использования, как комплекса рекомендаций по формированию рациональной комплектации ВКПО для защиты от холода военнослужащих, выполняющих специальные задачи в особых климатических районах;

Литература

1. ГОСТ Р 12.4.185-99 Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. Методы определения теплоизоляции комплекта. М.: Стандартинформ, 2000.
2. ГОСТ ISO 15831-2013 Одежда. Физиологическое воздействие. Метод измерения теплоизоляции на термоманекене. М.: Стандартинформ. 2014.
3. Иващенко И.Н., Шмалько С.П. Регрессионные модели и оптимизация суммарного теплового сопротивления покровных материалов одежды для нефтяников // Современные проблемы науки и образования, 2014. №3. С.1-7. URL: http://www.science-education.ru /117-13517 (дата обращения 07.05.2015).
4. Иващенко И.Н., Беляева С.А. Проектирование теплозащитной специальной одежды для работников нефтедобывающей отрасли: монография. Краснодар, 2012. 110 с.
5. Программно-алгоритмическим средством обработки данных трехфакторного планирования эксперимента (http://www.sunspire@list.ru, http://www.sunspire.ru).
6. Розанова Е.А., Москаленко Н.Г., Стрельцов И.П. Разработка математической модели для определения параметров замкнутой системы «человек – спортивная одежда» // Фундаментальные исследования, 2013. №11. С.1142-1146.





УДК 551.586

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ФУНКЦИЙ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ВОЕННОСЛУЖАЩЕГО ОТ ХОЛОДА С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОВОГО МАНЕКЕНА

EXPERIMENTAL EVALUATION OF HEAT–SHIELDING FUNCTIONS OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT OF THE SOLDIER FROM THE COLD WITH THE USE OF THERMAL MANIKIN

Сергей Владимирович Мартынов
кандидат технических наук, доцент
начальник управления
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Алексей Владимирович Назаров
кандидат технических наук
заместитель начальника 2 НИО
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8 (4967) 72-19-11

Борис Георгиевич Ерёмин
кандидат технических наук, доцент
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Андрей Сергеевич Бутранов
старший научный сотрудник
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8 (4967) 72-19-11
E-mail: varvsn-serp@mail.ru

Аннотация
В статье рассмотрены вопросы применения термоманекена для оценки теплозащитных функций ВКПО с активной системой электрообогрева в условиях низких температур окружающей среды.
Ключевые слова: термоманекен, нагревательные элементы, термодатчики, испытательное оборудование.

Summary
In the article the questions of application of tiromancino to evaluate the thermal protective functions, wcpo with active electrical heating system in low ambient temperatures.
Keywords: thermo-manikin, heating elements, thermal sensors, test equipment.

В ракетных войсках военнослужащие в силу технологического процесса и условий выполнения служебных задач осуществляют свою деятельность на открытом воздухе (несение службы в карауле, нахождение на полевых позициях, обслуживание техники и др.). В этом случае существует потенциальный риск получения серьезных травм от холода военнослужащими. Среди этих травм различают:

- переохлаждение всего организма (гипотермия);
- переохлаждение отдельных частей тела (обморожение), в том числе конечностей; кожи при охлаждении ветром; кожи при охлаждении в случае поверхностного контакта и дыхательных путей.

Проблемы работы номеров расчетов на открытом воздухе в условиях низких температур в первую очередь связаны с климатическими и погодными факторами: температурой воздуха, влажностью, ветром, солнечным излучением, осадками, а также с тяжестью выполняемой работы. Указанные факторы существенно влияют на увеличение риска получения холодовых травм военнослужащими и должны учитываться при организации работ.

Основные требования, которые необходимо учитывать на этапе планирования и проведения работ на открытом воздухе в условиях низких температур состоят в следующем:

1. Следует сокращать время проведения работ при минусовых температурах.

2. Военнослужащие, планируемые для проведения работ, должны быть компетентными, не иметь медицинских противопоказаний для работы на холоде.

Благоприятным защитным фактором также является хороший уровень физической подготовки, который позволяет избежать дополнительных потерь энергии, связанных с физической активностью на холоде.

3. Военнослужащие должны быть осведомленными о потенциальной опасности воздействия холода на организм человека, а также соответствующем поведении в различных ситуациях.

Каждый военнослужащий должен уметь идентифицировать первые признаки поражения холодом (изменение цвета кожи, появление боли и пр.) и знать приемы оказания первой помощи.

Важным средством индивидуальной защиты от воздействия отрицательных температур является правильно подобранная защитная одежда, к которой предъявляются особые требования. Одежда должна иметь воздушные зазоры (подушки), изолирующие организм от отрицательного воздействия окружающей среды и гарантировать защиту от холода. Комплект одежды для работы в холодной среде должен состоять из многослойной одежды, где каждый слой служит специальным целям. Оптимальная система одежды для изменяющихся климатических условий и физических нагрузок, состоит из нескольких слоев, каждый из которых несет свою функцию.

При отсутствии защиты лица и органов дыхания работы на открытой территории не должны проводиться при сочетаниях температуры воздуха и скорости ветра, представляющих опасность обморожения через 1 мин.

Для повышения безопасности работ необходимо нормировать время труда и отдыха в зависимости не только от типа выполняемой работы, но и от температурного режима, при котором она выполняется.

Известна формула теплового баланса между телом человека и окружающей средой. В этой формуле за основу принимается теплообмен человека, который находится в покое, в состоянии температурного баланса с внешней средой. При этом совершенно неважно, какова точно его температура. В таких условиях количество тепла, вырабатываемого телом человека, равно теплу, которое отводится во внешнюю среду. Из этого следует:

$$M = W + Q_д + Q_к$$

где M– количество тепла, вырабатываемого организмом, Вт/м^2;

W – объем производимой механической работы, Вт/м^2;

$Q_д$ – общее количество тепла, выделяемого при дыхании, Вт/м^2;

$Q_к$ – общее количество тепла, отводимого через кожу, Вт/м^2.

Количество тепла отводимого от человеческого тела зависит от следующих параметров:



Рис. 1. Схема районирования территории Российской Федерации по климатическим регионам

● разницы температур между телом и окружающей воздушной средой;

● потерь (или получения) тепла от окружающих стен;

● кожных испарений (охлаждения при испарении);

● явных и скрытых потерь тепла при дыхании соответственно за счет теплопроводности и испарения.

Тепло, которое выделяется человеческим организмом, передается во внешнюю среду через кожный покров посредством радиационного теплообмена, конвекции, теплопроводности (явная теплота) и испарения (скрытая теплота), а также путем выдыхания теплого воздуха.

В зависимости от того, в каком состоянии находится организм человека (сон, отдых, умственная или физическая работа) и параметров воздушной среды, каждый человек выделяет 330-1050 кДж тепла, 40-415 г влаги и 18-36 литров углекислого газа в течение часа.

С ростом физической нагрузки на организм, при постоянной температуре воздуха и поверхностей ограждений увеличиваются показатели тепловыделения и отводимой испарением влаги. При неизменной нагрузке и повышении температуры внешней среды уменьшается доля явного теплоотвода, а отвод тепла испарением возрастает при практически неизменных общих тепловыделениях.

Аналитические методы для расчета теплоизоляции и паропроницаемости защитной одежды при низких отрицательных температурах достаточно сложны и громоздки при расчете стандартных показателей, применяемых в массовом порядке.

Климатические условия в различных регионах России в местах дислокации воинских частей характеризуются неоднородностью климатических условий, резкими перепадами температур воздуха, влажности и скорости ветра, которые могут меняться периодически и внезапно в течение суток. Общий вид климатической карты России, отображающий климатические пояса приведен в соответствии с *рисунком 1*.

Штатная экипировка военнослужащего должна быть адаптирована для эксплуатации в различных климатических поясах (регионах) Российской Федерации.

Учитывая, что всесезонный комплект полевого обмундирования (ВКПО) является многоуровневой системой обмундирования и предназначен для использования при температурном режиме окружающей среды от минус 40°С до плюс 15°С, поэтому возрастает роль средств индивидуальной защиты от холода, обладающих улучшенными эксплуатационными и защитными свойствами; одежды, предназначенной для поддержания длительного теплового равновесия между организмом военнослужащего и окружающей средой.

Возможны три принципа построения рациональной конструкции специального комплекта к штатной экипировке ВКПО:

1. Теплозащитные свойства специального комплекта учитывают энергозатраты человека, находящегося в покое. В случае усиления физической активности охлаждение организма должно происходить за счет проветривания пододежного пространства, или снижения режима обогрева специального комплекта.

2. Теплозащитные свойства специального комплекта недостаточны для человека, находящегося в покое, но при этом он имеет возможность поддерживать тепловое равновесие путем усиления физической деятельности.

3. Теплозащитные свойства специального комплекта изменяются в зависимости от вида деятельности и метеорологических условий за счет сокращения или увеличения слоев одежды, или за счет изменения мощности обогрева специального комплекта. В первом случае движения военнослужащего ограничены большой толщиной и массой одежды.

При выполнении физической работы наступает обильное потоотделение и усталость, для предотвращения которых необходима вентиляция пододежного пространства. Однако, расстегивая ворот и снимая головной убор, можно резко изменить теплоотдачу. Одежда, выбранная в соответствии с первым принципом ее построения, пригодна для той категории лиц, профессия которых не требует большой физической активности: пилотов, караульных, шоферов, операторов.

Второй принцип построения одежды рассчитан на адаптацию организма военнослужащего к низкой температуре. Предполагается, что холод стимулирует физическую активность и снижает усталость. Одежда с низкими теплозащитными свойствами в меньшей степени затрудняет движение человека. Одежда, выбранная согласно этому принципу, пригодна для людей физического труда (строителей, шахтеров, геологов и т.п.). Этим категориям работающих после прекращения физической деятельности требуется дополнительная одежда для защиты от холода.

По третьему принципу организм военнослужащего частично приспосабливается к низкой температуре воздуха. Стимул к двигательной активности в этом случае может быть вызван сокращениями слоёв одежды, а регулировать

теплоотдачу, можно снимая и надевая ветрозащитный слой или вводя обогреваемый слой одежды с регулированием уровня обогрева.

В большинстве случаев человек имеет дело с переменными физическими нагрузками от 104 до 580 Вт. В связи с этим важен вопрос о многослойной одежде, позволяющей человеку по потребности регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Вместе с тем возникает вопрос и об эффективности теплоизоляционных свойств многослойной одежды.

Специальная одежда относится к числу наиболее широко применяемых средств индивидуальной защиты военнослужащих. Она должна удовлетворять следующим основным требованиям: обеспечивать сохранение нормального функционального состояния военнослужащего и его работоспособности в течение всего периода пользования ею. Предохранять от воздействия вредных климатических факторов. Теплоизоляция ВКПО военнослужащего определяется конструкцией его составляющих (например, куртка, брюки, жилет и др.), теплофизическими свойствами материалов, скоростью движения воздуха и интенсивностью движения человека, обусловливающих увеличение его теплопотерь. Под теплоизоляцией комплекта одежды понимается полное сопротивление переносу теплоты от поверхности тела человека во внешнюю среду (включая материалы одежды, воздушные прослойки между ними и пограничный слой воздуха, прилегающий к наружной поверхности одежды), представляющее собой отношение разности средневзвешенной температуры кожи и температуры окружающей среды к плотности теплового потока с поверхности тела.

$$I_K = \frac{(T_K - T_B)}{q_n},$$

где T_K – средневзвешенная температура кожи, °С;

T_B – температура окружающей среды, °С;

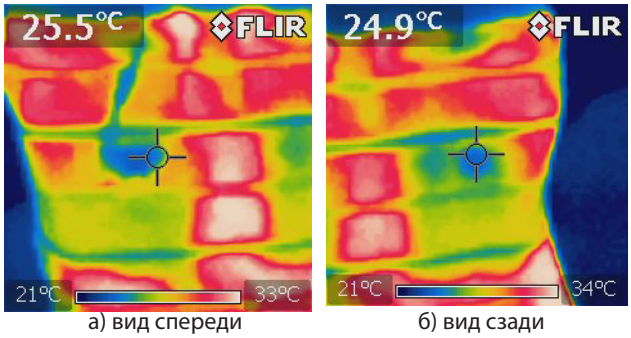
q_n – плотность теплового потока, Вт/м^2.

Ранее авторами был проведен ориентировочный расчет необходимой теплоизоляции защитной одежды с учетом применения активной системы защиты военнослужащего, что позволило определить необходимый дефицит тепла при разработке индивидуальной активной системы защиты военнослужащего, для расширения возможностей применения ВКПО в различных климатических регионов России.

На теплоизоляцию одежды оказывают влияние теплофизические (тепловое сопротивление, теплопроводность, теплоемкость) и структурные (пористость, средняя плотность, толщина) показатели свойств материалов, применяемых в комплекте ВКПО военнослужащего. Задачей исследования является разработка термоманекена для определения физиологического воздействия, оказываемого ВКПО на военнослужащего в условиях низких температур окружающей среды. Исследование необходимо для обоснованных рекомендаций теоретических подходов к разработке проектирования и моделирования теплоизоляционных компонентов индивидуальной активной системы защиты военнослужащего.

Тепловой манекен представляет собой торсовый манекен, имеющий размер и форму человека, поверхность которого представляет индивидуально управляемую нагреваемую зону. Он пригоден для измерения температуры торсовой части тела и локальной температуры. На нагреваемую зону подается низковольтное напряжение с частотой, позволяющей поддерживать постоянную или изменяющуюся температуру поверхности манекена. Также возможно поддерживать постоянной электроснабжение поверхности манекена. В качестве нагревательного элемента поверхности торсового теплового манекена применяется электропроводящая ткань, состоящая из элементов, как по основе, так и по утку из нити бикарболон-2М, полиамидной нити и вплетенными в них токопроводящими шинами из мишурных нитей (в соответствии с *рисунком 2*).

Энергопотребление при установившихся температурных условиях является показателем потери тепла за счет конвекции, излучения и кондукции. Измерения и регулирование проводят с помощью источника постоянного тока



а) вид спереди б) вид сзади

Рис. 2. Тепловое поле манекена

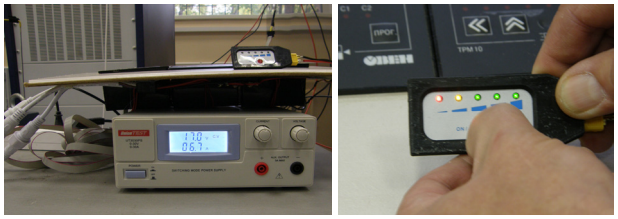
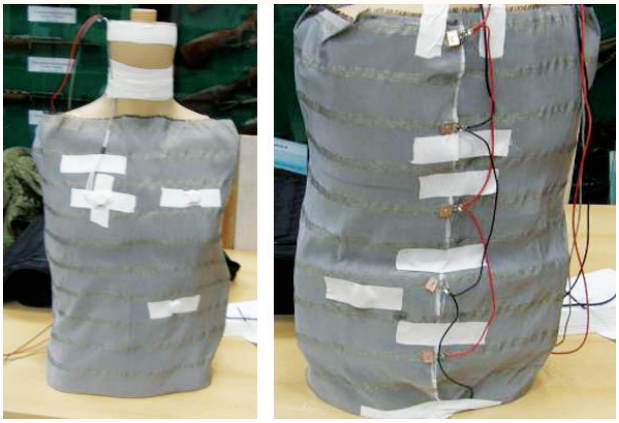


Рис. 3. Подача электропитания на термоманекен



а) лицевая сторона б) тыльная сторона

Рис. 4. Размещение датчиков замера температуры на поверхности теплового манекена

типа UT3030PS, внешний вид представлен в соответствии с *рисунком 3*. Предельная точность силового оборудования составляет ±2% к средним значениям за период испытаний.

Перед проведением испытаний проводится проверка степени заряженности литий-полимерных аккумуляторных батарей для подачи питания активной системы электрообогрева военнослужащего. Размещение датчиков замера температуры на поверхности теплового манекена представлено в соответствии с *рисунком 4*.

Для измерения и регистрации температуры на поверхности термоманекена применяются комплексы измерительные Термохрон Ревизор TCR-G. Как минимум один датчик расположен на каждой контрольной точке. Датчики плотно прилегают к поверхности термоманекена. Точность измерений датчика имеет погрешность ±1,0°С.

Температурные датчики фиксируются на поверхности термоманекена с помощью адгезивного материала (типа скотч, пластырь и т.п.), управление обогревом термоманекена осуществляется с пульта управления, отображение информации о температуре на приборах контроля пульта (*рисунок 5*).

В качестве объекта исследования выбран всесезонный комплект полевого обмундирования, стоящий на снабжении в Вооруженных силах России.

Исследования проводят до тех пор, пока система не достигнет стабильного уровня, т.е. показатели средней температуры поверхности манекена и потребления энергии системы активного обогрева военнослужащего не установятся на постоянном уровне.

На термоманекен надевают комплект ВКПО в следующей последовательности:

- белье нательное длинное;
- белье нательное флисовое;
- система активного электрообогрева военнослужащего;
- куртка флисовая;
- костюм демисезонный;
- костюм утепленный.

Вариант комплектации изделия ВКПО для проверки работоспособности активной системы электрообогрева военнослужащего и порядок размещения слоев ВКПО на термоманекене приведен в соответствии с *рисунком 6*.

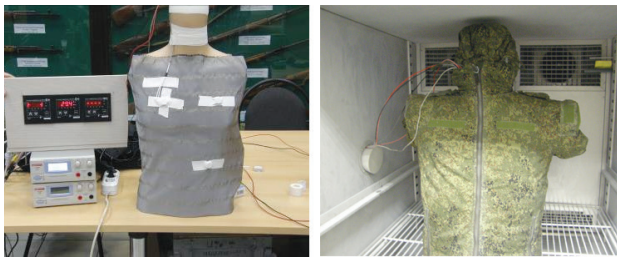


Рис. 5. Пульт управления обогревом термоманекена (слева) и термоманекен в климатической камере (справа)



а) система активного электрообогрева б) белье флисовое



в) куртка флисовая г) костюм демисезонный



д) жилет утепленный е) костюм утепленный

Рис. 6. Подготовка термоманекена к испытаниям

Для оценки эффективности средств индивидуальной защиты военнослужащего с учетом применения активной системы защиты применена верхняя часть комплекта ВКПО с использованием торсового теплового манекена. Испытания проводились при температурных условиях (минус 20°С, минус 35°С и минус 50°С) в климатической камере «Термокон».

После проведения испытаний получают температуры на манекене и между слоями одежды, зарегистрированные во время проведения испытаний систем активного обогрева штатных комплектов ВКПО. Пример распределения замеренных температур после проведения испытаний при температуре минус 35.0°С (в соответствии с *рисунком* 7).

Выводы

Манекен тепловой позволяет проводить испытания по оценке влияния систем активного обогрева военнослужащего в сочетании со штатной экипировкой военнослужащего при экстремальных температурах в климатической камере без вреда для здоровья испытателя, что позволяет моделировать различные температурные воздействия на средства индивидуальной защиты от холода.

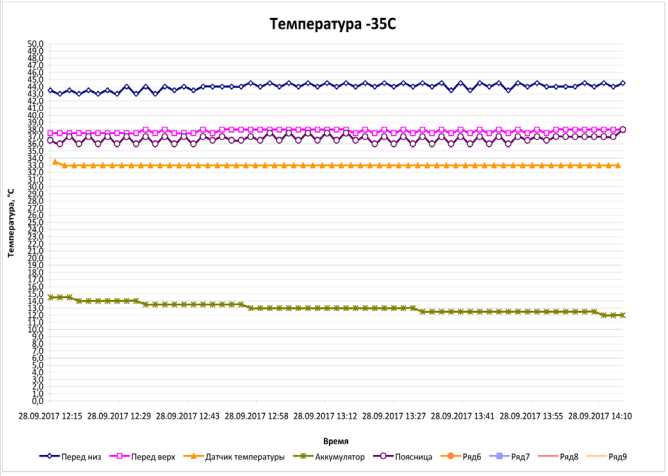


Рис. 7. Результаты замера температуры на манекене

Расширение возможностей эксплуатации ВКПО путем введения в данный комплект активной системы электрообогрева является одним из возможных резервов повышения эффективности стоящего на снабжении обмундирования военнослужащего для обеспечения показателей комфортности при применении в различных климатических зонах выполнения служебных обязанностей.

Термоманекен может быть использован для гигиенической оценки теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от пониженных температур при проектировании и постановке на производство комплектов обмундирования военнослужащих, в том числе с учетом влияния всех слоев и параметров в комплекте ВКПО.

Сущность применения термоманекена заключается в определении теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты на основе измерения мощности потребляемой манекеном энергии для поддержания температуры его поверхности в заданных условиях испытания.

Применение активной системы электрообогрева по принципу единства и согласованности слоев и активной системы электрообогрева обеспечивает создание комфортных условий военнослужащему в различных климатических районах России.

Литература

1. ГОСТ Р 12.4.185-99 Средства индивидуальной защиты от пониженных температур. Методы определения теплоизоляции комплекта. М.: Стандартинформ, 2000.
2. ГОСТ ISO 15831-2013 Одежда. Физиологическое воздействие. Метод измерения теплоизоляции на термоманекене. М.: Стандартинформ, 2014.
3. Афанасьева Р.Ф., Бурмистрова О.В. К обоснованию физиолого-гигиенических требований к показателям теплозащитных свойств зимних головных уборов // Медицина труда и промышленная экология, 1995. №7. С. 4-9.

УДК 621.38

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

THE DEVICE FOR MEASURING THE POWER OF ULTRAVIOLET RADIATION



Владимир Александрович Смирнов
кандидат технических наук
доцент кафедры «Приборы и биотехнические системы»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Адрес: 300012, г. Тула, проспект Ленина, д. 92
Тел.: 8(4872) 35-05-52
E-mail: veld071@rambler.ru

Ольга Вячеславовна Шуваева
кандидат технических наук, доцент
доцент кафедры «Физика»
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»
Адрес: 300012, г. Тула, проспект Ленина, д. 92
Тел.: 8(4872) 35-05-52
E-mail: veld071@rambler.ru

Аннотация
Рассмотрено влияние ультрафиолетового излучения на человека. Приведено простое техническое решение для измерения интенсивности и дозы ультрафиолетового излучения.
Ключевые слова: ультрафиолетовое излучение, измерение, принципиальная электрическая схема.

Summary
UV-radiation effect on humans is considered. Simple technical solution for measurement of UV-radiation is proposed.
Keywords: UV-radiation, measurement, circuit diagram.

Ультрафиолетовое (УФ) излучение занимает спектральную область между видимым и рентгеновским излучением. Спектр ультрафиолетового излучения принято разбивать на следующие области:

- А с длиной волны 400 – 315 нм;
- В с длиной волны 315 – 280 нм;
- С с длиной волны 280 – 200 нм;
- вакуумный спектр с длиной волны 200 – 100 нм.

Волны короче 200 нм полностью поглощаются озоном, кислородом и другими компонентами атмосферы и практически отсутствуют в земных условиях. Поэтому при исследовании биологического действия УФ-излучения рассматривают только первые три диапазона.

К положительным биологическим эффектам УФ-излучения солнечного спектра относятся пигментообразующее действие (загар), антирахитный эффект (образование витамина Д из его провитамина), и бактерицидное действие.

Вместе с тем, УФ-А и УФ-В лучи ускоряют старение кожи. Излучение УФ-В, обладая высокой энергией квантов, способно разрушать молекулы ДНК. УФ-А лучи не разрушают ДНК напрямую, но способны генерировать высокоактивные химические вещества-посредники – гидроксилы и свободные кислородные радикалы, которые разрушают ДНК. Известно, что заболевания злокачественной меланомой кожи связывают с сильными солнечными ожогами и (или) избыточным пребыванием на солнце в молодом возрасте.

Значительное влияние УФ-излучение оказывает на глаза. УФ-излучение в основном поглощают роговица и хрусталик, причем роговица задерживает большую часть излучения УФ-В. Хрусталик блокирует излучение УФ-А с длиной волны чуть менее 370 нм, которое проходит через роговицу. Длительное воздействие

больших доз УФ-излучения на хрусталик ведет к его кумулятивному фотохимическому разрушению, вызывает лучевую офтальмию и катаракту. Часть излучения УФ-А, проходящая через фокусирующую систему глаза, разрушает сетчатку и ведет к слепоте. Помимо этого ультрафиолетовое излучение считается фактором риска и причиной развития таких заболеваний глаза как плоскоклеточная карцинома конъюнктивы, меланома тканей глаза, птеригиум.

В СН 4557-88 – Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях, – указано, что при общей продолжительности воздействия излучения 50% рабочей смены и длительности однократного облучения свыше 5 мин. и более, его интенсивность не должна превышать 10,0 Вт/м^2 – для области УФ-А, 0,01 Вт/м^2 – для области УФ-В, Излучение в области УФ-С не допускается.

Таким образом, существует необходимость точной оценки интенсивности УФ-излучения с помощью соответствующих приборов. Существуют специализированные приборы: ультрафиолетометр (УФМ-5), уфометр (УФМ-4), которые являются достаточно дорогими и сложными, кроме того, используемая в них элементная база устарела. Современная элементная база обеспечивает создание простых, точных и недорогих измерителей интенсивности УФ-излучения. Предлагаемая схема построена на основе датчика ML8511 фирмы LAPIS Semiconductor, чувствительном к ультрафиолетовому излучению спектров А и В. Нормированная спектральная характе-

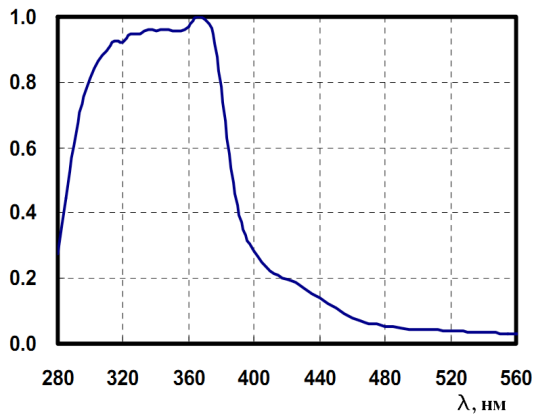


Рис. 1. Нормированная спектральная характеристика датчика ML8511

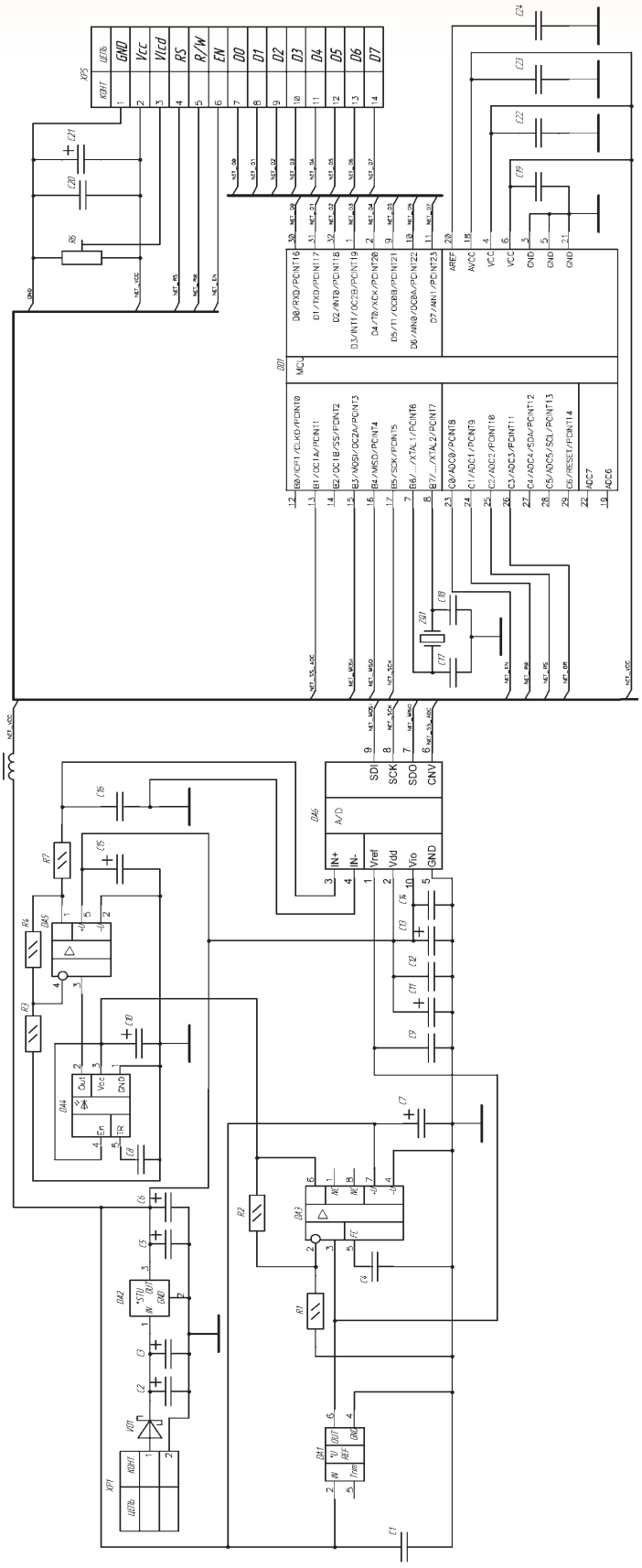


Рис. 2. Принципиальная электрическая схема измерителя интенсивности и дозы ультрафиолетового излучения

ристика датчика, приводимая производителем, приведена на *рисунке 1*.

Принципиальная электрическая схема измерителя показана на *рисунке 2*. Сигнал с датчика нормируется усилителем и преобразуется в цифровую форму шестнадцатиразрядным АЦП AD7685 (DA6 на *рисунке 2*) с высокоточным источником опорного напряжения AD443BRMZ (DA1 на *рисунке 2*). Для уменьшения погрешности датчика его напряжение питания формируется от источника опорного напряжения. Управление АЦП и индикатором, считывание данных АЦП и их перекодирование осуществляется микроконтроллером ATMega48. Индикация результата измерения осуществляется посредством знакосинтезирующего жидкокристаллического модуля МТ–24S2A, подключаемого к микроконтроллеру через разъем XP5.

Программное обеспечение микроконтроллера обеспечивает измерение не только интенсивности УФ-излучения, но и его дозы, определяемой путем интегрирования сигнала за время измерения.

На знакосинтезирующем индикаторе отображаются значения интенсивности, дозы и времени накопления дозы излучения.

Испытания макетного образца показали, что разработанный прибор обеспечивает измерение параметров ультрафиолетового излучения с разрешающей способностью 5 мВт/м^2 и погрешностью не более 10 мВт/м^2. Дальнейшее совершенствование прибора возможно путем введения светофильтров для анализа излучения по поддиапазонам, а также добавлением модуля памяти для записи изменения интенсивности излучения в зависимости от времени.

Литература

1. СН 4557-88 Санитарные нормы ультрафиолетового излучения в производственных помещениях.
2. Р 3.5.1904-04 Санитарно-эпидемиологическое нормирование российской федерации использование ультрафиолетового бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха в помещениях // М.: Технорматив, 2005. 8 с.
3. Комащенко В.Н., Колежук К.В., Венгер Е.Ф. и др. Селективные и широкополосные ультрафиолетовые сенсоры // Письма в ЖТФ, 2002. Т.28. №19. С. 32-36.
4. Жидкокристаллический модуль МТ-24S2A. Справочные материалы // МЭЛТ, 2006. 11 с.
5. ML8511 UV Sensor with Voltage Output. Datasheet // Lapis semiconductor Co. Ltd. Issue Date: March 08, 2013. 8 pp.



УДК 52.652

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ОТ ПЕЛЕНГА НА ИЗЛУЧАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ЗАДЕРЖКИ МЕЖДУ ЗЕМНОЙ И ИОНОСФЕРНЫМИ ВОЛНАМИ

USE OF DERIVATIVES FROM BEARING ON EMITTER OF HERTZIAN WAVES FOR DETERMINATION OF DWELL BETWEEN EARTHLY AND BY IONOSPHERE WAVES

Руслан Адамович Турбал
кандидат технических наук
начальник кафедры информационно-измерительных
систем контроля за ядерными взрывами
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8 (916) 808-54-29
E-mail: rusladatur@mail.ru

Дмитрий Николаевич Глазов
преподаватель кафедры информационно-измерительных
систем контроля за ядерными взрывами
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8(903)530-69-48
E-mail: privokzalniy@yandex.ru

Аннотация

В статье рассматриваются способы выделения момента вступления ионосферных волн при использовании текущих значений одного из функционалов, которые в первом приближении пропорциональны квадрату аномальной продольной магнитной компоненты, отсутствующей в земной волне, а также порядок определения момента вступления ионосферной волны по сигналам, пропорциональным текущим значениям производных от пеленга.

Ключевые слова: дальнометрия, излучатель, ионосферная волна, пеленг, сигнал.

Summary

In the article the methods of selection of moment of entry of ionosphere waves are examined at the use of current values of one of functionals, that in the first approaching is proportional to the square of anomalous longitudinal magnetic component absent in an earthly wave, and also order of determination of moment of entry of ionosphere wave on signals, proportional current values of derivatives from bearing.

Keywords: ranging, emitter, ionosphere wave, bearing, signal.

В радионавигации, дальнометрии импульсных излучателей электромагнитных волн, распространяющихся в волноводе «Земля-ионосфера», важное значение имеет выделение моментов вступления ионосферных волн в точке приема. Это обусловлено тем, что временные задержки ионосферных волн относительно земной используются для определения дальности до источника излучения. Однако выделение моментов вступления ионосферных волн на основе регистрации в точке приема только одной вертикальной электрической составляющей электромагнитного поля чаще всего невозможно из-за того, что на расстояниях более 200-300 км от излучателя первая ионосферная волна накладывается на земную. В этом случае визуальное или аппаратурное разделение волн становится невозможным.

В [1] предлагается для выделения момента вступления ионосферных волн использовать текущие значения одного из функционалов, которые в первом приближении пропорциональны квадрату аномальной продольной магнитной компоненты H_θ, отсутствующей в земной волне. Выражения для функционалов имеют следующий вид:

$$\dot{H}^2_\theta(t) = H^2_x(t) + H^2_y(t) - \frac{E^2_z(t)}{Z^2_0}; \quad (1)$$

$$H^2_\theta(t) = H_x(t) \cdot H_y(t-\tau) - H_x(t-\tau) \cdot H_y(t) \quad (2)$$

где $H_x(t)$, $H_y(t)$ – сигналы, соответствующие взаимно-ортогональным горизонтальным магнитным компонентам электромагнитного поля в прямоугольной системе координат OXYZ, принятой в точке приема;

$H_x(t\text{-}\tau)$, $H_y(t\text{-}\tau)$ – сигналы $H_x(t)$, $H_y(t)$, задержанные на время τ;

$E_z(t)$ – сигнал, соответствующей вертикальной электрической составляющей электромагнитного поля в той же прямоугольной системе координат OXYZ;

z_0 – волновой импеданс свободного пространства.

Тогда текущие значения пеленга на излучатель $\alpha_H(t)$ или $\alpha_E(t)$ могут быть найдены по сигналам, пропорциональным взаимно-ортогональным магнитным $H_x(t)$, $H_y(t)$ или электрическим $E_x(t)$, $E_y(t)$ компонентам [2]:

$$\alpha_H(t) = arctg\left(\frac{-H_y(t)}{H_x(t)}\right);\ \alpha_E(t) = arctg\left(\frac{E_x(t)}{E_y(t)}\right). \quad (3)$$

Продифференцировав текущие значения пеленга по времени, получим:

$$\begin{cases} \alpha'_H(t) = \dfrac{H_y(t)H'_x(t) - H'_y(t)H_x(t)}{H_x^2(t) + H_y^2(t)}; \\ \alpha'_E(t) = \dfrac{E'_x(t)E_y(t) - E_x(t)E'_y(t)}{E_x^2(t) + E_y^2(t)}, \end{cases} \quad (4)$$

где $H'_x(t)$, $H'_y(t)$ и $E'_x(t)$, $E'_y(t)$ – текущие значения взаимно-ортогональных магнитных и электрических компонент;

$H'_x(t)$, $H'_y(t)$ и $E'_x(t)$, $E'_y(t)$ – их производные.

Причем для выделения моментов вступления ионосферных волн достаточно использовать лишь числители в уравнениях (4). Подтвердим работоспособность способа при использовании первого уравнения. Рассмотрим случай, когда сигналы $H_x(t)$, $H_y(t)$ изменяются по гармоническому закону:

$$\begin{cases} H_x(t) = H_{xm}\sin(\omega t + \gamma_{Hx}); \\ H_y(t) = H_{ym}\sin(\omega t + \gamma_{Hy}), \end{cases} \quad (5)$$

где H_{xm}, H_{ym} – амплитуды сигналов $H_x(t)$, $H_y(t)$;

γHx, γHy – их фазы;

ω - круговая частота.

Производные от сигналов Hx(t), Hy(t) определяются в соответствии с выражениями:

$$\begin{cases} H'_x(t) = \omega H_{xm}\cos(\omega t + \gamma_{Hx}); \\ H'_y(t) = \omega H_{ym}\cos(\omega t + \gamma_{Hy}). \end{cases} \quad (6)$$

Подстановка текущих значений сигналов $H_x(t)$, $H_y(t)$ и их производных в первую формулу (4), без учета в ней знаменателя, после элементарных тригонометрических преобразований дает следующее уравнение:

$$\alpha_H(t) = \omega H_{xm}H_{ym}\sin(\gamma_{Hy} - \gamma_{Hx}). \quad (7)$$

Для земной волны в принятой системе координат OXYZ при $H_\theta(t)=0$ имеют место очевидные соотношения [2]

$$\gamma_{Hx}=\gamma_{H\varphi},\ \gamma_{Hy}=\gamma_{H\varphi}+\pi,$$

где $\gamma H\varphi$ – фаза поперечной магнитной составляющей электромагнитного поля земной волны.

Подстановка значений фаз γH_x, γH_y в (7) приводит к тому, что сигнал, соответствующий текущим значениям производной от пеленга будет равен нулю.

В момент вступления ионосферной волны ($H_\theta(t)\neq 0$) фазы компонент $H_x(t)$, $H_y(t)$ изменят свое значение и сигнал $\alpha'_H(t)$ будет отличен от нуля. Аналогичные выводы могут быть сделаны и для более сложных импульсных сигналов произвольной формы, поскольку их можно рассматривать как сумму гармонических.

Таким образом, момент вступления ионосферной волны может быть определен по сигналам, пропорциональным текущим значениям производных от пеленга, формируемым в соответствии с выражениями:

$$\begin{cases} \alpha'_H(t) = H_y(t)H'_x(t) - H'_y(t)H_x(t); \\ \alpha'_E(t) = E'_x(t)E_y(t) - E_x(t)E'_y(t). \end{cases} \quad (8)$$

Следует заметить, что для излучателя с преимущественно вертикальной поляризацией, основная энергия содержится в компонентах $H_x(t)$, $H_y(t)$, $E_z(t)$ электромагнитной волны, поэтому более целесообразно выделение ионосферных волн производить по сигналу $\alpha'_H(t)$.

Таким образом, определение временной задержки между земной и ионосферной волной сводится к следующей последовательности действий:

- прием сигналов, соответствующих двум взаимно-ортогональным магнитным составляющим $H_x(t)$, $H_y(t)$ электромагнитного поля;
- формирование сигнала ионосферной волны $\alpha'_H(t)$, пропорционального производной от текущих значений пеленга в соответствии с первым уравнением (8);
- измерение временного интервала между сигналами, соответствующими земной и ионосферным волнам.

В качестве сигнала, соответствующего земной волне, целесообразно использовать текущие значения квадрата горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля, которые могут быть получены из соотношения:

$$H_\Gamma^2(t) = H_x^2(t) + H_y^2(t). \quad (9)$$

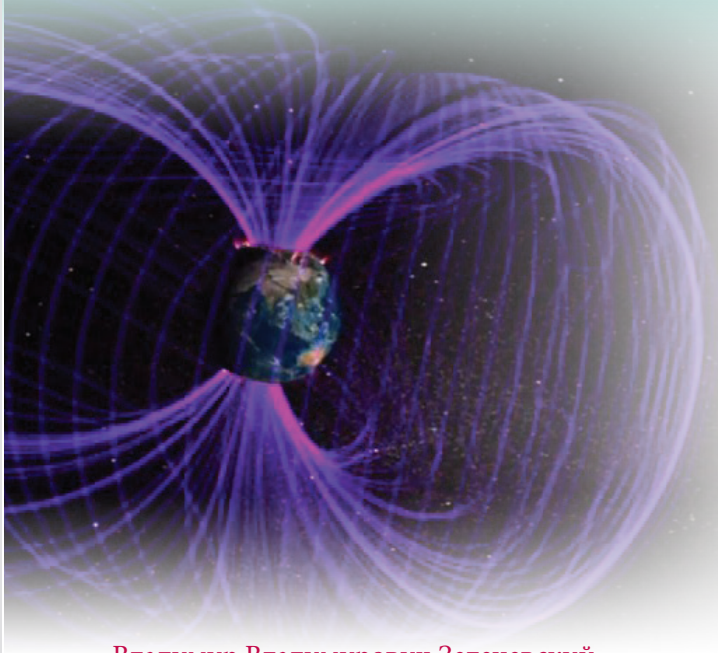
Возможность использования значений сигнала $H_\Gamma^2(t)$ для формирования начала отсчета при измерении временных задержек ионосферных волн обусловлена тем, что начальная часть его образуется из земной волны и не зависит от направления ее прихода.

Для реализации способа определения временных задержек ионосферных волн относительно земной достаточно осуществить прием взаимно-ортогональных составляющих электромагнитного поля $H_x(t)$, $H_y(t)$, что несложно сделать с помощью двух взаимно-ортогональных вертикальных рамочных антенн, провести обработку сигналов, пропорциональных принятым компонентам в соответствии с первым уравнением (8) и уравнением (9) и измерить временной интервал между сигналами $H_\Gamma^2(t)$ и $\alpha'_H(t)$.

Литература

1. Ершов А.К. Основы однопунктных радиотехнических информационно-измерительных систем местоопределения. Учебное пособие. Серпухов: СВИ РВ, 2002. 66 с.

2. Шевченко В.П. Методологические основы разработки однопунктных способов радиопеленгования // Сб. тезисов докладов XX межведомственной НТК СВИ РВ. Часть 5. Серпухов, 2001. С. 176-181.



УДК 621. 391

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В ДЕКАМЕТРОВЫХ РАДИОКАНАЛАХ С ИОНОСФЕРНОЙ ВОЛНОЙ

EVALUATION OF THE QUALITY OF DATA TRANSMISSION IN DECAMETER RADIO CHANNELS WITH AN IONOSPHERIC WAVE

Владимир Владимирович Зеленевский
почетный работник науки и техники РФ
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8(905)548-48-54
E-mail: Zelenevsky.Vladimir@gmail.com

Анатолий Владимирович Зеленевский
кандидат технических наук
заместитель начальника отдела
АО «Фирма НТЦ «КАМИ»
Адрес: 119361, Москва, ул. Большая Очаковская, д. 47а, стр. 1
Тел.: 8(926)150-83-76

Юрий Владимирович Зеленевский
доктор технических наук, доцент
состоит в распоряжении начальника
ВА РВСН им. Петра Великого
Адрес: 143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, д. 8
Тел.: 8(903)721-12-61
E-mail: sys1434@mail.ru

Евгений Валерьевич Шмырин
кандидат технических наук
научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: shmyrinev@mail.ru

Антон Викторович Ржаных
кандидат технических наук
преподаватель
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8(905)791-43-10
E-mail: toxa21.85@mail.ru

Аннотация

В статье дана сравнительная оценка различных подходов к оценке качества передачи данных в декаметровых радиоканалах с ионосферной волной. При этом впервые представлены результаты расчетов качества радиосвязи при кодовом ортогональном уплотнении данных.

Ключевые слова: качество связи, достоверность и надежность связи, коэффициент исправного действия, вероятность битовой ошибки, скорость кодирования, ортогональное кодовое уплотнение данных.

Summary

The article gives a comparative assessment of various approaches to assessing the quality of data transmission in decametric radio channels with an ionospheric wave. For the first time, the results of radiocommunication quality calculations with code orthogonal data multiplexing are presented.

Keywords: connection quality, reliability and reliability of communication, effective operation coefficient, bit error probability, coding rate, orthogonal code compression of data.

Известно [1, 2], что объективной мерой качества связи в системах передачи дискретных сообщений являются два показателя – достоверность и надежность связи.

При сравнении различных систем передачи между собой достоверность связи оценивают эквивалентной вероятностью битовой ошибки P_b. Она определяется [1, 2] как вероятность ошибочного приема символа в воображаемом двоичном канале без памяти, в котором кодом без

избыточности передается то же количество информационных символов k, что и в рассматриваемой системе передачи с заданными кодеками, модемами, моделью канала связи, при условии, что в воображаемом канале и анализируемой системе обеспечивается одна и та же вероятность ошибочного приема (декодирования) кодовой комбинации

$$P_{ОШ} = \sum_{i=t_u+1}^{n} C_n^i P_0^i (1-P_0)^{n-i},$$

где n – длина кодовой комбинации;
t_u – число гарантированно исправляемых ошибок;
P_0 – вероятность ошибочного приема двоичного символа кода на выходе демодулятора;

$$C_n^i = \frac{n!}{i!(n-i)!}.$$

Очевидно, что для канала связи без избыточности вероятность $P_b=P_0$, а вероятность ошибочного приема k информационных символов определяется выражением

$$P_{ОШ}^{(k)} = 1-(1-P_b)^k.$$

Вероятность битовой ошибки в канале передачи с корректирующим кодом (n,k) определяется выражением

$$P_{ОШ}^{(n,k)} \simeq \frac{1}{n}\sum_{i=t_u+1}^{n} C_n^i i P_0^i (1-P_0)^{n-i}.$$

Так как $n>k$, то при кодировании сообщений увеличивается либо время передачи, энергия сигнала E_c (коэффициент увеличения равен n/k), в этом случае $P_b=P_0$ и $P_b^{(n,k)} \ll P_b$, $P_{ОШ} \ll P_{ОШ}^{(k)}$, либо соответственно увеличивается требуемая полоса пропускания канала передачи при $E_c=const$ (в этом случае $P_0>P_b$, так как энергия кодового символа уменьшается) и $P_{ОШ}^{(k)}$ может оказаться меньше вероятности $P_{ОШ}$ (энергетического выигрыша корректирующего кодирования нет).

Исходя из этого, сравнение различных систем передачи между собой по вероятности P_b разумно вести при постоянной средней мощности передатчика $P_{ПД}$ и неизменной скорости ввода информации в канал

$$I = \frac{\log_2 q}{T}\frac{k}{n},$$

где q – основание кода;
T – длительность элементарной посылки передаваемого сигнала.

В каналах передачи, в которых помимо интерференционных наблюдаются и медленные замирания различной физической природы [1,2,3], определение эквивалентной вероятности P_b (полученной усреднением на интервале локальной стационарности интерференционных замираний $T_{л.с}$) не обеспечивает полной характеристики качества связи, поскольку на интервале сеанса связи $T_c \gg T_{л.с}$ в разные отрезки времени будет наблюдаться различная вероятность ошибок, т.е.

$$P_b = F(\varepsilon,\mu,\sigma,f),$$

где ε,μ,σ – медленно меняющиеся параметры среды (диэлектрическая, магнитная проницаемости, проводимость соответственно) и рабочая частота f.

Это значит, что на величину $P_b(\varepsilon,\mu,\sigma,f)$ следует смотреть как на случайный процесс.

С учетом этого качество связи характеризуют коэффициентом исправного действия (КИД) канала или надежностью связи, определяемой как вероятность того, что за время T_c сеанса связи вероятность P_b не превысит заданной величины $P_b^{доп}$ [2]:

$$КИД = \int_0^{P_b^{доп}=F(\varepsilon,\mu,\sigma,f)} \omega\left[P_b(\varepsilon,\mu,\sigma,f)\right]dP_b \text{ при } E_c = P_{ПД}T = const, \quad (1)$$

где $\omega\left[P_b(\varepsilon,\mu,\sigma,f)\right]$ – плотность вероятности $P_b(\varepsilon,\mu,\sigma,f)$;
$P_{ПД}$ – мощность радиопередатчика.

В известных научных трудах [1,2,3] значение КИД определяется выражением

$$k_и = \frac{1}{2}\left[1+\Phi(t)\right] \text{ при } P_b = F(E_c) = const \quad (2)$$

где $\Phi(t)$ – функция Крампа, равная

$$\Phi(t) = \sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^t e^{-\frac{u^2}{2}}du;$$

$$t = \frac{\ln h_{0max}^2 + 2\ln m + \ln h_{0min}^2}{2b};$$

h_{0max}^2 – максимальное значение отношения сигнал/шум, которое обеспечивает радиопередатчик декаметрового диапазона на входе радиоприемника, равное

$$h_{0max}^2 = \frac{U_A^2}{kT\cdot\Delta F\cdot R_{вх}},$$

U_A – напряжение полезного сигнала на выходе приемной антенны с действующей высотой $h_Д$;

$$U_A = E_Д \cdot h_Д;$$

$E_Д$ – действующая напряженность электрического поля в точке приема сигнала, равная [5,6]:

$$E_Д = \frac{173\sqrt{P_{ПД}D_1}}{r}\cdot F_{max}, \ \frac{мВ}{м},$$

k – постоянная Больцмана, $k=1{,}38\cdot10^{-23}$ Дж/°К;
T – рабочая температура радиоприемника, °К (на практике $T=300$°К);

ΔF – полоса пропускания радиоприемника, определяемая требованиями по частотной избирательности и скоростью передачи двоичных символов;

$R_{вх}$ – входное сопротивление радиоприемника;

$P_{ПД}$ – мощность радиопередатчика, кВт;

$h_{Д}$ – действующая высота (длина) приемной антенны, определяемая конструкцией антенны и длиной волны (рабочей частотой волны) [6];

D_1 – коэффициент усиления передающей антенны, разы;

r – путь, который проходит ионосферная волна до точки приема на одном скачке (одно отражение от ионосферы), км

$$r = \sqrt{r_c^2 + 4h_{отр}^2},$$

r_c – дальность радиосвязи по поверхности земли, км;

$h_{отр}$ – высота слоя ионосферы, от которого отражается волна (лежит в пределах 300-370 км [5]);

F_{max} – максимальное значение множителя ослабления поля в слоях ионосферы

$$F_{\max} = \frac{1}{2}\left(\frac{1+R}{2}\right)R^{n_0-1}e^{-\sum_{i=1}^{n_0}\Gamma_i},$$

R – модуль коэффициента отражения волны от земли ($R=0,8$)[5];

n_0 – число скачков ионосферной волны (число отражений от ионосферы);

Γ_i – коэффициент поглощения энергии волны в каждой i-й вершине, определяется суммой поглощений в слоях ионосферы D, E, F_1, F_2 и лежит в пределах от 2 до 5 и является случайной величиной (при $n_0=1$, $=2$, $F_{max}=0,049$; при $n_0=1$, $=5$, $F_{min}=2,4\cdot10^{-3}$) [5, 6];

m – коэффициент передачи, равный значению множителя ослабления F;

b – дисперсия величины $lnm=lnF$, лежит в пределах от 1 до 2;

$h^2_{0\min}$ – минимально возможное отношения сигнал/шум, по которому радиоприемник принимает решение о достоверности символа на выходе канала связи (переход от $h^2_{0\max}$ к $h^2_{0\min}$ обеспечивается системой регулирования усиления).

В известной научной литературе существуют два подхода к оценке качества связи.

1. Вероятность P_b определяется по $h^2_{0\max}$, считая при этом, что $k_И \simeq 1$. Например, для сигнала с двоичной относительной фазовой манипуляцией [2]

$$P_b = \frac{1}{2+2h^2_{0\max}};$$

2. Вероятность P_b определяется по $h^2_{0\min}$, которое требуется, например, для того же сигнала с относительной фазовой манипуляцией [2]

$$P_b \simeq e^{-h^2_{0\min}},$$

но при этом требуется определить значение КИД (надежности) связи по выражению (2).

Покажем, что первый подход является весьма приближенным, и считать $k_И \simeq 1$ надо весьма осторожно. Для этого зададимся параметрами:

- мощность радиопередатчика $P_{ПД}=1$ кВт;
- коэффициент усиления передающей антенны $D_1=16$;
- дальность радиосвязи $r_c=1500$ км;
- высота отражения волна $h_{отр}=350$ км (радиолиния односкачковая, $n_0=1$);
- максимальное значение $F_{max}=0,05$; $b=1$;
- используется двоичный сигнал с относительной фазовой модуляцией;
- действующая высота приемной антенны $h_{Д}=1$ м;
- полоса пропускания $\Delta F=10^5$ Гц, $R_{вх}=100$ Ом.

Рассчитаем значение U_A и получим

$$U_A = \frac{173\sqrt{1\cdot16}}{1655,3}0,05\cdot1 = 2\cdot10^{-5}B.$$

Значение

$$h^2_{0\max} = \frac{4\cdot10^{-10}}{1,38\cdot10^{-23}\cdot300\cdot10^5\cdot100} \simeq 10^4$$

и соответственно

$$P_b = \frac{1}{2+2\cdot10^4} \simeq 5\cdot10^{-5}.$$

При таком подходе значение КИД не рассчитывается.

Теперь рассчитаем значение КИД при условии, что для радиоприемника достаточно $h^2_{0\min}=10$, а значение $P_b \simeq e^{-h^2_{0\min}} = 5\cdot10^{-5}$ (второй подход).

$$k_И = \frac{1}{2}\left[1+\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^t e^{-\frac{u^2}{2}}du\right] = 0,676,$$

где

$$t = \frac{\text{ùùùûûûùùùùùùù} - }{2} = \frac{- -}{2} = 0,455.$$

Результаты расчетов показывают, что если уровень полезного сигнала изменяется в диапазоне от 10^4 до 10, то значение $k_И=0,676$ и этот канал далек от идеального.

Ситуация изменяется в худшую сторону, если требуется $h^2_{0\min}=20$ (т.е. используется сигнал с двоичной частотой манипуляцией) для обеспечения $P_b=5\cdot10^{-5}$.

В этом случае значение верхнего предела интегрирования равно

$$t = \frac{\ln10^4 + 2\ln0,05 - \ln20}{2} = \frac{9,21-6-3}{2} = 0,105,$$

а $k_И=0,545$ (очевидно, такой радиоканал использовать нецелесообразно).

Теперь, используя результаты исследований систем передачи с кодовым ортогональным уплотнением данных [4], выберем $h^2_{0\min}=1$, что обеспечивается длиной ортогональной комбинации $n=16$ (а скорость кодирования в канале

передачи $k/n=1$) для $P_b=10^{-5}$, рассчитаем значение КИД и получим

$$t=\frac{\ln 10^4+2\ln 0{,}05-\ln 1}{2}=\frac{9{,}21-6}{2}\simeq 1{,}6,$$

$k_И=0{,}946$, что свидетельствует о высоком качестве связи.

Заключение

1. Оценивать качество связи в декаметровом диапазоне по значению $h^2_{0\max}$ (первый подход) просто, однако КИД радиоканала может оказаться низким и такой радиоканал использовать в специальных системах связи (военные системы, командные радиолинии) нецелесообразно.

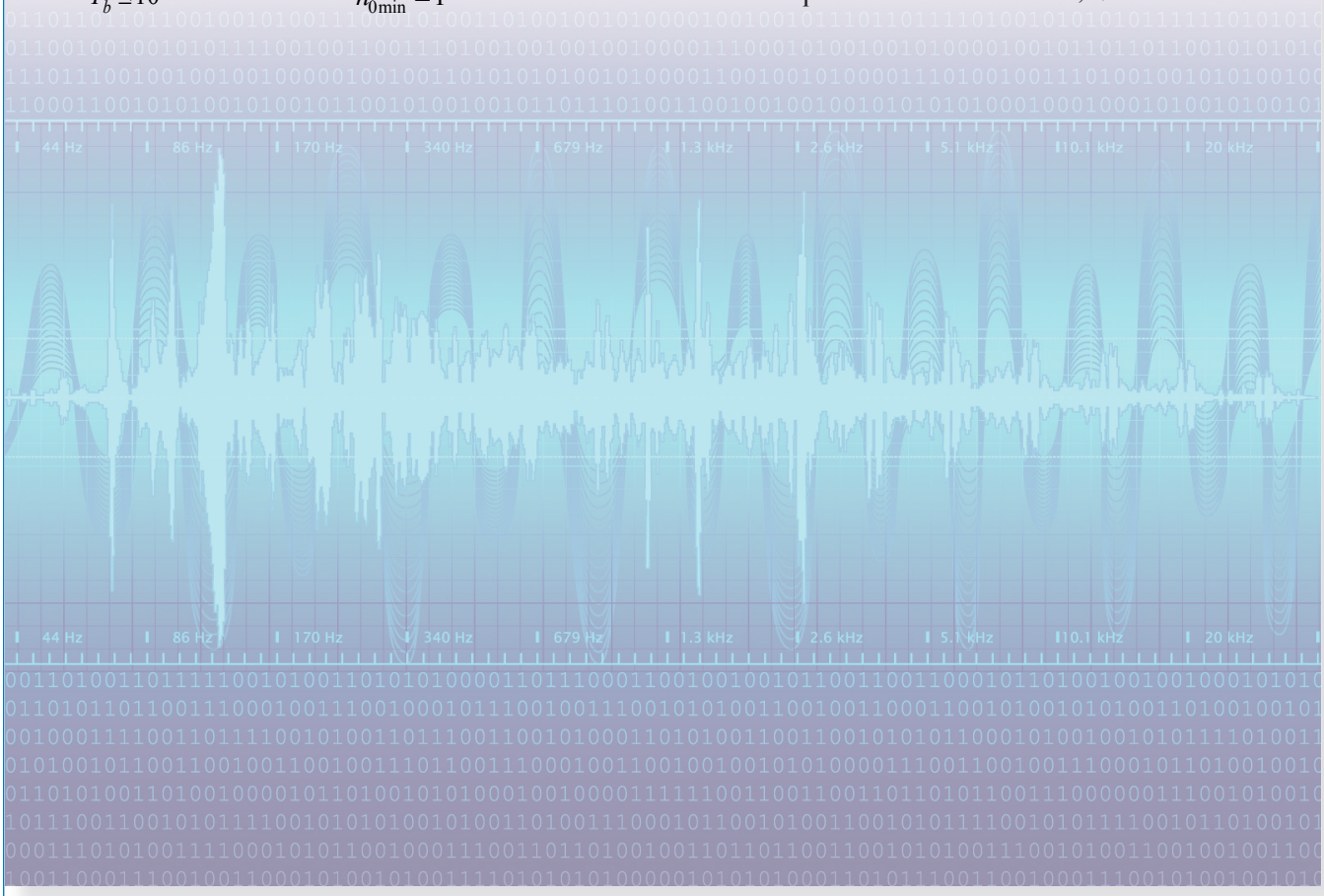
2. Предпочтение следует отдать второму подходу к оценке качества декаметровой радиосвязи, где учитывается диапазон значений от $h^2_{0\max}$ до $h^2_{0\min}$, при этом, если $h^2_{0\max}=const$, то при уменьшении значения $h^2_{0\min}$, определяющим вероятность P_b, значение КИД удается значительно повысить (либо уменьшить мощность $P_{ПД}$ при $k_И=const$).

3. Для декаметровых каналов связи, работающих ионосферной волной, перспективным является кодовое ортогональное уплотнение данных, при котором скорость ввода данных в канал будет максимальной (значение $k/n=1$) с максимальным значением КИД при вероятности $P_b\le 10^{-5}$ с отношение $h^2_{0\min}=1$.

4. Предложенный в статье математический аппарат позволяет рассчитать требуемую мощность радиопередачи $P_{ПД}$, обеспечивающую заданные значения P_b и $k_И$.

Литература

1. Кловский Д.Д. Передача дискретных сообщений по радиоканалам. М.: Радио и связь, 1982. 304 с.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. 727 с.
3. Зеленевский В.В., Зеленевский Ю.В., Шмырин Е.В. Оценка параметров радиоканалов передачи данных с замираниями сигнала // Известия Института инженерной физики, 2013. №4 (30). С.64-66.
4. Зеленевский В.В., Зеленевский Ю.В., Зеленевский А.В., Дурнов А.С. Статический характеристики системы передачи с кодовым ортогональным уплотнением данных при воздействии гауссова шума // Электросвязь, 2018. №7. С.42-45.
5. Долуханов М.П. Распространение радиоволн. М.: Связь, 1965. 400 с.
6. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн: Учебник для вузов / Г.А. Ерохин, О.В. Чернышев и др.; Под ред. Г.А. Ерохина. М.: Горячая линия-Телеком, 2007. 491с.





УДК.004.057.4

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В MESH-СЕТЯХ С БЫСТРОМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТОПОЛОГИЕЙ

PROBABILISTIC ROUTING IN MESH-NETWORKS WITH FAST-CHANGING TOPOLOGY

Сергей Николаевич Шиманов
почетный работник высшего профессионального образования РФ
почетный радист РФ
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

Сергей Викторович Франков
аспирант МОУ «ИИФ»
начальник отдела АСУ МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

Евгений Андреевич Дёмочкин
аспирант МОУ «ИИФ»
начальник отдела разработки систем
(средств) служб и услуг связи
АО «ЦНИИ ЭИСУ»
Адрес: 123104, г. Москва,
ул. Малая Бронная, д. 2/7
Тел: +7(4967)35-31-93

Вячеслав Анатольевич Рыженков
кандидат технических наук

Аннотация

В статье рассмотрен подход к реализации обоснованной вероятностной маршрутизации в динамически быстроменяющейся Mesh-сети. Данный подход основан на понятии старения метрической информации маршрутизаторов сети на интервалах ее обновления. Показан пример динамики изменения вектора вероятностей направлений в нормированных условиях расчета.

Ключевые слова: Mesh-сеть, маршрутизатор, метрика маршрутизации, плотность вероятностей метрик, гамма-распределение.

Summary

The article describes an approach to the implementation of reasonable probabilistic routing in a dynamically rapidly changing Mesh network. This approach is based on the concept of aging of metric information of network routers at intervals of its updating. An example of the dynamics of a change in the probability vector of directions in the normalized conditions of calculation is shown.

Keyword: Mesh network, router, routing metric, probability density of metrics, Gamma distribution.

Введение

Возможность организации с помощью Mesh-топологии локальных (LAN) и городских (MAN) сетей, легко интегрируемых в глобальные сети (WAN), является привлекательным фактором для муниципальных и персональных пользователей. Топология Mesh-сети позволяет обеспечить высокоскоростную передачу цифровой информации, видео и речевую связи, а также определить местоположение объектов. Основной особенностью, которая отличает Mesh-сети от всех других, является самоорганизующаяся архитектура, которая позволяет реализовать следующие возможности [1]:

а) устойчивость сети к потере пакетов или отдельных элементов;

б) возможность использования беспроводных транспортных каналов для связи точек доступа в режиме «каждый с каждым»;

в) возможность масштабируемости сети в режиме самоорганизации;

г) высокая размерность сети;

д) каждый узел сети может выступать в роли маршрутизатора;

е) возможность создания зон информационного покрытия, которое может распространяться на большую область.

Mesh-сеть – сеть, построенная на принципе ячеек (узлов), в которой рабочие станции сети соединены друг с другом и способны принимать на себя роль коммутатора для остальных участников сети. Организация mesh-сети является достаточно сложной в настройке, но при такой топологии реализуется высокая отказоустойчивость, которая достигается с помощью выбора оптимальных маршрутов передачи сообщения.

Выбор оптимальных маршрутов осуществляется с помощью различных критериев (метрик). Эти метрики могут включать в себя [2]:

а) длину пути – общий путь (который получается из суммы каналов – числа переприемов), через который пролегает путь передачи сообщений от отправителя к получателю;

б) надежность – доля потерь пакетов в каждом из каналов. Надежность является одним из важнейших плюсов использования Mesh-сети;

в) задержку – время, которое необходимо для передачи пакета от отправителя к получателю;

г) пропускную способность – объем данных, который может быть передан по сети в единицу времени;

д) загрузку – отражает степень занятости сетевых ресурсов, таких как каналы и маршрутизаторы;

е) стоимость.

В любом случае для решения задачи маршрутизации используется та или иная метрика, а качество решения такой задачи напрямую зависит от степени актуальности имеющейся метрики. В Mesh-сетях с быстроменяющейся топологией и определенными ограничениями на обмен информацией (например, Mesh-сети военного назначения) степень устаревания метрик оказывает прямое влияние на качество решения задачи маршрутизации. Если метрическая информация на узлах сети не является абсолютно актуальной на момент передачи данных, то ее использование для выбора оптимального маршрута становится неочевидным и может приводить к потере части данных или не установлению соединения.

Альтернативой разрешения данного противоречия между актуальностью метрик и оптимальностью выбора маршрута может рассматриваться множественная вероятностная маршрутизация [3, 4]. В рамках вероятностного подхода определяется не оптимальный маршрут (соответствующий интерфейс маршрутизатора), а вектор вероятностей предпочтения направлений передачи соответствующих пакетов данных. При этом на решения такой маршрутизации должен быть наложен ряд условий:

1) сумма вероятностей предпочтений направлений передачи данных равняется единице – все направления (интерфейсы) маршрутизатора составляют полную группу событий;

2) частота выбора того или иного направления для передачи маршрутизируемого пакета пропорциональна вероятности предпочтения соответствующего направления;

3) в идеальном случае (полной актуальности метрической информации) вектор вероятностей предпочтений должен сходиться к оптимальному решению с единицей в позиции оптимального направления и нулями во всех остальных.

Выполнение вышеприведенных условий возможно, если допустить, что метрики μ маршрутизатора представляют собой случайные величины (СВ) с изменяющимися первым и вторым моментами (математическим ожиданием (МОЖ) и дисперсией). Причем в начальный момент (момент обновления соответствующей метрики) математическое ожидание равно значению метрики, а дисперсия является нулевой:

$$\begin{aligned} m_\mu(t_0) &= \mu(t_0) = \mu_0; \\ D_\mu(t_0) &= 0. \end{aligned} \qquad (1)$$

Поскольку, как правило, метрики маршрутизатора являются положительными величинами, то закон распределения такой СВ должен быть не симметричным (лежать в области $\mu \geq 0$) и, в соответствие (1), иметь разные МОЖ и среднеквадратичное отклонение (СКО). На наш взгляд наиболее подходящим распределением μ может быть принято известное двухпараметрическое гамма-распределение $\Gamma(k,\theta)$ [4, 5]:

$$f_\mu(m) = \begin{cases} m^{k-1} \dfrac{\exp\left(-\dfrac{m}{\theta}\right)}{\theta^k \Gamma(k)}, & m \geq 0 \\ 0, & m < 0 \end{cases}, \qquad (2)$$

где $\Gamma(k) = \int_0^1 (-\ln x)^{k-1} dx$ – гамма функция Эйлера.

В этом случае МОЖ и дисперсия μ выражаются в виде следующих соотношений:

$$\begin{aligned} m_\mu &= k\theta, \\ D_\mu &= k\theta^2. \end{aligned} \qquad (3)$$

Найдем значения параметров распределения (2) в начальный момент (1):

$$\begin{aligned} m_\mu(t_0) &= k_0\theta_0 = \mu_0, \\ D_\mu(t_0) &= k_0\theta_0^2 = 0. \end{aligned} \qquad (4)$$

Решение системы уравнений (4) дает неопределенность вида $\theta_0 = 0$, $k_0 \to \infty$. Однако, корректное решение может быть найдено, если принять, что в начальный момент k_0 является сколь угодно большой, но конечной величиной. Тогда:

$$\theta_0 = \frac{\mu_0}{k_0} \qquad (5)$$

очень малая (близкая к 0), но конечная величина, и в соответствие с (3) дисперсия также конечная величина, но очень малая (близкая к 0):

$$m_\mu(t_0) = \mu_0,$$
$$D_\mu(t_0) = \frac{\mu_0^2}{k_0} \to 0, \quad (6)$$

что собственно не противоречит (1) и, как будет показано ниже, не сказывается на решении задачи вероятностной маршрутизации.

Поскольку в динамически существенно меняющейся Mesh-сети актуальность, а, следовательно, и достоверность метрик существенно зависит от времени, прошедшего с момента их последнего обновления, то следует предположить, что степень их неопределенности – дисперсия μ должна увеличиваться со временем и в пределе стремиться к бесконечности:

$$D_\mu(t \to \infty) \to \infty. \quad (7)$$

Из (7) следует, что параметр гамма-распределения k в соответствие с (6) должен уменьшаться и в пределе стремиться к нулю. Очевидно, скорость такого увеличения должна основываться на предыстории в общем случае случайного процесса изменений метрик. В качестве такой меры можно выбрать оценку среднеквадратической относительной скорости изменения метрик, вычисляемую по формуле:

$$\sigma_{\Delta\mu} = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N}\left(\frac{\mu_{n-i} - \mu_{n-i-1}}{\Delta t_i}\right)^2}, \quad (8)$$

где N – параметр статистической глубины учета предыстории процесса изменения;

μ – определяемый интервал автокорреляции данного процесса;

Δt_i – интервалы обновления метрик на данной предыстории.

Тогда изменение параметра распределения $k(t)$ по времени, прошедшему с момента последнего обновления соответствующей метрики μ, будет определяться соотношением:

$$k(t) = \begin{cases} k_0, & t = 0, \\ \dfrac{\mu_0}{\sigma_{\Delta\mu} \cdot t}, & t > 0. \end{cases} \quad (9)$$

Тогда

$$D_\mu(t) = \frac{\mu_0^2}{k(t)}. \quad (10)$$

Несложно проверить, что (9) и (10) удовлетворяют вышеприведенным граничным условиям: $k(t=0)=k_0$ и $k(t\to\infty)\to 0$ и, как следствие, $G_\mu(t\to\infty)\to\infty$.

Зависимость параметра распределения $k(t)$ от времени вызывает аналогичную зависимость от времени второго параметра гамма-распределения $\theta(t)$. Данная зависимость, с учетом (5), при неизменном МОЖ μ ($m_\mu(t) = \mu_0$. Вопрос изменения во времени $m_\mu(t)$ требует отдельного рассмотрения) имеет вид

$$\theta(t) = \frac{\mu_0}{k(t)}. \quad (11)$$

Исходя из приведенного временного представления метрик маршрутизатора как случайных величин, задача вероятностной маршрутизации может быть сформулирована как нахождение вероятностей парных событий предпочтения одной метрики по отношению к другой. Парность сравнения случайных метрик может быть принята на основе независимости представления каждой метрики направлений связи маршрутизатора случайной величиной. То есть как независимых случайных величин.

Пусть в маршрутизаторе имеется L возможных направлений для передачи пакетов какого-либо соединения и соответствующее количество метрик μ_l, $l = \overline{1, L}$. Тогда в любой момент времени данные метрики описываются своими плотностями вероятностей (2):

$$f_{\mu_l}(m, t_l) = \Gamma\left[k_l(t_l), \theta_l(t_l)\right]. \quad (12)$$

Зависимость параметра времени от направления l обусловлена возможной неодновременностью обновления метрик разных направлений маршрутизатора.

Тогда вероятность выбора (привлекательность) того или иного направления определяется вероятностью предпочтения (>или<), соот-

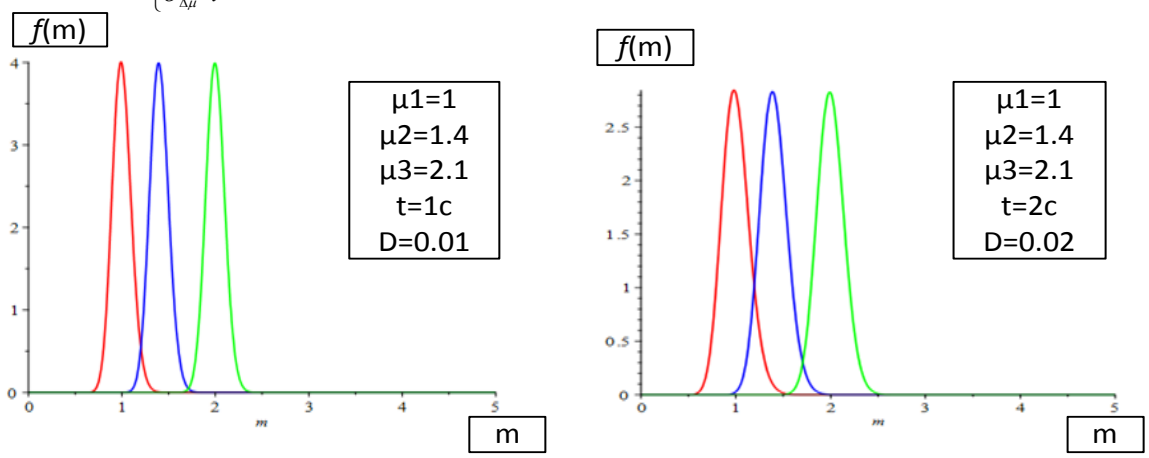


Рис. 1. Графики изменения плотностей вероятностей

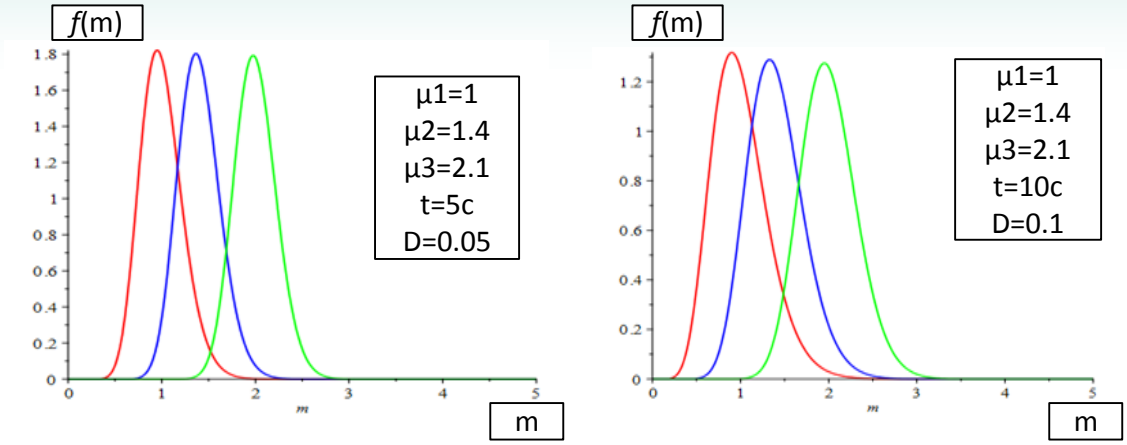


Рис. 2. Графики изменения плотностей вероятностей

ветствующей случайной метрики по отношению к другим. Данная вероятность в случае, например, минимизации метрики может быть найдена каскадным интегрированием соответствующих плотностей вероятностей:

$$P[i] = P\left[\min_{l \in L} \mu_i\right] = \int_0^{\infty} f_{\mu_i}(m_i, t_i) \sum_{j, j \neq i}^{L} \left\{ \int_{m_i}^{\infty} f_{\mu_j}(m_j, t_j) \ldots \sum_{l, l \neq i, j, \ldots}^{L} \left[\int_{m_l}^{\infty} f_{\mu_l}(m_l, t_l) \partial m_l \right] \ldots \partial m_j \right\} \partial m_i \quad (13)$$

Методом математической индукции можно показать, что с учетом независимости μ_l

$$\sum_{l=1}^{L} P[l] = 1. \quad (14)$$

На *рисунках 1-4* показано изменение плотностей вероятностей нормированных по минимальной метрик трех направлений ($\mu_1=1$, $\mu_2=1.4$, $\mu_3=2$) четырехинтерфейсного маршрутизатора, при одинаковой нормированной относительной среднеквадратичной скорости их

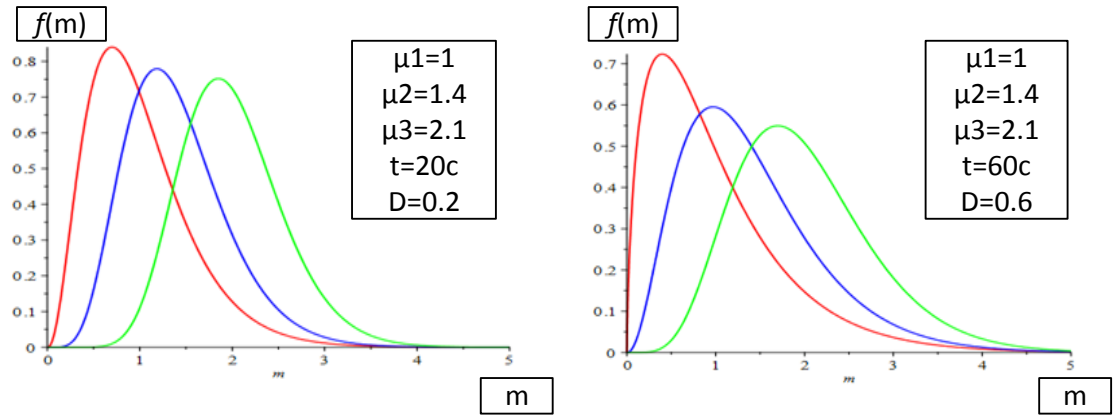


Рис. 3. Графики изменения плотностей вероятностей

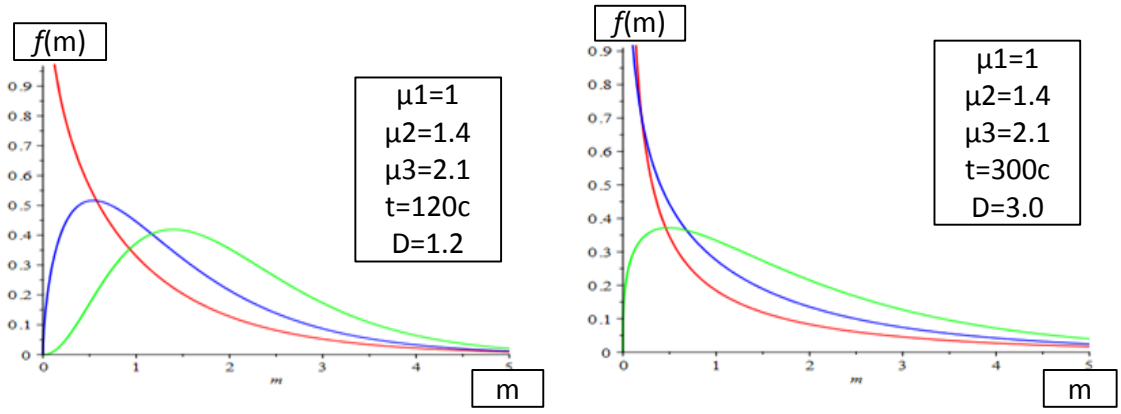


Рис. 4. Графики изменения плотностей вероятностей

изменения (8) $v=0.01$. Предполагается, что последнее обновление метрик по данным направлениям было одновременным, следовательно, $t_1=t_2=t_3=t$, то есть изменение дисперсий метрик привязано к единой шкале времени.

Вектор вероятностей предпочтений направлений в соответствие с (13) может быть найден по следующим формулам:

$$P[1]=\int_0^{\infty} f_{\mu_1}(m_1,t)\left\{\int_{m_1}^{\infty} f_{\mu_2}(m_2,t)\int_{m_2}^{\infty} f_{\mu_3}(m_3,t)\partial m_3\partial m_2+\int_{m_1}^{\infty} f_{\mu_3}(m_3,t)\int_{m_3}^{\infty} f_{\mu_2}(m_2,t)\partial m_2\partial m_3\right\}\partial m_1,$$

$$P[2]=\int_0^{\infty} f_{\mu_2}(m_2,t)\left\{\int_{m_2}^{\infty} f_{\mu_1}(m_1,t)\int_{m_1}^{\infty} f_{\mu_3}(m_3,t)\partial m_3\partial m_1+\int_{m_2}^{\infty} f_{\mu_3}(m_3,t)\int_{m_3}^{\infty} f_{\mu_1}(m_1,t)\partial m_1\partial m_3\right\}\partial m_2,$$

$$P[3]=\int_0^{\infty} f_{\mu_3}(m_3,t)\left\{\int_{m_3}^{\infty} f_{\mu_1}(m_1,t)\int_{m_1}^{\infty} f_{\mu_2}(m_2,t)\partial m_2\partial m_1+\int_{m_3}^{\infty} f_{\mu_2}(m_2,t)\int_{m_2}^{\infty} f_{\mu_1}(m_1,t)\partial m_1\partial m_2\right\}\partial m_3. \quad (15)$$

Результаты расчетов изменения вектора вероятностей выбора соответствующих направлений маршрутизатора во времени представлены в *таблице 1* и на *рисунке 5*.

Таблица 1

Результаты расчетов

P\t, c	0	1	2	5	10	20	60	120	300
P[1]	1	0.99	0.97	0.89	0.81	0.68	0.60	0.56	0.54
P[2]	0	0.01	0.03	0.11	0.18	0.27	0.29	0.30	0.30
P[3]	0	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05	0.12	0.14	0.16

В начальный момент времени ($t=0$) выбор направления является однозначным (по минимальному μ_l, $l\in\{1,2,3\}$) – первое направление (**P**=[1,0,0]). Анализ динамики **P** показывает уменьшение $P_1(t)$ и соответствующее увеличение $P_2(t)$ и $P_3(t)$, как результат старения и потери актуальности метрик во времени. Асимптотическая сходимость вероятностей выбора направлений к разным значениям при значительном росте дисперсии объясняется разностью и неизменностью математических ожиданий распределений μ_l, $l\in\{1,2,3\}$.

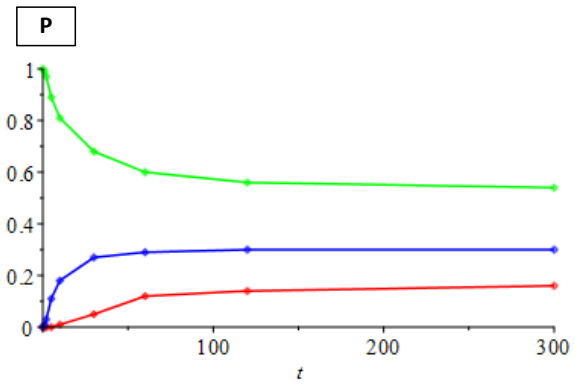


Рис. 5. График вероятности выбора направлений маршрутизатора во времени

Таким образом, для динамически быстроменяющейся Mesh-сети рассмотрен подход к реализации вероятностной маршрутизации, базирующийся на понятии старения метрической информации направлений связи на интервалах ее обновления в маршрутизаторах. Применение данного подхода эквивалентно обоснованному статистическому уплотнению направлений связи маршрутизатора в условиях неопределенности Mesh-сети, что должно обеспечить в среднем наилучший показатель качества маршрутизации (определяется видом метрики маршрутизации) и функционирования сети в целом.

Литература

1. IEEE P802.11s/D1.08. Amendment: Mesh Networking. – IEEE, January 2008.
2. Шиманов С.Н., Дёмочкин Е.А. Технологии Mesh-сети. Типы и протоколы маршрутизации Mesh-сетей // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Серия: Научная сессия, посвященная Дню радио. Вып. LXX. М.: «Информпресс-94», 2015. С.232.
3. Шиманов С.Н., Кирдяшов Ф.Г. Научно-методический подход к моделированию процесса функционирования сети связи с коммутацией пакетов на сетевом уровне // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2008. №1. С.75-77.
4. Шиманов С.Н., Ковальков Д.А., Дёмочкин Е.А. Особенности использования вероятностно-статистического алгоритма маршрутизации в самоорганизующихся Mesh-сетях // Труды Российского научно-технического общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Серия: Научная сессия, посвященная Дню радио. Вып. LXXI. М.: 2016. С.530.
5. Калинина В.Н. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Профессиональное образование, 2016. С.67.

УДК. 654.05

МОДИФИКАЦИЯ ПРОТОКОЛА ДОВЕДЕНИЯ СООБЩЕНИЙ HDL В ЧАСТИ ПРИЕМА КВИТАНЦИЙ ПО ОБРАТНОМУ КАНАЛУ

MODIFICATION OF THE PROTOCOL FOR DELIVERING HDL MESSAGES IN TERMS OF RECEIPT OF RECEIPTS ON THE REVERSE CHANNEL

Сергей Николаевич Шиманов
почетный работник высшего профессионального образования РФ
почетный радист РФ
доктор технических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел: +7(4967)35-31-93

Виктор Анатольевич Прасолов
кандидат технических наук
начальник управления МОУ «ИИФ»
E-mail: prasvit-1@iifmail.ru

Сергей Юрьевич Бобрус
научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
E-mail: 606rus@iifmail.ru

Владислав Владимирович Егоров
младший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
E-mail: erorov@iifmail.ru

Вячеслав Анатольевич Рыженков
кандидат технических наук

Аннотация

В работе предложена модификация протокола гарантированного доведения информации HDL по радиоканалам декаметровой связи. Протокол определяет систему передачи данных с автоматическим запросом повторной передачи и прямым исправлением ошибок, в комбинации образующих метод последовательного повышения избыточности декодируемого помехоустойчивого кода после приема каждого нового повтора. Исследуемый протокол чувствителен к потерям квитанции, что выражается в снижении скорости передачи данных. Предлагается дополнить исследуемый протокол возможностью перезапроса квитанции. Приведенные оценки свидетельствуют о целесообразности такого решения.

Ключевые слова: автоматический запрос повторной передачи, последовательное повышение избыточности повторов, сверточный код, квитанция.

Summary

The article presents error control technique whereby a forward error correction scheme is combined with request for retransmission of errorneous data (hybrid automatic repeat-request) used by protocol. The additional information (redundancy) added by the code is used by the receiver to recover the original data. Non-errors data reconstructed without retransmission, minor and major errors are corrected via a request for retransmission block of puncture convolutional code symbols. Modified protocol version use special signal by sender for retransmition ACK/NAK signal with information of the receiver's state.

Keywords: hybrid automatic repeat request, incremental redundancy, convolutional code, acknowledgement.

Рассмотрим адаптивную систему пакетной передачи данных (СППД) (*рисунок 1*), которая для обеспечения гарантированного доведения информации использует комбинацию методов автоматического запроса передачи (ARQ) и прямого исправления ошибок (FEC).

Примером функционирования такой СППД является протокол высокоскоростной передачи данных по декаметровому радиоканалу HDL [1], реализуемый с использованием модемов на приемной и передающей сторонах.

Исходное сообщение S бит разбивается на

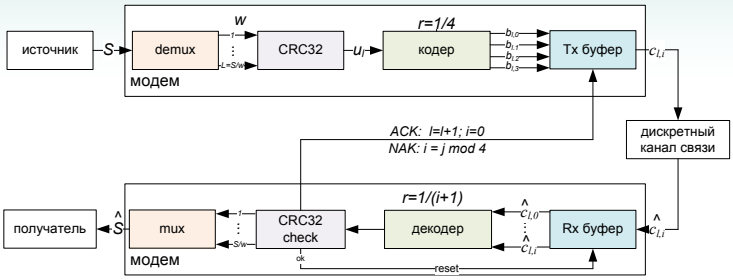


Рис. 1. Общая структурная схема СППД с HARQ (ARQ+FEC)

$L=S/w$ первичных информационных блоков фиксированной длины w бит. При необходимости последний неполный блок дополняется нулями. Каждый l-й информационный блок дополняется соответствующей контрольной суммой (CRC), после чего полученный новый информационный блок $u_l(x)$ подлежит сверточному кодированию (СК) с относительной скоростью кода $r = ¼$. Содержание процесса кодирования представляет собой последовательную свертку $u_l(x)$ с каждым из четырех полиномов $g_i(x)$, где $i = \overline{0,3}$. В результате $u_l(x)$ преобразуется в последовательность четырех кодовых блоков:

$$b_{l,i}(x) = u_l(x)g_i(x), l = \overline{1,L}, i = \overline{0,3}, \qquad (1)$$

где кодовые символы сверточного кода распределены по четырем блокам $b_{l,i}$ для каждого информационного блока u_l.

Первые M полученных четверок кодовых блоков записываются в буфер Tx (M x 4) передающего модема. Длина буфера M задается параметрами протокола.

Передача данных осуществляется чередованием передачи информационных кадров передающей стороной и квитанций приемной стороной.

Информационный кадр представляет собой последовательность из M пакетов, содержащих i-е кодовые блоки буфера Tx. Значение i, определяющее передаваемую строку буфера Tx (соответствующие блоки $b_{l,i}$) в пакетах очередного информационного кадра, определяется номером j передаваемого кадра:

$$i = j \bmod 4, j = \overline{0,\infty}. \qquad (2)$$

В принимающем модеме формируются «мягкие» оценки принятых кодовых блоков, которые записываются в свой буфер Rx, аналогичный по структуре буферу Tx.

Использование правила (2) позволяет принимающему модему однозначно идентифицировать i передаваемых кодовых блоков (идентифицировать кодирующий полином $g_i(x)$, деление на который дает принятый информационный блок u_l'. Правильность приема u_l' проверяется по CRC. Если CRC сошлась, то информационный блок выдается получателю информации с указанием его номера l, вся информация l-й позиции буфера Rx стирается, а в квитанцию записывается признак положительного приема (CRC-ok) соответствующего пакета информационного кадра. Если информационный блок принят с ошибкой (несовпадение CRC-error), то в квитанцию записывается отрицательный признак приема соответствующего пакета информационного кадра.

Исход проверки CRC для всех пакетов отправляется по обратному каналу связи передающему модему в квитанции (ACK/NAK – доставлено/не доставлено), который учитывает ее содержимое при формировании нового кадра. Для доведенных пакетов передающий модем производит замену их четырех кодовых блоков $b_{l,i}$ в буфере Tx на кодовые блоки очередных закодированных информационных блоков u_k ($k > M$), непередаваемых ранее. Для недоведенных пакетов (CRC-error) в новом ($j + 1$) кадре передается следующий блок $b_{l,(j+1 \bmod 4)}$. Его объединение с кодовыми символами блока $b_{l,(j \bmod 4)}$, оставшимися в буфере Rx от предыдущего кадра j на приемной стороне, позволяет получить сверточный код со скоростью $r = ½$, в ходе декодирования которого обеспечивается дополнительное исправление ошибок.

Таким образом, система связи может адаптировать скорость передачи данных к помеховой обстановке, при необходимости последовательно наращивая мощность СК (уменьшая вероятность ошибки p_b при его декодировании) путем снижения его кодовой скорости от безызбыточной передачи (первый повтор) до значения $r = ¼$ *(рисунок 2)* [2]. При поступлении пятого и последующего повторов буфер Rx обновляется путем «мягкого» сложения с вновь принятыми

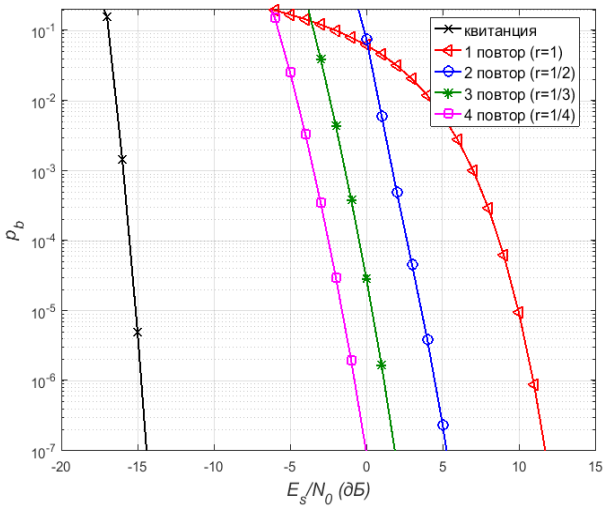


Рис. 2. Помехоустойчивость сигналов протокола HDL

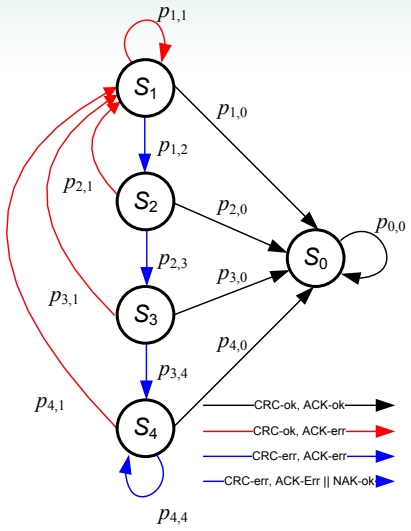


Рис.3. ГСП, описывающий доведение пакетов по протоколу HDL

кодовых блоками или замены старых кодовых блоков на новые.

Процесс последовательного повышения помехоустойчивости повторов пакетов можно описать с использованием математического аппарата конечных марковских цепей [3]. Граф состояний и переходов (ГСП) для рассматриваемой СППД (*рисунок 3*) описывается четырьмя состояниями S_m ($m = \overline{1,4}$), соответствующими скорости декодируемого кода $r = 1/m$, и поглощающим состоянием S_0.

Переходы между состояниями определяются вероятностями доведения ($P_{ДОВ}$) пакета данных в информационном кадре P_m при декодировании СК со скоростью $1/m$ и квитанции $P_{КВ}$, которые при соответствующей длине N могут быть рассчитаны с использованием выражений для p_b – вероятности битовой ошибки, приведенных в [4]:

$$P_{ДОВ} = (1 - p_b)^N . \quad (3)$$

Опишем переходные вероятности рассматриваемого ГСП:

- $p_{m,0}$ – информационный блок доведен до получателя (CRC-ok) с использованием СК со скоростью кодирования $r = 1/m$, о чем по содержимому квитанции становится известно передающему модему (ACK-ok):

$$p_{m,0} = P_m \cdot P_{КВ} ; \quad (4)$$

- $p_{m,1}$ – информационный блок доведен до получателя (CRC-ok) с использованием СК со скоростью кодирования $r = 1/m$, однако квитанция передающим модемом не получена (получена с ошибками) и принимается по умолчанию (ACK-error):

$$p_{m,1} = P_m \cdot (1 - P_{КВ}) ; \quad (5)$$

- $p_{m,\,m+1}$ – информационный блок не доведен до получателя (CRC-error), (вероятность инвариантна к $P_{КВ}$):

$$p_{m,m+1} = (1 - P_m) \cdot P_{КВ} + (1 - P_m) \cdot (1 - P_{КВ}) = 1 - P_m ; \quad (6)$$

- $p_{4,4}$ – четвертый и последующие повторы, на которых декодируется СК с $r = 1/4$:

$$p_{4,4} = (1 - P_4) \cdot P_{КВ} + (1 - P_4) \cdot (1 - P_{КВ}) = 1 - P_4 . \quad (7)$$

Наибольший интерес представляют вероятности $p_{m,1}$, описывающие ситуацию не приема квитанции, или приема с ошибками, при которой передающий модем, не имея сведений об исходе декодирования пакета со скоростью СК $r = 1/m$ приемным модемом, отправляет ему следующий повтор соответствующего кодового блока. Приемная же сторона, сбросив буфер Rx для данного доставленного пакета, воспринимает эту посылку как первую передачу кодового блока нового информационного блока с $r = 1$, реализуя, при необходимости, накопление его избыточности в последующих j повторах до положительного результата сверки CRC. В итоге время доведения пакета возрастет на $x + 1$ временных интервалов ($x \geq 0$), каждый из которых определяется длительностью кадра и квитанции.

Во избежание такой ситуации разработчики протокола предусмотрели высокую помехоустойчивость квитанций (*рисунок 2*), значительно превышающую помехоустойчивость информационных пакетов. Это вносит определенную гарантию в доведение квитанций по принципу: если в текущих условиях помеховой обстановки удается довести информационный пакет и время стационарности канала связи превышает длительность квитанции, то она также будет доведена.

Однако в ряде случаев (работа на разных частотах, использование в прямом и обратном каналах связи передатчиков разных мощностей и др.) энергетический потенциал прямого и обратного канала далеко не всегда является одинаковым. Снижение вероятности $P_{КВ}$ в таких условиях приводит к увеличению времени доведения информации (снижению средней информационной скорости).

Рассмотрим возможность модификации протокола HDL, заключающуюся в применении метода перезапроса (ARQ) и к квитанциям: перезапрос квитанции позволит передающему модему всегда обладать сведениями о приеме всех пакетов, необходимыми при формировании нового кадра, а приемному модему настраивать свой декодер на корректную обработку его пакетов.

Таким образом, перезапрос квитанции обеспечит синхронную работу буферов Rx и Tx в условиях потерь квитанций, но для его осуществления потребуется дополнительное время – но-

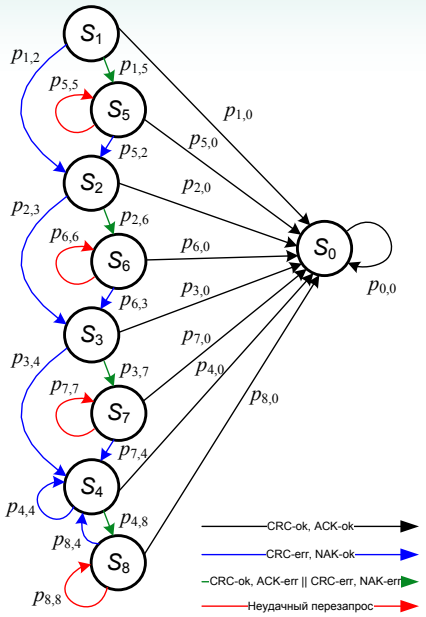


Рис. 4. ГСП, описывающий доведение пакетов по модифицированному протоколу HDL* с перезапросом квитанции

вый информационный кадр не будет отправлен получателю, пока от него не будет принята квитанция на предыдущий кадр.

Модифицируем ГСП для предыдущего примера, добавив состояния S_m ($m = \overline{5,8}$), соответствующие нахождению СППД в состоянии перезапроса квитанции (*рисунок 4*).

В качестве пакета для запроса будем использовать тот же служебный пакет, что и для квитанции. Вероятность его доведения $P_З$ рассчитывается по аналогии с $P_{КВ}$, но их численные значения будут отличаться ввиду несимметричности энергетического потенциала прямого и обратного канала.

Для расчета $p_{m,0}$ по-прежнему используется выражение (4). Опишем оставшиеся вероятности для состояний с $m = 1…4$:

- $p_{m,\,m+4}$ –квитанция не доведена передающему модему (ACK/NAK err):

$$p_{m,m+4} = (1 - P_{КВ}); \qquad (8)$$

для состояний с $m = 1…3$:

- $p_{m,\,m+1}$ – квитанция доведена передающему модему (NAK-ok):

$$p_{m,m+1} = (1 - P_{m-4})P_{КВ}; \qquad (9)$$

для состояния S_4:

- $p_{4,4}$ – четвертый и последующие повторы, на которых декодируется СК с $r = ¼$, квитанция доведена передающему модему (NAK-ok):

$$p_{4,4} = (1 - P_4) \cdot P_{КВ}. \qquad (10)$$

и состояний с $m=5…8$:

- $p_{m,\,m-3}$ – квитанция доведена передающему модему после перезапроса (NAK-ok):

$$p_{m,m-3} = (1 - P_{m-4}) \cdot P_З \cdot P_{КВ}; \qquad (11)$$

- $p_{m,\,m}$ – передающий/приемный модем не может получить квитанцию/перезапрос:

$$p_{m,m} = 1 - P_З \cdot P_{КВ}; \qquad (12)$$

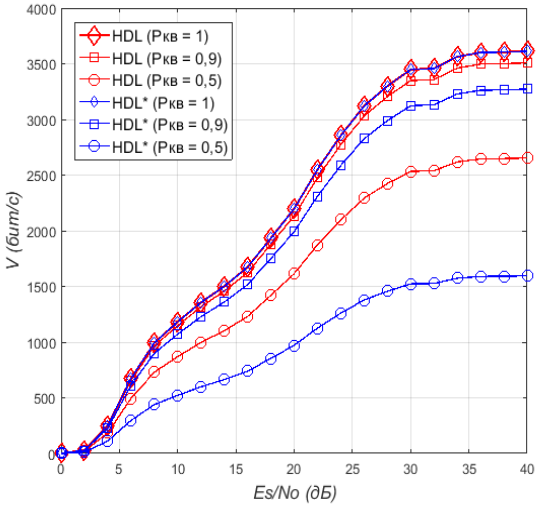
- $p_{m,\,0}$ – передающий модем получил положительную квитанцию (CRC-ok, ACK-ok) после перезапроса:

$$p_{m,0} = P_{m-4} \cdot P_З \cdot P_{КВ}; \qquad (13)$$

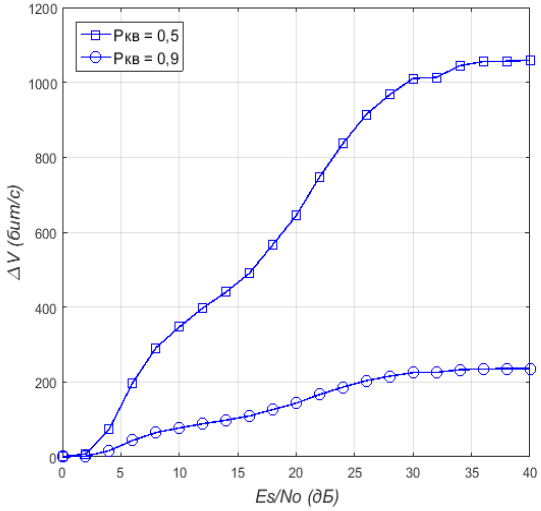
- $p_{8,4}$ – квитанция доведена передающему модему после перезапроса (NAK-ok):

$$p_{8,4} = (1 - P_4) \cdot P_З \cdot P_{КВ}. \qquad (14)$$

Описав ГПС матрицей переходных вероятностей, используя известный математический аппарат [3, 5, 6, 7, 11], можно найти фундаментальную матрицу, первая сумма элементов первой строки которой позволит оценить среднее число повторов, требуемое для доведения пакета в диапазоне отношений сигнал/шум E_S/N_0,



а)



б)

Рис. 5. Сравнение протокола HDL и его модифицированной версии HDL* по скорости передачи данных

отдельно задаваемых для прямого и обратного канала передачи данных.

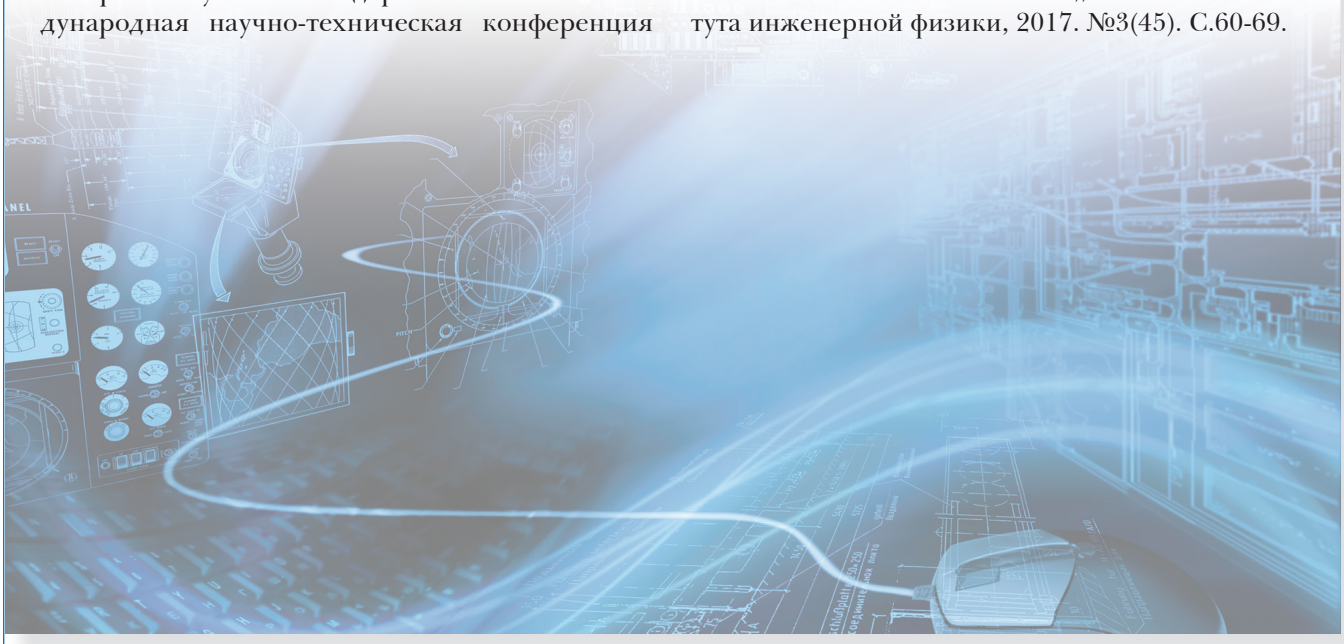
Результаты оценок скорости передачи данных по протоколу HDL и его модификации HDL* в канале связи, описываемого моделью Ваттерсона [8], приведены на *рисунке 5*.

Корректность составленных моделей подтверждается совпадением графиков при $P_{КВ}=1$. Для других начальных условий ($P_{КВ} < 1$) модифицированная версия протокола HDL позволяет получить прирост в скорости передачи данных, который возрастает с уменьшением $P_{КВ}$. На всем рассмотренном интервале значений E_S/N_0 средний прирост в скорости составляет ~7,2% и ~66,4% при $P_{КВ} = 0,9$ и $P_{КВ} = 0,5$ соответственно.

Дальнейшего повышения скорости передачи данных по протоколу HDL можно достичь путем использования турбо-кодирования в составе метода последовательного повышения помехоустойчивости [9]. Предложенная модификация протокола HDL исключает необходимость использования правила (2), что позволит всегда отправлять в первой посылке пакета биты систематического выхода турбо-кодера, столь важные для работы алгоритма декодирования [10].

Литература

1. MIL-STD-188-141C, «Interoperability and Performance Standards for Medium and High Frequency Radio Systems», 25.07.2011.
2. Прасолов В.А., Токарев Д.А. Сверточное кодирование в системах передачи информации повторами // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета, 2017. №61. С.3-7.
3. Бобрус С.Ю., Попов М.Ю., Прасолов В.А., Токарев Д.А. Оценка скорости передачи данных по протоколу HDL стандарта ALE-3G VI Международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электроника и связь» (г. Омск), 2017. С.156-160.
4. Бобрус С.Ю., Прасолов В.А., Токарев Д.А. Оценка помехоустойчивости сигналов стандарта MIL-STD-188-141, Сборник трудов международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – REDS-2018». Москва, С.151-155
5. Казаков В.А. Введение в теорию марковских процессов и некоторые радиотехнические задачи. М.: Сов.радио, 1973. 232 с.
6. Кемени Джон Дж., Снелл Дж. Ларк. Конечные цепи Маркова / Пер. с англ. М.: Наука, 1970. 272 с.
7. Цимбал В.А. Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход: монография. М.: Вузовская книга, 2014. 144 с.: ил.
8. Watterson C.C., Juroshek, J.R., Bensema, W.D. Experimental confirmation of an HF channel model. IEEE Trans. Commun. Technol., vol. COM-18, pp. 792-803, Dec.1970.
9. Бобрус С.Ю., Прасолов В.А., Токарев Д.А. Декодирование турбо-кодов с накоплением повторов // Сборник трудов международной конференции «Радиоэлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий – REDS-2017». Москва, 2017. С.406-409.
10. Балахонов К.А., Шахтарин Б.И. Исследование эффективности сверточных турбо-кодов с кодовой скоростью ½ // Системы синхронизации, формирования и обработки сигналов, 2014. Т. 5. №4. С.154-157.
11. Цимбал В.А., Москвин А.А., Довгополая Е.А. Нахождение вероятностно-временных характеристик доставки сообщений в сетях передачи данных с соединениями «точка-многоточка» при различном качестве каналов связи // Известия Института инженерной физики, 2017. №3(45). С.60-69.



УДК 621.394

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОКАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ОНЧ–НЧ ДИАПАЗОНА

MATHEMATICAL MODEL OF A RADIO CHANNEL FOR TRANSMITTING VLF–LF BAND DATA

Владимир Владимирович Зеленевский
почетный работник науки и техники РФ
доктор технических наук, профессор
профессор кафедры
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8(905)548-48-54
E-mail: Zelenevsky.Vladimir@gmail.com

Анатолий Владимирович Зеленевский
кандидат технических наук
заместитель начальника отдела
АО «Фирма НТЦ «КАМИ»
Адрес: 119361, Москва, ул. Большая Очаковская, д. 47а, стр. 1
Тел.: 8(926)150-83-76
E-mail: dieselmail@inbox.ru

Юрий Владимирович Зеленевский
доктор технических наук, доцент
состоит в распоряжении начальника ВА РВСН им. Петра Великого
Адрес: 143900, Московская обл., г. Балашиха, ул. Карбышева, д. 8
Тел.: 8(903)721-12-61
E-mail: sys1434@mail.ru

Артём Сергеевич Дурнов
соискатель
филиал ВА РВСН им. Петра Великого (г. Серпухов)
E-mail: tema070@mail.ru

Борис Михайлович Наконечный
кандидат технических наук

Аннотация

В статье представлены новые аналитические выражения для амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик радиоканала передачи данных ОНЧ-НЧ диапазона, работающего в ближней зоне радиосвязи (до 1000 км). Эти выражения позволяют определить значения квазиоптимальных рабочих частот на заданной дальности радиосвязи и характер изменения фазы радиосигнала в процессе распространения.

Ключевые слова: амплитудно-частотная характеристика, фазочастотная характеристика, дальность радиосвязи, ОНЧ-НЧ диапазон, напряженность электрического поля, множитель ослабления поля, скользящая земная волна, ферромагнитная рамочная антенна, коэффициент направленного действия, поляризационные потери, резонансные частоты, квазиоптимальный рабочий диапазон.

Summary

The article presents new analytical expressions for the amplitude-frequency and phase-frequency characteristics of the radio channel of data transmission of the VLF-LF band operating in the near zone of radio communication (up to 1000 km). These expressions allow us to determine the values of quasi-optimal operating frequencies at a given radio range and the nature of the phase change of the radio signal in the propagation process.

Keywords: the amplitude-frequency characteristics, phase-frequency characteristic, the radio range of the VLF-LF range, the electric field, the factor of the field weakening, moving ground wave, a ferromagnetic loop antenna, gain directional, polarization loss, resonant frequency, quasi-optimal working range.

Введение

Известно [1, 2], что в зависимости от расстояния r между радиопередающим устройством и точкой радиоприема сигнала различают три области формирования электромагнитного поля в диапазоне низких (НЧ) и очень низких частот (ОНЧ):

- ближняя область ($r \leq 1000$ км), для которой справедлива лучевая трактовка распространения волны и электромагнитное поле представляется в виде суммы полей земной волны и волн,

n-кратно отраженных от ионосферы (достаточно учитывать $n=15$);

● промежуточная область (1000 км ≤ r ≤ ≤ 2000 км), для которой справедлива только волноводная схема распространения, и электромагнитное поле формируется как основными модами магнитных волн (квази–ТН1 и квази–ТН2), составляющими напряженность магнитного поля Н, так и модами с более высокими номерами;

● дальняя зона (r>2000 км), где также справедлива волноводная схема распространения волны, но поле формируется только основными модами.

Известные методы расчета напряженности электрического поля в точке приема для радиоволн средних частот (СЧ) или гектометровых волн, НЧ (километровых) и ОНЧ (мириаметровых) волн ориентированы на учет волны, отраженной от ионосферы в ночное время и не учитывают особенности механизмов распространения радиоволн указанных диапазонов в дневное время и в ближней зоне [1, 2].

Постановка задачи

Передающая и приемная антенны расположены на поверхности Земли. Высота их поднятия h_1 и h_2 над поверхностью Земли $h_1<<\lambda$, $h_2<<\lambda$, где λ – длина волны. Для диапазонов длинных (километровых) и сверхдлинных (мириаметровых) волн эти условия выполняются всегда. При таком расположении антенн условие применимости отражательного механизма распространения радиоволн не выполняется, а известная интерференционная формула для расчета действующей напряженности электрического поля $E_д$ в точке приема даст неправильный результат [1]. Исходя из этого, следует сделать вывод о том, что при низко поднятых антеннах земная волна не может быть разделена на прямую (поверхностную) и отраженную от поверхности Земли. Надо понимать существование единой волны, распространяющейся (скользящей) вдоль земной поверхности.

Пусть в качестве излучателя волны используется вертикальный электрический вибратор WA_1 (штыревая антенна), установленный на земной поверхности (*рисунок 1*).

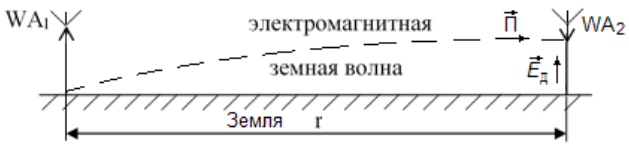


Рис. 1. Механизм распространения волны над земной поверхностью на дальности r≤1000 км

Требуется определить:

● напряженность электрического поля $E_д$ в точке приема на дальности r, где действует скользящая земная волна, с учетом параметров подстилающей поверхности: σ – проводимости, ε_r – относительной диэлектрической проницаемости;

● зависимость напряжения и фазы входного сигнала приемника от длины волны λ, расстояния r и параметров приемной антенны.

Решение задачи

Известно [1], что действующая напряженность электрического поля в точке приема определяется как

$$E_д = E_0|V(j\rho)|, \quad (1)$$

где E_0 – действующая напряженность электрического поля над идеально проводящей поверхностью ($\sigma_0=\infty$);

$|V(j\rho)|$ – модуль множителя ослабления поля, определяющий степень уменьшения напряженности поля над реальной Землей ($\sigma<<\sigma_0$) по сравнению с идеально проводящей поверхностью.

Значение E_0 равно $E_0 = \frac{\sqrt{60P_1G_1}}{r}$ (2)

и учитывает распределение излученной мощности P_1 только в верхнем полупространстве (плотность потока мощности возрастает в 2 раза, а напряженность электрического поля возрастает в $\sqrt{2}$ раз по сравнению с изотропным излучением в свободное сферическое пространство) и коэффициент усиления передающей антенны G_1.

Модуль $|V(j\rho)|$ определяется выражением [1]

$$|V(j\rho)| = \left|1 - j\sqrt{\pi\rho}e^{-\rho} - 2e^{-\rho}\sqrt{\rho}\int_0^{\sqrt{\rho}} e^{x^2}dx\right| = \sqrt{(1 - 2e^{-\rho}\sqrt{\rho}\int_0^{\sqrt{\rho}} e^{x^2}dx)^2 + (\sqrt{\pi\rho}e^{-\rho})^2}, \quad (3)$$

где $\rho = \frac{\pi r}{\lambda\sqrt{\varepsilon_r^2+(60\lambda\sigma)^2}}$.

Для ОНЧ-НЧ справедливо соотношение $60\lambda\sigma>>\varepsilon_r$ и значение $\rho \cong \frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}$.

В исследуемых диапазонах волн сильны атмосферные (грозовые разряды) и промышленные помехи (искровые разряды электрооборудования), а также помехи от других радиостанций (вещательные, навигационные) и слабы помехи, связанные с тепловыми шумами приемника и фидера. Поэтому с целью увеличения отношения сигнал/шум желательно применять приемные антенны, обладающие хорошим коэффициентом направленного действия (КНД), тогда как коэффициент полезного действия (КПД) антенно-фидерного устройства и согласованность сопротивлений антенны и нагрузки (вход радио-

приемника) существенного значения не имеют (всегда есть возможность повысить коэффициент усиления приемника). Однако применение антенн с высоким значением КНД из-за их больших размеров возможно только при профессиональном приеме в стационарных условиях, а для подвижных радиоприемников принципиально невозможно.

Поэтому основным видом приемной антенны является рамочная, в основе которой лежит магнитный диполь. Диаграмма направленности рамочной антенны должна иметь нули в направлении нормали к плоскости рамки, что позволяет отстроится от нежелательных станций. Однако при этом должны быть выполнены условия устранения антенного эффекта (не симметрирован вход приемника) [1].

Вблизи земли (если плоскость рамки вертикальна) действующая длина (высота) удваивается из-за влияния зеркального изображения и равна [1]:

$$h_д = \frac{4\pi}{\lambda} nS\mu_{эф}, \quad (4)$$

где S – площадь рамки;

n – число витков рамки;

$\mu_{эф}$ – эффективная магнитная проницаемость, которая зависит от относительной магнитной проницаемости μ_r материала сердечника (для ферромагнетиков μ_r=20…1000) и от его формы [1]. Например, если отношение длины сердечника l к его диаметру d выбрать равным $\frac{l}{d}=20$, а μ_r=400, то значение $\mu_{эф}$=150 [1].

Известны различные конструкции рамочных магнитных антенн [1]:

- перпендикулярно расположенные сердечники с витками провода, которые позволяют получить близкую к круговой диаграмму направленности в горизонтальной плоскости (очень важно для подвижных средств радиосвязи, так как не требуется настройка приемной антенны в пространстве);
- рамочные антенны совместно с вертикальным несимметричным вибратором, что позволяет получить однонаправленную диаграмму направленности типа кардиоиды с управляемым положением максимума диаграммы направленности;
- рамочные антенны с настроечным конденсатором, подключенным параллельно к антенне;
- пользуют гониометр для настройки неподвижной антенны на максимум диаграммы направленности.

Необходимо иметь ввиду, что из-за конечной

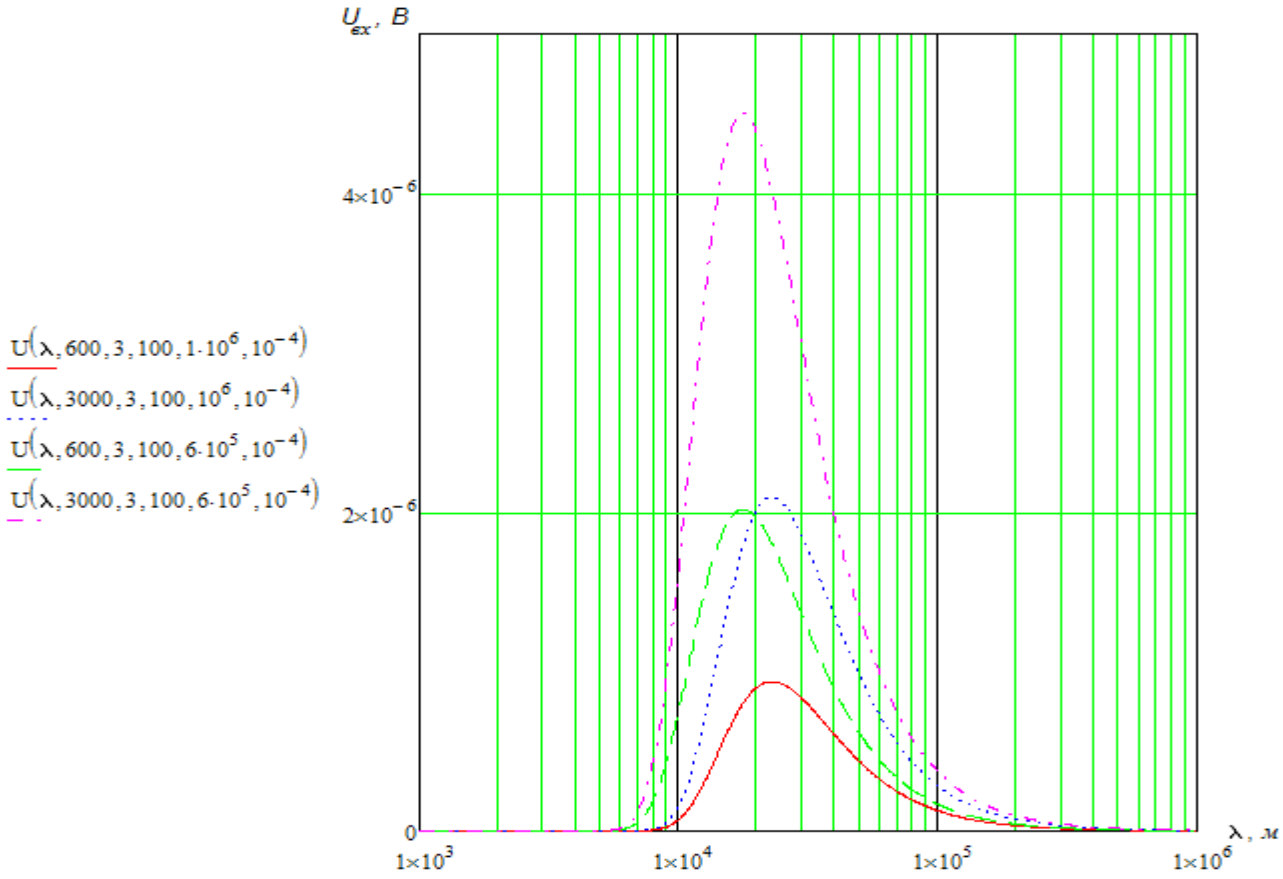


Рис. 2. Графики зависимости $U_{вх}$= | $f(\lambda)$ |

проводимости почвы (подстилающей поверхности) вектор Умова-Пойнтинга ($\vec{\Pi}$) вертикально поляризованной земной волны (вектор напряженности электрического поля $\vec{E}$ в идеале вертикален), излучаемый передающей антенной, не параллелен поверхности Земли, а составляет некоторый угол φ. Вследствие наклона вектора $\vec{\Pi}$ появляется вертикальная составляющая вектора E_v, равная

$$E_v = E\sin\varphi, \quad (5)$$

которая наводит ЭДС в витках (рамках) антенны WA_2.

Так как множитель ослабления напряженности электрического поля $V(j\rho)$ является комплексной величиной, то необходимо определить поляризационные потери, вызванные углом φ, равным

$$\varphi = arctg\frac{-\sqrt{\pi\rho}e^{-\rho}}{1-2e^{-\rho}\sqrt{\rho}\int_0^{\sqrt{\rho}}e^{x^2}dx}. \quad (6)$$

Тогда вертикальная составляющая действующей напряженности электрического поля будет определяться как

$$E_д = \frac{\sqrt{60P_1G_1}}{r}\sqrt{\left(1-2e^{-\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}\sqrt{\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}\int_0^{\sqrt{\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}}e^{x^2}dx\right)^2+\left(\pi\sqrt{\frac{r}{60\lambda^2\sigma}}e^{-\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}\right)^2}\times$$

$$\sin\left(arctg\frac{-\sqrt{\pi\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}e^{-\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}}{1-2e^{-\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}\sqrt{\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}\int_0^{\sqrt{\frac{\pi r}{60\lambda^2\sigma}}}e^{x^2}dx}\right). \quad (7)$$

В свою очередь действующее напряжение сигнала на входе радиоприемника определяется как

$$U_д = E_д * h_д. \quad (8)$$

Учитывая, что основной приемной антенной для диапазонов мириаметровых и километровых волн является ферромагнитная рамочная антенна, необходимо установить взаимосвязь

$$U_{вх}=f(\lambda)$$

при постоянных значениях P_1, G_1, r, σ и постоянных параметрах приемной магнитной антенны S, n, $\mu_{эф}$.

Зададимся значениями P_1=600 Вт и 3000 Вт, G_1=3, $k=4\pi\times n\times S\times \mu_{эф}=100$, $\sigma=10^{-4}$ См/м и исследуем зависимость $U_{вх}=f(\lambda)$ на различных дальностях r=600 км и r=1000 км.

Графики зависимости $U_{вх}=f(\lambda)$ представлены на *рисунке 2*.

Анализ графиков позволяет установить резонансный характер изменения $U_{вх}=|f(\lambda)|$ при постоянных параметрах P_1, G_1, k, r, σ, т.е. получить амплитудно-частотную характеристику радиолинии ОНЧ-НЧ.

Более подробные численные оценки $U_{вх}=|f(\lambda)|$ представлены в *таблице 1*.

Анализ *таблицы 1* позволяет сделать важные выводы:

- радиолиния представляет резонансную систему, в которой существуют резонансные частоты, где значение $U_{вх}$ достигает максимального значения:

- для P_1=600 Вт, r=600 км значение резонансной длины волны $\lambda_р$=17989 м, а при r=1000 км значение $\lambda_р$=23174 м;

- для P_1=3000 Вт, r=600 км значение резонансной длины волны $\lambda_р$=17783 м, а при r=1000 км значение $\lambda_р$=22909 м;

- существует полоса пропускания радиолинии, в которой значение $U_{вх}$ не снижается ниже допустимого уровня: если допустимое значение $U_{вх}$ установить в пределах $U_{вх} \cong 10^{-6}$ В (что соответствует чувствительности реальных радиоприемников), то:

- для P_1=600 Вт, r=600 км значение полосы пропускания будет определяться разностью 36728 м–10839 м (квазиоптимальный рабочий диапазон);

- для P_1=3000 Вт, r=600 км квазиоптимальный рабочий диапазон равен 58884 м–9120,1 м; а при r=1000 км квазиоптимальный рабочий диапазон равен 48417 м–13084 м.

- при P_1=*const*, λ=*const* с увеличением r значение $U_{вх}$ уменьшается;

Таблица 1

Зависимость $U_{вх}=|f(\lambda)|$ для заданных условий

r=600 км				r=1000 км			
P1=600 Вт		P1=3000 Вт		P1=600 Вт		P1=3000 Вт	
λ, м	Uвх, В	λ, м	Uвх, В	λ, м	Uвх, В	λ, м	Uвх, В
6166	$1{,}17\cdot10^{-8}$	5821	$1{,}07\cdot10^{-8}$	6998,4	$6{,}19\cdot10^{-10}$	10000	$1{,}59\cdot10^{-7}$
10000	$7{,}44\cdot10^{-7}$	6918,3	$1{,}13\cdot10^{-7}$	8035,3	$6{,}21\cdot10^{-9}$	12445	$6{,}55\cdot10^{-7}$
10839	$1{,}01\cdot10^{-6}$	9120,1	$1{,}06\cdot10^{-6}$	10000	$7{,}09\cdot10^{-8}$	13084	$1{,}00\cdot10^{-6}$
14125	$1{,}79\cdot10^{-6}$	12589	$3{,}35\cdot10^{-6}$	12445	$2{,}93\cdot10^{-7}$	20417	$2{,}04\cdot10^{-6}$
17783	$2{,}01\cdot10^{-6}$	17783	$4{,}51\cdot10^{-6}$	16032	$6{,}76\cdot10^{-7}$	22909	$2{,}09\cdot10^{-6}$
21878	$1{,}86\cdot10^{-6}$	20654	$4{,}32\cdot10^{-6}$	23174	$9{,}36\cdot10^{-7}$	27542	$1{,}97\cdot10^{-6}$
36728	$1{,}01\cdot10^{-6}$	30549	$2{,}94\cdot10^{-6}$	27542	$8{,}81\cdot10^{-7}$	30549	$1{,}82\cdot10^{-6}$
39811	$8{,}91\cdot10^{-7}$	58884	$1{,}01\cdot10^{-6}$	30549	$8{,}15\cdot10^{-7}$	48417	$1{,}02\cdot10^{-6}$
59566	$4{,}44\cdot10^{-7}$	77625	$6{,}06\cdot10^{-7}$	39811	$6{,}04\cdot10^{-7}$	69984	$5{,}47\cdot10^{-7}$
100000	$1{,}67\cdot10^{-7}$	100000	$3{,}73\cdot10^{-7}$	100000	$1{,}27\cdot10^{-7}$	100000	$2{,}83\cdot10^{-7}$

Таблица 2

Оценки $U_{вх}$ по формуле Остина

r=1000 км			
P1=0,6 кВт		P1=3 кВт	
λ , м	$U_{вх}$, В	λ , м	$U_{вх}$, В
1000	$9,95*10^{-6}$	1000	$2,25*10^{-5}$
6982,3	$3,73*10^{-6}$	6982,3	$8,35*10^{-6}$
8053,8	$3,56*10^{-6}$	8053,8	$7,17*10^{-6}$
10000	$2,84*10^{-6}$	10000	$6,34*10^{-6}$
16069	$1,93*10^{-6}$	16069	$4,31*10^{-6}$
20417	$1,57*10^{-6}$	20417	$3,51*10^{-6}$
39811	$8,69*10^{-7}$	39811	$1,94*10^{-6}$
100000	$3,69*10^{-7}$	100000	$8,96*10^{-7}$

● дальность радиосвязи можно увеличить не только увеличением P_1, но и правильным выбором рабочей длины волны.

Теперь сравним полученные результаты (*таблица 1*) с оценками $U_{вх}$ которые определяются по известной формуле Остина [1]

$$U_{вх} = \frac{0,3\,k}{r*\lambda*10^3}\sqrt{P_1 G_1}\sqrt{\frac{\Theta}{sin\Theta}}e^{-\frac{0,0014r}{\lambda^{0,6}}}, \text{ В/м} \quad (9)$$

где k=100;

P_1 – мощность радиопередатчика, кВт;

λ – длина волны, км;

r – дальность радиосвязи, км;

Θ=r/6370, рад.

Зададимся значениями P_1=600 Вт и 3000 Вт, r=1000 км, G_1=3 и получим следующие оценки (*таблица 2*).

Анализ *таблицы 2* показывает:

- при λ=1000 м наблюдается максимальная амплитуда входного сигнала, которая увеличивается с повышением мощности радиопередатчика P_1;

- при увеличении длины волны (λ>20417 м) уровень входного сигнала не достигает реальной чувствительности радиоприемника (10^{-6} В);

- на дальности радиосвязи r≤1000 км значения $U_{вх}$, рассчитанные по формуле Остина являются оптимистическими (т.е. завышенными), для практических расчетов нецелесообразно использовать данное выражение.

Фазочастотные характеристики радиолинии ОНЧ-НЧ представлены на графиках (*рисунки 3-5*) и в *таблице 3* (λ, км; φ, рад).

Анализ графиков впервые позволяет установить скачок фазы передаваемого сигнала в процессе распространения. При этом фаза сигнала на скачке изменяется на π радиан на резонансной длине волны λ_p.

Более подробные численные оценки изменения фазы $\varphi=f(\lambda)$ представлены в *таблице 3*.

Анализ *таблицы 3* показывает:

● при r=*const*, σ=*const* изменение длины волны λ приводит к неоднозначному изменению фазы входного сигнала радиоприемника – фаза сигнала на резонансной длине волны λ_p изменяет знак (возникает скачок фазы входного сигнала на 180º (π радиан));

● при r=*const* с изменением проводимости σ скачок фазы входного сигнала происходит на другой длине волны; например, для r=150 км при $\sigma=10^{-4}$ См/м скачок фазы входного сигнала наблюдается на λ=9,55 км, при $\sigma=10^{-2}$ См/м скачок фазы соответствует λ≈1,00 км, а при

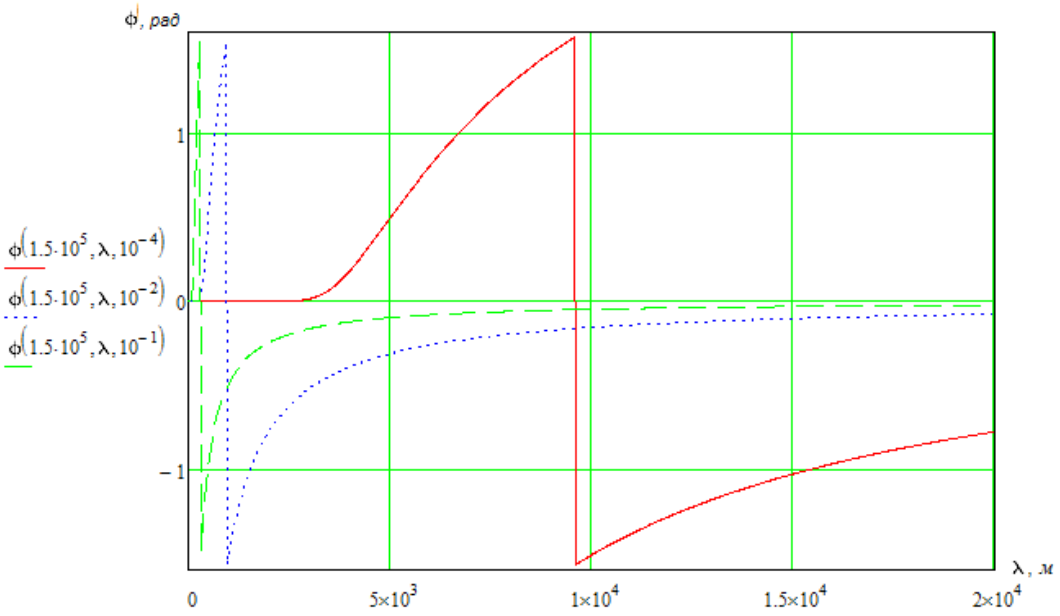


Рис. 3. Графики зависимости $\varphi=f(t)$ при r=150 км, σ=*var*

Таблица 3. Характер изменения фазы $\varphi=f(\lambda)$ *при* $r=const$, $\sigma=const$

r=150 км						r=600 км				r=1000 км			
$\sigma=10^{-4}$ См/м		$\sigma=10^{-2}$ См/м		σ=0,1 См/м		$\sigma=10^{-4}$ См/м		$\sigma=10^{-2}$ См/м		$\sigma=10^{-4}$ См/м		$\sigma=10^{-2}$ См/м	
λ	φ	λ	φ	λ	φ	λ	φ	λ	φ	λ	φ	λ	φ
3,5	0,07	0,9	1,49	0,2	0,97	5,9	0,01	0,5	0	5,9	5,6	0,71	0
6,7	1,00	1,0	-1,50	0,3	-1,54	6,8	0,05	1,1	0,67	8,7	0,05	0,81	-1,53
9,5	1,56	3,8	-0,41	0,7	-0,70	8,7	0,28	1,91	1,56	11,9	0,36	1,81	-0,70
9,6	-1,57	12,1	-0,13	1,4	-0,35	13,4	1,00	1,98	0	17,4	1,00	5,01	-0,26
15,4	-1,00	18,3	-0,09	3,8	-0,13	19,0	0	2,01	-1,51	24,7	1,57	11,9	-0,11
20	-0,78	30,9	-0,05	7,9	-0,06	19,1	1,57	7,91	-0,39	24,757	0	15,5	-0,08
30,9	-0,50	47,2	-0,03	12,1	-0,04	19,2	-1,57	19,0	-0,17	24,8	-1,57	24,7	-0,05
47,2	-0,33	80,0	-0,02	30,9	-0,016	30,9	-1,00	39,8	-0,08	39,9	-1,0	39,9	-0,03
80	-0,20	100,0	-0,01	80	-0,006	80	-0,39	80	-0,039	80	-0,51	80	-0,006
100	-0,16			100	-0,005	100	-0,31	100	-0,031	100	-0,41	100	-0,005

Таблица 4. Изменение фазы φ при $\lambda=const$

$\sigma=10^{-2}$ См/м									
λ, км	3	5	12,5	20	30	50	60	80	100
r=150 км	-0,52	-0,313	-0,126	-0,079	-0,052	-0,031	-0,026	-0,020	-0,016
r=600 км	-1,03	-0,62	-0,25	-0,157	-0,105	-0,063	-0,052	-0,040	-0,031
r=1000 км	-1,31	-0,802	-0,324	-0,203	-0,135	-0,081	-0,068	-0,051	-0,041
$\sigma=10^{-4}$ См/м									
λ, км	3	5	12,5	20	30	50	60	80	100
r=150 км	0,0122	0,495	-1,23	-0,78	-0,52	-0,314	-0,262	-0,196	-0,157
r=600 км	0	0	0,87	-1,499	-1,023	-0,623	-0,519	-0,390	-0,314
r=1000 км	0	0	0,43	1,257	-1,320	-0,801	-0,669	-0,503	-0,405
σ = 0,1 См/м									
λ, км	3	5	12,5	20	30	50	60	80	100
r=150 км	-0,164	-0,099	-0,039	-0,025	-0,016	-0,01	-0,010	-0,006	-0,005
r=600 км	-0,328	-0,198	-0,080	-0,050	-0,033	-0,020	-0,016	-0,012	-0,010
r=1000 км	-0,428	-0,256	-0,103	-0,064	-0,042	-0,026	-0,021	-0,016	-0,013

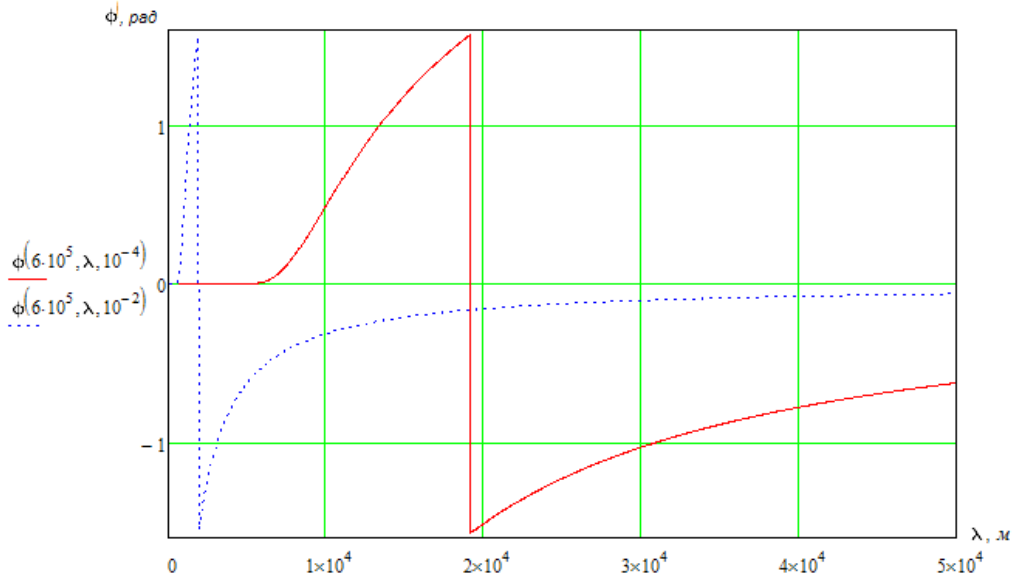


Рис. 4. График зависимости $\varphi=f(t)$ при r=600 км, $\sigma=var$

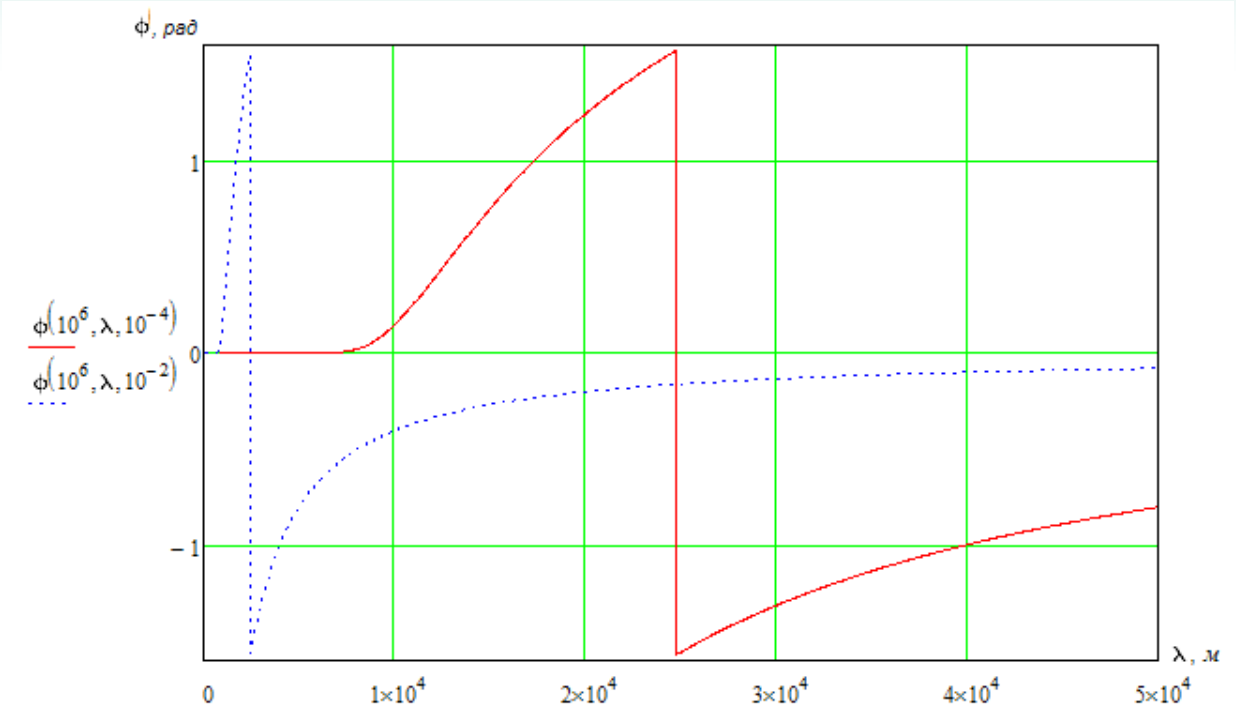


Рис. 5. График зависимости $\varphi=f(t)$ при $r=1000$ км, $\sigma=var$

$\sigma=0{,}1$ См/м значение $\lambda\approx0{,}25$ км ($\sigma=10^{-4}$ См/м соответствует сухой почве, $\sigma=10^{-2}$ См/м – влажной почве, $\sigma=0{,}1$ См/м – льду с температурой $t=10$ С);

● увеличение дальности радиосвязи r при $\sigma=const$, $\lambda=const$ вызывает изменение фазы входного сигнала; например, при $r=150$ км для $\lambda\approx20$ км, $\sigma=10^{-2}$ См/м значение $\varphi=-0{,}086$ рад; при $r=600$ км $\sigma=10^{-2}$ См/м значение $\varphi=0{,}165$ рад.

Последнее свойство требует более внимательного исследования, так как радиопередатчик работает на некоторой фиксированной частоте ($\lambda=const$) в определенный момент времени, а радиоприемники могут находиться на различных удалениях ($r=var$). Изменения фазы входного сигнала за счет распространения в этом случае показаны в *таблице 4*.

Анализ *таблицы 4* показывает:

● при $\sigma=const$, $\lambda=const$ изменение (увеличение) дальности радиосвязи вызывает неоднозначное изменение фазы входного сигнала радиоприемника;

● при $\sigma=10^{-2}$ См/м для $r=150$ км, 600 км и 1000 км фаза имеет отрицательное значение, которое уменьшается с увеличением λ;

● наибольшая разность фаз наблюдается при $\lambda=3$ км, т.е. фаза входного сигнала на $r=150$ км отличается от фазы входного сигнала на $r=600$ км на 1,55 рад, а от фазы входного сигнала на $r=1000$ км на 0,79 рад;

● зменение σ также существенно влияет на фазу входного сигнала: при $\sigma=10^{-4}$ См/м фаза входного сигнала изменяет знак на противоположный: для $r=150$ км это происходит при $\lambda>5$ км; для $r=600$ км – при $\lambda>12{,}5$ км; для $r=1000$ км – при $\lambda>20$ км.

Таким образом, установлено, что для волн ОНЧ-НЧ диапазонов существует сложная частотная и фазовая зависимость входного сигнала радиоприемника от дальности радиосвязи и проводимости подстилающей поверхности (земной поверхности).

Изменение фазы входного сигнала в зависимости от дальности радиосвязи и проводимости земной поверхности позволяет сделать вывод, что на расстояниях до 1000 километров использовать фазовую модуляцию нецелесообразно.

Известное выражение (формула Остина) для исследования частотных и фазовых характеристик радиоканала связи ОНЧ-НЧ диапазона на дальностях до 1000 километров использовать нельзя.

Литература

1. Ерохин Г.А., Чернов О.В., Козырев Н.Д., Кочержевский В.Д. Антенно-фидерные устройства и распространение радиоволн. М.: Горячая Линия - Телеком, 2007. 531 с.

2. Черенкова Е.Л., Чернышев О.В. Распространение радиоволн. Учебник для вузов связи. М.: Радио и связь, 1984. 272 с.

УДК 519.21

МАРКОВСКИЕ И ПОЛУМАРКОВСКИЕ МОДЕЛИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ: ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

MARKOV AND SEMI-MARKOV MODELS OF COMPLEX SYSTEMS: ADVANTAGES AND DISADVANTAGES

Николай Михайлович Емелин
заслуженный деятель науки и техники РСФСР
доктор технических наук, профессор
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Госметодцентр»
Адрес: 117997, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(499)706-81-24

Аннотация
В статье проводится сравнительная оценка марковских и полумарковских моделей сложных систем. Анализируются достоинства и недостатки таких моделей, алгоритмов вычисления их основных характеристик.
Ключевые слова: марковские, полумарковские модели, оптимизация, сложные системы.

Summary
The article provides a comparative assessment of Markov and semi-Markov models of complex systems. The advantages and disadvantages of such models, algorithms for calculating their main characteristics are analyzed.
Keywords: Markov, semi-Markov models, optimization, complex systems.

В целом ряде работ показана целесообразность использования математического аппарата теории марковских процессов при исследовании сложных систем как технических [1-9], так и социальных [10-14], а также отмечается, что более точные модели можно получить, используя математический аппарат теории полумарковских процессов [15-19].

Давайте разберемся, почему же полумарковские модели точнее, в некотором смысле лучше, марковских?

Прежде всего отметим, что марковский процесс есть частный случай полумарковского, когда на независимые функции распределения времен пребывания в возможных состояниях моделируемого процесса наложены жесткие ограничения по их экспоненциальности (марковский процесс с непрерывным временем) или как другой крайний случай – по их регулярности (марковский процесс с дискретным временем).

Упрощаются ли от этих допущений вычисления основных характеристик этих процессов – вероятностей нахождения исследуемой системы во всех возможных состояниях? Для этого сравним методики определения этих вероятностей.

Процесс их определения начинается как для марковских, так и для полумарковских моделей с построения графовой модели исследуемой системы. И здесь очень важно учесть все существенные для решаемой задачи связи, выражаемые числом состояний и переходов в виде графа состояний и переходов, при этом не забывая, что чем точнее граф будет отражать реальный характер протекающих в исследуемой системе процессов, тем сложнее будет математическое описание модели.

Исходя из построенной графовой модели, определение вероятностей P_i нахождения рассматриваемой системы в i-х состояниях для полумарковского процесса сводится к следующему. Необходимо:

1. Определить независимые функции распределения $Q_{ij}(t)$ времен ожидания перехода из состояния i в состояние j.

Вид функции распределения $Q_{ij}(t)$ зависит от тех законов распределения, которыми мы будем аппроксимировать потоки, переводящие систему из состояния в состояние.

2. Определить переходные вероятности p_{ij}

$$P_{ij} = \int_0^\infty \prod_{k \neq j} [1 - Q_{ik}(t)] dQ_{ij}(t) \qquad (1)$$

3. Определить безусловные функции распределения времен пребывания в каждом состоянии $F_i(t)$

$$F_i(t) = 1 - \prod_j [1 - Q_{ij}(t)] \quad (2)$$

4. Определить безусловные времена пребывания в каждом состоянии μ_i

$$\mu_i = \int_0^\infty [1 - F_i(t)]dt \quad (3)$$

5. Определить вероятности ВМЦ нашего ПМП π_i из следующей системы уравнений с учетом нормировочного условия

$$\begin{cases} \pi_i = \sum_j \pi_j \cdot p_{ji}, \\ i = 1,2,...,n-1; \\ j = 1,2,...,n; \\ \sum_j \pi_j = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где n – число возможных состояний.

6. Определить среднюю длительность между переходами ПМП $\mu = \sum_j \pi_j \cdot \mu_j$ (5)

7. Определить вероятности состояний ПМП P_i

$$P_i = \frac{\pi_i \cdot \mu_i}{\sum_j \pi_j \cdot \mu_j} \quad (6)$$

Для определения же вероятностей $P_i(t)$ для марковского процесса (к примеру, с непрерывным временем) необходимо решить систему дифференциальных уравнений Колмогорова

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \cdot P_i(t) + \sum_{j=1}^{n} a_{ji} \cdot P_j(t), \quad (7)$$

где a_{ij} – интенсивность перехода системы из i-го состояния в j-ое.

В стационарном режиме ($t \to \infty$) дифференциальные уравнения превращаются в алгебраические, из которых с учетом нормировочного условия находятся вероятности P_i

$$\begin{cases} -\sum_{j=1}^{n} \grave{a}_{ij} \cdot P_i + \sum_{j=1}^{n} \grave{a}_{ji} \cdot P_j = 0; \\ i = 1,2,...,n-1; \\ \sum_{j-1}^{n} P_j = 1, \end{cases} \quad (8)$$

Как мы видим, поведение системы, описываемое системами уравнений (7) или (8), характеризуется интенсивностями переходов a_{ij}, которые вычисляются как

$$a_{ij} = \frac{P_{ij}}{\mu_i}, \quad (9)$$

т.е. необходимо знать p_{ij} и μ_i, впрочем, как и в полумарковских моделях.

Заметим, что определение a_{ij} необходимо и при вычислении независимых функций распределения $Q_{ij}(t)$ полумарковского процесса по формуле (1) для случая их экспоненциальности.

И это еще не все. Вот ведь какой вывод из анализа формулы (6) был сделан в работе [17]: вероятности состояний полумарковского процесса зависят только от математических ожиданий μ_i и не зависят от вида функций распределения $F_i(t)$. Другими словами, вероятности P_i, полученные с помощью полумарковских моделей не будут отличаться от марковских при замене реальных функций распределения экспоненциальными при равенстве математических ожиданий.

Но при этом надо помнить, что показатели, зависящие от вторых моментов, будут существенно отличаться. Поэтому можно сказать, что замена полумарковских моделей на марковские является лишь приближением с точностью до первых моментов.

Отметим, что достаточно трудоемким является исследование переходных процессов в полумарковских моделях: требуется решение интегродифференциальных уравнений, в то время как в марковских моделях – всего лишь дифференциальных уравнений (8).

Несомненным достоинством марковских и полумарковских моделей является наличие мощных алгоритмов оптимизации их параметров, не требующих аналитических выражений целевой функции: модифицированные алгоритмы Р.Ховарда для марковских моделей сложных систем [6] и Джевелла-Ховарда для полумарковских моделей [16,17].

Но надо иметь ввиду, что не все так просто, как может показаться, в применении полумарковских и более простых марковских моделей: это особенности вычисления переходных вероятностей, интенсивностей переходов, в частности, зависящих от одних и тех же оптимизируемых параметров, доходов (затрат) для конкретной рассматриваемой системы и ряд других.

Литература

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. М: Радио и связь, 1983. 416 с.
2. Тараканов К.В., Овчаров Л.А., Тырышкин А.Н. Аналитические методы исследования систем. М: «Сов.радио», 1974. 240 с.
3. Касаткин А.С. Эффективность автоматизированных систем контроля. М: «Энергия», 1975. 88 с.
4. Груничев А.С., Долгов В.А., Елисеев В.И., Цветков А.Г. Оценка эффективности технических мероприятий по обеспечению надежности радиоэлектронной аппаратуры. М: Сов. радио, 1976. 136 с.
5. Цимбал В.А. Информационный обмен в сетях передачи данных. Марковский подход. М: Вузовская книга, 2014. 144 с.

6. Емелин Н.М. Надежность ракетно-космических комплексов. М: Интерфизика, 2007. 232 с.
7. Емелин Н.М. Марковские модели – простота и изящество // Известия Института инженерной физики, 2015. №2 (35). С.47-51.
8. Емелин Н.М. Анализ и синтез систем обеспечения надежности информационно-управляющих систем (марковский подход) // Известия Института инженерной физики, 2015. №4(38). С.3-9.
9. Emelin N. and Pyankov V. Interconnected Markov Models of Dissimilar Processes of Operation of Complex Technical Systems in Long-Term Autonomous Functioning Contemporary Engineering Sciences, Vol. 9, 2016, №5. P.225-235
10. Володина Е.Д. Методика итеративного управления формированием в высшей школе кадрового потенциала науки // Известия Института инженерной физики, 2014. №3 (33). С.93-100.
11. Тараброва И.Н. Модели и алгоритмы воспроизводства научных кадров высшей школы // Известия Института инженерной физики, 2014. №4 (34). С.106-114.
12. Шведова Е.А. Марковские модели мониторинга аналитических ведомственных целевых программ // Информатизация образования и науки, 2010. №4(8). С.133-141.
13. Язык схем радикалов: методы и алгоритмы // Сер.Библиотека журнала «Нейрокомпьютеры: разработка, применение», 2008. №7. С.88-91.
14. Блаженков В.В., Морозов С.В. Марковская модель жизненного цикла профессиональной подготовки и деятельности специалиста // Известия Института инженерной физики, 2011. № 3(21). С.79-81.
15. Королюк В.С., Турбин А.Ф. Полумарковские процессы и их приложения. Киев: Наукова думка, 1976. 184 с.
16. Блаженков В.В. Введение в прикладную теорию полумарковских моделей эксплуатации сложных систем. М: МО СССР, 1979. 72 с.
17. Беркетов Г.А., Блаженков В.В., Кравец Л.И., Оселедец В.И. Современные математические методы анализа и синтеза сложных систем. М: МО СССР, 1984. 400 с.
18. Лукоянов В.А. Полумарковские процессы в планировании и управлении эксплуатацией средств связи и АСУ. М: МО СССР, 1980. 64 с.
19. Токаренко Г.С. Корректировка программы поддержания вооружения в готовности к применению. М: МО СССР, 1987. 44 с.





УДК 621.31

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ СИСТЕМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ *VisSim* ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА, РАБОТАЮЩЕГО ПРИ СКАЛЯРНОМ УПРАВЛЕНИИ В ПОВТОРНО-КРАТКОВРЕМЕННОМ НОМИНАЛЬНОМ РЕЖИМЕ С ЧАСТЫМИ ПУСКАМИ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОРМОЖЕНИЕМ

ABOUT USING THE SIMULATION SYSTEM *VisSim* FOR THE INVESTIGATION OF THE ELECTRIC DRIVE, WORKING UNDER SCALAR CONTROL IN REPEATLY-SHORT-TERM NOMINAL MODE WITH FREQUENT STARTS AND ELECTRIC BRAKING

Александр Александрович Евсиков
кандидат технических наук
директор филиала «Протвино»
Государственного университета «Дубна»
Адрес: 142281, Московская обл.,
г. Протвино, Северный проезд, д. 9
Тел. +7(4967)31-01-91
E-mail: eaa@uni-protvino.ru

Анатолий Петрович Леонов
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
заместитель директора по учебной и
научной работе филиала «Протвино»
Государственного университета «Дубна»
Адрес: 142281, Московская обл.,
г. Протвино, Северный проезд, д. 9
Тел. +7(4967)31-01-92
E-mail: anatoli.leonov@gmail.com

Аннотация
С использованием системы моделирования *VisSim* для электропривода, работающего при скалярном управлении в режиме *S5*, разработаны: интерактивный алгоритм выбора трехфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором с программой расчета допустимого числа его включений; механодинамическая модель двигателя для определения его механических характеристик.
Ключевые слова: повторно-кратковременный номинальный режим с частыми пусками и электрическим торможением, скалярное управление, трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором.

Summary
With the use of the *VisSim* modeling system, there are designed for an electric drive operating with scalar control in the *S5* mode: interactive algorithm for selecting a three-phase a squirrel-cage asynchronous motor with a program for calculating the permissible number of its inclusions; mechanodynamic model of the motor for determining its mechanical characteristics.
Keywords: repeatly-short-term nominal mode with frequent starts and electric braking, scalar control, three-phase a squirrel-cage asynchronous motor.

Введение

Повторно-кратковременный номинальный режим работы с частыми пусками и электрическим торможением (режим *S5*) широко используется в приводах металлорежущих станков, прокатных станов, вспомогательных механизмов и другого оборудования, когда по условиям технологического процесса возникает необходимость в большой частоте включений двигателей (до 600 и более включений в час) [10].

Режим *S5* представляет собой последовательность одинаковых рабочих циклов электродвигателя продолжительностью $t_ц$ (*рисунок 1*).

Исследование привода выполним для наиболее распространенного случая с постоянным моментом сопротивления нагрузки $M_c \approx const$. Каждый из рабочих циклов состоит из следующих периодов [1, 8]:

1. Пуск (при продолжительности $t_п$ и моменте двигателя $M_{дв}=M_п$, где пусковой момент $M_п=M_c+J\cdot d\omega_н/dt$; M_c, J, $\omega_н$ – приведенные к валу двигателя соответственно моменты сопротивления и инерции электромеханической части привода, угловая скорость нагрузки).

2. Работа в установившемся режиме с постоянной нагрузкой (при продолжительности $t_{уст}$,

$\omega_н=\omega_{уст}$ и $M_{дв}=M_{уст}=M_c$).

3. Электрическое торможение (при продолжительности t_m и моменте двигателя $M_m=M_c-J\cdot d\omega_н/dt$).

4. Пауза продолжительностью t_0, за время которой скорость $\omega_н$ уменьшается до нуля, а температура двигателя $\theta_{дв}$ уменьшается до величины $\theta_{min}>\theta_{ос}$, где $\theta_{ос}$ –температура окружающей среды.

Продолжительность включения двигателя

$$ПВ=[(t_п+t_{уст}+t_m)/t_ц]\cdot 100\%.$$

В соответствии с ГОСТ183 нормированные значения ПВ=15;25;40;60%.

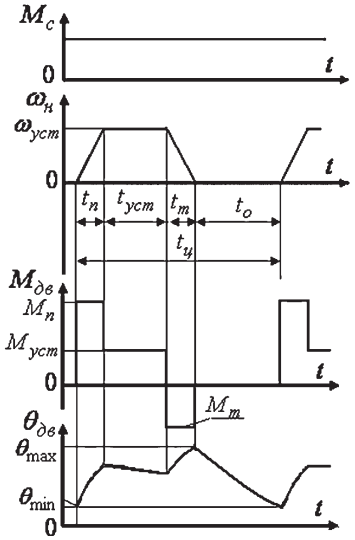


Рис. 1. Временные диаграммы работы электропривода в режиме *S5*

Продолжительность цикла $t_ц$ недостаточна для достижения теплового равновесия. Среднее превышение температуры двигателя $\tau_{ср}=\theta_{max}-\theta_{ос}$ достигается при большом числе рабочих циклов.

Под допустимой частотой $h_{доп}$ будем понимать такое число включений в час, при котором двигатель полностью используется по нагреву, то есть среднее превышение температуры двигателя $\tau_{ср}=\tau_{доп}$, где $\tau_{доп}$ – допустимый (нормативный) перегрев двигателя, определяемый классом его изоляции [9].

В современном автоматизированном производстве широко используются электроприводы на базе трехфазных асинхронных двигателей (АД) с короткозамкнутым (кз) ротором при их скалярном управлении от преобразователей частоты (ПЧ) со звеном постоянного тока [2, 4, 9].

Целью работы является разработка в системе математического моделирования *VisSim* [3, 7]:

1. Интерактивного алгоритма выбора трехфазного АД с кз ротором для режима *S5* с программой расчета $h_{доп}$.

2. Механодинамической модели АД при скалярном управлении.

1. Разработка интерактивного алгоритма выбора типа трехфазного АД с кз ротором для режима *S5*

Для использования в режиме *S5* рекомендуются *специальные двигатели переменного тока*, предназначенные для работы в повторно-кратковременном режиме *S3* [6, 8]. Особенности этих двигателей: пониженная величина момента инерции ротора; большой пусковой момент при сравнительно небольших пусковых токах; повышенная перегрузочная способность.

При отсутствии значительных нагрузок возможно применение в режиме *S5* АД общепромышленного назначения для продолжительного режима работы *S1*. Однако использование таких двигателей в режиме *S5* приводит к снижению надежности электропривода и его энергетических показателей. Это объясняется тем, что по сравнению со специальными двигателями АД для продолжительного режима имеют меньшие значения перегрузочной способности и пускового момента, больший момент инерции ротора, меньший диаметр вала и меньший ресурс подшипников [6, 8].

В режиме *S5* существенное влияние на перегрев двигателя оказывают переходные режимы, связанные с его частыми пусками и электрическим торможением, в переходных режимах значения токов в обмотках трехфазных АД с кз ротором превышают номинальные в 5–7 раз [6].

1.1. Выбор АД с использованием системы моделирования *VisSim*

Выбор АД для режима *S5* затрудняется тем, что точная нагрузочная диаграмма для этого режима (*рисунок 1*) предварительно не может быть рассчитана, так как потери в переходных режимах могут быть точно определены только с учетом момента инерции ротора двигателя. Поэтому сначала выполняется предварительный выбор АД, а затем по уточненной нагрузочной диаграмме – окончательный выбор.

Интерактивный алгоритм выбора типа АД в системе моделирования *VisSim* представлен на *рисунке 2*.

На этапе предварительного выбора АД в блок исходных данных пользователь заносит заданные в нагрузочной диаграмме параметры электропривода: M_c, J, $\omega_н$, $\omega_{уст}$, $t_п$, $t_{уст}$, t_m, $t_ц$.

Затем пользователь запускает программу расчета требуемой мощности двигателя $P_{тр}$, значение которой вычисляется без учета момента инерции ротора АД в следующем порядке [8]:

1. Расчет пускового момента $M_п$ на участке разгона (*рисунок 1*)

$$M_п=J\,\omega_{уст}/t_п+M_c \qquad (1)$$

2. Расчет тормозного момента $M_т$ на участке торможения (*рис.1*)

$$M_т = M_с - J \cdot \omega_{уст} / t_т \quad (2)$$

3. Определение эквивалентного момента нагрузки $M_{экв}$

$$M_{экв} = \sqrt{\frac{M_n^2 t_n + M_c^2 t_{уст} + M_т^2 t_т}{t_n + t_{уст} + t_т}} \quad (3)$$

4. Расчет эквивалентной мощности двигателя

$$P_{экв} = M_{экв}\, \omega_{уст} \text{ или } P_{экв} = 0.105 M_{экв} \cdot n_{уст} \quad (4)$$

5. Определение относительной продолжительности рабочего периода

$$ПВ_р = [(t_n + t_{уст} + t_т)/t_ц] \cdot 100\% \quad (5)$$

6. Вычисление требуемой мощности $P_{тр}$ с учетом коэффициента запаса $k_з = 1.1 \div 1.3$ при $ПВ_р = 40\%$

$$P_{тр} = k_з \cdot P_{экв} \cdot \sqrt{ПВ_р / 40} \quad (6)$$

Если допустимо применение в режиме *S5* двигателей общепромышленного назначения для продолжительного режима работы *S1*, то ориентировочное значение требуемой мощности двигателя $P_{тр}$ выбирается из условия

$$P_{тр} = k_з \cdot P_{экв} \cdot \sqrt{ПВ_р / 40}$$

Значение $P_{тр}$ выводится на экран монитора и пользователь выбирает трехфазный АД с кз ротором, имеющий номинальную мощность $P_{ном} \geq P_{тр}$ и номинальную частоту вращения $n_{ном} \geq n_{уст}$.

Параметры выбранного двигателя заносятся пользователем в блок исходных данных программы его окончательного выбора.

По команде пользователя с учетом величины момента инерции ротора $J_{дв}$ определяются [8]:

- среднее значение момента двигателя при пуске

$$M_{n\,ср} = (J + J_{дв}) \cdot \omega_{уст} / t_n + M_c \quad (7)$$

- среднее значение момента двигателя при торможении

$$M_{т\,ср} = M_c - (J + J_{дв}) \cdot \omega_{уст} / t_т \quad (8)$$

- уточненные значения эквивалентного момента

$$M_{экв\,ут} = \sqrt{\frac{M_{n\,ср}^2 t_n + M_c^2 t_{уст} + M_{т\,ср}^2 t_т}{t_n + t_{уст} + t_т}} \quad (9)$$

и эквивалентной мощности

$$P_{экв\,ут} = M_{экв\,ут} \cdot \omega_{уст} \text{ или } P_{экв\,ут} = 0.105 M_{экв\,ут} \cdot n_{уст} \quad (10)$$

Уточненное значение требуемой мощности двигателя

$$P_{тр\,ут} = P_{экв\,ут} \cdot \sqrt{ПВ_р / 40} \quad (11)$$

Для предварительно выбираемого АД проверяется выполнение условия

$$P_{ном} \geq P_{тр\,ут} \quad (12)$$

Если условие (12) не соблюдается, то выводится соответствующее сообщение и пользователю предлагается: выбрать более мощный двигатель; занести его параметры в блок исходных данных программы окончательного выбора двигателя; дать команду на выполнение этой программы.

Если условие (12) выполняется, то осуществляются проверки правильности выбора АД:

1. По условиям пуска

$$0.8 M_{n\,ад} \geq M_c \quad (13)$$

где $M_{n\,ад}$ – справочное значение пускового момента двигателя

2. На перегрузочную способность при работе на максимальную нагрузку

$$0.8 M_{kr} \geq M_{n\,ср} \quad (14)$$

Проверка осуществляется для наихудшего случая, когда напряжение питания обмотки статора имеет наименьшую разрешенную величину, равную 0.9 от номинальной ($0.9 U_{ном}$). Учитывая, что момент АД пропорционален квадрату питающего напряжения [5], в выражения (13) и (14) вводится множитель 0.8. Если хотя бы одно из условий (13) или (14) не выполняется, то выводится сообщение и предлагается осуществить выбор нового двигателя. Если условия (13) и (14) выполнены, то производится расчет $h_{доп}$.

1.2. Определение допустимого числа включений двигателя при частотном управлении

При установившейся температуре двигателя рассеиваемая в окружающую среду энергия равна выделяемым в двигателе потерям энергии за цикл. Потери энергии за цикл включают в себя потери энергии в переходных режимах пуска t_n, торможения $t_т$ и в установившемся режиме $t_{уст}$.

По критерию значений потерь мощности и энергии частотный способ регулирования скорости АД относится к экономичному, характеризующемуся малыми потерями [5].

Для выбранного АД допустимое число включений в час [10]

$$h_{доп} \approx 3600 \cdot \frac{(\Delta P_{ном} - \Delta P) \cdot \varepsilon + \beta \Delta P_{ном} (1 - \varepsilon)}{\Delta W_n + \Delta W_т} \quad (15)$$

Величину $h_{доп}$ определяют следующие параметры:

1. Номинальные потери мощности

$$\Delta P_{ном}[Вт] = P_{ном}(1 - \eta_{ном}) \Big/ \eta_{ном} \quad (16)$$

где $\eta_{ном}$ – номинальный кпд АД.

2. Потери мощности ΔP в двигателе в установившемся режиме. Они подразделяются на постоянные K и переменные V потери

$$\Delta P[Вт] = K + V \quad (17)$$

Под постоянными потерями K подразумеваются потери в стали магнитопровода, механические потери от трения в подшипниках и вентиляционные потери. Поскольку они изменяются незначительно, то принимаем их неизменными и равными разности между номинальными постоянными и переменными потерями [9].

$$K[Bm] = \Delta P_{ном} - V_{ном} = \Delta P_{ном} - M_{ном}\omega_0 s_{ном}(R_1/R_2' + 1) \quad (18)$$

где $M_{ном}$ – номинальный момент двигателя;
$\omega_0 = 2nf/p$ – угловая скорость холостого хода (f – частота напряжения питания, p – число пар полюсов АД);
$s_{ном}$ – номинальное скольжение; активное фазное сопротивление обмотки статора.

$$R_1[Ом] = [(3U_{1ф}^2/2\omega_0 M_{kr})^2 - X_{к.з.}^2]/(3U_{1ф}^2/\omega_0 M_{kr}) \quad (19)$$

$$X_{к.з.} = U_{1ф}/I_{1ном}\cos\varphi_{ном}(\lambda_м + \sqrt{\lambda_м^2 - 1}) \quad (20)$$

где $U_{1ф} = 220$ В;
$I_{1ном}$ – номинальный ток в обмотке статора;
$\varphi_{ном}$ – номинальный угол сдвига по фазе между током и напряжением в обмотке статора;
$\lambda_м = M_{kr}/M_{ном}$ – кратность максимального момента.

Приведенное к обмотке статора фазное сопротивление обмотки ротора

$$R_2' = M_{ном}\omega_0 s_{ном}/3I_{1ном}^2\cos^2\varphi_{ном} \quad (21)$$

Полные переменные потери в установившемся режиме [10]

$$V = M_c\omega_o s\cdot(R_1/R_2' + 1) \quad (22)$$

Поскольку при частотном управлении величина скольжения s постоянна и не зависит от скорости ω_0 скалярное управление энергетически эффективно, в том числе, при регулировании на малых оборотах.

3. Относительная продолжительность включения

$$\varepsilon = (t_n + t_{уст} + t_m)/(t_n + t_{уст} + t_m + t_o) \quad (23)$$

4. β – коэффициент, учитывающий ухудшение условий охлаждения двигателей с самовентиляцией при уменьшении частоты вращения [8].

5. Полные потери энергии в переходных режимах.

На практике при частотном управлении реализуется плавное изменение частоты и амплитуды управляющего напряжения с помощью ПЧ, что существенно сокращает потери энергии в переходных процессах. В общем случае расчет потерь энергии в системе «ПЧ–АД» требует решения сложных нелинейных дифференциальных уравнений. При разработке программы расчета $h_{доп}$ остановимся на часто встречающемся на практике случае, когда выполняются два условия [5]:

- линейное изменение скорости холостого хода

$$\omega_0 = \omega_{0нач} \pm \varepsilon t,$$

где ε – темп изменения ω_0 (при пуске $\varepsilon = \omega_{уст}/t_n$, при торможении $\varepsilon = \omega_{уст}/t_m$);

- $t_n >> T_м$ и $t_m >> T_м$, где электромеханическая постоянная времени $T_м = J\omega_0/M_n$.

Тогда полные потери энергии ΔW_n при пуске

$$\Delta W_n = \Delta W_K + \Delta W_V = K\cdot t_n + [\frac{J\omega_0^2}{2}\cdot(1 + \frac{R_1}{R_2'})\cdot(1 - s^2)\cdot\frac{M_{ncp}}{M_{ncp} - M_c}]\cdot 2\frac{T_м}{t_n} \quad (24)$$

где скорость ω_0 определяется при частоте управляющего напряжения, обеспечивающего скорость $\omega_н = \omega_{уст}$.

Полные потери энергии ΔW_m при торможении

$$\Delta W_m = K\cdot t_m + [\frac{J\omega_o^2}{2}\cdot(1 + \frac{R_1}{R_2'})\cdot(1 - s^2)\cdot\frac{M_{mcp}}{M_{mcp} + M_c}]\cdot 2\frac{T_м}{t_m} \quad (25)$$

2. Разработка механодинамической модели трехфазного АД с кз ротором при скалярном управлении

Исходные требования к разрабатываемой модели:

1. Структура модели должна быть достаточно простой, чтобы при ее использовании не возникали трудности в восприятии смысла моделируемого процесса.

2. Используемые при моделировании параметры двигателя должны быть доступны для пользователя, в том числе, в отечественных справочниках.

Механодинамическая модель трехфазного АД с кз ротором состоит из трех субмодулей (*рисунок 3*). В субмодуль 1 заносятся исходные параметры АД и механической части привода. Расчет промежуточных параметров, необходимых для построения механической характеристики двигателя

$$n[об/мин] = f(M_{дв}[Нм]),$$

выполняется в субмодуле 2. Значения вращающего момента $M_{дв}$ и частоты вращения n вала АД рассчитываются в субмодуле 3. Для расчета $M_{дв}$ используем модифицированную под скалярное управление формулу Клосса [11].

$$M_{дв} = 2M_{kr}\cdot(U/U_{ном})^2\cdot(f/f_{ном})/[(s/s_{kr})^2 + (s_{kr}/s)^2] \quad (26)$$

где U, $U_{ном}$ – соответственно текущее и номинальное значения напряжения на обмотке статора при регулировании угловой скорости АД;
f, $f_{ном}$ – соответственно текущее и номинальное значения частоты напряжения на обмотке статора;
s – скольжение, соответствующее текущему значению $M_{дв}$;
s_{kr} – скольжение, соответствующее критическому моменту M_{kr}.

По рассчитанному значению $M_{дв}$, заданной величине M_c и знаку скорости вращения вычисляются величина вращающего момента M_{vr}, ускорение ε ротора двигателя и частота вращения n (*рисунок 3*).

С использованием данной модели получены механические характеристики АД типа АИР90L4 (*рисунок 4*).

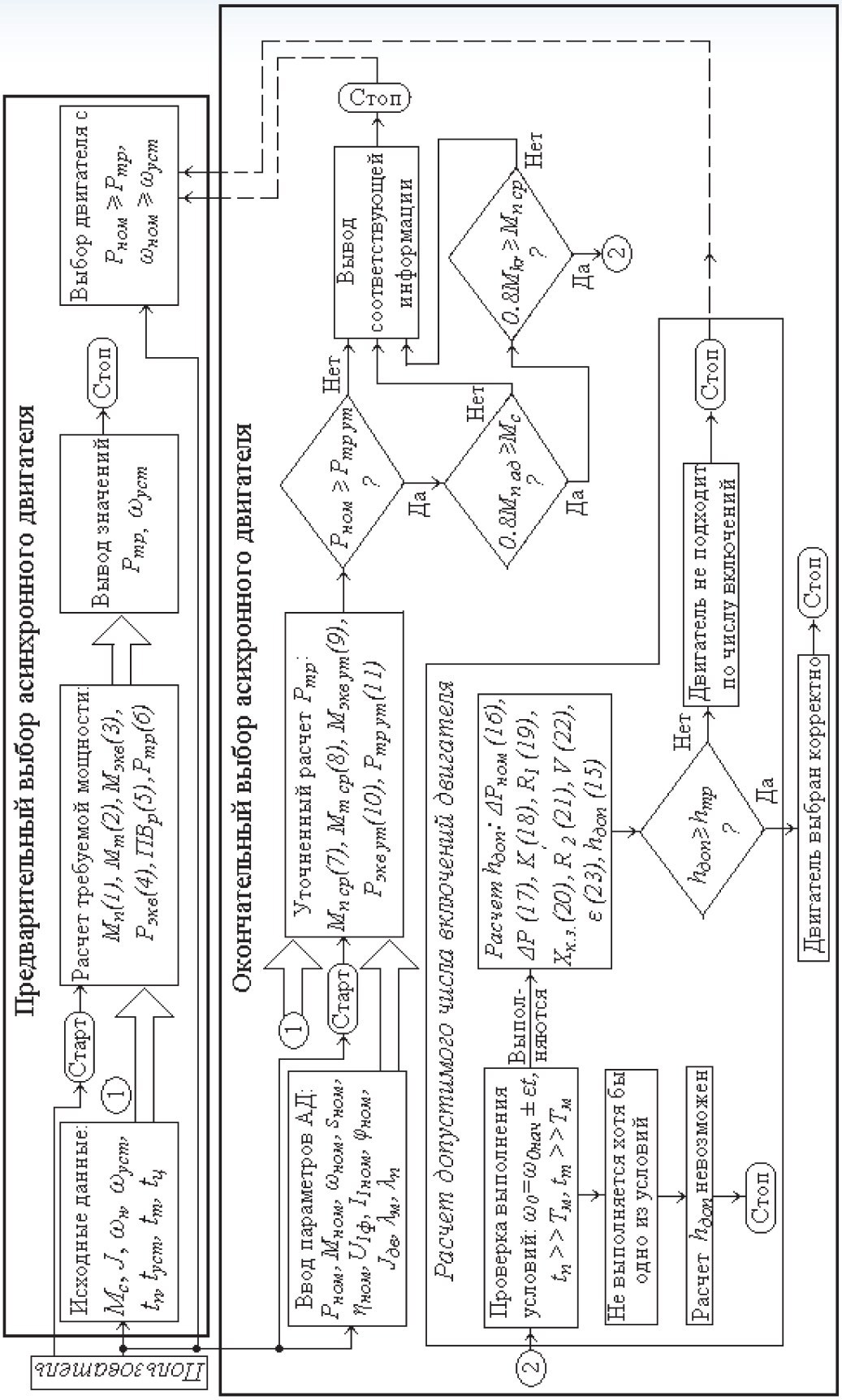


Рис. 2. Интерактивный алгоритм выбора АД для режима *S5*
(в скобках приведены номера формул в тексте, используемых для расчетов)

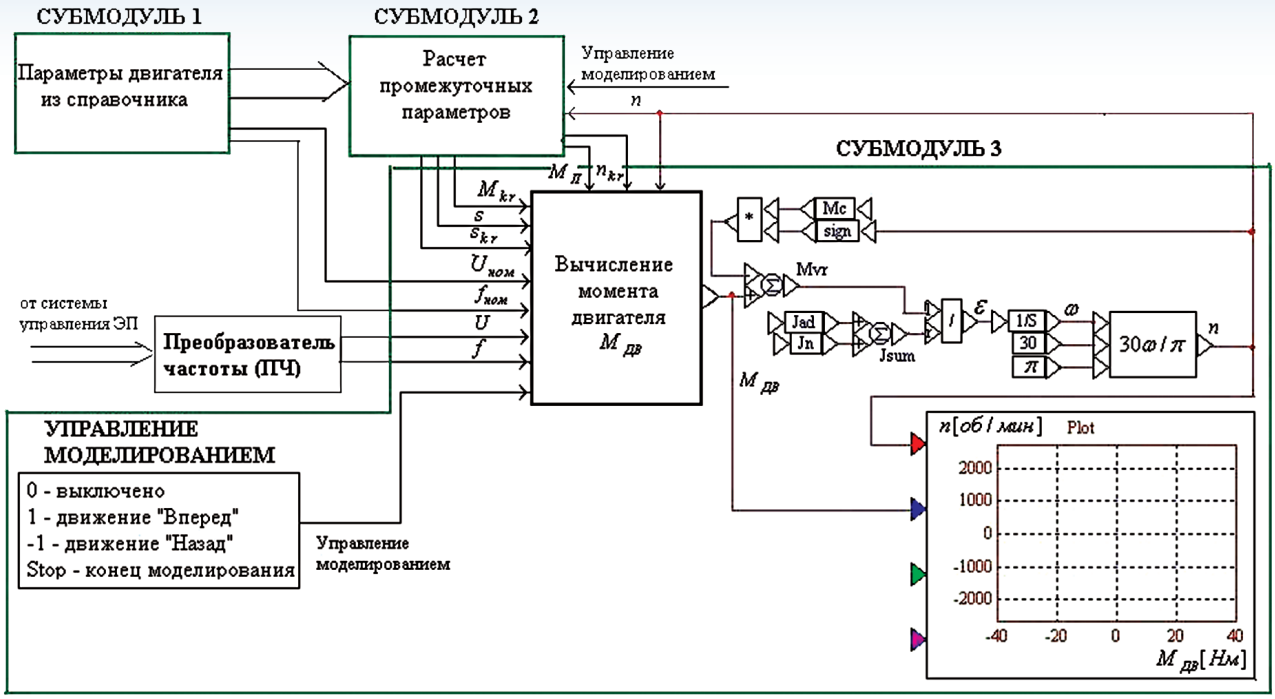


Рис. 3. Механодинамическая модель трехфазного АД с кз ротором при скалярном управлении

Расчет значений $M_{дв}$ по формуле Клосса хорошо соответствует экспериментальным характеристикам двигателя на рабочем участке (рисунок 4). При пуске $n \le n_{kr}$ (n_{kr} – частота вращения ротора, соответствующая M_{kr}) получаем заниженные значения пускового момента $M_{пдв}$ двигателя. Поэтому при расчетах на участке пуска используем специально подобранную формулу, обеспечивающую прохождение графика через точки, соответствующие номинальным значениям пускового $M_{пном}$ и максимального $M_{кном}$ моментов двигателя при $f=f_{ном}$.

При скалярном управлении АД получаем двух зонное регулирование *(рисунок 4)*:

1. При $f \le f_{ном}$ и $U/f=const$ обеспечивается постоянная (номинальная) перегрузочная способность привода $M_{kr}=const$.

2. При частотах $f > f_{ном}$ и $U=U_{ном}$ соотношение $U/f=const$ не выполняется. В результате с увеличением f значения M_{kr} и $M_{ном}$ уменьшаются, а величина частоты вращения n увеличивается. Регулирование скорости АД ведется с нагрузкой типа «постоянная мощность» при $P=P_{ном}$.

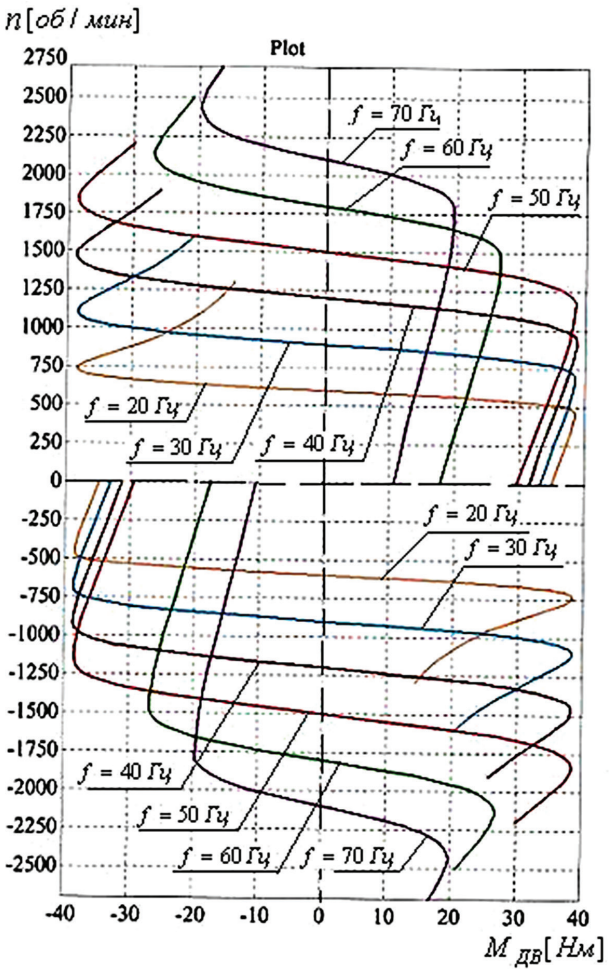


Рис. 4. Механические характеристики АД типа АИР90L4 при скалярном управлении

Выводы

1. В системе моделирования *VisSim* реализован удобный для пользователя интерактивный алгоритм выбора типа АД для режима *S5*.

2. Программа расчета $h_{доп}$ разработана для скалярного управления АД.

3. Предлагаемая модель АД (рисунок 3) учи-

тывает механическую инерционность электропривода, пренебрегая существенно меньшей электромагнитной инерционностью. Она применима при скалярном управлении АД. С ее использованием могут быть исследованы режимы пуска АД (I и III квадранты на *рисунке 4*), рекуперативного торможения с отдачей энергии в сеть (II и IV квадранты на *рисунке 4*), а также влияния нагрузки (величин J и M_c) на динамику электропривода.

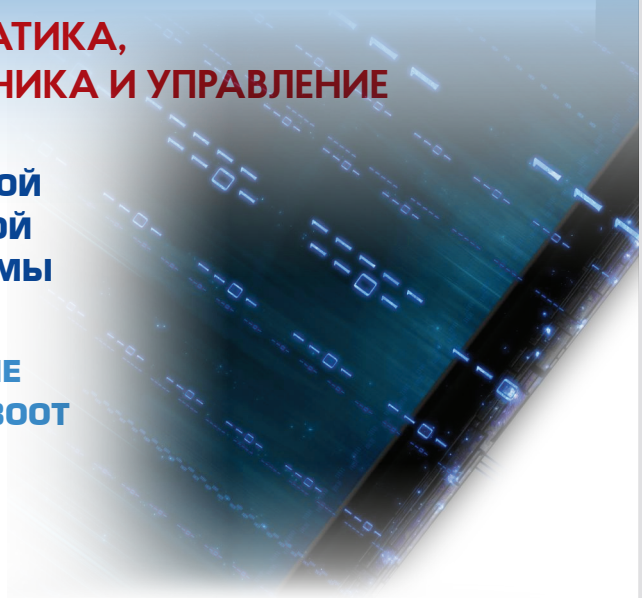
Литература

1. Белов М.П., Новиков В.А., Рассудов Л.Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: Учебник для вузов. М.: Издательский центр «Академия», 2004. 576 с.
2. Высокоточные приводы, сервоприводы и системы ЧПУ Siemens. Электрон. дан. – Режим доступа: http://tekhar.com/Programma/Siemens/Privod_tech/Preobrazovateli/Servo/index_servo.htm
3. Дьяконов В.П. VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. М.: СОЛОН-Пресс, 2004. 384 с.
4. Евсиков А.А., Коковин В.А., Леонов А.П. Системы управления оборудованием в автоматизированном производстве: Учебное пособие. Дубна: Гос. ун-т «Дубна», 2018. 139 с.
5. Ильинский Н.Ф. Основы электропривода: Учебное пособие для вузов. М.: Издательство МЭИ, 2003. 224 с.
6. Кацман М.М. Электрический привод. М.: ИЦ «Академия», 2011, 384 с.
7. Клиначев Н.В. Моделирование систем в программе VisSim: Справочная система. Offline версия 1.0. Челябинск, 2001. 212 файлов.
8. Леонов А.П. Выбор исполнительных двигателей для электрических приводов производственных механизмов. Учебное пособие. М.: Прометей, 2013. 139 с.
9. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1986. 416 с.
10. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. 6-е изд., доп. и перераб. М.: Энергоиздат, 1981. 576 с.
11. http://model.exponenta.ru

УДК: 004.056.53

ОПИСАНИЕ ПОДХОДА ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МОДУЛЯ ДОВЕРЕННОЙ ЗАГРУЗКИ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

DESCRIPTION OF THE SOFTWARE IMPLEMENTATION APPROACH OF THE SOFTWARE MODULE FOR TRUSTED BOOT



Алексей Юрьевич Боровиков
начальник сектора первого аналитического отдела
Пензенский филиал ФГУП «Научно-технический центр «Атлас»
Адрес: 440028, г. Пенза, Проспект Победы, 69
Тел.: +7(8412)64 38-49
E-mail: alexey_bau@mail.ru

Константин Борисович Новиков
инженер
Пензенский филиал ФГУП «Научно-технический центр «Атлас»
Адрес: 440028, г. Пенза, Проспект Победы, 69
Тел.: +7(8412)64 38-49
E-mail: novikov.konstantin.nk@gmail.com

Олег Алексеевич Маслов
начальник первого аналитического отдела
Пензенский филиал ФГУП «Научно-технический центр «Атлас»
Адрес: 440028, г. Пенза, Проспект Победы, 69
Тел.: +7(8412)64 38-49
E-mail: oa_de_ao@mail.ru

Аннотация

На автоматизированных рабочих местах, обрабатывающих конфиденциальную информацию, должны применяться сертифицированные аппаратно-программные модули доверенной загрузки для обеспечения защиты от несанкционированного доступа к информации на этапе начального старта и загрузки операционной системы. Однако в изделиях, применяемых во встраиваемых системах, использование данных модулей не всегда представляется возможным в связи с жесткими требованиями к габаритам изделия, энергопотреблению и тепловыделению. Решением данной проблемы является программная реализация функций доверенной загрузки, не требующая модификации аппаратного обеспечения автоматизированного рабочего места. При этом программный модуль доверенной загрузки встраивается в проприетарное программное обеспечение Basic Input Output System процессорной платы из состава автоматизированного рабочего места. Наиболее распространенным способом является разработка модуля Unified Extensible Firmware Interface с функциями доверенной загрузки для его встраивания в существующее программное обеспечение Unified Extensible Firmware Interface Basic Input Output System. Однако в составе данного программного обеспечения остается большое количество бинарных модулей, которые могут содержать программные ошибки, недекларированные возможности или уязвимости. Восстановление алгоритма работы данных модулей с целью обнаружения и устранения вышеперечисленных опасных функциональных возможностей является крайне трудоемкой задачей. Для решения вопросов, связанных с уменьшением количества и объема бинарных модулей и повышения уровня доверия к программному обеспечению Basic Input Output System, предлагается реализовать замещение проприетарного программного обеспечения Basic Input Output System для получения его исходного кода и встроить в него функции доверенной загрузки. Наличие исходного кода на программное обеспечение Basic Input Output System позволит гарантировать в нем отсутствие опасных функциональных возможностей и обеспечить корректное функционирование программного модуля доверенной загрузки. В этом случае значительно снижается трудоемкость анализа программного обеспечения Basic Input Output System, так как дизассемблирование бинарного кода с последующим восстановлением алгоритма работы не требуется. В рамках данного доклада рассмотрен подход программной реализации модуля доверенной загрузки операционной системы посредством замещения проприетарного программного обеспечения Basic Input Output System на программное обеспечение проекта Coreboot и встраивание в него функций доверенной загрузки.

Ключевые слова: аппаратно-программный модуль доверенной загрузки, программный модуль доверенной загрузки, доверенная загрузка операционной системы, несанкционированный доступ к информации, Basic Input Output System, Unified Extensible Firmware Interface, программное обеспечение Coreboot.

Summary

At workstations that process confidential information and restricted access information, certified hardware and software modules for trusted loading of information (operating system) are used. However, in embedded systems, the use of these modules is not always possible, unless changes are made to the size of the device, changes in heat generation parameters, or there are no ports or outputs required for the plug-in module. The solution of this problem is the software implementation of trusted boot functions that do not require hardware modification of the workstation by changing the Basic Input Output System software used in the workstation. The most common solution is the development of the Unified Extensible Firmware Interface module with trusted boot functions for embedding it into the existing Unified Extensible Firmware Interface Basic Input Output System software. At the same time, this software contains a number of modules that may contain undeclared features or vulnerabilities. Restoring the algorithm of the Unified Extensible Firmware Interface Basic Input Output System modules developed by the manufacturer of the system logic of the CPU is a time consuming task. The more profitable way to solve the above stated problem is to develop your own Basic Input Output System software with trusted boot functions to replace the standard software completely.

Keywords: trusted OS bootload, unauthorized data access, Basic Input Output System, Unified Extensible Firmware Interface, Coreboot software.

Важнейшей задачей в области обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем (АС) является сохранение свойств информации, таких как доступность, целостность и конфиденциальность.

На автоматизированных рабочих местах (АРМ), на которых обрабатывается конфиденциальная информация, для защиты от несанкционированного доступа к информации (НСД) внутреннего нарушителя с целью нарушения вышеуказанных свойств, как правило применяется следующий комплекс мероприятий:

- в случае однопользовательской системы и отсутствия необходимости ввода/вывода информации на внешние носители применяются организационно-режимные (технические) меры защиты, такие как опечатывание корпуса и всех разъемов для подключения внешних устройств, направленные на защиту от несанкционированной загрузки и считывания защищаемой информации;
- в случае многопользовательской системы и при необходимости ввода/вывода информации на внешние носители применяются сертифицированные аппаратно-программные средства защиты информации, такие как аппаратно-программные модули доверенной загрузки информации (АПМДЗ) и средства защиты информации от несанкционированного доступа (СЗИ от НСД), обеспечивающие защиту от НСД и замкнутость программной среды.

Однако ситуация осложняется в тех случаях, когда необходимо обеспечить защиту от НСД к информации на объектах критичных к способу и месту размещения АРМ или для специализированных устройств, реализующих критичные функции с точки зрения требований нормативных документов по безопасности информации (межсетевые экраны, коммутационное оборудование и т.д.). В данных случаях вышеуказанные мероприятия не могут быть реализованы в полной мере из-за отсутствия возможности установить АПМДЗ в изделия с малыми габаритами и критичными к увеличению тепловыделения и потребляемой мощности, а компенсировать отсутствие АПМДЗ за счет организационно-режимных (технических) мероприятий не представляется возможным, так как данные изделия требуют обслуживания в процессе эксплуатации и использования внешних разъемов для ввода/вывода информации.

Отсутствие АПМДЗ в данных изделиях приводит к тому, что до или в процессе загрузки операционной системы (ОС) появляется возможность осуществить преднамеренные попытки НСД к информации или среде ее обработки (хранения), так как на данном этапе отсутствуют какие-либо меры ее защиты. Наиболее простым способом атаки является загрузка ОС с внешнего носителя, позволяющая внутреннему нарушителю получить доступ к защищаемой информации.

Для защиты от вышеуказанных угроз для данных типов изделий может быть применен подход по реализации в них процедуры доверенной загрузки.

Процедура доверенной загрузки – это процесс загрузки системного программного обеспечения после выполнения успешной аутентификации оператора изделия и исключительно с выбранного учтенного носителя, реализованный в доверенной среде.

Доверенная среда – это совокупность программно-технических средств и коммуникационных ресурсов, для которых однозначно определены состав, архитектура, алгоритмы функционирования, правила обработки информации и в отношении которой верны следующие предположения:

● проведены исследования по требованиям нормативных документов по безопасности информации в объеме, согласованном с регулятором;

● гарантирована ее целостность и неизменность в составе изделия на период эксплуатации за счет реализации соответствующих программно-технических и организационно-режимных мер.

Средства, обеспечивающие процедуру доверенной загрузки, должны иметь соответствующие разрешительные документы для их применения. Средства доверенной загрузки могут быть реализованы и на программном уровне.

Программные средства или модули доверенной загрузки (ПМДЗ) получают управление при выполнении ПО BIOS и не требует наличия дополнительных аппаратных устройств для их функционирования. Обязательным условием программной реализации МДЗ является необходимость его встраивания в ПО BIOS. Данный процесс с учетом сложности современного ПО BIOS, его объема и многофункциональности (наличие ядра ОС, продвинутый графический интерфейс, возможность подключения к Internet и т.д.) является крайне трудоемким. При этом данный вариант реализации может повлечь за собой нестабильность работы процессорной платы, выявить которую на этапе отладки и тестирования проблематично в связи с отсутствием исходного кода на ПО BIOS и детального понимания его принципов функционирования. Также большой объем бинарного кода, на который отсутствует исходный код и программная документация, не позволяют гарантировать отсутствие программных ошибок или опасных функциональных возможностей, которые могут повлиять на правильное функционирование ПМДЗ.

На настоящее время был проведен ряд научно-технических работ, по результатам которых разработан подход, который лишен вышеуказанных недостатков. Для реализации данного подхода необходимо обеспечить полное замещение ПО проприетарного BIOS с получением на него исходного кода для возможности встраивания функций МДЗ. При этом ПО BIOS будет реализовывать исключительно базовые (минимально необходимые) функции проприетарного BIOS, достаточные для корректного функционирования процессорной платы с установленной операционной системы, а передачу управления на загрузчик операционной системы будет осуществлять ПМДЗ, что позволит обеспечить доверенную и максимально быструю загрузку процессорной платы и системы в целом.

Общий алгоритм работы ПО BIOS с функциями ПМДЗ представлен на *рисунке 1*.

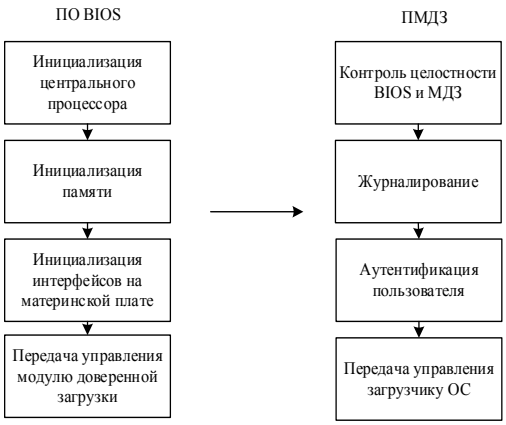


Рис. 1. Алгоритм работы ПО BIOS с функциями ПМДЗ

По сравнению с алгоритмом работы ПО BIOS процессорной платы, на которой установлен АПМДЗ в виде платы расширения, в вышеописанном случае не требуется осуществлять поиск дополнительного встроенного программного обеспечения (*Option ROM*) внешней платы АПМДЗ и передавать на него управление, что позволяет исключить угрозы, связанные с перехватом управления и исполнения потенциально опасного ПО с других плат расширения до передачи управления на АПМДЗ.

В рамках вышеуказанных работ был проведен анализ существующих свободно-распространяемых проектов для замещения ПО BIOS на ПО в исходных кодах с минимальным объемом бинарных вставок и по результатам анализа было определено, что наиболее подходящей основой для разработки ПМДЗ является ПО проекта «Coreboot».

Проект «Coreboot» – это проект по созданию свободной прошивки BIOS. Основной целью проекта является получение минимальной прошивки, достаточной для быстрой и полной инициализации аппаратного обеспечения, необходимой для правильного его функционирования, по возможности свободной от бинарных вставок.

Ниже приведен алгоритм функционирования ПО проекта «Coreboot», полученный по результатам анализа технической документации и исходного кода ПО проекта «Coreboot».

Схема функционирования программного обеспечения проекта «Coreboot» представлена на *рисунке 2*.

В процессе функционирования программного обеспечения проекта «Coreboot» можно выделить четыре основные стадии инициализации аппаратного обеспечения:

● **Стадия 0 – Bootblock (Reset vector).**

При подаче питания на процессорную плату центральный процессор выполняет первые инструкции начиная с адреса 0xFFFFFFF0, где располагается reset vector. Данные инструкции написаны на языке «Assembler» и находятся в файле src/cpu/x86/16bit/reset16.inc, начиная с метки __start. По результатам исполнения данных инструкций происходит переход к метке _start16bit файла src/cpu/x86/16bit/entry16.inc. По данной метке исполняется код, предназначенный для обнуления буферов ассоциативной трансляции, установки в глобальной таблице дескрипторов селекторов 0x08 (инструкции) и 0x10 (данные). Далее происходит переход в защищенный режим, при этом в регистр сегмента кода устанавливается новое значение селектора 0x08. В остальные сегментные регистры записывается селектор 0x10. В защищенном режиме происходит инициализация модуля операций с плавающей точкой (метка __fpu_start файла cpu/x86/fpu_enable.inc) и потоковое SIMD-расширение процессора (src/cpu/x86/32bit/entry32.inc).

После проведения вышеуказанной минимальной инициализации дальнейшая реализация инструкций центрального процессора описывается на языке «C». Однако, на данном этапе у центрального процессора нет доступа к стеку для полноценного использования кода, написанного на языке «C». Для решения этой задачи на данной стадии используется специально разработанный сообществом проекта «Coreboot» транслятор (компилятор) ROMCC, который транслирует операторы «C» в специальный код на языке «Assembler». По результатам выполнения трансляции создаются файлы с расширением *.inc, исполняемый код которых выполняется без использования стека. По результатам выполнения данного этапа становится доступным кэш центрального процессора. Далее осуществляется поиск точки входа в romstage по файловой системе CBFS и передача на нее управления.

● **Стадия 1 – Romstage**

На данном этапе доступен кэш центрального процессора для организации временного стека. Если в прошивке присутствуют бинарные вставки MRC или FSP, то данный бинарный код получает управление именно в этот момент. При помощи FSP или без его участия выполняется инициализация платформо-зависимых регистров MSR, регистров диапазона типа памяти процессора MTRR, расширенного программируемого контроллера прерываний APIC, чипсета и микросхемы SuperIO. После этого инициализируется контроллер оперативной памяти и далее осуществляется поиск точки входа в

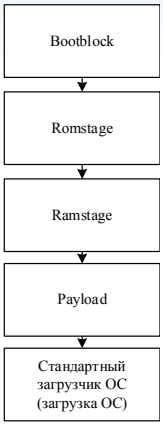


Рис. 2. Схема функционирования ПО проекта «Coreboot»

ramstage по файловой системе CBFS и передача на нее управления.

● **Стадия 2 – Ramstage**

На данном этапе осуществляется переход на метку start файла src/arch/x86/lib/c_start.S, по который заполняются таблицы дескрипторов, в том числе, таблица дескрипторов прерываний IDT, очищается область не инициализированной памяти BSS и стек, а также вызывается функция hardwaremain() из src/boot/hardwaremain.c для построения дерева устройств и конфигурации устройств ввода-вывода. Дерево устройств строится по структуре devicetree, которая содержит информацию обо всех используемых PCI и legacy устройствах. Значения, заносимые в структуру devicetree, должны быть корректно заданы в файле ./src/device/devicetree.cb. Без построения дерева устройств шина PCI не будет сконфигурирована. После конфигурации шины PCI и устройств на данной шине инициализация аппаратного обеспечения считается выполненной в полном объеме. Далее осуществляется поиск точки входа в полезную нагрузку (payload), копирование в оперативную память кода payload и передача на него управления.

● **Стадия 3 – Payload**

На данном этапе управление передается полезной нагрузке, предназначенной для чтения MBR, поиска стандартного загрузчика ОС и передачи на него управления для осуществления дальнейшей загрузки.

При этом стадии 0, 2, 3 являются платформонезависимыми и при замещении проприетарного ПО BIOS исходный код проекта «Coreboot» практически не подлежит изменениям. Стадия 1 в отличии от стадий 0, 2, 3 напротив является платформо-зависимой и осуществляет низкоуровневую инициализацию системной логики процессорной платы. Для современных процессорных плат Intel существуют специализированные бинарные вставки (*Intel FSP*), которые вы-

полняют данные функции. Получить полный исходных код данной стадии возможно только при использовании методов реверс-инжиниринга.

Таким образом, программное обеспечения проект «Coreboot» осуществляет инициализацию центрального процессора, контроллера оперативной памяти, чипсета, распределение карты памяти, инициализацию шины PCI и устройств на данной шине. После того, как выполнены все вышеперечисленные действия управление передается на «полезную нагрузку» и аппаратная платформа готова для дальнейшей загрузки операционной системы.

По результатам анализа функциональных возможностей ПО проекта «Coreboot» определено, что оптимальным местом для встраивания ПМДЗ является полезная нагрузка (Стадия 3) в связи с тем, что данная стадия не привязана к аппаратному обеспечению процессорной платы и собирается отдельно от остальных стадий. На настоящее время существуют различные типы полезной нагрузки, в которые возможно встроить функции защиты МДЗ:

- отечественная ЗОСРВ «Нейтрино» (разработчик ООО «СВД Встраиваемые системы») или ядро Linux может использоваться в качестве полезной нагрузки и может быть встроена в микросхему ПЗУ вместе с бинарным кодом проекта «Coreboot». При этом ЗОСРВ «Нейтрино» удовлетворяет требованиям к средствам вычислительной техники (СВТ) по 3 классу защиты информации от несанкционированного доступа и может быть использована при создании автоматизированных систем (АС), имеющих класс защищенности до 1Б включительно;
- SeaBIOS или GRUB2 может использоваться для загрузки ОС Astra Linux, МСВС и семейства Windows.

Для упрощения процесса замещения проприетарного ПО BIOS на ПО проекта «Coreboot» для современных платформ фирмы Intel в состав проекта «Coreboot» входят ряд полезных утилит и библиотек, таких как:

- flashrom – утилита для определения, чтения, записи, проверки и стирания flash-памяти микросхем;
- superiotool – утилита для определения контроллера ввода/вывода системной платы;
- nvramtool – утилита для чтения/записи параметров «Coreboot» из/в CMOS/NVRAM и отображения информации из таблицы «Coreboot»;
- mkelfimage – утилита для формирования образов ELF-загрузчика из ядра Linux;
- inteltool – утилита для предоставления информации о процессоре/чипсете фирмы Intel системных плат;
- msrtool – утилита для создания дампов специфических MSR-регистров чипсета;
- ectool – утилита для создания дампов памяти (RAM) контроллеров (Embedded/Environmental Controller, EC) портативных платформ.

По результатам изучения ПО проекта «Coreboot» и его апробирования в процессе замещения проприетарного BIOS на нескольких процессорных платах отечественного производителя ЗАО «НПФ «Доломант» была разработана технология замещения проприетарного ПО BIOS, которая позволяет получить исходный код на ряд современных аппаратных платформ фирмы *Intel* и обеспечить возможность встраивания в его ПО ПМДЗ.

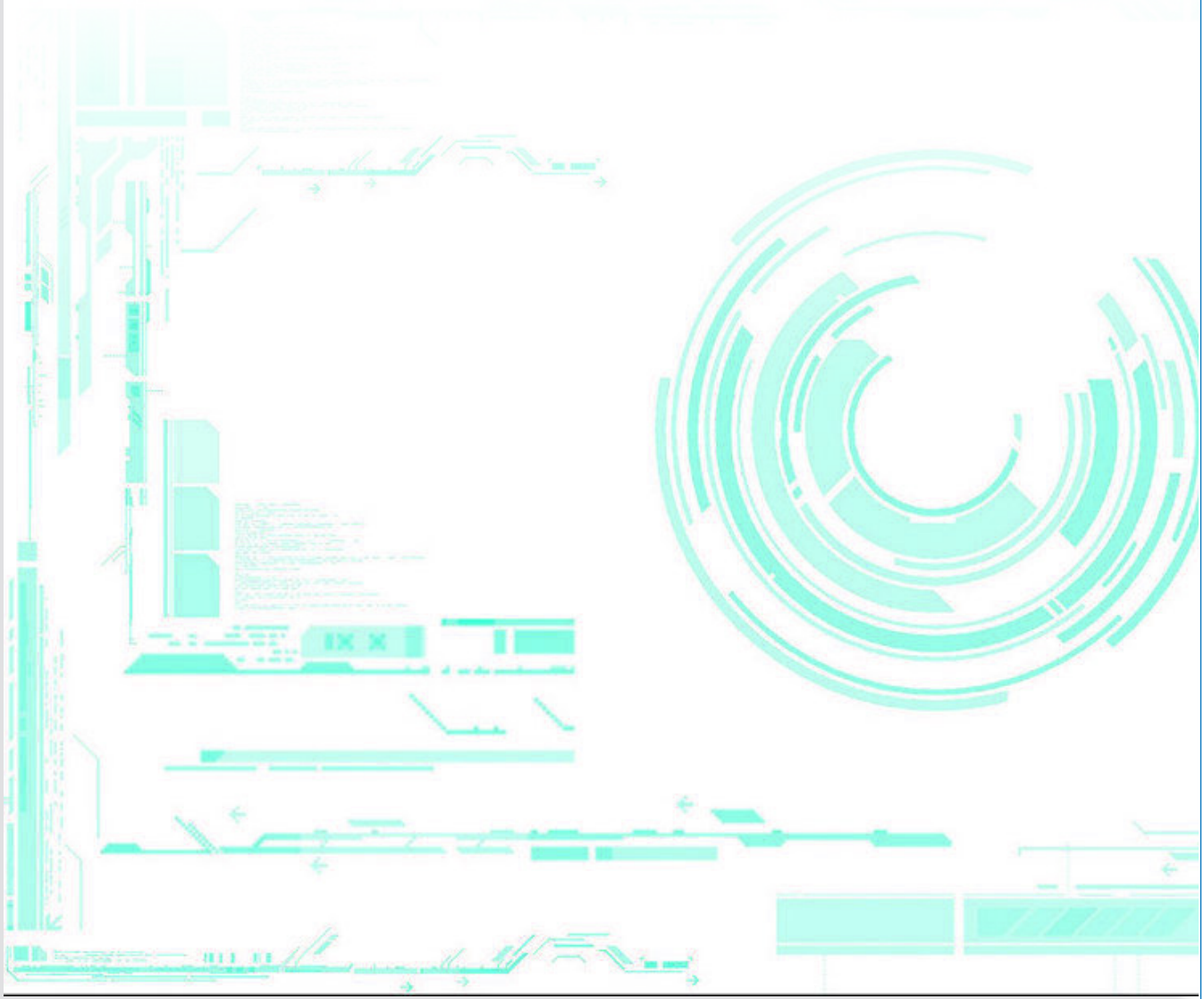
При этом наличие исходного кода проекта «Coreboot» позволяет выполнить его анализ на предмет наличия программных ошибок и опасных функциональных возможностей и в случае обнаружения исключить их, так и встроить в состав функции доверенной загрузки, такие как аутентификацию пользователей, в том числе с использованием внешних считывателей информации, контроль целостности ПО BIOS и системных файлов ОС, журналирование событий. Наличие исходного кода и минимального объема бинарных вставок позволяет повысить уровень доверия к ПО BIOS и существенно сократить объемы и сроки проведения работ по обеспечению корректного встраивания ПМДЗ в ПО BIOS и получить соответствующие разрешительные документы.

Таким образом по результатам рассмотрения возможности программной реализации функций доверенной загрузки сделан вывод, что на настоящее время возможно разработать ПО BIOS на базе свободно-распространяемого ПО проекта «Coreboot», реализующее функции доверенной загрузки ОС. Реализация программного модуля доверенной загрузки на основе ПО проекта «Coreboot» является наиболее оптимальным подходом, позволяющим в дальнейшем провести анализ ПО BIOS с функциями ПМДЗ на соответствие требованиям по информационной безопасности.

Литература

1. Агеев Е.Л. UEFI замена BIOS // Гагаринские чтения-2018, 2018. С.46-47.
2. Сазонов С.А. Programming ROM BIOS Extension of a personal Computer // RSDN Magasine, 2008. №4. С.12-16.
3. Лыдин С.С. О средствах доверенной загрузки для аппаратных платформ с UEFI BIOS // Вопросы защиты информации, 2016. №3. С.45-50.

4. Иванников П.В., Алтухов Н.О. Современные типы атак на BIOS // Молодежный научно-технический вестник, 2015. №6. С.20.
5. Счастный Д.Ю. Перспективы развития средств доверенной загрузки. Взгляд разработчика // Вопросы защиты информации, 2017. №3. С.27-28.
6. Чекин Р.Н. Современные угрозы безопасности обработки информации со стороны встроенного программного обеспечения // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2016. №1. С.54-55.
7. Добросердов К.О. Сравнительный анализ возможностей унифицированного расширяемого микропрограммного интерфейса // ИТ-СТАНДАРТ, 2015. №3. С.54-62.
8. Попов К.Г., Шамсутдинов Р.Р. Актуальные вопросы технических наук: теоретический и практический аспекты. М.: Аэтерна, 2015. С.57-72.
9. Алексеев Д.М., Иваненко К.Н., Убирайло В.Н. Доверенная загрузка как механизм информационной безопасности // Влияние науки на инновационное развитие, 2017. С.19-20.
10. Чепанова Е.Г. Формирование критериев сравнения модулей доверенной загрузки // Вопросы защиты информации, 2014. №4. С.60-63.
11. Беляева Е.А. Комплексная оценка функциональных возможностей аппаратно-программных модулей доверенной загрузки // Безопасность информационных технологий, 2013. №1. С.81-82.
12. Беляева Е.А., Модестов А.А. Классификация функциональных возможностей аппаратно-программных модулей доверенной загрузки // Безопасность информационных технологий, 2013. №3. С.75-77.
13. Хрусталев А.О. Аппаратно-программный модуль доверенной загрузки // Аллея науки, 2017. №10. С.800-804.
14. Zimmer V. Embedded Firmware Solutions. 2015. NY: A-Press One. P.55.
15. Sallihun D. BIOS Ninjutsu Uncovered. 2006. NY: A-Press One. P.720.





УДК: 53.023; 53.06; 514.8

О ВОЗМОЖНОЙ ПРИРОДЕ ОСЦИЛЛЯЦИЙ, ПРИВОДЯЩИХ К УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ УТРАИВАЮЩИХСЯ ПЕРИОДОВ*

ON POSSIBLE BASIS OF OSCILLATIONS LEADING TO EXISTENCE OF THE UNIVERSAL PERIOD–TRIPLING SYSTEM

Вадим Николаевич Лесных
младший научный сотрудник
Институт теоретической и
экспериментальной биофизики РАН
Адрес: 142290, Московская обл.,
г. Пущино, ул. Институтская, д. 3
Тел.: +7(4967)73-94-64
E-mail: 1253vadim@mail.ru

Валерий Александрович Коломбет
кандидат физико-математических наук
заведующий лабораторией
Институт теоретической и
экспериментальной биофизики РАН
Адрес: 142290, Московская обл.,
г. Пущино, ул. Институтская, д. 3
Тел.: +7(4967)73-94-64
E-mail: kolombet@iteb.ru

Александр Владимирович Елистратов
ведущий инженер
Институт теоретической и
экспериментальной биофизики РАН
Адрес: 142290, Московская обл.,
г. Пущино, ул. Институтская, д. 3
Тел.: +7(4967)73-92-62
E-mail: unenlagia@yandex.ru

Аннотация

Статья посвящена дальнейшему обсуждению вопроса о природе универсальной системы утраивающихся периодов $T_{k,m}$, проявляющейся в совокупности множества физических, биологических и технических систем. К настоящему моменту показано, что система периодов $T_{k,m}$ простирается от миллиардов лет до, по-видимому, окрестности планковского времени 10-43 сек. В этой статье мы акцентируем внимание на почти тривиальном факте, что сочетание мнимости оси времени и экспоненциального расширения вселенной может порождать некие осцилляции. Период этих осцилляций может оказаться искомым периодом, утроения которого приведут к спектру $T_{k,m}$.

Ключевые слова: универсальная система утраивающихся периодов, формула Петца, пространство-время Минковского, треугольник Серпинского, планковский масштаб.

Summary

The article is devoted to the further discussion of the question of the nature of the universal period-tripling system $T_{k,m}$ manifested in various physical, biological and technical systems. To date, it is shown that the system of periods $T_{k,m}$ extends from billions of years to, apparently, a neighborhood of the Planck time of 10-43 seconds. In this article, we focus on the almost trivial fact that the combination of the imaginary axis of time and exponential expansion of the universe can generate some oscillations. The period of these oscillations may turn out to be the required period, the tripling of which will lead to the spectrum of $T_{k,m}$.

Keywords: universal period-tripling system, Puetz formula, Minkowski space-time, Sierpinsky triangle, Planck scale.

Введение

Сопоставление приблизительно тысячи всевозможных периодических процессов привело к выводу, что их периоды в разных масштабах времени вовсе не рассеяны случайным образом, а проявляют тенденцию к агрегации и даже к упорядочиванию агрегатов в закономерные серии. Совокупность периодов $T_{k,m}$ этих серий получила название универсальной системы утраивающихся периодов (УСУП, в американской литературе это UWS cycles – Universal Wave Series cycles) [1-9]. Согласно работам первооткрывателя УСУП, С.Петца, а также его соавторов [1, 6, 7], значение $T_{k,m}$ задает формула

$$T_{k,m}/T_0 = 3^k/2^m.$$

Здесь период T_0=114.6 лет, целочисленный параметр k, как потом стало ясно из работ С.Петца и из наших работ, принимает значения

* Работа выполнена по госзаданию ИЭТБ РАН, № госрегистрации 01201351298.

в интервале приблизительно от -110 до +17, а параметр m=0,±1,±2,… [1-3, 8]. Серии периодов УСУП отличаются параметром m, а параметр k нумерует периоды внутри серий.

Надо отметить исключительно высокую точность формулы Петца. Например, она дает лишь однопроцентное рассогласование теории и эксперимента в области периодов $\sim 10^{-15}$ сек, хотя эта формула была выверена по периодам, лежащим в интервале от 50 лет до 1.6 млрд. лет [1], то есть в области, отстоящей на 25 десятичных порядков величины периода.

В статьях [10, 11] уже представлена и обсуждена оригинальная модель трипликатора – создающего УСУП своеобразного устройства, приводящего к многократному утроению предполагаемого базового периода, относящегося к околопланковскому масштабу времени. При этом удалось прояснить физический смысл параметра m формулы Петца, а также составить общее описание феномена УСУП. Тем не менее, важный вопрос о возможной физической природе базового периода УСУП оставался нерешенным.

Результаты и обсуждение

Предполагается, что базовая частота УСУП – это частота осцилляций с периодом или характерным временем в широкой окрестности значения 10^{-43} сек. В настоящее время еще нет сколько-нибудь общепринятого описания физических явлений этого масштаба, однако, логика исследования феномена УСУП ведет именно к этой неисследованной области.

В масштабах существенно более крупных, чем планковский, пространство-время уже плоское, т.е. оно описывается предложенной Минковским известной схемой плоского пространства-времени частной формы теории относительности (*рисунок 1*).

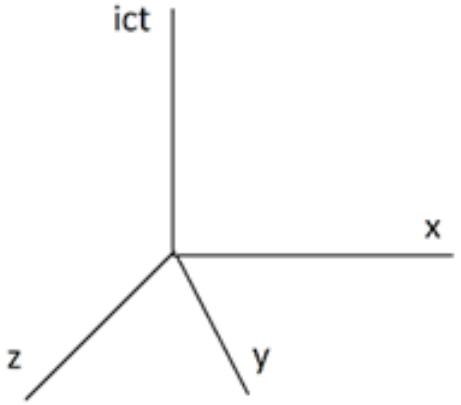


Рис. 1. Плоское пространство-время Минковского

В масштабе, близком к планковскому, в пространстве-времени еще существенны квантовые эффекты, а при увеличении масштаба их роль падает и возникает классическое (не квантовое) пространство-время общей теории относительности. Локально это уже плоское пространство время частной теории относительности. Наличие у пространства-времени мнимой оси приведет к неким осцилляциям, если мнимая единица окажется в показателе степени. В этой ситуации действует формула Эйлера, то есть появляются синусы и косинусы углов, а также стоящие за ними гармонические периодические процессы.

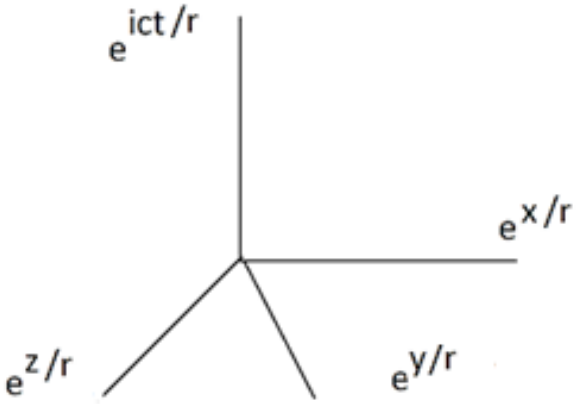


Рис. 2. Мир Минковского в случае экспоненциального расширения его осей. Пространственные оси лавинообразно увеличиваются, а ось времени переходит в колебательный режим, поскольку $e^{i\varphi}=cos(\varphi)+i*sin(\varphi)$. Масштабный множитель r введен для компенсации размерностей

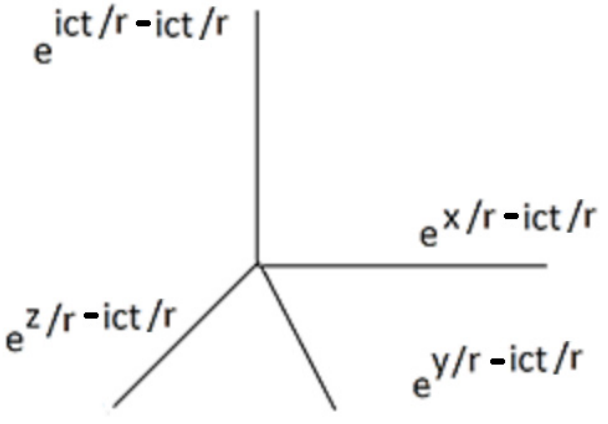


Рис. 3. Взгляд на ту же ситуацию из точки, сопровождающей любой момент экспоненциального времени. Время в этой точке «стоит»: $e^{ict/r-ict/r}=1$, зато пространственные оси теперь не просто экспоненциально раздуваются, но еще и синхронно осциллируют, т.е. в пространстве наблюдаются колебания с той же частотой, компенсирующие «остановку времени»

Трансформация линейных осей в экспоненциальные происходит в случае лавинообразного процесса. В случае такого «взрыва мира Минковского» реальное пространство расширяется по показательному закону, и мнимая временная координата согласно формуле Эйлера порождает колебательный процесс (*рисунок 2*).

Ту же самую ситуацию можно рассматривать, например, из точки на оси времени, которая сама смещается экспоненциально. Эта точка «неподвижно прикреплена» к экспоненциально удлиняющейся оси времени (*рисунок 3*). В ней «время остановилось».

Такая ситуация могла возникнуть в ранней вселенной, в период космологической инфляции, когда закладывались основы нашей огромной вселенной. Есть и другая возможность: изучение далеких сверхновых [12, 13] показало, что около пяти миллиардов лет назад, то есть спустя приблизительно восемь миллиардов лет после завершения фазы инфляции и последующей эволюции вселенной, прив едшей к ее становлению в почти современном виде, начался другой, существенно медленее развивающийся процесс ускоренного расширения вселенной; если это снова экспоненциальный процесс, то отсюда следует наличие в ней соответствующих имманентных осцилляций. Период именно этих осцилляций может лежать в основе УСУП.

Итак, в экспоненциально расширяющейся вселенной возникнут имманентные осцилляции, обусловленные наличием мнимой оси времени. Эти осцилляции – удобный кандидат на роль периодического процесса, лежащего в основе универсальной системы утраивающихся периодов.

Опираясь на сформулированную ранее [8] гипотезу о том, что периоды $T_{k,m}$ УСУП начинаются из окрестности планковского масштаба времени, мы уже обратили внимание на то, что в этой окрестности должна существовать базовая частота, последовательные деления которой на три приводят к УСУП. Механизм деления частоты идейной трудности уже не представляет: в настоящее время он описан в форме физической модели – т.н. модели трипликатора, восходящей к треугольнику Серпинского, хорошо известному математическому объекту, обладающему свойствами фрактала. Теперь же появился и естественный кандидат на роль источника базовой частоты. Это сама вселенная в стадии экспоненциального расширения.

Литература

1. Puetz Stephen J., Prokoph Andreas, Borchardt Glenn, Mason Edward W. Evidence of synchronous, decadal to billion year cycles in geological, genetic, and astronomical events. Chaos, Solitons & Fractals. 2014. V.62-63. P.55-75.
2. Бондарь А.Т., Федоров М.В., Коломбет В.А. Утраивающиеся периоды в мультимасштабных физических и биологических явлениях // Биофизика, 2015. Т.60. №6. С.1208-1215.
3. Коломбет В.А., Лесных В.Н., Коломбет Е.В., Федоров М.В. Обнаружение в технических устройствах фрактальной системы утраивающихся периодов, известной по своим физическим геофизическим, биофизическим и биологическим манифестациям // Биофизика, 2016. Т.61. №3. С.615-624.
4. Коломбет Е.В., Лесных В.Н., Коломбет В.А. Особенность проявления фрактальной системы утраивающихся периодов в телевещании и мобильной телефонии // Известия Института инженерной физики, 2016. №4(42). С.34-40.
5. Коломбет Е.В., Лесных В.Н., Скавуляк А.Н., Коломбет В.А., Бондарь А.Т. Проявление универсальной системы утраивающихся периодов в УВЧ терапии // Известия Института инженерной физики, 2017. №2(44). С.70-73.
6. Puetz S.J., Borchardt G. Quasi-periodic fractal patterns in geomagnetic reversals, geological activity, and astronomical events. Chaos, Solitons and Fractals. 2015. V.81 P.246–270.
7. Puetz S.J., Prokoph A., Borchardt G. Evaluating alternatives to the Milankovitch theory. Journal of Statistical Planning and Inference. 2015. doi:10.1016/j.jspi.2015.10.006.
8. Коломбет В.А., Лесных В.Н. Универсальная система утраивающихся периодов как возможный индикатор дробления времени, сопровождающего эволюцию Вселенной. Материалы конференции «Физика пространства и времени». Муром, Премиловы горы, 23-28 марта 2017. С.17-20.
9. Puetz, S.J. The Unified Cycle Theory: How Cycles Dominate the Structure of the Universe and Influence Life on Earth. 2009. Outskirts Press, Denver, Colorado; ISBN: 978-1-4327-1216-7.
10. Коломбет В.А., Лесных В.Н., Бондарь А.Т. Треугольник Серпинского как удобная математическая модель для описания универсальной системы утраивающихся периодов // Известия Института инженерной физики, 2018. №1(47). С.63 -68.
11. Коломбет В.А., Архипов В.Ю., Елистратов А.В., Лесных В.Н., Коломбет Е.В., Серая О.Ю. Стохастика и мутации в универсальной системе утраивающихся периодов // Известия Института инженерной физики, 2018. №2(48). С.56-62.
12. S.Perlmutter et al., Supernova Cosmology Project Collaboration, Astrophys. J., v.517, p. 565 (1999).
13. A.G. Riess et. al. Astron. J. V. 116, P. 1009 (1998).



УДК 539.182

ИДЕИ И МЕТОДЫ ГЕНЕРАЦИИ ЗАПУТЫВАНИЯ ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ СПИН–КУБИТОВ. КВАНТОВАЯ ЗАПУТАННОСТЬ ДВУХ СИСТЕМ

ON THE IDEAS AND METHODS OF THE SOLID SPIN–STATE QUBIT ENTANGLEMENT. THE QUANTUM ENTANGLEMENT BETWEEN TWO SYSTEM

Сергей Владимирович Смуров
почетный работник науки и техники РФ
доктор технических наук, профессор
Первый заместитель Генерального директора по научной работе – главный конструктор МОУ «ИИФ»
142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: svs@mail.ru

Александр Альбертович Масликов
кандидат физико-математических наук, доцент
старший научный сотрудник
филиал «Протвино» Государственного университета «Дубна»
Адрес: 142281, Московская обл., г. Протвино, Северный проезд, д. 9
Тел.: +7(4967)31-01-92
E-mail: masspref@yandex.ru

Геннадий Германович Волков
доктор физико-математических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
ФГБУ Петербургский институт ядерной физики им. Б.П. Константинова
188300, Ленинградская обл., г. Гатчина, Орлова роща, д. 1
Тел.: +7(813)714-60-25
E-mail: gennadii.volkov@rambler.ru

Аннотация

Нас будут интересовать два направления запутывания спин-электронных состояний, спин-электрон-фотонных, спин электрон-ядерных состояний в системе двух твердотельных кубитов, соответственно разделенных как (а) на малые, так и (б) на достаточно длинные расстояния. Хорошо известно, что эти направления соответствуют двум наиважнейшим практическим целям в квантовой информации – разработке квантовых компьютеров и осуществлению квантовой телепортации на большие расстояния. В последние несколько лет в этих направлениях уже получены первые пионерские результаты по запутыванию спин-электронных состояний двух NV-центров, в одном эксперименте, находящихся на расстоянии 25 нм при комнатной температуре (а), а в другом – удаленных один от другого на три метра в условиях низкой криогенной температуры (б). Несмотря на различие идей и методов этих экспериментов времена жизни запутанных состояний в первом эксперименте (T*2 =20-30 мкс) и скорость захвата во втором (~20 кГц) оказываются небольшими, значительное увеличение которых (10-1000 мс) можно было бы достигнуть, передавая запутывание ядерным спин-кубитам вблизи каждого центра NV. Современные нанотехнологические достижения в интегрированной оптике и электронике совместно с использованием электронов и фотонов в качестве квантовых связей и ядерных спинов для квантовой обработки и памяти открывает путь к реализации твердотельных квантовых сетей, который, с целью получения более сильных эффектов запутанности спиновых состояний двух и более твердотельных кубитов на удаленных расстояниях, должен включать дальнейший прогресс самих идей и методов динамики квантового запутывания составных спин-электронных и спин-ядерных состояний в рамках аппарата матриц плотности.

Ключевые слова: составные квантовые системы, квантовая запутанность, NV-центры в алмазе, спин-электрон кубиты, матрица плотности.

Summary

We will be interested in two directions of entanglement of spin-electron states, spin-electron-photon states, spin-electron-nuclear states in a system of two solid-state qubits, respectively, divided both into (a) into small and (b) into sufficiently long distances. It is well known that these areas correspond to the two most important practical goals in quantum information – the development of quantum computers and the implementation of quantum teleportation over long distances. In the past few years, the first pioneering results on the entanglement of the spin-electronic states of two NV-centers have already been obtained in these directions, in one experiment, located at a distance of 25 nm at room temperature (a), and in the other, three meters distant from each other under conditions of low cryogenic temperatures. Modern nano-technological advances in integrated optics and electronics, together with the use of electrons and photons as quantum links and nuclear spins for quantum processing and memory, opens the way to the implementation of solid-state quantum networks, which, in order to obtain stronger effects of spin states of two or more solid-state qubits at remote distances, should include further progress of the very ideas and methods of quantum entanglement dynamics of composite spin-electron and spin-nucleus states in the framework of the apparatus of density matrices.

Keywords: compound quantum systems, quantum entanglement, NV-centers in diamond, spin-electron qubits, density matrix.

Глава 1. Спин-электронная запутанность двух NV-центров

Изложенная теоретическая схема запутывания была использована в экспериментах [1,2,3] 2-х NV-центров в алмазе, находящихся на таких близких расстояниях ≈25 нм (*см. рисунок 1*), что спин-электронная связь между ними могла бы обеспечить достаточно продолжительное запутывание, которое могло бы быть эффективно обнаружено и доказано с высокой степенью достоверности (*см. рисунок 2*).

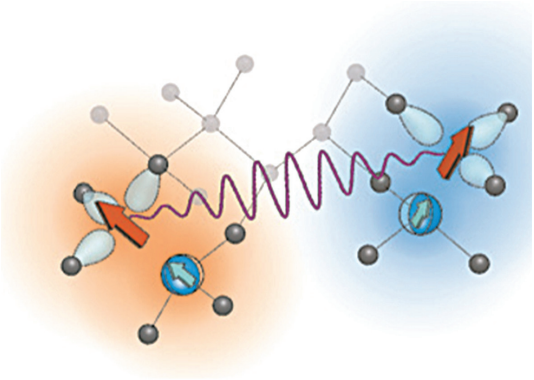


Рис. 1. Два NV-центра имеют разные ориентации с расстоянием между ними r_{AB} 25 нм (см.[2])

Система двух NV-центров описывается гамильтонианом

$$H = H_A + H_B + H_{\text{дип}} \qquad (1)$$

где H_A и H_B – гамильтонианы двух независимых NV-центров, NVA и NVB, соответственно, и $H_{ДИП}$ описывают дипольное взаимодействие между ними.

Два центра NV имеют разную ориентацию. Их гамильтонианами (пренебрегая деформацией) являются

$$H_A = \Delta(S_{zA})^2 - \gamma_e \vec{S}_A \cdot \vec{B} + a_N \vec{S}_A \cdot \vec{I}_A \qquad (2)$$

$$H_B = \Delta(S_{z'B})^2 - \gamma_e \vec{S}_B \cdot \vec{B} + a_N \vec{S}_B \cdot \vec{I}_B \qquad (3)$$

$$H_{\text{дип}} = \frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\gamma_e^2}{r_{AB}^3}\left(S_A \cdot S_B - 3(S_A \cdot n_{AB})(S_B \cdot n_{AB})\right) \qquad (4)$$

где $z \parallel [111]$ и $z' \parallel [1\bar{1}\bar{1}]$;

Δ=2,87 GHz – нулевое полевое расщепление электронного спина-центра NV-центра (эл-спин=1 состояния обозначаются через $\vec{S}_A$ и $\vec{S}_B$); $r_{AB} = r_{AB} n_{AB}$ – вектор смещения, указывающий от NVA до NVB.

В дальнейшем простое для направлений x,y,z NVB опускается (например, $S_{z'B} \rightarrow S_{zB}$). Каждый NV-центр содержит 14N-ядерный спин-I=1 со сверхтонкой константой связи a_N (или может

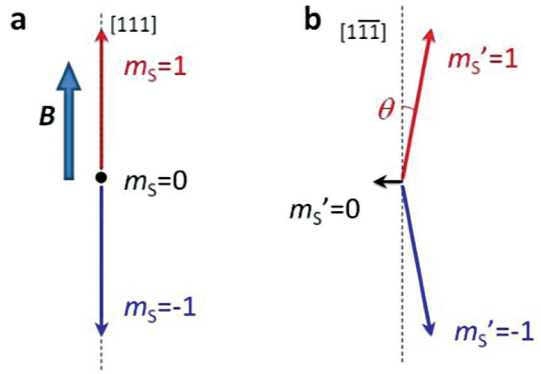


Рис. 2. a) Магнитное поле B выровнено с осью NVA, спиновые векторы для NVA вдоль направления [111]. В этом случае магнитное квантовое число mS является хорошим квантовым числом. b) Спин-векторы для NVB в том же поле, что и в a). Спиновые векторы отклоняются от оси NV-центра (см.[2])

иметь 15N ядерный спин-$I=1/2$, $a_N=3{,}05$ МГц). Приложенное магнитное поле выровнено с осью NVA и в соответствие с ее направленностью собственные состояния гамильтониана H_A можно определить через $|\pm>_A$ и $|0>_A$. Несоответствие магнитного поля оси симметрии NVB вызывает смешение состояний. Однако для силы магнитного поля ($B \approx 40$гаусс $\ll |\frac{\gamma_e}{\Delta}|$), эффект мал [2,3] и все еще можно использовать квантовое число (приблизительно) m_S^B, обозначая собственные состояния гамильтониана H_B т.е. $|\pm>_B, |0>_B$.

Таким образом, магнитные квантовые числа m_S^A и m_S^B являются хорошими квантовыми числами. Собственные состояния гамильтониана H_A и H_B можно обозначить через $|\pm>_A$ и $|0>_A$, $|\pm>_B$ и $|0>_B$. Заметим, что в силу различной направленности осей квантования NVA и NVB-центров электронное спиновое состояние NVB имеет сверхтонкое взаимодействие. Отметим, что расщепление нулевого поля намного больше, чем сверхтонкая сила связи (т.е. $\Delta \gg a_N$)

В общем случае дипольное взаимодействие между двумя спинами может вызывать когерентность и/или перенос популяции из-за процесса спин флип-флопа. Однако дипольная связь (~10-20 кГц) значительно слабее, чем разность энергий (~ 10 МГц) двух NV. В результате, в $\mathcal{H}_{\text{дип}}$ можно оставить только слагаемое энергетического сдвига

$$H_{\text{дип}} = \hbar\kappa_{\text{дип}} S_{zA} S_{zB} \qquad (5)$$

$\hbar\kappa_{\text{дип}}$ – сила диполярного взаимодействия, которое можно определить с помощью двойного спин-электрон-спин-электронного резонанса.

Два дефекта ориентированы вдоль двух разных направлений решетки алмаза и, следовательно, ориентационная зависимость члена тонкой структуры позволяет индивидуальную адресацию с помощью разных микроволновых частот. Чтобы исследовать величину магнитной дипольной связи между двумя дефектами, были индуцированы спиновые переходы ($\Delta_{ms}=\pm 1$) на обоих дефектах и NVA использовалось в качестве чувствительного магнитометра для измерения магнитного дипольного поля NVB, что позволило определить константу дипольной связи $\kappa_{\text{дип}} \approx 4{,}9$ кгц. В эксперименте ДЭЭР (двойной элетрон-электронный резонанс) NVA используется для определения спинового состояния NVB. Перевернув спиновое состояние NVB, наблюдается разность фаз, масштабируемая в зависимости от величины дипольного взаимодействия. Спин-электронное состояние NVA приобретает случайную фазу шума (для простоты формул мы рассмотрим фазу шума позже) вместе с эволюционирующей дипольной фазой

$$\phi_{\text{дип}}(\tau) = 2\pi\kappa_{\text{дип}}\tau, \qquad (6)$$

вызванной дипольным взаимодействием с NVB. Именно величина этой фазы и послужит генерации запутанности электрон-спин состояний двух NVA- и NVB-центров.

Поэтому измеренная временная интенсивность флуоресценции

$$I^A_{\text{ДЭЭР}}(t,\tau) = I_A(t)\cos(2\pi\kappa_{\text{дип}}\tau) \qquad (7)$$

и период колебаний по переменной τ позволяет получить величину дипольной связи $\kappa_{\text{дип}}$.

При рассмотрении унитарных операций над спин-электронными “кутритными” состояниями двух NV-центров

$$\{|+>_A, |0>_A, |->_A\} \text{ и } \{|+>_B, |0>_B, |->_B\} \qquad (8)$$

лучше перейти в 9-мерный базис

$$\{|+>_A, |0>_A, |->_A\} \otimes \{|+>_B, |0>_B, |->_B\} \equiv$$
$$\equiv \{|++>, |+0>, |+->, |0+>, |00>, |0->, |-+>, |-0>, |-->\} \qquad (9)$$

или

$$|++> = \begin{pmatrix}1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |+0> = \begin{pmatrix}0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |+-> = \begin{pmatrix}0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |0+> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |00> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |0-> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\end{pmatrix}, |-+> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\\0\end{pmatrix}, |-0> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\\0\end{pmatrix}, |--> = \begin{pmatrix}0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\0\\1\end{pmatrix}, \qquad (10)$$

Следуя идеям формализма описания составных квантовых систем в рамках матрицы плотности и работам [1,2,7], можно детально проследить механизм возникновения запутывания, начиная с простого чистого сепарабельного состояния $|\Phi_{00}> = |00>$ и получить в ходе унитарных преобразований запутанные состояния Белла, такие как

$$|\Phi_{0+}> = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00> - i|++>),$$
$$|\Phi_{+-}> = \frac{1}{\sqrt{2}}(|++> - i|-->), \qquad (11)$$
$$|\Phi^+_{DQ}> = \frac{1}{\sqrt{2}}(|--> - i|++>)$$

и другие. Заметим, что реально спин-электронная система состояний 2-х NV-центров составлена из 2-х кутритов, реально запутывание происходит на уровне 2-х кубитов, состоящих из одно-кубитных состояний систем NVA и NVB. Основная идея заключается в построении оператора эволюции [1,2,3], являющегося результатом последовательного применения унитарных операций и в прямом соответствии с возможными управляющими воздействиями над NV-центрами (*см. рисунки 3, 4*).

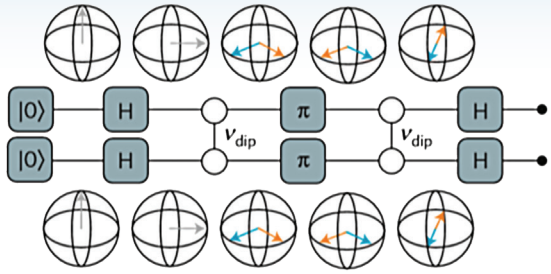


Рис. 3. Квантовая схема запутывания. Последовательность спинового эха на обоих отдельных спинах уменьшает эффект локального шума при сохранении спин-спинового взаимодействия. Последний реализует управляемый фазовый вентиль, который окончательно приводит к состоянию Белла после времени эволюции *1/8кДИП* (см.[2])

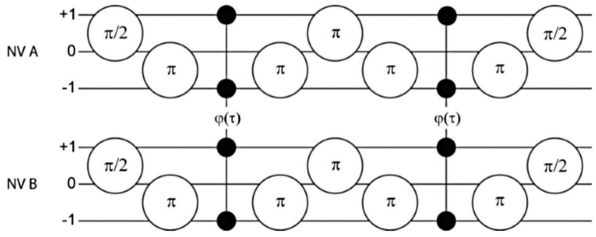


Рис. 4. Импульсная последовательность, используемая для создания запутывания между электронными спиновыми состояниями *mS=0* и *mS=+1* обоих NV-центров (см. [3])

Последовательность спинового эха на обоих отдельных спинах уменьшает эффект локального шума при сохранении спин-спинового взаимодействия. Последний реализует управляемый фазовый вентиль, который окончательно приводит к состоянию Белла после времени эволюции 1/8кДИП.

В ходе унитарных преобразований запутанные состояния Белла создаются диагональной фазовой ($\phi_{дип} \equiv \phi$) матрицей:

$$U_{дип}(\tau) = \mathrm{diag}(e^{-i\phi}, 1, e^{i\phi}, 1, 1, 1, e^{i\phi}, 1, e^{-i\phi}) \neq \neq U_A(\tau) \otimes U_B(\tau)! \quad (12)$$

Этот оператор не факторизуется, что будет служить главным источником спин-электронного запутывания состояний NVA и NVB-центров. Это также послужит причиной обращения для вычислений к 9-мерному пространству квантовых состояний. Эволюционная генерация запутанного спин-электронного состояния $|\Phi_{0+}>$ в соответствии с диаграммой на *рисунке 3*.

$$U_{фин}(\tau)|00> = |\Phi_{0+}> \quad (13)$$

осуществляется следующим унитарным оператором

$$U_{фин}(\tau) = U_3 U_{DIP2}(\tau_2) U_2 U_{DIP1}(\tau_1) U_1 \quad (14)$$

τ_1, τ_2 – интервалы эволюции;
$\tau = \tau_1 + \tau_2$ – полный временной интервал;
матрица U_i, $i=1,2,3$ принимает в 9-мерном тензорном $\mathcal{H} = \mathcal{H}^A \otimes \mathcal{H}^B$ пространстве спин-электронных состояний двух NV-центров следующий вид

$$U_1 = U_{1A} \otimes U_{1B} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix}_A \otimes \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 \end{pmatrix}_B =$$

$$\frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sqrt{2} & \sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 \\ 1 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (15)$$

$$U_2 = U_{2A} \otimes U_{2B} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}_A \otimes \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}_B =$$

$$= \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (16)$$

$$U_3 = U_{3A} \otimes U_{3B} = \begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}_A \otimes$$

$$\begin{pmatrix} \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & -\frac{1}{\sqrt{2}} \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}_B =$$

$$0.5\begin{pmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 \\ 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}_{A\otimes B} \quad (17)$$

Отметим следующее соотношение между матрицами U_i:

$$U_{3A} U_{2A} U_{1A} = U_{3B} U_{2B} U_{1B} = \hat{1}_3 \quad (18)$$

Теперь надо вычислить последовательное воздействие унитарных операторов в прямом соответствии с операциями манипулирования на спин-электронные состояния обоих NV-центра. Так, на первом шаге после оптической инициализации системы в

$$|m_{SA}, m_{SA}> = |00>$$

двойное квантовое $\pi/2$ вращение на обоих NV-центрах приводит к чистому, еще не запутанному состоянию

$$1/2\,(|\,-1-1> - |\,1-1> - |\,-11> + |\,11>):$$

$$U_1\,|00> = U_1 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \xrightarrow{\text{дает}} \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

Под влиянием взаимной дипольной спин-спиновой связи

$$U_{дип}(\tau) = \mathrm{diag}(e^{-i\phi}, 1, e^{i\phi}, 1,1,1, e^{i\phi}, 1, e^{-i\phi},$$

система свободно эволюционирует в течение времени τ, приводя к зависящему от состояния фазовому захвату

$1/2\,(e^{-i\phi}|\,11\rangle - |\,1\text{-}1\rangle - |\,\text{-}11\rangle + e^{-i\phi}|\,\text{-}11\rangle$,

где $\phi = 2\pi\kappa_{дип}\tau$ – коррелированная фаза.

$$U_{1дип}(\tau)U_1\,|00\rangle = U_2\,\frac{1}{2}\begin{pmatrix}1\\0\\-1\\0\\0\\0\\-1\\0\\1\end{pmatrix} \xrightarrow{\text{дает}} \frac{1}{2}\begin{pmatrix}e^{-i\phi}\\0\\-e^{i\phi}\\0\\0\\0\\-e^{i\phi}\\0\\e^{-i\phi}\end{pmatrix} \quad (20)$$

Результат действия двух операций определяется следующей матрицей $U_{ДИПП}U_1 =$

$$\frac{1}{2}\begin{pmatrix} e^{-i\varphi} & -e^{-i\varphi} & 0 & -e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ e^{i\varphi} & e^{i\varphi} & 0 & -e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sqrt{2} & \sqrt{2} & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0\\ e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (21)$$

Продолжая следующий 3-й этап воздействия оператором-матрицей

$U_2U_{дип1}U_1 =$

$$\frac{1}{2}\begin{pmatrix} e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0\\ e^{i\varphi} & e^{i\varphi} & 0 & -e^{i\varphi} & -e^{i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ e^{-i\varphi} & -e^{-i\varphi} & 0 & -e^{-i\varphi} & e^{-i\varphi} & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (22)$$

И затем на 4-ом этапе совершаем второй фазовый поворот:

$$U_{дип2}U_2U_{дип1}U_1 = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} E & E & 0 & E & E & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ 1/E & -E & 0 & 1/E & -1/E & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2}\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0\\ 1/E & 1/E & 0 & -1/E & E & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & \sqrt{2} & 0 & 0 & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0\\ E & -E & 0 & -E & E & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (23)$$

где $E = e^{-i(\varphi_1+\varphi_2)}$, $\phi_i(\tau_i) = 2\pi\tau_i\kappa_{дип}$, $i = 1,2$.

Последняя, 5-я операция, дает результирующую матрицу эволюции системы приводящую к запутанному состоянию Белла

$U_{фин} = U_3U_{дип2}U_2U_{дип1}U_1 =$

$$= \begin{pmatrix} A+B & 0 & 0 & 0 & A-B & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & A+B & 0 & A-B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & A-B & 0 & A+B & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ A-B & 0 & 0 & 0 & A+B & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (24)$$

$$A = \frac{1}{2}e^{-i(\varphi_1+\varphi_2)}, \qquad B = \frac{1}{2}e^{i(\varphi_1+\varphi_2)}$$

$$c = A + B = cos(\varphi_1+\varphi_2), \qquad s = A - B = -i\,sin(\varphi_1+\varphi_2)$$

$$U_{фин} = U_3U_{дип2}U_2U_{дип1}U_1 = \begin{pmatrix} c & 0 & 0 & 0 & s & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & c & 0 & s & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & s & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ s & 0 & 0 & 0 & c & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (25)$$

При совпадающих фазах $\varphi_1 = \varphi_2 = \phi$ результирующий оператор эволюции приобретает вид, соответствующий деталям эксперимента [2]

$U_{фин} =$

$$= \begin{pmatrix} cos2\phi & 0 & 0 & 0 & -isin2\phi & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & cos2\phi & 0 & -isin2\phi & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & -isin2\phi & 0 & cos2\phi & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ -isin2\phi & 0 & 0 & 0 & cos2\phi & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (26)$$

В результате, стартуя из чистого сепарабельного состояния $|00\rangle$ эти 5 последовательных операций могут трансформировать его в максимально запутанное состояние Белла $|\Phi_{0+}\rangle$:

$$U_{фин}\,|00\rangle = \begin{pmatrix}-isin2\phi\\0\\0\\0\\cos2\phi\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix} \xrightarrow{\phi=\frac{\pi}{4}} \frac{1}{\sqrt{2}}\begin{pmatrix}-i\\0\\0\\0\\1\\0\\0\\0\\0\end{pmatrix} = |\Phi_{0+}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|00\rangle - i\,|{+}{+}\rangle) \quad (27)$$

Соответственно, с учетом действия данного оператора эволюции $U_{ФИН}(\tau)$ матрица плотности $\rho_{00}(\tau)$ в момент времени τ приобретает вид

$$\rho_{00}(\tau) = U_{фин}(\tau)\rho_{00}(0)(U_{фин}(\tau))^{+} \quad (28)$$

где $\rho_{00} = |00\rangle\langle 00|$ – начальная матрица плотности.

$$\rho_{00}(\tau) = \begin{pmatrix} sin^2\phi & 0 & 0 & 0 & -\frac{i}{2}sin4\phi & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ \frac{i}{2}sin4\phi & 0 & 0 & 0 & cos^2\phi & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (29)$$

При условии $2\phi = \frac{\pi}{4}$ мы получаем матрицу плотности

$$\rho_{00}(\tau) = \frac{1}{2}\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -i & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ i & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (30)$$

отвечающую максимально запутанному состоянию Белла

$$U_{\text{фин}}\ |00>=\frac{1}{\sqrt{2}}(|00>-i\,|++>)=|\Phi_{0+}> \quad (31)$$

Рассмотрим другой пример

$$U_{\text{фин}}\ |0+>:\rho_{0+}(0)=|0+><+0|$$

$$\rho_{0+}(\tau)=\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \sin^2 2\phi & 0 & -i\sin\phi\cos 2\phi & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & i\sin 2\phi\cos\phi & 0 & \cos^2 2\phi & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (32)$$

при $\phi=\frac{\pi}{4}$, отвечающей запутанному состоянию Белла

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|+0>-i\,|0+>).$$

Исходя из запутанного состояния

$$|\Phi_{0+}>=\frac{1}{\sqrt{2}}(|00>-i\,|++>),$$

применяя локальные операции, можно сгенерировать другие запутанные состояния, например,

$$|\Phi_{+-}>=\frac{1}{\sqrt{2}}(|++>+|-->),$$

применяя для данного случая π импульсы на $(|0>\rightarrow|->$ переходах NVA и NVB, соответственно, происходит преобразование такое, что

$$|\Phi_{+-}>=(U_{\pi A}\otimes U_{\pi B})|\Phi_{0+}>.$$

Полученные матрицы плотности

$$\rho_{\{0+\}},\rho_{\{+-\}}\ \ldots,$$

позволяют вычислить достоверность

$$F_{\{0+\}}(\tau),F_{\{+-\}}(\tau)$$

запутанных состояний

$$F_{\{0+\}}(\tau)=Tr\{\rho_{\{0+\}}(\tau)|\Phi_{0+}><\Phi_{+0}|\},F_{\{+-\}}(\tau)=$$
$$=Tr\{\rho_{\{+-\}}(\tau)|\Phi_{+-}><\Phi_{-+}|\} \quad (33)$$

интенсивность их флуоресценций, отвечающей нуль-состоянию популяции

$$<P_0>=<Tr\{\hat{P}_M U_{FIN}(\tau)\rho(\tau)U_{FIN}^{+}(\tau),$$

где оператор проективного измерения:

$$\hat{P}_M=\alpha|0>_A<0|+\beta|0>_A<0| \quad (34)$$

Эффективная сила сцепления может быть увеличена до четырех раз, используя кутритный характер триплетного вращения в каждом центре NV.

На эксперименте [2]

$$\tau_1=\tau_2=\tau,$$
$$2\tau=\frac{1}{2\kappa_{\text{дип}}}\approx 25\ \text{мкс},$$

$$\varphi_1(\tau)=\phi_2(\tau)=\phi(\tau)=2\pi\tau\kappa_{\text{дип}}=\frac{\pi}{48}.$$

При τ=12,5μs состояние эволюционировало до $\Phi_{\text{дв}}^{+}$. А именно, квантовая фаза состояния суперпозиции с

$$\Delta m_s=\pm 2$$

эволюционирует в два раза быстрее в заданных магнитных полях как суперпозиция

$$\Delta m_s=\pm 1.$$

Кроме того, спин-флип на

$$\Delta m_s=\pm 2$$

индуцирует изменение в два раза сильнее магнитного поля по сравнению с случаем

$$\Delta m_s=\pm 1.$$

Следовательно, используя

$$\Delta m_s=\pm 2$$

(двойные квантовые переходы DQ) на обоих NV-центрах дает

$$\kappa_{\text{дип-дв}}\cong 19-20\ \text{кГц}$$
$$\kappa_{\text{дип-дв}}\cong 5\ \text{кГц}\ [2,3].$$

Глава 2. Обсуждение фотонных корреляций и доказательство запутанности

Запутанность между спинами выводится из флуоресцентных эмиссионных свойств запутанной пары дефектов во всех экспериментах, но только со своими некоторыми отличиями. Электронно-фотонный интерфейс объединяет реализованные уже эксперименты [2,3,4,5,6]. Так в экспериментах стационарное флуоресцентное излучение [2,3]

$$\Psi^{-}=(1/\sqrt{2})\,(|01>-i\,|10>),$$
$$\Phi^{-}=(1/\sqrt{2})\,(|00>-i\,|11>)$$

также как и соответственно сепарабельное спиновое состояние обоих NV-центров

$(1/2)\,(|00>+|10>+|01>+|11>)$

идентично. Однако двух-фотонные корреляции показывают разницу между спин-запутанными и смешанными состояниями. Состояние Φ имеет более высокую вероятность одновременного излучения двух фотонов, чем некоррелированное состояние суперпозиции, тогда как а Ψ состояние имеет меньшую вероятность [2,3,4,5].

Важнейшим фактором для всех экспериментов является время запутывания, которое должно быть значительно больше времени дефазировки состояний.

Так, время жизни запутанных состояний в эксперименте [2,3], ограничено дефазировкой электронного спина, измеренной как

$$T_{2A\,DQ}^{*}=27{,}8\pm 0{,}6\ \text{мкс}\ \text{и}$$
$$T_{2B\,DQ}^{*}=22{,}6\pm 2{,}3\ \text{мкс}$$

Измеренное время жизни сцепления

$$T(\Phi_{DQ}^{+})=28{,}2\pm 2{,}2\ \text{мкс и}$$

$T(\Psi^{+}_{DQ})=23,7\pm1,7$ мкс

Представленные в [2,3] эксперименты означают первый шаг к масштабированию квантовых регистров алмаза при комнатной температуре, демонстрируя детерминированное переплетение электронных спинов на расстоянии около 10 нм. С появлением нанотехнологий с алмазным дефектом, более эффективная генерация дефектных пар и более крупных дефектных массивов кажется приемлемой.

Представляется интересным попытаться использовать результаты этих исследований совместно с идеями работ второй направленности [4,5,6], в которых удалось добиться как геральдовой, так и детермнистской запутанности удаленных на три метра NV-центров. В следующей работе мы предполагаем обсудить эксперименты из класса второй направленности, в которых используются два NV-кубита, расположенные в независимых низкотемпературных установках, разнесенных на 3м [4,5,6]. Главной особенностью таких экспериментов является использование всей тонкой структуры спин-электронных состояний NV-центров и, следовательно, необходимость применение низких температур 4-8 градусов Кельвина (*см. рисунок 5*).

Спектры оптического возбуждения NV-центров демонстрируют резкие спин-селективные переходы, которые можно использовать при низких температурах в различных схемах запутывания [4,5,6].

Использованная схема запутывания в работах [4,5] выглядит следующим образом. Оба центра NVA и NVB первоначально подготовлены в суперпозиции

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow> +|\downarrow>)_{A,B}.$$

Лазерное возбуждение запутывает

<спин-электрон>-<число появившихся фотонов>: $\frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow \mathbf{1}> +|\downarrow \mathbf{0}>)_{A,B}$

два NV-центра, общее состояние

$$\frac{1}{2}(|\uparrow_A\uparrow_B> |\mathbf{1}_A\mathbf{1}_B> +|\uparrow_A\downarrow_B> |\mathbf{1}_A\mathbf{0}_B> + +|\downarrow_A\uparrow_B> |\mathbf{0}_A\mathbf{1}_B> +|\downarrow_A\downarrow_B> |\mathbf{0}_A\mathbf{0}_B>)$$

Фотонный разделитель – а) если эмиссионные фотоны из центров А и В – неразличимы, то наблюдение = измерение одного фотона будет выделять как состояние

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|\mathbf{1}_A\mathbf{0}_B> \pm e^{-i\varphi}|\mathbf{0}_A\mathbf{1}_B>)$$

Наблюдение = измерение одного фотона проектирует электронный кубит на максимально запутанное состояние

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(|\uparrow_A\downarrow_B> \pm e^{-i\varphi}|\downarrow_A\uparrow_B>).$$

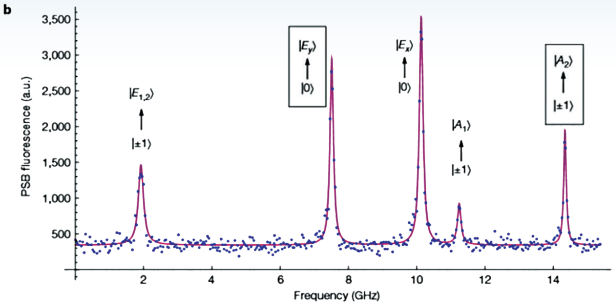


Рис. 5

Обнаружение фотона в обоих раундах, таким образом, предвещает возникновение запутанного состояния. Ключевой задачей для создания дистанционного сцепления с твердотельными кубитами является получение большого потока неразличимых фотонов, отчасти потому, что локальная деформация в решетке алмаза может вызывать большие изменения частоты фотонов.

Обсуждаемые в статье различные температурные варианты запутывания двух кубитов нам будут нужны для изложения главной цели проекта – составления проколов телепортации Земля-Земля и Земля-Космос, в которых потребуется использование трех, четырех или более кубитов (кутритов) с практической реализацией как при комнатных (Земля), так и при криогенных температурах (Космос).

Литература

1. Nielsen M.A., Chuang I.L. Quantum Computationand Quantum Information (Cambridge Univ. Press,2000).
2. Dolde F., Jakobi I., Naydenov B., Zhao N., Pezzagna S., Trautmann C., Meijer J., Neumann P., Jelezko F., Wrachtrup J. Room-temperature entanglement between single defect spins in diamond. Nature Phys.9, 139–143(2013).
3. Dolde F., Jakobi I., Naydenov B., Zhao N., Pezzagna S., Trautmann C., Meijer J., Neumann P., Jelezko F., Wrachtrup J. Room-temperature entanglement between single defect spins in diamond. Supplementary information DOI: 10.1038/NPHYS2545 Nature Physics.
4. Bernien H., Hensen B., Pfaff W., Koolstra G., Blok M.S., Robledo L., Taminiau T.H., Markham M., Twitchen D.J., Childress L., Hanson R. Heralded entanglement between solid-state qubits separated by three metres/ 86 | Nature | Vol. 497 | 2 M AY 201
5. Pfaff W., Hensen B., Bernien H., van Dam S.B., Blok M.S., Taminiau T.H., Tiggelman M.J., Schouten R.N., Markham M., Twitchen D.J., Hanson R. Supplementary Materials for Unconditional quantum teleportation between distant solid-state quantum bits./ 29 May 2014 on Science Express DOI: 10.1126/science.1253512.
6. Togan E. et al. Quantum Entanglement Between an Optical Photon and a Solid-State Spin Qubit, Nature 466(7307):730-4 August 2010.
7. Weng Cho Chew Quantum Mechanics Made Simple: Lecture Notes September 23, 2013
8. Белокуров В.В., Тимофеевская О.Д., Хрусталев О.А. Квантовая телепортация – обыкновенное чудо. Ижевск: Научно-издательский центр Регулярная и хаотическая динамика, 2000. 255 с.

УДК 623

ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГРУППЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ В УСЛОВИЯХ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРОТИВНИКА



INDICATORS OF THE EFFICIENCY OF THE APPLICATION OF A GROUP OF UNCONLESSED AIRCRAFT DEVICES AT THE SOLUTION OF THE PROBLEM OF AIR SCIENTIFICATION IN CONDITIONS OF OPPOSITION OF THE ENEMY

Игорь Александрович Бугаков
заслуженный изобретатель РФ
доктор технических наук, профессор
член Научного совета РАН по методологии искусственного интеллекта
Вице-президент по инновационным проектам
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93
E-mail: info@iifmail.ru

Алексей Денисович Сорокин
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93

Антон Валерьевич Хомяков
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93

Аннотация
В статье вводятся показатели эффективности применения группы беспилотных летательных аппаратов для ведения воздушной разведки при сопровождении наземных подвижных объектов в условиях противодействия противника и обосновывается целесообразность использования для этого группы беспилотных летательных аппаратов с иерархически-сетевой структурой.
Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, воздушная разведка, противодействие противника, эффективность, управление группой, иерархия, сеть, точность, живучесть, оперативность.

Summary
The article introduces efficiency indicators for the use of a group of unmanned aerial vehicles for conducting aerial reconnaissance when escorting ground mobile objects under enemy countermeasures, and justifies the expediency of using unmanned aerial vehicles with a hierarchical network structure for this group.
Keywords: unmanned aerial vehicles, aerial reconnaissance, enemy counteraction, efficiency, group management, hierarchy, network, accuracy, survivability, efficiency.

Воздушная разведка (применительно к военным действиям) – комплекс мероприятий, планируемых и проводимых командованием и штабами всех степеней в целях добывания сведений о войсках (силах) противника, его объектах, инфраструктуре театра военных действий, местности, погоде, радиационной, химической и другой обстановке [1].

Одной из важных разновидностей является воздушная разведка при сопровождении наземных подвижных объектов военного назначения, для проведения которой используются беспилотные летательные аппараты (БЛА). Выполнение данной задачи сопряжено с функционированием БЛА во многих случаях в экстремальных (несовместимых с их длительным существованием [2]) условиях, связанных, прежде всего, с противодействием со стороны противника. С учетом [3] выделим следующие способы воздействия на БЛА.

1. Акустический. Способен вывести систему стабилизации БЛА при совпадении собственной частоты гироскопа БЛА с частотой излучаемой в его сторону акустической «волны».

2. Лазерный. Разрушает БЛА механически за счет его сильного дистанционного нагрева. Так, компания Boeing в настоящее время проводит испытания лазерной системы, которая способна обнаруживать на расстоянии до 35 км, отслеживать и уничтожать БЛА в радиусе 1,6 км за время приблизительно равное двум секундам [4].

3. Радиоволновой. Системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ) определяют частоты, на которых производится управление БЛА, а затем «забивают» их помехами, исключающими дальнейшее дистанционное взаимодействие БЛА с оператором. Примером оружия, реализующего данный способ противодействия, является радиоэлектронное ружье REX-1 разработки концерна «Калашников» [9], которое блокирует работу аппаратуры БЛА с помощью СВЧ-излучения. Это оружие глушит мобильную связь, сигналы спутниковой навигации, 3G и LTE, а также создает помехи на частотах 900 МГц, 2.4 МГц, 5.2-5.8 МГц. Исследовательская лаборатория ВВС США совместно с американским авиастроительным концерном Boeing завершила разработку импульсного электромагнитного оружия CHAMP, предназначенного для высокоточного выведения из строя электроники противника с помощью СВЧ-излучения [4].

4. С применением огнестрельного и (или) специального оружия и технических средств. Так, радиолокационные станции автономных зенитных комплексов «Тор-М1», «Оса-АКМ» способны обнаружить мини-БЛА на дальностях 3,3-7,4 км. Учитывая то, что скорость небольших БЛА составляют порядка 50-250 км/ч, боевые расчеты этих зенитно-ракетных комплексов будут иметь достаточно времени на проведение предпусковых операций и обстрел цели [10]. Отметим, что в настоящее время личный состав специально обучают стрельбе по БЛА из штатного огнестрельного оружия [11]. Существует также способ «поимки» БЛА с помощью опутывания их специальными сетями, которые выстреливаются в их сторону БЛА-перехватчиком [5].

Очевидно, что в условиях противодействия противника возможна потеря БЛА и, как следствие, срыв выполнения задачи разведки. К тому же один БЛА будет выполнять задачу разведки слишком долго. Не всегда возможно и оснащение единственного БЛА всеми необходимыми приборами, поскольку это существенно увеличивает его габаритно-массовые характеристики и (или) снижает качество измерений, дополнительно увеличивает время проведения измерений, что негативно сказывается на оперативности и точности сбора данных.

Потому эффективным решением задачи проведения воздушной разведки в условиях противодействия противника может быть использование группы БЛА. Преимущества применения группы БЛА [6]:

1) малое время выполнения задачи воздушной разведки в результате ее распараллеливания (параллельного выполнения разных подзадач) разными БЛА из состава группы;

2) высокая точность измерения параметров воздушной разведки вследствие специализации каждого БЛА на измерении одной физической величины, что позволяет увеличить габариты и, как следствие, метрологические характеристики, измерительного прибора при сохранении малых габаритов БЛА;

3) увеличение точности и достоверности получаемых результатов при реализации возможности параллельного выполнения одной подзадачи несколькими БЛА;

4) повышение живучести группы как следствие некатастрофичности отказа одного или нескольких БЛА (в том числе и по причине вывода их из строя средствами противодействия противника) и возможности перераспределения подзадач воздушной разведки между оставшимися БЛА;

Ключевой вопрос – вопрос об управлении этими средствами. Очевидно, что один оператор вряд ли в состоянии эффективно управлять группой БЛА, когда ему приходится принимать решение и контролировать любое действие каждого из БЛА. Не выход в данной ситуации и использование группы операторов по схеме «один оператор – один БЛА», поскольку такой подход требует предварительной совместной тренировки всех операторов, что с учетом уникальности многих ситуаций воздушной разведки все же не дает гарантии достижения требуемой эффективности. К тому же и в первом, и во втором случае конечный результат определяется человеческим фактором, степенью подготовленности операторов, их психоэмоциональным состоянием и слаженностью [6].

При сопровождении наземных объектов (например, автоколонны специального назначения на марше) управление группой БЛА должно быть нацелено на выполнение следующих задач:

1) обнаружение противника (например, диверсионных групп), его идентификацию (личного состава и техники), сопровождение, уточнение информации;

2) обеспечение живучести группы БЛА в случае противодействия противника;

3) перераспределение выполняемых задач между оставшимися членами группы в случае потери одного или нескольких БЛА

4) обеспечение автономного возврата БЛА на «базу» (в случае марша – на один из автомобилей сопровождение колонны).

Как оценить эффективность применения БЛА? Исходя из вышеперечисленных задач, представляется целесообразным к наиболее важным показателям эффективности применения БЛА можно отнести оперативность, точность и живучесть (K_O, K_T и $K_Ж$ соответственно).

Оперативность – свойство объекта, характеризуемое расходом времени на выполнение поставленной задачи. Показатель оперативности K_O определяется отношением минимально возможного времени t_{min}, за которое группа способна решить поставленную задачу, к реальному времени t_p, потраченному группой на выполнение задачи:

$$K_0 = \frac{t_{\min}}{t_p}; K_0 = [0,1]. \quad (1)$$

Значение t_{min} определяется в процессе подготовки полетного задания и характеризует минимально возможное время выполнения задания в условиях отсутствия противодействия противника при нормальном функционировании БЛА. Очевидно, что величина t_{min} зависит от оптимальности выстроенного маршрута полета, измеряемых (регистрируемых) параметров, а также от характеристик БЛА (скорости, маневренности и т.д.) При этом значение t_p, очевидно, должно соответствовать условию

$$t_{min} \le t_p \ge t_{ДОП},$$

где $t_{ДОП}$ – максимально допустимое время получения необходимой разведывательной информации, определенное ее актуальностью.

При $t_p > t_{ДОП}$ информация теряет свою актуальность или катастрофически (информация становится полностью неактуальной), или с постепенным, например, экспоненциальным, ухудшением «актуальности»:

$$K_0 = \begin{cases} \frac{t_{min}}{t_p}, & \text{при } t_p \le t_{доп.} \\ 0 \text{ или } \frac{t_{min}}{t_p} * e^{-k_{крит} t_{зад}}, & \text{при } t_p > t_{доп.} \end{cases}, \quad (2)$$

где $k_{крит}$ – степень критичности задержки получения полной информации об объекте разведки, определяемое, например, с помощью экспертного оценивания в процессе подготовки полетного задания, $k_{крит} = [0,1]$;

$t_{зад}$ – время задержки, $t_{зад} = t_p - t_{доп}$.

Точность – свойство, интегрально характеризующее качество проведенных измерений. В качестве показателя точности можно использовать множество K_T, элементы которого характеризуют точность измеряемого (наблюдаемого) i-го параметра (например, относительную погрешность определения координат объекта-цели, угловую ошибку пеленгования, разрешающую способность установленного в качестве бортового оборудования фотоаппарата и т.д.):

$$K_T = \{K_{T1}, K_{T2}, \ldots, K_{Ti}\}, \quad (3)$$

где K_{Ti}, $i=[1,I]$ – показатель точности измерения i-го параметра. Количество параметров I определяется задачей воздушной разведки.

Живучесть – свойство, характеризующее способность БЛА продолжать выполнять своё целевое предназначение в экстремальных, несовместимых с длительным существованием, условиях с постепенным (не катастрофическим) ухудшением качества [2]. Показатель живучести можно выразить как множество

$$K_Ж = \{K_{Ж11}, \ldots, K_{Ж1j}, \ldots, K_{Жnj}\},$$

где $K_{Жnj}$ – показатель живучести для n-го $n=[1,N]$ неблагоприятного воздействия (НВ) j-го уровня n_j, $j=[1,J]$, воздействующего на БЛА. К НВ относятся как воздействия природные, так и специально создаваемые противником.

Показатель живучести $K_{Жnj}$ можно определить как:

$$K_{Жnj} = \begin{cases} 1, \text{ при } \Delta t_{nji} \ge \Delta t_{необх} \\ \frac{\Delta t_{nji}}{\Delta t_{необх}}, \text{при } \Delta t_{nji} < \Delta t_{необх} \end{cases}, \quad (4)$$

где Δt_{nji} – интервал времени после возникновения n-го НВ j-го уровня, за которое значение показателя точности измерения i-го параметра K_{Ti} $[i=1,I]$ падает до предельно допустимого для решения поставленной разведывательной задачи значения $K_{TiДОП}$. Допустимое значение показателя точности определяется отдельно для каждой измеряемой физической величины;

$\Delta t_{необх}$ – интервал времени, необходимого для завершения получения разведывательной информации после возникновения n-го НВ j-го уровня;

$\Delta t_{необх} = t_p - t_{nj}$, где t_{nj} – момент времени возникновения n-го НВ j-го уровня.

Для обеспечения высоких значений оперативности, точности и живучести необходимо правильно выбрать структуру группы БЛА. Можно выделить сетевые и иерархические структуры (см. *рисунок 1*).

Сравнение свойств иерархической и сетевой структур группы БЛА, исходя из сформированных выше базисных показателей эффективности (оперативность, живучесть, точность), приведено в [8], где обоснована целесообразность объединения положительных свойств «чистой» иерархии и «чистой» сети в иерархически-сетевых структурах, получивших наиболее широкое распространение в природе и технике.

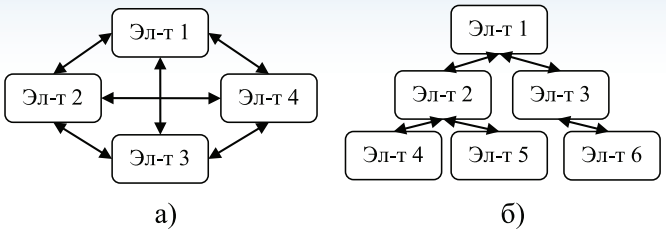


Рис. 1. Примеры структур: а) сетевая, б) иерархическая

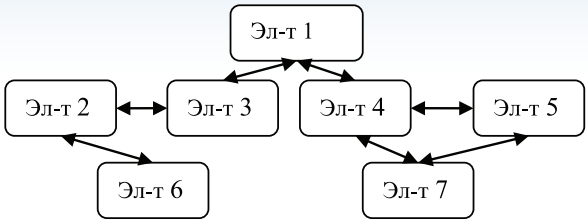


Рис. 2. Пример иерархически-сетевой структуры

При использовании таких структур (см. *рисунок 2*) оператор управляет только одним БЛА (элемент 1) – ведущим группы, которому дана определенная самостоятельность управления остальными БЛА. При этом взаимодействие БЛА между собой может осуществляться как по основному каналу (например, радиоканалу), используемому как для передачи измерительной информации, обеспечения взаимодействия группы (для сохранения строя, перераспределения задач, реализации поведения в случае опасности и др.), так и по запасному (оптический, акустический,...) для решения задач взаимодействия в особых условиях.

Отметим, что иерархически-сетевая структура обладает оптимальным для повышения приведенных выше показателей эффективности свойством масштабируемости – позволяет группе БЛА увеличивать эффективность воздушной разведки пропорционально повышению численности группы БЛА, что создает новые возможности по ведению воздушной разведки (например, использование более крупногабаритного, но и более точного оборудования как следствия специализации БЛА группы, увеличение возможности по взаимозаменяемости БЛА, созданию помех для противодействия противника и др.)

Таким образом, эффективность использования группы БЛА для решения задачи воздушной разведки в условиях противодействия противника может быть оценена через показатели оперативности (время выполнения воздушной разведки), точности (при требуемой разрешающей способности измерительных приборов) и живучести (как способности продолжать выполнять поставленную задачу при попадании в экстремальные, несовместимые с длительным существованием, условия). Тип иерархически-сетевой структуры и количество необходимых БЛА определяются конкретной задачей применения.

Литература

1. Военный энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия, «РИЛПОЛ КЛАССИК», 2002. 1664 с.
2. Бугаков И.А., Царьков А.Н., Бутранов А.С. Интеллектуализация специальной робототехники: ключевые идеи // Известия Института инженерной физики, 2016. №2(40). С. 83-91.
3. Теодорович Н.Н., Строганова С.М., Абрамов П.С. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ», 2017. Т.9. №1. Электронный ресурс. Режим доступа: https://naukovedenie.ru/PDF/13TVN117.pdf (дата обращения 22.11.2018).
4. US Marines Test Boeing Laser To Knock Down Drones, Enemy Artillery. Электронный ресурс. Режим доступа: http://www.ibtimes.com/us-marines-test-boeing-laser-knock-down-drones-enemy-artillery-2011610?ft=h6k97 (дата обращения: 21.11.2016).
5. The SkyWall 100 bazooka captures drones with a giant net. Электронный ресурс. Режим доступа: http://techcrunch.com/2016/03/04/the-skywall-100-bazooka-captures-drones-with-a-giant-net/ (дата обращения: 21.11.2018).
6. Бугаков И.А., Хомяков А.В. Групповой мониторинг экстремальных ситуаций: концептуальные идеи реализации // Сборник трудов участников VI Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование и инновационное развитие» // Под редакцией проф. А.Н. Царькова и проф. И.А. Бугакова. Серпухов: МОУ «ИИФ», 2016. С. 131-134.
7. Юревич Е.И. Сенсорные системы в робототехнике: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 100 с.
8. Бугаков И.А., Хомяков А.В. Универсальность иерархически-сетевых структур в природе и технике // Сборник трудов участников VII Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование и инновационное развитие» / Под редакцией проф. А.Н. Царькова и проф. И.А. Бугакова. Серпухов: МОУ «ИИФ», 2017. С.156-160.
9. Защита от дронов REX 1. Электронный ресурс. Режим доступа: http://zala.aero/rex-1/ (дата обращения: 21.11.2018).
10. Оценка возможностей зенитных средств по активному противодействию малоразмерным БЛА. Электронный ресус. Режим доступа: https://topwar.ru/67941-ocenka-vozmozhnostey-zenitnyh-sredstv-po-aktivnomu-protivodeystviyu-malorazmernym-bla.html (дата обращения: 21.11.2018).
11. Снайперов ВВО обучили стрельбе по беспилотникам. Электронный ресурс. Режим доступа: https:// defendingrussia.ru/a/ snajperov_vvo_obuchili_strelbe_ po_bespilotnikam-6081/ (дата обращения: 20.11.2018).

УДК 654.9+004.048

О КОМПЛЕКСИРОВАНИИ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ С ДАТЧИКАМИ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ НАРУШИТЕЛЯ НА ОХРАНЯЕМОЙ ТЕРРИТОРИИ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

ON THE INTEGRATION OF VIDEO SURVEILLANCE WITH SENSORS OF PHYSICAL QUANTITIES IN THE SYSTEMS OF RECOGNITION OF THE INTRUDER IN THE PROTECTED AREA OF CRITICAL OBJECTS



Алексей Игоревич Бугаков
старший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93
E-mail: info@iifmail.ru

Александр Владимирович Лысенко
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93
E-mail: info@iifmail.ru

Игорь Александрович Бугаков
заслуженный изобретатель РФ
доктор технических наук, профессор
член Научного совета РАН
по методологии искусственного интеллекта
и когнитивных исследований
Вице-президент по инновационным проектам
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93
E-mail: info@iifmail.ru

Юрий Константинович Шаров
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210 Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967) 35-31-93
E-mail: info@iifmail.ru

Аннотация

В статье обосновывается необходимость комплексирования видеонаблюдения с датчиками различных физических величин для повышения обнаруживающей и распознающей способности автоматической системы охраны критически важных объектов.

Ключевые слова: критически важный объект, охрана, датчики, система видеонаблюдения, оператор, обнаружение, распознавание, автоматическое функционирование, комплексирование, нейронная сеть, искусственный интеллект.

Summary

The article substantiates the need to integrate video surveillance with sensors of various physical quantities to improve the detecting and recognizing ability of the automatic security system of critical objects.

Keywords: critical object, security, sensors, video surveillance system, operator, detection, recognition, automatic operation, integration, neural network, artificial intelligence.

Критически важный объект – объект, нарушение или прекращение функционирования которого приведет к потере управления экономикой Российской Федерации, субъекта Российской Федерации или административно-территориальной единицы субъекта Российской Федерации, ее необратимому негативному изменению (разрушению) либо существенному снижению безопасности населения [1].

Критически важные объекты обычно подразделяют на: атомные объекты, опасное производство (например, химическое), объекты потенциально опасного характера (например, плотины), объекты государственной безопасности (в том числе инфраструктурные, военного назначения, государственная граница), объекты, связанные с

массовым скоплением людей (в первую очередь транспортные). Меры по защите таких объектов разделяют на инженерные, организационные, технические. Первые препятствуют проникновению нарушителя на территорию охраняемого объекта с учетом упреждающих расстояний, вторые предусматривают наличие четкого порядка прохода на территорию, организацию дежурства, патрулирования, последние обеспечивают регистрацию факта и места проникновения [2].

Ключевыми характеристиками систем охраны являются вероятность обнаружения нарушителя *Робн.* и вероятность ложного срабатывания *Рл.с.* (ложной тревоги). Вероятность обнаружения – вероятность выдачи техническим средством физической защиты сигнала «тревога» при вторжении объекта обнаружения в зону обнаружения (контроля) или других несанкционированных действиях в условиях и способами, оговоренными в тактико-техническом задании и (или) в технических условиях на конкретное техническое средство физической защиты. Ложная тревога – выдача техническим средством физической защиты, функционирующим в условиях, соответствующих стандартам или техническим условиям на конкретное техническое средство физической защиты, сигнала «тревога», не вызванного вторжением объекта обнаружения в зону обнаружения (контроля) или другими несанкционированными действиями [3]. Очевидно, что вероятность ложного срабатывания (ложной тревоги) есть вероятность выдачи такого сигнала.

Объект обнаружения – нарушитель, транспортное средство, предмет, запрещенный к проносу (провозу), другие объекты, подлежащие обнаружению в соответствии с требованиями тактико-технического задания и (или) технических условий на конкретное техническое средство физической защиты. Нарушитель – лицо, совершившее или пытающееся совершить несанкционированное действие, а также лицо, оказывающее ему в этом содействие [3].

Достижение необходимых значений *Робн.* возможно посредством регулировки чувствительности охранных датчиков. Для повышения *Робн.* необходимо повысить порог чувствительности охранного датчика. Однако при этом увеличивается *Рл.с.*. И наоборот – снижение порога чувствительности охранного датчика уменьшает *Рл.с.*, но при этом понижается *Робн.*. Разрешить данное противоречие [4] можно, если исходить из необходимости обеспечения заданных значений *Робн.*, допуская при этом высокие значения *Рл.с.*. Однако очевидно, что такое решение вряд ли можно считать приемлемым, так как оно вызывает необходимость реагирования на каждое ложное срабатывание[1].

Наибольшее распространение в системах охраны пока получили системы видеонаблюдения с обязательным участием оператора. В простейших системах оператор непрерывно наблюдает за экраном. В более «продвинутых» внимание оператора привлекается (например, звуковым сигналом) к экрану камеры, где зафиксировано то или иное «движение» (например, в системах видеонаблюдения «Камуфляж-Видео» [5], «РАСТР-М» [6]). Но при увеличении масштаба (сложности) охраняемого объекта системы охраны с участием оператора не всегда могут обеспечить требуемую вероятность обнаружения в течение всего времени смены оператора из-за «человеческого фактора». На способность оператора адекватно реагировать влияет степень тренированности, уровень личной ответственности (добросовестность), физическое состояние (утомление, возрастные изменения, болезни и т.д.), уровень преданности организации (коллективу) и др.

Основной тенденцией развития систем охраны является их автоматизация, все большее применение роботов и систем искусственного интеллекта. Так, в 2016 году «Объединённая приборостроительная корпорация» объявила о разработке первого в России полностью автоматического охранного комплекса для охраны больших территорий, включающего наземные и воздушные роботы, которые в автоматическом режиме достигают места возможного нарушения (место и тип нарушителя определяются с помощью специального закопанного в землю по периметру охраняемой территории волоконно-оптического кабеля), фиксируя происходящее на видеокамеру и оперативно оповещая об этом службу безопасности [7]. Использование волоконно-оптического кабеля лежит в основе многих подходов к построению современных систем охраны критически важных объектов, включающих в себя несколько рубежей охраны. На предупредительном фиксируется факт приближения к объекту охраны. Основной рубеж включает охранные ограждения с размещенными на нем техническими средствами[2], На контрольном рубеже формируется информация не только о его преодолении, но и о направлении и скорости движения (например, с помощью тепловидения и видеонаблюдения) [2].

Широко применяются системы видеона-

[1] Особенно учитывая, что если для охраны «обычных» объектов достаточно добиться значения Робн. на уровне 0.98, то при охране критически важных объектов ставят задачу обеспечения Робн. на уровне 0.999 и выше [2].
[2] На основном рубеже возможно несколько последовательно размещенных систем ограждения.

блюдения, использующие методы компьютерного зрения (например, система «VOCORD FaceControl» [8]). Они способны отличить человека-нарушителя от других объектов обнаружения. Использование подобных систем позволяет эксплуатировать масштабные охранные объекты с небольшим количеством операторов, поскольку отпадает необходимость в постоянном отслеживании всех фактов нежелательной активности (см., например, [9]).

Технологии распознавания лиц сегодня успешно используются для решения задачи нахождения на территории объекта посторонних, выявления местонахождения конкретных лиц (при наличии соответствующих баз данных). В качестве датчика широкое применение в последнее время нашел волоконно-оптический кабель, позволяющий определить место нарушения, а с использованием технологий искусственного интеллекта – распознать, является ли объект обнаружения человеком[3].

Тем не менее, современные системы автоматического видеонаблюдения во многих случаях все же не позволяют добиться желаемой вероятности обнаружения из-за влияния на результат внешних условий и помех, затрудняющих качественное распознавание, таких как: уровень естественного освещения (день, ночь), погодные условия (дождь, гроза, снег, град, туман, ветер), техногенные факторы (вибрация от проезжающего вблизи транспорта, оптические и электромагнитные наводки), создаваемые нарушителем специальные помехи (например, радио- , оптические) [10]. К тому же современные системы охраны используют усеченные возможности обнаружения объекта в пространстве, ориентируясь в большинстве своем на линию (периметровые средства) и на площадь, будучи привязанными к земле и не полностью учитывая возможности объемной регистрации. Между тем в связи с ускоренным развитием беспилотной техники, появлением эффективных алгоритмов их группового поведения центр охраны критически важных объектов перемещается на защиту именно от воздушных одиночных и групповых (роевых) объектов.

С целью достижения необходимого уровня вероятности обнаружения нарушителя при минимизации вероятности ложной тревоги целесообразно дополнять систему видеонаблюдения дополнительными охранными датчиками, измеряющими в охраняемом пространстве, частично простирающимся вглубь земли, но, в основном, вверх, различные физические величины, связанные с наличием и действиями объекта обнаружения, причем работа этих датчиков должна быть основана на разных физических принципах, исключающих одинаковое влияние на их работу естественных и искусственных помех. Информация и с видеокамер, и с датчиков поступает в интеллектуальную систему для совместной обработки. Такая интеграция информации позволяет в итоге не только повысить *Робн.*, уменьшая возможные ошибки обнаружения в неблагоприятных условиях, но и начинать вести процесс обнаружения (распознавания), анализируя сигналы от сработавших датчиков еще при нахождении объекта обнаружения на предупредительном рубеже, постепенно сужая область возможных классов объектов обнаружения, к которым можно отнести вызвавший очередное срабатывание датчика объект обнаружения.

Именно так интегрируется информация от различных сенсорных систем в живых организмах, приводя к системному, сверхаддитивному результату их совместной обработки. Живые организмы – многоуровневые иерархические системы распознавания с многочисленными не только восходящими, но и нисходящими (указывающими, что следует ожидать, или запрещающими опознание того, чего не может быть) связями, в которых информация последовательно распознается и обобщается [11].

Таким образом, сенсорную систему (датчики плюс видеонаблюдение) вместе с системой интеллектуальной обработки информации можно рассматривать как обладающий интеллектом искусственный «организм». Основными преимуществами этого искусственного «организма» по сравнению с организмами естественными (в том числе и по сравнению с человеком) являются: желаемая распределенность (протяженность) сенсорных элементов в пространстве (нужные датчики и видеокамеры распределены по всей охраняемой территории, находясь вне «мозга» в нужных местах), а также возможность использования различных комбинаций разных датчиков (сверх того, что имеют живые организмы, например, измерители радиации, химического состава и др.) с желаемыми амплитудным и частотным диапазонами. По сути, такой «организм» и среда, в которой он размещен, представляют собой одно целое с функцией регистрации, распознавания и сопровождения непрошенных «гостей».

Основная функция любого интеллекта – распознавание, основное свойство – способность обучаться, накапливать опыт с формированием новых алгоритмов достижения желаемой цели, реализации желаемого (целесообразного) пове-

[3] См., например, систему «ВОРОН» ООО «Прикладная радиофизика» (http://www.neurophotonica.ru/).

дения. Разновидностью распознавания является предвидение как «распознавание будущего». Наличие и глубина предвидения в новых условиях определяют наличие и степень развития интеллекта [12].

Итак, перспективная интеллектуальная система охраны должна содержать совокупность технических средств, позволяющих обнаруживать и распознавать объекты в окружающем охраняемый объект пространстве. Очевидно, что для этого требуются следующие средства обнаружения (датчики):

- пространственные – защищают некоторое пространство, регистрируя объект в нем (в трех измерениях) и формируя его пространственный образ;
- площадные – защищают площадь, регистрируя в плоскости (в двух измерениях) объект, факт его появления и возможные характеристики (площадь проекции, например) при появлении на защищаемой площади;
- линейные – регистрируют появление объекта в одном измерении, факт пересечения объектом некоторой протяженной чувствительной линии;
- точечные – область обнаружения – точка (на практике – некоторая площадь вокруг места установки датчика).

Возможны самые различные комбинации датчиков этих типов. Отметим, что сама по себе задача выбора и оптимального размещения датчиков с учетом особенностей объекта охраны и природных условий (рельеф, погода и др.) – задача отдельного научного исследования.

Таким же отдельным исследованием, связанным с задачей выбора необходимой комбинации датчиков, является задача разделения возможных объектов обнаружения на отдельные классы, исходя из идеи наличия у каждого класса своих специфических, отсутствующих у других классов, характерных признаков или непересечения диапазонов их значений хотя бы по одному признаку при полном совпадении их совокупности у двух и более классов. Например, в первом приближении, можно выделить следующие классы объектов обнаружения: человек, животное (мелкое, среднее, крупное), птица (мелкая, крупная), техника (легкая, тяжелая)[4]. Типовыми признаками для этих классов, которые могут быть измерены известными датчиками, могут быть: размер (высота, длина), площадь поверхности видимой части (вертикальная проекция) тела, вес, скорость перемещения и его направление, температура отдельных частей тела, частота издаваемых звуковых сигналов, состав объекта и его частей (биологическое вещество, ферромагнитное, взрывчатое, радиоактивное), способность преодолевать преграды, не вызывая срабатывания датчиков, появление помех (электромагнитных, оптических,...) в процессе регистрации объекта обнаружения и др.

После выделения классов объектов обнаружения и их характерных признаков встает задача выбора датчиков для их регистрации (измерения). Следует признать, что в настоящее время отсутствует единая классификация датчиков, а в существующих часто смешиваются различные классификационные основания (предназначение, физический принцип действия, используемый чувствительный элемент,...)[5]. Потому для выбора требуемых датчиков может быть полезным вначале ориентироваться на введенное выше их деление на пространственные, площадные, линейные, точечные, отдавая предпочтение наиболее информативным. И, исходя из этого, выделив целесообразные зоны охраны, определить необходимые датчики (ориентируясь на существующую «смешанную» классификацию) среди радиоволновых (радиолучевых, радиолокационных), вибрационных (пьезоэлектрических,...), волоконно-оптических, акустических, инфракрасных активных и пассивных и др.[6]

На работу датчиков существенное влияние могут оказывать внешние условия (дождь, туман, снег, ветер, электромагнитные наводки и др.). С целью уменьшения этого влияния на обнаружение (распознавание) представляется целесообразным учитывать эти условия для выбора из имеющейся совокупности наиболее подходящих охранных датчиков. Требуемая для конкретных условий система датчиков (состав и структура) должна автоматически (в простейшем случае по принципу работы дешифратора, в более сложном – на основе распознавания метрологической ситуации с помощью специальной искусственной нейросети) адаптироваться, формируясь под конкретные внешние условия на основе измерения параметров внешней среды с использованием системы дополнительных (метрологических) датчиков. К таковым, например,

[4] Заметим, что беспилотный летательный аппарат может имитировать как мелкую, так и крупную птицу с нужными характеристиками. Значит, надо выделять те признаки, которых нет у птиц, учитывая, например, форму и состав.

[5] Складывается впечатление, что классификаций почти столько же, сколько авторов, о них пишущих. Не проясняет классификационную картину и действующие ГОСТы, например ГОСТ Р 52435-2015 Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний.

[6] В качестве охранных датчиков можно использовать следующие: пироэлектрический – SIP-4010.5 [13] , инфракрасный – SL-350QFR [13], пьезоэлектрический SG-01 [14], радиоволновый – ИО 407-14 «ФОН-3» [15], радиолучевой – КОРАЛЛ-СМ-У/1 [5]. Звуковые сигналы можно регистрировать акустическими датчиками, например, ICS-43432 [16].

можно отнести: термометр «THERMASGARD® ATF2 PT1000A» (диапазон измерения от –50°С до +90°С [17]), анемометр «МПВ-502.17000» (скорость ветра в диапазоне от 0 м/с до 80 м/с [18]), инфракрасный датчик осадков (дождь и снег) «PWD 12» (интенсивность дождя в диапазоне от 0 мм/ч до 99 мм/ч, интенсивность снегопада в диапазоне от 0 мм/ч до 99 мм/ч [19]).

Повторим, что информация со всех датчиков охраны и видеонаблюдения поступает на отдельную интеллектуальную систему (в частности, состоящую из нескольких иерархически связанных искусственных нейронных сетей), которая относит объект обнаружения к одному из заранее установленных классов. По мере срабатывания датчиков в режиме реального времени на вход нейронной сети поступает все больше информации о значениях характерных признаков, тем самым уменьшая перечень возможных классов, к которым может быть отнесен обнаруженный объект. При попадании объекта в поле «зрения» системы видеонаблюдения также решается задача классификации с использованием дополнительной информации от датчиков физических величин (при этом информация от системы видеонаблюдения, в свою очередь, может полезно использоваться в работе датчиков, например, для определения степени доверия к результатам измерений, определения их весовых коэффициентов участия в принятии решения). После определения принадлежности объекта к конкретному классу решается задача распознавания (идентификации) объекта внутри данного класса (конечно, при наличии в памяти индивидуальных признаков всех объектов данного класса).

Такой подход позволяет использовать для классификации и далее для идентификации вместо одной универсальной несколько специализированных нейронных сетей (распознающих модулей [11] и их объединений), каждая из которых обучена на распознавание конкретного класса объектов. Известно, что нейронную сеть нельзя последовательно обучить нескольким задачам (для каждой новой задачи с использованием новой обучающей выборки все веса нейронов будут переписаны). Нейронные сети, обученные на распознавание определенных классов, не способны распознать новый класс, которому они не были обучены. К тому же для надежного распознавания большого количества классов объектов требуется большая обучающая выборка, что приводит к увеличению времени обучения сети, использованию больших вычислительных ресурсов, а также значительно усложняет архитектуру нейронной сети без гарантии оптимальности ее структуры для распознавания всех желаемых классов.

Литература

1. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения. Введ. 01.01.2017. М.: Изд-во стандартов, 2016.
2. Павлов С., Дидковский С. Защита критически важных объектов: инновационный подход // Системы безопасности, 2015. №2. [Электронный ресурс] URL: http://secuteck.ru/articles2/firesec/zaschita-kriticheski-vazhnyh-obektov-innovatsionnyy-podhod (Дата обращения 03.01.2019).
3. ГОСТ Р 52860-2007 Технические средства физической защиты. Общие технические требования. Введ. 30.06.2008. М.: Изд-во стандартов, 2008.
4. Бугаков А.И., Бугаков И.А., Лысенко А.В., Сорокин А.Д. Противоречия построения систем охраны особо важных объектов / Сборник трудов VII Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование и инновационное развитие» / Под ред. проф. А.Н. Царькова и проф. И.А. Бугакова. Серпухов: МОУ «ИИФ», 2017. С.152-155.
5. «НИКИРЭТ» URL: http://nikiret.ru (Дата обращения: 6.01.2019).
6. ООО «Старт-7» URL: http://start-7.ru (Дата обращения 15.01.2019).
7. «Ростех» займется охраной особо важных объектов с помощью дронов: https://www.rbc.ru/technology_and_media/30/03/2016/56f919749a79475ff361bd02. (Дата обращения 15.01.2019).
8. ЗАО «ВОКОРД ТЕЛЕКОМ» URL: https://vocord.ru (Дата обращения 15.01.2019).
9. Патент РФ №2011142423/08, 20.10.2011. Интеллектуальная система видеонаблюдения. ООО «Итерион» // Бюл. № 1.
10. Иванов Ю.С. Алгоритмы распознавания подвижных объектов для интеллектуальных систем охранного видеонаблюдения. Автореф. дисс. … канд. тех. наук. Хабаровск, 2015. 20 с.
11. Курцвейл. Р. Эволюция разума. М.: Эксмо, 2015. 352 с.
12. Бугаков А.И., Бугаков И.А. Категоризация как основа восприятия в системах естественного и искусственного интеллекта // Сборник трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции «Современное непрерывное образование и инновационное развитие» / Под ред. проф. А.Н. Царькова и проф. И.А. Бугакова. Серпухов: МОУ «ИИФ», 2018, Т.1. С.150-157.
13. «OPTEX» URL: http://www.optex.ru (Дата обращения 06.01.2019).
14. «DEA Security» URL: https://www.deasecurity.com (Дата обращения 14.01.2019).
15. «АРГУС-СПЕКТР» URL: http://www.argus-spectr.ru (Дата обращения 08.01.2019).
16. «InvenSense Inc.» URL: https://www.invensense.com (Дата обращения 14.01.2019).
17. «S+S REGELTECHNIK» URL: https://spluss.de/ru (Дата обращения 13.01.2019).
18. Научно-производственное предприятие «МераПрибор» URL: (Дата обращения 14.01.2019).
19. «Vaisala» URL: http://www.vaisala.ru (Дата обращения 13.01.2019).



УДК 656.25

ОПРЕДЕЛЕНИЕ В РАМКАХ МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ЦЕЛОСТНОСТИ ОТВЕТСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ АЛС НА БАЗЕ ШИРОКОВЕЩАТЕЛЬНОГО РАДИОКАНАЛА МЕХАНИЗМОВ ЗАЩИТЫ ОТ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ

THE DEFINITION OF PROTECTION MECHANISMS, APPLIED WITHIN THE METHOD FOR CONSTRUCTING INTEGRITY MONITORING SYSTEMS FOR CRITICAL INFORMATION IN ALS BASED ON BROADCAST RADIO CHANNEL

Дмитрий Вячеславович Смирнов
почетный работник науки и техники РФ
доктор технических наук, доцент
действительный член АИН
Генеральный директор – Первый Вице-президент Института
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93

Александр Михайлович Коротин
младший научный сотрудник
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93
E-mail: alexkor91@gmail.com

Ярослав Романович Воронов
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7 (4967) 35-31-93
E-mail: cleric_yarik@mail.ru

Аннотация

В данной статье приведено описание третьего этапа методики построения систем контроля целостности (СКЦ) ответственной информации, передаваемой автоматической локомотивной сигнализацией на базе широковещательного радиоканала (АЛС-ШР). Определена последовательность выбора механизмов защиты в рамках третьего этапа. Для каждого из механизмов защиты предложен алгоритм выбора. Сделан вывод, что для завершения методики построения СКЦ требуется реализация четвертого этапа, а именно порядка разработки процедуры обновления параметров безопасности СКЦ.

Ключевые слова: автоматическая локомотивная сигнализация, АЛС на базе широковещательного радиоканала, система контроля целостности, методика построения СКЦ, алгоритм выбора механизмов защиты СКЦ.

Summary

The article provides a description of the third stage of the method for constructing integrity monitoring systems (IMS) for critical information transmitted by automatic locomotive signaling based on broadcast radio channel (ALS-BR). The sequence of protection mechanism choices within the third stage was determined. The algorithms of the choice were proposed for each of IMS protection mechanisms. It was concluded that the implementation of the fourth stage, including the algorithm of the choice of update procedure for IMS security parameters, is required for the completion of the method.

Keywords: automatic locomotive signaling, ALS based on broadcast radio channel, integrity monitoring system, method for constructing IMS, algorithm of the choice of IMS protection mechanisms.

Введение

При использовании систем автоматической локомотивной сигнализации (АЛС) [1] на базе радиоканала [2] появляется возможность реализации угроз безопасности ответственной информации (ОИ) [3] со стороны внешнего нарушителя, способных привести к возникновению транспортных происшествий [4].

Существующие решения по защите АЛС от данных угроз, называемые системами контроля

целостности (СКЦ) [5], обладают рядом ограничений и могут быть не применимы для некоторых типов АЛС, в частности, для АЛС на базе широковещательного радиоканала (АЛС-ШР) [6], используемых на территории РФ. В связи с невозможностью построения унифицированной СКЦ, применимой для любой АЛС-ШР [7], актуальной задачей является разработка методики построения СКЦ, которая бы учитывала свойства и существующие особенности систем АЛС-ШР, отличающие их друг от друга. Общее описание методики с детальным описанием первого и второго этапов приведено в работе [8]. В рамках данной статьи показан следующий этап, позволяющий выбрать механизмы защиты от угроз безопасности ОИ.

1. Выбор механизмов защиты от угроз безопасности ОИ

В рамках третьего этапа методики построения СКЦ должен производится выбор механизмов защиты от угроз безопасности ОИ [4], перечисленные в *таблице 1*.

Основным фактором, влияющим на выбор каждого из механизмов, является максимальное количество информации $I^{с}_{защ_i}$ и $I^{л}_{защ_i}$ (здесь $i = \overline{1,3}$ – порядковый номер угрозы и соответствующего ей механизма защиты из *таблицы 1*), которое может быть использовано станционной и бортовой частями АЛС-ШР соответственно в рамках СКЦ для защиты от выявленных угроз. При определении значений данных параметров для любого из механизмов защиты необходимо учитывать количество информации, требуемое для реализации двух оставшихся механизмов. Например, при определении значения параметра $I^{с}_{защ_1}$ необходимо учитывать количество информации $I^{с}_{защ_i}$, $i = \overline{2,3}$, передаваемое в рамках процедуры аутентификации и содержащееся во временных метках или порядковых номерах станционных сообщений. В связи с этим, для разработки третьего этапа методики в первую очередь необходимо установить порядок выбора механизмов защиты, после чего определить формулы для вычисления указанных параметров.

Основной задачей, решаемой в рамках процедуры аутентификации участников движения, является доставка параметров контроля целостности в станционную и бортовые части АЛС-ШР, в связи с чем выбор процедуры аутентификации целесообразно производить после определения механизма защиты от угрозы отправки поддельной информации. Кроме того, процедура аутентификации может вообще не требоваться, если существует возможность использования альтернативных вариантов доставки параметров контроля целостности частям АЛС-ШР. Механизмы защиты от угрозы отправки поддельной и ранее перехваченной ответственной информации в любом случае должны быть реализованы в СКЦ для обеспечения безопасности движения. Таким образом, выбор процедуры аутентификации должен производится в последнюю очередь после выбора остальных двух механизмов защиты. Кроме того, так как ЭЦП или КА содержат, как правило, большее количество информации, чем временная метка или порядковый номер сообщения и механизм защиты от угрозы повторной отправки может быть уже реализован на прикладном уровне АЛС-ШР, то в первую очередь целесообразней производить выбор механизма защиты от угрозы отправки поддельной информации. Таким образом, сделан вывод, что при выборе механизмов защиты сначала должен производиться выбор ЭЦП/КА, далее механизма защиты от угрозы повторной отправки, и, наконец, процедуры аутентификации участников движения.

Таблица 1

Механизмы защиты от угроз безопасности ОИ.

№	Угрозы	Механизм защиты
1	Отправка поддельной ОИ в радиоканал	Электронная подпись (ЭП) или коды аутентификации (КА)
2	Подмена базовой и/или абонентской радиостанции	Процедура аутентификации участников движения
3	Повторная отправка ранее перехваченной в радиоканале ОИ	Временные метки или порядковые номера сообщений

Для получения формулы, определяющей максимальное значение количества информации $I^{с}_{защ_1}$, которое может содержаться в ЭЦП или КА для защиты станционных сообщений, использовалось необходимое условие возможности применения протокола EuroRadio в АЛС-ШР с односторонней передачей информации [7]:

$$\frac{N * (I^{с}_{ои} + I_{ER} * K^{с}_{общ})}{T^{с}_{обм}} \leq C, \quad (1)$$

где C – эффективная пропускная способность радиоканала;

$T^{с}_{обм}$ – период обмена ответственной информацией, содержащейся в сообщениях станционных частей;

N – максимальное количество локомотивов, поддерживаемых станционной частью АЛС-ШР одновременно;

$I^{с}_{ои}$ – максимальное количество ответственной информации, передаваемой станционной частью за период обмена $T^{с}_{обм}$;

$K^{с}_{сбщ}$ – максимальное количество сообщений с ответственной информацией, передаваемых станционной частью за период обмена $T^{с}_{обм}$;

IER – количество информации, необходимое для обеспечения целостности одного сообщения прикладного уровня в соответствии с протоколом EuroRadio.

Учитывая, что параметр $Изащ_1$ является аналогом параметра *IER* и $C=C^c$, а также, что при использовании СКЦ для станционной части АЛС-ШР не требуется дублирование информации для каждой бортовой части в отдельности, для вычисления значения параметра $Изащ_1$ из неравенства (1) была получена формула:

$$I^c_{защ_1} = \left\lfloor \frac{C^c * T^c_{обм} - I^c_{ои}}{K^c_{сбщ}} \right\rfloor. \quad (2)$$

Применив аналогичные рассуждения для параметра $I^л_{защ_1}$, была получена формула для вычисления максимального количества информации, которое может использоваться в ЭЦП/КА для защиты бортовых сообщений:

$$I^л_{защ_1} = \left\lfloor \frac{C^л * T^л_{обм} - I^л_{ои} * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil}{K^л_{сбщ} * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil} \right\rfloor, \quad (3)$$

где *M* – количество радиоканалов, применяемых для передачи сообщений бортовых частей, а параметры $C^л$, $T^л_{обм}$, $I^л_{ои}$ и $K^л_{сбщ}$ являются аналогами C^c, $T^c_{обм}$, $I^c_{ои}$ и $K^c_{сбщ}$, относящиеся к бортовым частям.

После выбора ЭЦП/КА должен производиться выбор механизма защиты от угрозы повторной отправки. Если протокол прикладного уровня не содержит встроенного механизма защиты, то значения параметров $I^c_{защ_в}$ и $I^л_{защ_в}$, определяющих максимальное количество информации, которое может содержаться во временной метке или порядковом номере станционных и бортовых сообщений соответственно, могут быть определены по формулам:

$$I^c_{защ_в} = I^c_{защ_1} - L^c_{ЭЦП/КА}; \quad (4)$$

$$I^л_{защ_в} = I^л_{защ_1} - L^л_{ЭЦП/КА}. \quad (5)$$

Здесь параметры $L^c_{ЭЦП/КА}$ и $L^л_{ЭЦП/КА}$ определяют размер ЭЦП или КА, применяемых для защиты сообщений, передаваемых со стороны станционных и бортовых частей соответственно.

Дальше должна производиться разработка процедуры аутентификации. Выражения $I^c_{защ_в} - L^c_{TS/SEQ}$ и $I^л_{защ_в} - L^л_{TS/SEQ}$ позволят найти количество информации, приходящееся соответственно на одно сообщение станционных и бортовых частей, которое может быть использовано для защиты от угрозы подмены радиостанции. Произведение данных выражений с количеством сообщений, передаваемых за время $T^c_{обм}$ и $T^л_{обм}$ соответственно, позволит определить количество информации, которое может быть передано по радиоканалу за данные периоды. Наконец, умножив полученные выражения на отношение допустимого времени установки соединения *Tcoed* и периода обмена и вычтя из него количество информации *Isync*, необходимое для синхронизации значений порядковых номеров, будут получены значения параметров $I^c_{защ_2}$ и $I^л_{защ_2}$:

$$I^c_{защ_2} = \left(I^c_{защ_в} - L^c_{TS/SEQ}\right) * K^c_{сбщ} * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^c_{обм}} \right\rfloor - I^c_{sync}; \quad (6)$$

$$I^л_{защ_2} = \left(I^л_{защ_в} - L^л_{TS/SEQ}\right) * K^л_{сбщ} * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^л_{обм}} \right\rfloor - I^л_{sync}. \quad (7)$$

Формулы (2)-(7) верны только в случае использования разных радиоканалов для передачи станционных и бортовых сообщений. Повторяя выше описанные рассуждения, были получены формулы для вычисления значений параметров $Изащ_i$

$$(I_{защ_i} = I^c_{защ_i} = I^л_{защ_i}, i = \overline{1,3}),$$

определяющих максимальное количество информации, которое может одновременно использоваться для защиты от угроз безопасности ОИ, при использовании в АЛС-ШР общего радиоканала:

$$I_{защ_1} = \left\lfloor \frac{C * T^c_{обм} - I^c_{ои} - N * \frac{T^c_{обм}}{T^л_{обм}} * I^л_{ои})}{K^c_{сбщ} + N * \frac{T^c_{обм}}{T^л_{обм}} * K^л_{сбщ}} \right\rfloor; \quad (8)$$

$$I_{защ_в} = \left\lfloor \frac{(I_{защ_1} - L^c_{ЭЦП/КА}) * K^c_{сбщ} + (I_{защ_1} - L^л_{ЭЦП/КА}) * \frac{T^c_{обм}}{T^л_{обм}} * N * K^л_{сбщ}}{K^c_{сбщ} + \frac{T^c_{обм}}{T^л_{обм}} * N * K^л_{сбщ}} \right\rfloor. \quad (9)$$

$$I_{защ_2} = \left\lfloor \left(\left(I_{защ_в} - L^c_{TS/SEQ}\right) * K^c_{сбщ} + \left(I_{защ_в} - L^л_{TS/SEQ}\right) * \frac{T^c_{обм}}{T^л_{обм}} * N * K^л_{сбщ} \right) * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^c_{обм}} \right\rfloor - I_{sync} \right\rfloor \quad (10)$$

2. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы отправки поддельной ответственной информации

На основе условий, определяющих возможность использования ЭЦП и КА для защиты ответственной информации [7], был разработан следующий алгоритм выбора механизма защиты от угрозы отправки поддельной информации, схематично изображенный на *рисунке 1*.

1. Определить криптографические алгоритмы, использование которых допускается для защиты ответственной информации, передаваемой АЛС-ШР. Возможность использования алгоритма может быть связана с его криптографической стойкостью, особенностями реализации, применяемой нормативной базой.

2. Определить для выбранных криптографических алгоритмов значения параметров *LKA* и *LЭЦП*, характеризующие размер КА и ЭЦП соответственно, а также время, необходимое для

их вычисления и проверки: *ТКА* и *ТЭЦП*. Длина КА *LKA* выбирается с учетом действующих криптографических требований и вероятности навязывания ложных данных, равной $2^{-L_{КА}}$ [9]. Значения параметров *ТКА* и *ТЭЦП* определяются на основе существующих реализаций выбранных криптографических алгоритмов.

3. Вычислить значения параметров $I^{с}_{защ_1}$ и $I^{л}_{защ_1}$, определяющих максимальное количество информации, которое может содержаться в ЭЦП и/или КА в рамках проектируемой СКЦ. При *direction=0* должен быть вычислен только параметр $I^{с}_{защ_1}$ при помощи формулы (2). При *direction=1* и $M > 0$ должно быть также вычислено значение $I^{л}_{защ_1}$ с использованием формулы (3). При *direction=1* и *M=0* значения $I^{с}_{защ_1}$ и $I^{л}_{защ_1}$ могут считаться равными ($I_{защ_1} = I^{с}_{защ_1} = I^{л}_{защ_1}$) и должны вычисляться с помощью формулы (8).

4. Проверить выполнение условий, необходимых для построения безопасной СКЦ:

$$\begin{cases} I^{с}_{защ_1} \geq L_{КА}; \\ T^{с}_{сбщ} \geq T_{КА}. \end{cases} \quad (11)$$

При *direction=1* проверить также выполнение условий:

$$\begin{cases} I^{л}_{защ_1} \geq L_{КА}; \\ T^{л}_{сбщ} \geq T_{КА}. \end{cases} \quad (12)$$

Если хотя бы одно из условий не выполняется, то построение безопасной СКЦ невозможно и система АЛС-ШР должна быть изменена.

5. Определить необходимость применения ЭЦП для защиты ответственной информации, передаваемой станционными частями АЛС-ШР. Применение ЭЦП требуется в случае выполнения одного из условий:

$$\begin{bmatrix} Trusted^{л} = 0, \\ НСД^{л}_{КЦ} = 1, \end{bmatrix} \quad (13)$$

то есть в случае использования недоверенных бортовых частей [10] или возможности получения НСД к бортовым частям во время движения подвижного состава и компрометации хранящихся в них параметров контроля целостности. Если применение ЭЦП не требуется, то для защиты ответственной информации, передаваемой станционными частью АЛС-ШР, должны использоваться КА, так как они обладают меньшим размером по сравнению с ЭЦП и позволяют в дальнейшем использовать большее количество информации для защиты от оставшихся угроз. При этом, так как применение ЭЦП для защиты сообщений бортовых частей целесообразно только при использовании ЭЦП для защиты станционных сообщений [7], то и для защиты ответственной информации, передаваемой бортовыми частями, также должны использоваться КА.

6. Определить возможность применения ЭЦП для защиты ответственной информации, передаваемой станционными частями АЛС-ШР. При использовании отдельного радиоканала для передачи сообщений станционных частей (*direction=0* или *direction=1* и *M>0*) возможность использования ЭЦП определяется в соответствии с выполнением системы неравенств:

$$\begin{cases} I^{с}_{защ_1} \geq L_{ЭЦП}; \\ T^{с}_{сбщ} \geq T_{ЭЦП}. \end{cases} \quad (14)$$

При использовании общего радиоканала для передачи сообщений станционной и бортовых частей (*direction=1* и *M=0*), для возможности использования ЭЦП должно выполняться неравенство:

$$I_{защ_1} * \left(K^{с}_{сбщ} + K^{л'}_{сбщ}\right) \geq L_{ЭЦП} * K^{с}_{сбщ} + L_{КА} * K^{л'}_{сбщ}, \quad (15)$$

Если применение ЭЦП невозможно, но требуется по итогам пункта 5, то невозможно и построение безопасной СКЦ, в следствии чего система АЛС-ШР должна быть изменена.

7. При *direction=1* и необходимости использования ЭЦП для защиты станционных сообщений определить возможность применения ЭЦП для защиты ответственной информации, передаваемой бортовыми частями АЛС-ШР. При использовании отдельного радиоканала для передачи сообщений бортовых частей (*direction=1* и $M > 0$) ЭЦП может использоваться при выполнении системы неравенств:

$$\begin{cases} I^{л}_{защ_1} \geq L_{ЭЦП}; \\ T^{л}_{сбщ} \geq T_{ЭЦП}. \end{cases} \quad (16)$$

При использовании общего радиоканала (*direction=1* и *M=0*) для неравенств (16) верно, что $I^{л}_{защ_1} = I_{защ_1}$. Если ЭЦП может быть использовано для защиты бортовых сообщений, то в рамках СКЦ для защиты станционных и бортовых сообщений должны использоваться ЭЦП. Если приведенные неравенства не выполняются, то для защиты бортовых сообщений должны использоваться КА, а для защиты станционных – ЭЦП.

8. Определить сроки действия *ТКЦ* параметров контроля целостности, используемых в СКЦ. При *direction=0* или использовании КА для обоих из направлений передачи для защиты ответственной информации в зоне действия одной станционной части используется 1 параметр контроля целостности. Если *direction=1* и требуется использование ЭЦП, то в зоне действия одной станционной части используется *N+1* параметр контроля целостности.

По итогам выбора ЭЦП/КА должны быть определены следующие параметры:

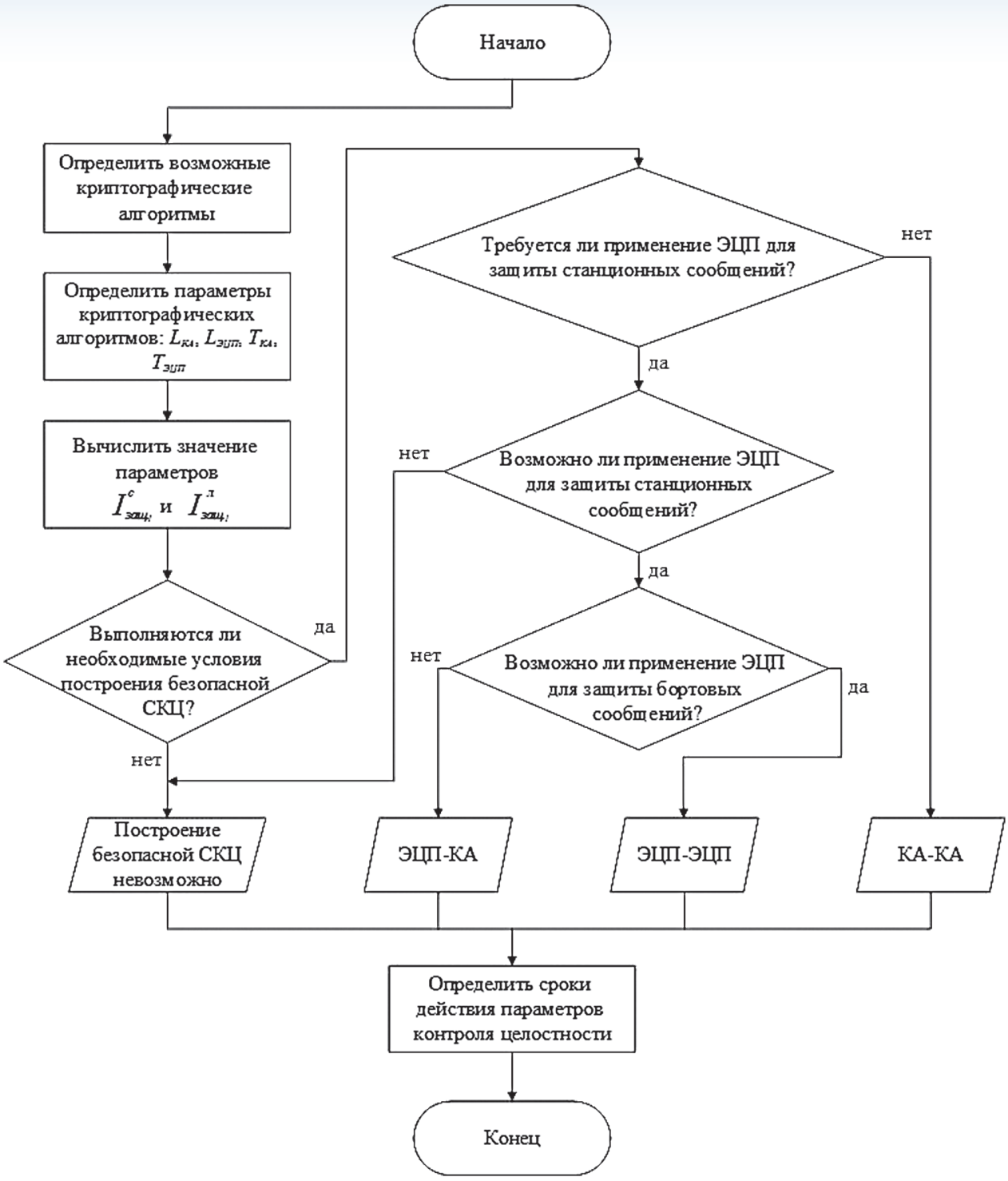


Рис. 1. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы отправки поддельной ответственной информации

● размер ЭЦП или КА $L^{с}_{ЭЦП/КА}$, используемых для защиты станционных сообщений;

● размер ЭЦП или КА $L^{л}_{ЭЦП/КА}$, используемых для защиты бортовых сообщений;

количество параметров контроля целостности *НКЦ*, используемых для защиты ответственной информации в пределах зоны действия одной станционной части;

● срок действия параметров контроля целостности $T^{с}_{КЦ}$ станционных частей;

● срок действия параметров контроля целостности $T^{л}_{КЦ}$ бортовых частей;

● размер $L_{P^{с\prime}_{КЦ}}$ и $L_{P^{с}_{КЦ}}$ параметров контроля целостности $P^{с\prime}_{КЦ}$ и $P^{с}_{КЦ}$, используемых для защиты станционных сообщений;

● размер $L_{P^{л\prime}_{КЦ}}$ и $L_{P^{л}_{КЦ}}$ параметров контроля

целостности $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$, используемых для защиты бортовых сообщений.

3. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы повторной отправки ранее перехваченной ответственной информации

Для выбора механизма защиты от угрозы отправки поддельной информации, был разработан следующий алгоритм, схематично изображенный на *рисунке 2*.

1. Установить наличие механизма определения направления передачи или отправителя сообщений. На первом этапе методики должен был быть определен параметр *sender*. В ходе данного шага его значение должно быть скорректировано. Если по итогам выбора механизма защиты от угрозы отправки поддельной информации в СКЦ используется 1 параметр контроля целостности, общий для станционной и бортовых частей, находящихся в зоне ее действия, то значение параметра *sender* не изменяется. Если используется $N+1$ параметр, уникальный для каждого участника движения, где N – максимальное количество локомотивов, поддерживаемых станционной частью АЛС-ШР одновременно, то значение параметра *sender=2*.

2. Определить реализован ли в протоколе прикладного уровня готовый механизм защиты от угрозы повторной отправки. Если параметр *TS=1*, то существует готовый механизм, возможность использования которого в составе СКЦ должна быть проверена. Если *TS=0*, то механизм защиты должен быть разработан.

3. При *TS=1* определить возможность использования готового механизма защиты. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

3.1. Определить для готового механизма защиты количество информации $I^{с}_{TS}/I^{с}_{SEQ}$ и $I^{л}_{TS}/I^{л}_{SEQ}$, содержащееся в одной временной метке/порядковом номере станционных и бортовых сообщений соответственно. В случае использования временных меток также определить частоту их вычисления $f^{с}_{TS}$ и $f^{л}_{TS}$. При *direction=0* значения параметров должны быть определены только для станционных сообщений.

3.2. Вычислить частоты передачи станционных и бортовых сообщений $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$, которые будут зависеть от значений параметров *sender* и *parallel_send*. При *sender=0* выполняется $f_{сбщ}=f^{с}_{сбщ}=f^{л}_{сбщ}$ и для вычисления должна использоваться формула (17). При *sender=1*, значения $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$ отличны и должны вычисляться по формулам (18) и (19). В случае *sender=2* для вычисления частоты бортовых сообщений $f^{л}_{сбщ}$ должна использоваться формула (20). В случае *parallel_send=1* в формулах (17) и (19) будет выполняться равенство $N=1$, при *parallel_send=2* в формуле (17) выполняется равенство $N=0$.

$$f_{сбщ}=\frac{K^{с}_{сбщ}}{T^{с}_{обм}}+\frac{N*K^{л}_{сбщ}}{T^{л}_{обм}}, \quad (17)$$

$$f^{с}_{сбщ}=\frac{K^{с}_{сбщ}}{T^{с}_{обм}}; \quad (18)$$

$$f^{л}_{сбщ}=\frac{N*K^{л}_{сбщ}}{T^{л}_{обм}}. \quad (19)$$

$$f^{л}_{сбщ}=\frac{K^{л}_{сбщ}}{T^{л}_{обм}}. \quad (20)$$

3.3. Проверить выполнение системы неравенств (21) в случае временных меток или неравенства (22) в случае порядковых номеров. Если неравенства верны, то в качестве механизма защиты от угрозы повторной отправки может использоваться готовый механизм прикладного уровня. Если неравенства не выполняются, то должна быть проверена возможность реализации в АЛС-ШР механизмов определения направления передачи или отправителя сообщений, которые могут позволить использовать готовый механизм защиты.

$$\begin{cases} I_{TS} \geq \lceil \log_2(f_{TS}*T_{КЦ}) \rceil; \\ f_{TS} \geq f_{сбщ}. \end{cases} \quad (21)$$

$$I_{SEQ} \geq \lceil \log_2(f_{сбщ}*T_{КЦ}) \rceil. \quad (22)$$

3.4. Если неравенства (21) в случае временных меток или неравенство (22) в случае порядковых номеров не выполняются, то проверить возможность уменьшения значений $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$ путем реализации в АЛС-ШР механизма определения направления передачи или отправителя сообщений. Для этого вычислить максимальное количество информации $I^{с}_{защ_в}$ и $I^{л}_{защ_в}$, которое может использоваться для защиты от угрозы повторной отправки ответственной информации для станционных и бортовых частей соответственно (см. пункт 4). Если *sender=0* и $I^{с}_{защ_в} \geq 1$ и $I^{л}_{защ_в} \geq 1$, то в АЛС-ШР может быть дополнительно реализован механизм определения направления передачи сообщений, который позволит уменьшить $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$ на $\frac{N*K^{л}_{сбщ}}{T^{л}_{обм}}$ и $\frac{K^{с}_{сбщ}}{T^{с}_{обм}}$. Если *sender=1* и $I^{л}_{защ_в} \geq \lceil \log_2(N) \rceil$, то в АЛС-ШР может быть дополнительно реализован механизм определения отправителя сообщений, который позволит уменьшить $f^{л}_{сбщ}$ в N раз. Если одно из перечисленных условий выполняется, то необходимо повторить пункты 3.2 и 3.3 при *sender=sender +1*. В противном случае уменьшение $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$ невозможно, в связи с чем существующий механизм защиты не может быть использован в рамка СКЦ и требуется разработка нового механизма защиты (пункт 4).

4. При необходимости разработки нового механизма защиты вычислить параметры $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$, определяющие максимальное количество информации, которое может использоваться для защиты от угрозы повторной отправки. При *direction=0* должен быть вычислен только параметр $I^{с}_{защ_s}$ при помощи формулы (4). При *direction=1* и $M > 0$ должно быть также вычислено значение $I^{л}_{защ_s}$ с использованием формулы (5). При *direction=1* и $M=0$ значения $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$ могут считаться равными ($I_{защ_s} = I^{с}_{защ_s} = I^{л}_{защ_s}$) и должны вычисляться с помощью формулы (9).

5. Определить параметры и возможность построения механизма защиты в случае использования порядковых номеров. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

5.1. Вычислить значения нижних границ количества информации $I^{с}_{SEQ_{min}}$ и $I^{л}_{SEQ_{min}}$, которое должно содержаться в порядковом номере станционных и бортовых сообщений, для каждого из вариантов нумерации из *таблицы 2* с помощью формулы (23). Для этого необходимо определить частоты передачи этих сообщений $f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{сбщ}$, которые будут зависеть от параметров *sender* и *parallel_send* (см. пункт 3.2). При *direction=0* должен рассматриваться только третий вариант нумерации (уникальная нумерация).

$$I_{TS/SEQ_{min}} = \lceil \log_2(f_{TS/SEQ} * T_{КЦ}) \rceil. \quad (23)$$

5.2. Скорректировать максимальное количество информации $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$, которое может содержаться в порядковом номере, для каждого из вариантов нумерации. Коррекция $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$ производится при условии, если значение *sender*, полученное в пункте 1, не позволяет использовать указанный вариант нумерации, представленные в *таблице 2*. В этом случае для второго варианта нумерации значения $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$ должны быть уменьшены на 1, для третьего – значение $I^{л}_{защ_s}$ должно быть уменьшено на $\lceil \log_2(N) \rceil$. При *direction=0* корректируется только $I^{с}_{защ_s}$.

5.3. Вычислить для каждого из вариантов нумерации количество информации $I^{с}_{sync}$ и $I^{л}_{sync}$, необходимое для синхронизации значений порядковых номеров в рамках процедуры аутентификации. При *direction=0* вычисляется только $I^{с}_{sync}$. При *direction=1* и $M=0$ определить также значение параметра *Isync* как $I_{sync} = I^{с}_{sync} + I^{л}_{sync}$.

Таблица 2

Варианты нумераций и условия их применения

Вариант нумерации	Условия применения
Общая нумерация для всех участников движения	$T^{с}_{обм} = T^{л}_{обм}$, $quantity = 1$, $check_final_err = 1$
Две нумерации в зависимости от направления передачи	$sender \geq 1$, $quantity = 1$, $check_final_err = 1$
Уникальная нумерация для каждого участника движения	$sender = 2$

5.4. Проверить возможность разработки безопасного механизма защиты от угрозы повторной отправки ранее перехваченной информации на базе порядковых номеров. При *direction=0* для возможности разработки безопасного механизма защиты должны выполняться неравенства $I^{с}_{SEQ_{min}} \leq I^{с}_{защ_s}$ и (24). При *direction=1* и $M > 0$ дополнительно должны выполняться неравенства $I^{л}_{SEQ_{min}} \leq I^{л}_{защ_s}$ и (25).

$$I^{с}_{sync} \leq \left(I^{с}_{защ_s} - L^{с}_{SEQ}\right) * K^{с}_{сбщ} * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^{с}_{обм}} \right\rfloor; \quad (24)$$

$$I^{л}_{sync} \leq \left(I^{л}_{защ_s} - L^{л}_{SEQ}\right) * K^{л}_{сбщ} * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^{л}_{обм}} \right\rfloor. \quad (25)$$

При *direction=1* и $M=0$ возможность разработки безопасного механизма определяется с помощью неравенств (26) и (27).

$$I_{защ_s} * \left(K^{с}_{сбщ} + K^{л'}_{сбщ}\right) \geq L^{с}_{TS/SEQ} * K^{с}_{сбщ} + L^{л}_{TS/SEQ} * K^{л'}_{сбщ}, \quad (26)$$

$$I_{sync} \leq \left(I_{защ_s} - L^{с}_{SEQ}\right) * K^{с}_{сбщ} * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^{с}_{обм}} \right\rfloor + \left(I_{защ_s} - L^{л}_{SEQ}\right) * K^{л}_{сбщ} * N * \left\lfloor \frac{T_{соед}}{T^{л}_{обм}} \right\rfloor. \quad (27)$$

При выполнении данных неравенств, проверить также выполнение необходимых условий возможности применения каждого из вариантов нумераций, приведенные в *таблице 2*. Если по итогам проверки ни один из вариантов нумерации не может быть использован, то применение порядковых номеров в СКЦ невозможно, и необходимо проверить возможность использования временных меток (пункт 6). Если возможно применение нескольких вариантов, то выбрать вариант, требующий передачи наименьшего количества информации (пункт 5.5). Если возможно применение только одного варианта, то определить форматы порядковых номеров для станционных и бортовых сообщений и их размеры $L^{с}_{SEQ}$ и $L^{л}_{SEQ}$ (пункт 5.6).

5.5. В случаи возможности применения нескольких вариантов нумерации, выбрать вариант, в результате использования которого значение параметров $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$, определяющих количество информации, которое может быть передано в рамках процедуры аутентификации, будет максимальным. При *direction=1* и $M=0$ выполняется $I_{защ_2} = I^{с}_{защ_2} = I^{л}_{защ_2}$ и для вычисления должна использоваться формула (9). При *direction=1* и $M > 0$ параметры $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$ должны быть вычислены с помощью формул (4) и (5) и выбор варианта будет выполняться исходя из

важности максимизации количества информации, которое может быть использовано для реализации других механизмов защиты для станционных и бортовых сообщений.

5.6. Определить форматы порядковых номеров для станционных и бортовых сообщений и их размеры $L^{с}_{SEQ}$ и $L^{л}_{SEQ}$, удовлетворяющие соответственно неравенствам $I^{с}_{SEQ_{min}} \le L^{с}_{SEQ} \le I^{с}_{защ_s}$, $I^{л}_{SEQ_{min}} \le L^{л}_{SEQ} \le I^{л}_{защ_s}$ и (24) и (25) или, в случае *direction=1* и $M=0$, неравенствам (26) и (27). При *direction=0* формат и размер порядкового номера определяется только для станционных сообщений.

6. Определить возможность использования временных меток в качестве механизма защиты. Если *time_equip=1*, то в АЛС-ШР используется дополнительное оборудование для определения точного времени, и возможно применение временных меток в качестве механизма защиты. В этом случае необходимо определить параметры и возможность построения механизма защиты при использования временных меток (пункт 7). Если *time_equip=0*, то на основе полученных данных оценить какие варианты построения механизма защиты возможны (пункт 8).

7. Определить параметры и возможность построения механизма защиты в случае использования временных меток. Для этого необходимо выполнить следующие действия.

7.1. Определить значение параметра *sender*, при котором значение параметров $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$, равных количеству информации, которое может быть передано в рамках процедуры аутентификации, будет максимальным. Для этого вычислить значения нижних границ количества информации $I^{с}_{TS_{min}}$ и $I^{л}_{TS_{min}}$, которое должно содержаться во временной метке станционных и бортовых сообщений, с помощью формулы (23) при условии $f^{с}_{TS} = f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{TS} = f^{л}_{сбщ}$, а также скорректировать максимальное количество информации $I^{с}_{защ_s}$ и $I^{л}_{защ_s}$, которое может содержаться во временной метке при каждом значении параметра *sender* (см. пункт 5.2). Значения $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$ определяются аналогично пункту 5.5. Если $I^{с}_{защ_2} < 0$ или $I^{л}_{защ_2} < 0$, то использование порядковых номеров при данном значение *sender* невозможно. При *direction=0* вычисляется только $I^{с}_{защ_2}$.

7.2. Для выбранного в пункте 7.1 значения *sender* выбрать точность временных меток таким образом, чтобы частота их вычисления для станционных и бортовых сообщений $f^{с}_{TS}$ и $f^{л}_{TS}$ удовлетворяла неравенствам $f^{с}_{TS} \ge f^{с}_{сбщ}$ и $f^{л}_{TS} \ge f^{л}_{сбщ}$. При *direction=0* точность определяется только для станционных сообщений.

7.3. Определить форматы временных меток для станционных и бортовых сообщений и их размеры $L^{с}_{TS}$ и $L^{л}_{TS}$, удовлетворяющие соответственно неравенствам $I^{с}_{TS_{min}} \le L^{с}_{TS} \le I^{с}_{защ_s}$, $I^{л}_{TS_{min}} \le L^{л}_{TS} \le I^{л}_{защ_s}$ или, в случае *direction=1* и $M > 0$, неравенству (26). При *direction=0* формат и размер временных меток определяется только для станционных сообщений.

8. Оценить какие варианты построения механизма защиты возможны по итогам выполнения пунктов 5-7. Если возможно в качестве механизма защиты возможно использование как порядковых номеров, так и временных меток, то необходимо произвести выбор между ними (пункт 9). Если ни один из вариантов невозможен, то построение безопасной СКЦ невозможно.

9. Если возможно использование как порядковых номеров, так и временных меток, то произвести выбор между ними. При *direction=0* выбор производится на основе неравенства (28). При *direction=1* и $M > 0$ при выборе дополнительно оценивается неравенство (29). Если верно только одно из неравенств, то выбор производится исходя из важности максимизации количества информации, которое может быть использовано для реализации других механизмов защиты для станционных и бортовых сообщений. При *direction=1* и $M=0$ выбор производится на основе неравенства, полученного путем сложения соответственно левых и правых частей неравенств (28) и (29) при условии $I_{защ_s} = I^{с}_{защ_s} = I^{л}_{защ_s}$ и замене в неравенстве (29) выражения $\lceil \frac{N}{M} \rceil$ на N.

$$K^{с}_{сбщ} * \left(I^{с}_{защ_s} - L^{с}_{TS}\right) \ge K^{с}_{сбщ} * \left(I^{с}_{защ_s} - L^{с}_{SEQ}\right) - \left\lceil \frac{I^{с}_{sync}}{\left\lceil \frac{T_{соед}}{T^{с}_{обм}} \right\rceil} \right\rceil; \quad (28)$$

$$K^{л}_{сбщ} * \left(I^{л}_{защ_s} - L^{л}_{TS}\right) * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil \ge K^{л}_{сбщ} * \left(I^{л}_{защ_s} - L^{л}_{SEQ}\right) * \left\lceil \frac{N}{M} \right\rceil - \left\lceil \frac{I^{л}_{sync}}{\left\lceil \frac{T_{соед}}{T^{л}_{обм}} \right\rceil} \right\rceil. \quad (29)$$

По итогам выбора механизма защиты должны быть определены следующие параметры:

- размер временных меток или порядковых номеров $L^{с}_{TS/SEQ}$, используемых для защиты станционных сообщений, в случае разработки нового механизма защиты;
- размер временных меток или порядковых номеров $L^{л}_{TS/SEQ}$, используемых для защиты бортовых сообщений, в случае разработки нового механизма защиты;;
- количество информации $I^{с}_{sync}$, которое должно быть передано со стороны станционной части АЛС-ШР в рамках процедуры аутентификации для синхронизации порядковых номеров в случае их использования;

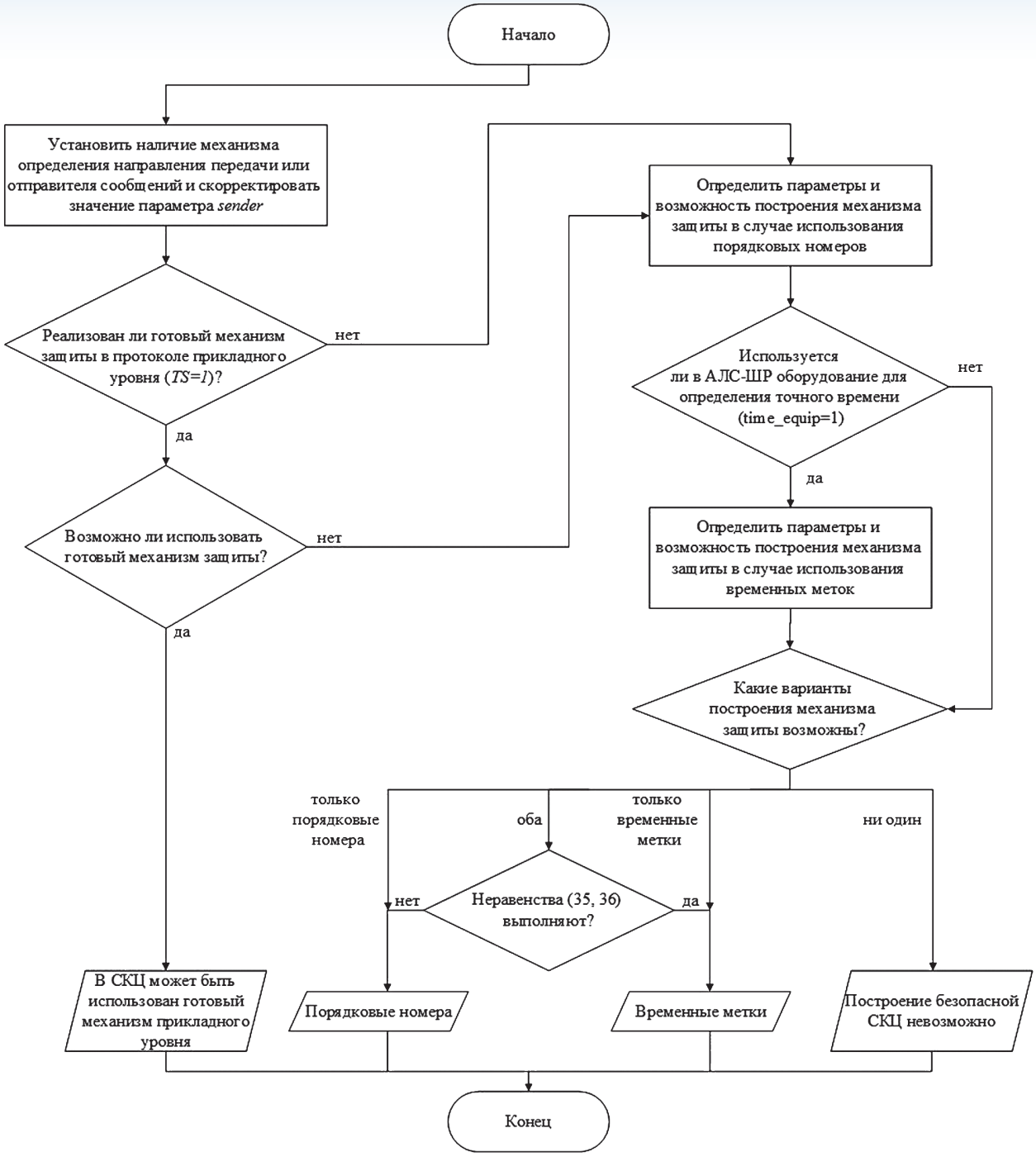


Рис. 2. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы повторной отправки ранее перехваченной ответственной информации

● количество информации $I^{д}_{sync}$, которое должно быть передано со стороны бортовой части АЛС-ШР в рамках процедуры аутентификации для синхронизации порядковых номеров в случае их использования;

● необходимость реализации в АЛС-ШР механизмов определения направления передачи или отправителя сообщений.

4. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы повторной отправки ранее перехваченной ответственной информации

На основе полученных в [7] условий, определяющих возможные варианты построения процедуры аутентификации, был разработан следующий алгоритм выбора механизма защиты от угрозы подмены радиостанции, схематично изображенный на *рисунке 3*.

1. Вычислить максимальное количество информации $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$, которое может быть передано в рамках процедуры аутентификации. При *direction=0* должен быть вычислен только параметр $I^{с}_{защ_2}$ при помощи формулы (6). При *direction=1* и $M > 0$ должно быть также вычислено значение $I^{л}_{защ_2}$ с использованием формулы (7). При *direction=1* и *M=0* значения $I^{с}_{защ_2}$ и $I^{л}_{защ_2}$ могут считаться равными ($I_{защ_2} = I^{с}_{защ_2} = I^{л}_{защ_2}$) и должны вычисляться с помощью формулы (10). Если для защиты от угрозы повторной отправки используется существующий на прикладном уровне механизм защиты, для указанных формул выполняется равенство: $L^{с}_{TS/SEQ} = L^{л}_{TS/SEQ} = I^{с}_{sync} = I^{л}_{sync} = 0$.

2. Определить размер $L_{P^{с'}_{КЦ}}$ параметров контроля целостности $P^{с'}_{КЦ}$

3. Определить возможные варианты доставки параметра контроля целостности $P^{с'}_{КЦ}$ в бортовую часть АЛС-ШР. Дополнительно проверить выполнение неравенства $I^{с}_{защ_2} > 0$, являющееся необходимым условием доставки параметра $P^{с'}_{КЦ}$. В результате должны быть определены переменные $p^{с}_1, p^{с}_2 \in \{0,1\}$, показывающие соответственно возможность применения первого и второго вариантов доставки $P^{с'}_{КЦ}$ в бортовую часть.

4. Выбрать вариант доставки $P^{с'}_{КЦ}$ на основе полученных значений $p^{с}_1$ и $p^{с}_2$. Если $p^{с}_1 = p^{с}_2 = 0$, то построение процедуры аутентификации, содержащей доставку параметра $P^{с'}_{КЦ}$, невозможно. Если $p^{с}_1 = p^{с}_2 = 1$, то процедура аутентификации может быть основана на обоих вариантах. Так как при возможности применения обоих вариантов целесообразно использовать протокол аутентификации, основанный на методе «запрос-ответ», то должен быть выбран первый вариант доставки $P^{с'}_{КЦ}$. Если $p^{с}_1 \neq p^{с}_2$, то возможен только один из вариантов доставки . В результате данного пункта должна быть определена переменная $var^{с}$О

5. Определить необходимость решения задачи доставки параметра $P^{л'}_{КЦ}$ или $P^{л}_{КЦ}$ в станционную или бортовую части АЛС-ШР соответственно. При *direction=0* или использовании КА для защиты станционных и бортовых сообщений, решение данной задачи не требуется и необходимо переходить к оценке значений переменных $var^{с}$ и $var^{л}$ (пункт 9). При этом переменной $var^{л}$, показывающей номер выбранного варианта доставки $P^{л'}_{КЦ}$ или $P^{л}_{КЦ}$, должно быть присвоено значение –1 ($var^{л}$=-1). Если *direction=1* и для защиты станционных сообщений используется ЭЦП, то требуется определить возможные решения поставленной задачи.

6. Определить размер $L_{P^{л'}_{КЦ}}$ и $L_{P^{л}_{КЦ}}$ параметров контроля целостности $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$.

7. Определить возможные варианты доставки параметров контроля целостности $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$ в станционную и бортовую части АЛС-ШР соответственно. Дополнительно проверить выполнение неравенства $I^{л}_{защ_2} > 0$, являющееся необходимым доставки параметров $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$. В результате должны быть определены переменные $p^{л}_1, p^{л}_2, p^{л}_3, p^{л}_4 \in \{0,1\}$, определяющие возможность применения каждого из четырех вариантов доставки $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$.

8. Выбрать вариант доставки $P^{л'}_{КЦ}$ и $P^{л}_{КЦ}$ на основе полученных значений $p^{л}_1$, $p^{л}_2$, $p^{л}_3$ и $p^{л}_4$. Если $p^{л}_1 = p^{л}_2 = p^{л}_3 = p^{л}_4 = 0$, то построение процедуры аутентификации, содержащей доставку параметров $P^{л'}_{КЦ}$ или $P^{л}_{КЦ}$, невозможно. Если $p^{л}_i = p^{л}_j = 1$ при $i, j \in \{1,2,3,4\}, i \neq j$, то процедура аутентификации может быть основана на нескольких вариантах, между которыми должен быть произведен выбор. Выбор производится исходя из важности минимизации количества информации, передаваемых по радиоканалу, со стороны станционных и бортовых частей, а также пропускной способности соответствующих каналов ($C^{с}$, $C^{л}$). При $p^{л}_1 = p^{л}_2$ или $p^{л}_3 = p^{л}_4$ целесообразно выбирать 1-й и 3-й варианты доставок (см. подраздел 2.3.2). Если $p^{л}_i = 1$, $p^{л}_j = 0$ при $i \in \{1,2,3,4\}, j = \overline{1,4}, i \neq j$, то возможен только один вариант доставки $P^{л'}_{КЦ}$ или $P^{л}_{КЦ}$, на основе которого должна быть разработана процедура аутентификации. В результате должна быть определена переменная $var^{л}$О

9. Оценить значения переменных $var^{с}$ и $var^{л}$, полученные в пунктах 4, 5 и 9. При $var^{л}$=-1, $var^{с}$=0 доставка $P^{с'}_{КЦ}$ в рамках процедуры аутентификации невозможна, в связи с чем в рамках четвертого этапа данной методики должны быть рассмотрены альтернативные варианты доставки $P^{с'}_{КЦ}$. При $var^{л}$=-1, $var^{с} > 0$ разработать процедуру аутентификации, обеспечивающую безопасную доставку $P^{с'}_{КЦ}$ на основе выбранного варианта. При $var^{л}$=0, $var^{с}$=0 доставка $P^{с'}_{КЦ}$ и $P^{л'}_{КЦ}(P^{л}_{КЦ})$ в рамках процедуры аутентификации невозможна, в связи с чем в рамках четвертого этапа данной методики должны быть рассмотрены альтернативные варианты их доставки. При $var^{л}$=0, $var^{с} > 0$ разработать процедуру аутентификации, обеспечивающую безопасную достав-

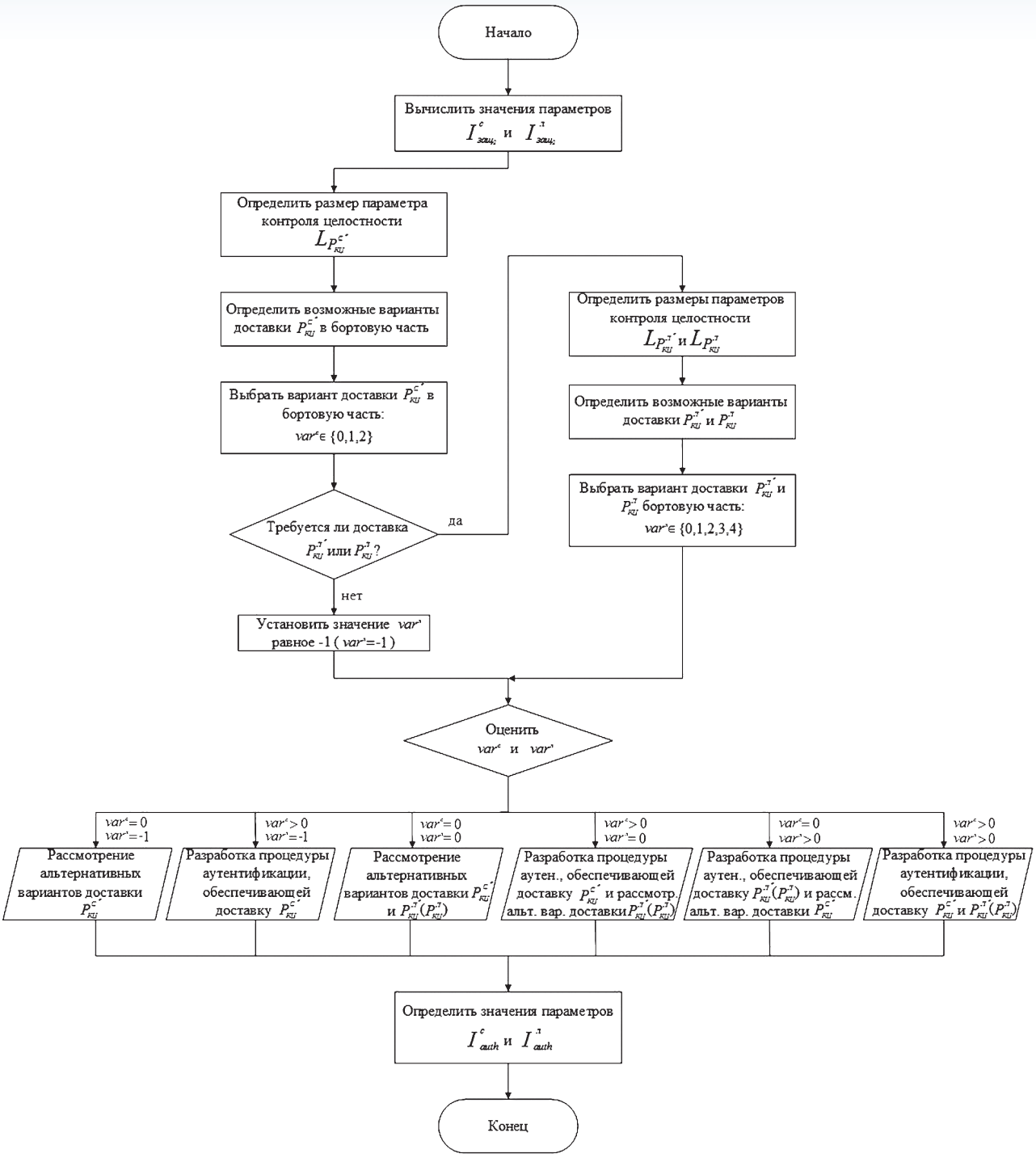


Рис. 3. Алгоритм выбора механизма защиты от угрозы подмены радиостанций

ку $P^{c\prime}_{КЦ}$ на основе выбранного варианта, а также рассмотреть альтернативные варианты доставки $P^{л\prime}_{КЦ}(P^{л}_{КЦ})$. При $var^{т} > 0$, $var^{c}=0$ разработать процедуру аутентификации, обеспечивающую безопасную доставку $P^{л\prime}_{КЦ}(P^{л}_{КЦ})$ на основе выбранного варианта, а также рассмотреть альтернативные варианты доставки $P^{c\prime}_{КЦ}$ в бортовую часть. При $var^{т}>0$, $var^{c}>0$ разработать процедуру аутентификации, обеспечивающую безопасную доставку $P^{c\prime}_{КЦ}$ и $P^{л\prime}_{КЦ}(P^{л}_{КЦ})$.

10. Определить количество информации I^{c}_{auth} и $I^{л}_{auth}$, которое должно быть передано со сто-

роны станционной и бортовой частей АЛС-ШР в рамках прохождения процедуры аутентификации. При *direction=0* должен быть определен только параметр I^{c}_{auth}, при *direction=1* и $M > 0$ должен быть также определен параметр $I^{л}_{auth}$, при *direction=1* и $M=0$ значения I^{c}_{auth} и $I^{л}_{auth}$ могут считаться равными ($I_{auth} = I^{c}_{auth} = I^{л}_{auth}$).

По итогам выбора механизма защиты должны быть определены следующие параметры:

- вариант доставки параметра контроля целостности $P^{c'}_{КЦ}$ в бортовую часть АЛС-ШР;
- вариант доставки параметра контроля целостности $P^{л'}_{КЦ}$ или $P^{л}_{КЦ}$в станционную или бортовую часть АЛС-ШР соответственно;
- количество информации I^{c}_{auth}, которое должно быть передано со стороны станционной части АЛС-ШР в рамках прохождения процедуры аутентификации;
- количество информации $I^{л}_{auth}$, которое должно быть передано со стороны бортовой части АЛС-ШР в рамках прохождения процедуры аутентификации.

Заключение

Описанный в данной статье третий этап методики построения СКЦ ответственной информации для систем АЛС-ШР определяет алгоритмы выбора механизмов защиты от угроз безопасности ОИ. Данный этап является промежуточным.

Реализация четвертого этапа, а именно порядка разработки процедуры обновления параметров безопасности СКЦ, завершит формирование методики, что, в итоге, позволит определить значения параметров построения СКЦ, на основе которых должна производиться разработка архитектуры СКЦ и выбор используемых СЗИ, или сделать вывод о невозможности построения безопасной СКЦ для данной АЛС-ШР.

Литература

1. ГОСТ Р 53431-2009. Автоматика и телемеханика железнодорожная. Термины и определения (с Изменением № 1). Введ. 2011-01-01. М.: Стандартинформ, 2010. 19 с.

2. Тильк И.Г. АЛС с использованием радиоканала // Автоматика Связь Информатика, 2010. №7. С. 7-9.

3. ОСТ 32.17-92. Безопасность железнодорожной автоматики и телемеханики. Основные понятия. Термины и определения. Введ. 1993-01-01. СПб.: Типография ПИИТ, 1992. 33 с.

4. Коротин А.М. Анализ угроз безопасности ответственной информации, передаваемой системой АЛС на базе радиоканала // Безопасность информационных технологий, 2017. №2. С. 42-49.

5. Бакуркин Р.С., Безродный Б.Ф., Коротин А.М. Противодействие компьютерным атакам в сфере железнодорожного транспорта // Вопросы кибербезопасности, 2016. №4. С.29-35.

6. Коротин А.М. Протокол EuroRadio как способ обеспечения целостности ответственной информации в АЛС на базе радиоканала // Вопросы защиты информации, 2017. №2. С. 44-48.

7. Bezrodnyi, B.F. The Basis for Building Integrity Monitoring System of Critical Information in ALS Based on Broadcast Radio Channel / B.F. Bezrodnyi, A.M. Korotin // In CEUR Workshop Proceedings – 2017. – Vol-2081 (Selected Papers of the VIII All-Russian Scientific and Technical Conference on Secure Information Technologies, BIT 2017). Pp. 6-10.

8. Смирнов Д.В., Коротин А.М., Воронов Я.Р. Общие положения методики построения систем контроля целостности ответственной информации в системах АЛС на базе широковещательного радиоканала // Известия Института инженерной физики, 2018. № 4(50). С.67-72.

9. ГОСТ 28147-89. Системы обработки информации. Защита криптографическая. Алгоритм криптографического преобразования. Введ. 1990-06-30. М: ИПК Издательство стандартов, 1989. 28 с.

10. Конявский В.А. Доверенные системы как средство противодействия киберугрозам. Базовые понятия http://www.okbsapr.ru/konyavskiy_2016_2.html/ В.А. Конявский // Information Security, 2016. № 3. С.40-41.





УДК 303.732; 681.3

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К МОНИТОРИНГУ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВУЗА

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO MONITORING OF CUSTOMER SATISFACTION WITH EDUCATIONAL ACTIVITIES OF THE UNIVERSITY

Олег Николаевич Андрух
почетный работник науки и техники РФ
кандидат технических наук, доцент
Генеральный директор
АО «НПО «Отечественные технологии, промышленный дизайн и инжиниринг»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93
E-mail: oandruh@mail.ru

Сергей Геннадьевич Дранников
аспирант
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: +7(4967)35-31-93

Аннотация

В статье представлен анализ современных подходов к мониторингу удовлетворенности потребителей качеством продукции и услуг. Акцентируется внимание на сложности сбора и обработки информации потребителей образовательных услуг, на важности принятия решений в сфере высшего образования на основе мониторинга удовлетворенности потребителей качеством образовательной деятельности вуза. Представлены характеристики типовых групп внутренних потребителей образовательных учреждений. Разработаны рекомендации для формирования методики и алгоритма мониторинга удовлетворенности потребителей качеством образовательной деятельности вуза.

Ключевые слова: принятие решений, качество образовательной деятельности, удовлетворенность потребителей, внутренние и внешние потребители, мониторинг удовлетворенности потребителей.

Summary

The article presents an analysis of modern approaches to monitoring customer satisfaction with the quality of products and services. Attention is paid to the complexity of collecting and processing information of consumers of educational services, the importance of decision-making in higher education on the basis of monitoring customer satisfaction with the quality of educational activities of the University. The characteristics of typical groups of internal consumers of educational institutions are presented. Recommendations for the formation of methods and algorithms for monitoring customer satisfaction with the quality of educational activities of the University.

Keywords: taking decision, quality of educational activities, customer satisfaction, internal and external customers, customer satisfaction monitoring.

В условиях современной трудовой и познавательной деятельности человека наблюдается тенденция к систематическому повышению роли субъектов (потребителей), в интересах которых данная деятельность осуществляется. При этом существенно возрастает значимость информации потребителей о качестве продуктов и процессов организаций, актуальными являются сбор, обработка, хранение информации потребителей, принятие решений на основе информации потребителей о способах и средствах повышения качества продукции и процессов [4, 19]. В рамках систем менеджмента качества (СМК) организаций формируются стратегии взаимоотношениями с потребителями посредством одного из основных принципов СМК – ориентации на потребителя. Данный принцип предполагает осуществление деятельности организаций с учетом соотнесения их целей с потребностями и ожиданиями потребителей. Использование принципа «ориентация на потребителя» актуально и в сфере высшего образования [1, 2, 3]. Сбор, обработка, хранение и распространение информации об удовлетворенности потребителей образовательных услуг, принятие управленческих решений на их основе – за-



Рис. 1. Заинтересованные стороны образовательных учреждений

дача сложная ввиду существенных отличий требований потребителей разных групп к результатам, процессам и условиям реализации деятельности образовательных учреждений (ОУ); неопределенности при формировании репрезентативных групп внутренних и внешних потребителей; большого количества факторов, влияющих на удовлетворенность (факторов удовлетворенности); длительности представления образовательных услуг и т.д.

К потребителям относятся субъекты (лица или организации), которые могут получать или получают продукцию или услугу, предназначенные или требуемые этим субъектам [5]. Потребители в сфере высшего образования являются одной из групп заинтересованных сторон (*рисунок 1*).

К заинтересованным сторонам относятся субъекты, которые могут воздействовать на осуществление деятельности образовательных учреждений, принятие решений, быть подверженными их воздействию, планировать использовать или использовать результаты деятельности ОУ [10].

Потребители образовательных услуг в сфере высшего образования подразделяются на внутренних и внешних.

К внешним потребителям вузов относятся субъекты, предоставляющие возможность осуществлять трудовую деятельность лицам, получившим в вузах квалификацию по соответствующим образовательным программам, в том числе: организации различных секторов экономики (работодатели), общественные организации, муниципальные, ведомственные, государственные организации и силовые структуры. Как правило, внешние потребители оценивают качество образовательной деятельности вузов излишне критично, занижая оценку. Внешние потребители отмечают недостаточный уровень профессиональных и коммуникативных компетенций и личностных качеств выпускников, длительные сроки адаптации к трудовой деятельности, их неумение работать в условиях неопределенности. Вместе с тем, предприятия выделяют образовательные учреждения, зарекомендовавшие себя с положительной стороны, и отдают предпочтение выпускникам таких вузов. Поэтому одним из главных направлений совершенствования образовательной деятельности вуза должно стать выявление недостатков, допущенных при подготовке обучающихся на основе оценки удовлетворенности внешних потребителей. Информация об оценке удовлетворенности внешних потребителей вузов позволит сформировать выводы и провести мероприятия по устранению недочетов, направленных на результат образовательной деятельности (знания, умения, навыки, компетенции, опыт, личностные качества).

К внутренним потребителям относятся субъекты, осваивающие в вузе образовательные программы разных уровней профессионального образования по направлениям подготовки бакалавриата, специалитета, магистратуры, аспирантуры и докторантуры, повышения квалификации. Таким образом, в условиях вуза внутренними потребителями являются обучающиеся. Градация уровней профессионального образования может быть охарактеризована такими признаками, как фаза обучения (уровень квалификации); продолжительность обучения; численность обучающихся.

На первой фазе обучения (с получением квалификации «бакалавр») в вузе подготовку проходят бакалавры. Бакалавриат характеризуется длительным периодом обучения – 4 года. Бакалавры являются самой многочисленной группой внутренних потребителей, составляющей 65-70% от общей численности студентов вузов. Актуальность оценки удовлетворенности бакалавров качеством образовательной деятельно-

сти вуза, с одной стороны, определяется тем, что представляется возможность принятия управленческих решений на ранних стадиях обучения, с другой стороны, важно первостепенное выявление точки зрения большинства обучающихся в вузе.

Специалисты также проходят обучение на первой фазе, срок обучения составляет 5 лет, численность данной группы внутренних потребителей составляет 5-10%. Характеристики образовательного процесса на уровнях бакалавриата и специалитета близки, поэтому подходы к организации оценки удовлетворенности бакалавров и специалистов могут быть едиными.

Магистры проходят подготовку на второй фазе обучения. Обучение в магистратуре осуществляется 2 года. Численность магистров составляет 20-25%.

Подготовка кадров высшей квалификации осуществляется в рамках аспирантуры и докторантуры. Срок обучения в аспирантуре составляет 4 года, в докторантуре – до 3-х лет. От общего числа потребителей образовательных услуг вуза количество аспирантов и докторантов достаточно невелико (1-3%).

Таким образом, характерные группы внутренних потребителей существенно отличаются уровнем квалификации, возрастными характеристиками, численным составом характерных групп, сроками обучения. Информация об удовлетворенности внутренних потребителей качеством образовательной деятельности позволяет проанализировать не только достижение целей по результатам подготовки (сформированность текущих и итоговых знаний, умений, навыков, компетенций, опыта, личностных качеств обучающихся), но и выявить степень выполнения вузом требуемых или ожидаемых условий организации образовательного процесса. Не смотря на то, что обучающиеся, как правило, формируют завышенные оценки качества образовательной деятельности вуза в сравнение с работодателями, их оценка весьма информативна, поскольку отражает и результат деятельности, и условия реализации образовательной деятельности.

На основаниях, приведенных выше, формируется вывод о том, что принятие решений по улучшению качества образовательной деятельности возможно на системном измерении удовлетворенности внешних и внутренних потребителей. В соответствии с ГОСТ Р ИСО 9000-2015 удовлетворенность потребителей – это восприятие потребителями степени выполнения их ожиданий; рекомендуемым инструментом оценки удовлетворенности и потребителей является мониторинг [1, 2]. В системах менеджмента качества под мониторингом понимают определение статуса системы, процесса, продукции, услуги или действия [5]. Данное определение мониторинга крайне неудачно, поскольку не отражает ни приемлемой специфики сбора информации (однократная, периодическая или непрерывная фиксация параметров системы) об исследуемом объекте, ни цели мониторинга. Для оценки удовлетворенности потребителей образовательных услуг релевантной является следующая научная интерпретация термина: мониторинг в образовании – это система сбора, обработки, хранения и распространения информации об образовательной системе или ее отдельных элементах, которая ориентирована на информационное обеспечение управления, позволяет судить о состоянии объекта в любой момент времени и может обеспечить прогноз его развития [12].

Одной из главных задач для образовательных организаций является поддержание высокого уровня удовлетворенности потребителя. Существующие исследования по оценке удовлетворенности потребителей образовательных услуг условно подразделяются на две группы: обоснование основной стратегии по определению факторов, влияющих на удовлетворенность; формирование математических моделей, позволяющих представить объективную основу для принятия решений.

Широко известными являются следующие стратегические подходы к оценке удовлетворенности потребителей: мультиатрибутивная модель; методика SERQUAL; методика GAP; методика SERVPERF; методика INDSERV; метод Кано, дифференциальный метод; комплексный метод [4, 8, 9, 16] и др. Анализ современных научных подходов к методам измерения удовлетворенности представлен в *таблице 1*.

Рассмотрим подходы к обработке результатов оценки удовлетворенности потребителей. Один из самых распространенных способов расчета удовлетворенности потребителя (УП) основывается на следующей формуле [7]

$$УП = И \cdot В, \qquad (1)$$

где $И$ – среднее значение исполнения факторов (критериев) удовлетворенности, включенных в опросный лист потребителя;

$В$ – среднее значение важности (или степени соответствия ожиданиям) для потребителя тех же факторов.

Близкий подход по расчету индекса удовлетворенности потребителя [14] предполагает выполнение следующих действий:

1) расчет индекса удовлетворенности отдельного i-го потребителя для j-го требования

Таблица 1

Современные подходы к мониторингу удовлетворенности потребителей

Наименование подхода к мониторингу	Краткое содержание подхода
Мульти-атрибутивная модель [11]	Включает 3 этапа: 1) оценивается среднее значение общей удовлетворенности объектом; 2) рассчитывается среднее значение удовлетворенности и важности по каждой характеристике; 3) дается оценка намерения осуществить дальнейшее взаимодействие. В ходе анализа производится оценка соотношения удовлетворенность/важность для определения уровня удовлетворенности по наиболее важным характеристикам объекта
Модель разрыва (GAP) [22]	Модель GAP (от англ. gap – разрыв, расхождение) позволяет увидеть процесс предоставления услуги в целом, выявить возможные источники ее неудовлетворительного качества на основе анализа разрывов между ожиданиями и фактически оказанным уровнем услуг
Методика «INDSERV» [20]	Метод основан на опросе не только персонифицированных, но и корпоративных потребителей. Введены характеристики качества сервиса, рассчитывается индекс качества услуги (простой и взвешенный), при условии включения в опросный лист необходимости ранжирования потребителем показателей по степени важности.
Методика «Качество обслуживания» (SERVQUAL) [23]	Методика SERVQUAL (сокращение от Service Quality) представляет собой анкету, включающую 22 пары вопросов с 7-балльной шкалой Лайкерта: «Абсолютно не согласен – Абсолютно согласен» с оценкой от 7 до 1 балла соответственно. Определяется разность воспринятого и ожидаемого качества услуги. По каждой из детерминант рассчитывается частный индекс качества, на основе их усреднения - общий индекс качества SQI (Service Quality Index). Методика позволяет наглядно графически представить полученные результаты.
Метод Кано [21]	Набор характеристик качества сервиса формируется не заранее, а в ходе опроса потребителей. Метод использует категории «нечеткие - четкие потребности», «функциональный – нефункциональный продукт». Для оценки используется шкала Лайкерта.
Дифференциальный метод [6]	Дифференциальный метод позволяет провести анализ сопоставления уровня качества оцениваемого объекта и базового образца (эталонного значения) по отдельным показателям.
Комплексный метод [6]	Комплексный метод применяют в случаях, когда необходимо характеризовать уровень удовлетворенности одним обобщенным показателем. Обобщенный показатель представляет собой функцию от единичных (групповых, комплексных) показателей удовлетворенности. Обобщенный показатель может быть выражен: главным показателем; интегральным показателем; средним взвешенным показателем удовлетворенности.

$$ИУП_{ij}=q_{ij}\cdot T_{ij}, \quad (2)$$

где q_{ij} – весовой коэффициент, соответствующий j-му требованию i-го потребителя к продукции; T_{ij}, – оценка j-го требования i-ым потребителем продукции по оценочной шкале анкеты;

2) расчет индекса удовлетворенности отдельного i-го потребителя

$$ИУП_i=\sum_{j=1}^{m} ИУП_{ij}=\sum_{j=1}^{m} q_{ij}\cdot T_{ij}, \quad (3)$$

где m – количество исследуемых требований потребителя;

3) суммарный индекс удовлетворенности всех потребителей CSI_Σ (Customer Satisfaction Index)

$$CSI_\Sigma=\frac{\sum_{i=1}^{n} ИУП_i}{n}, \quad (4)$$

где n – количество потребителей.

Вышеприведенные способы оценки удовлетворенности потребителей просты, однако малоинформативны: не отражаются проблемные аспекты деятельности ОУ для характерных групп потребителей, тем самым не представляется релевантная основа для принятия решений по улучшению качества деятельности вуза. В ряде работ [4, 15, 18] осуществляется попытка устранения данного недостатка. Так, в исследовании [4] обобщенный критерий УП с учетом удовлетворенности различных групп заинтересованных сторон Q определяется по формуле

$$Q=\frac{\alpha_{ПТ}Q_{ПТ}+\alpha_{РБ}Q_{РБ}+\alpha_{ВЛ}Q_{ВЛ}+\alpha_{РК}Q_{РК}+\alpha_{ПС}Q_{ПС}+\alpha_{ОБ}Q_{ОБ}}{\alpha_{ПТ}+\alpha_{РБ}+\alpha_{ВЛ}+\alpha_{РК}+\alpha_{ПС}+\alpha_{ОБ}}, \quad (5)$$

где $Q_{ПТ}$, $Q_{РБ}$, $Q_{ВЛ}$, $Q_{РК}$, $Q_{ПС}$, $Q_{ОБ}$ – локальные комплексные критерии удовлетворенности заинтересованных сторон (потребителей, работников, владельцев, высшего руководства, поставщиков и общества);

$\alpha_{ПТ}$, $\alpha_{РБ}$, $\alpha_{ВЛ}$, $\alpha_{РК}$, $\alpha_{ПС}$, $\alpha_{ОБ}$ – весовые коэффициенты важности соответствующих локальных критериев:

$$\alpha_{ПТ}+\alpha_{РБ}+\alpha_{ВЛ}+\alpha_{РК}+\alpha_{ПС}+\alpha_{ОБ}=1.$$

Подход, представленный в работе [4], представляет и обобщенную оценку УП, и точку

зрения характерных групп, и информацию о проблемных факторах удовлетворенности. Однако данный подход не учитывает того обстоятельства, что в условиях длительности оказания образовательной услуги значения весовых коэффициентов факторов удовлетворенности не постоянны, они изменяются, необходим учет этих изменений.

Последующие исследовании по совершенствованию математических моделей оценки УП были посвящены следующим проблемным вопросам: способам определения количественных значений весовых коэффициентов показателей УП; способам определения приемлемых границ значений критериев УП; способам определения минимальных репрезентативных выборок потребителей характерных групп. Известны подходы по количественному и аналитическому определению границ значений критериев УП. Так, в работе [15] полученное при расчете значение коэффициента удовлетворенности $\leq 60\%$ автор считает очень плохим, результат в 75-80% – средним. Аналитический подход к определению границ значений критериев УП автор работы [17] предлагает осуществлять на основе вычисления нижнего контрольного предела карты Шухарта

$$НКП_{пр} = \frac{\sum a}{I} - \frac{3}{I}\sqrt{\frac{(\sum a - I)(AI - \sum a)}{A-1}}, \qquad (6)$$

где A – максимальный балл, используемый в шкале оценки;

I – число респондентов, ответивших на каждый вопрос опросника;

a – балльная оценка каждого ответа;

Σa – сумма всех баллов по определенному вопросу.

Анализ современных подходов к оценке удовлетворенности потребителей выявил многообразие методов и средств достижения данной задачи как в сфере товаров народного потребления и продукции промышленного назначения, так и в сфере высшего образования. Объективная оценка удовлетворенности потребителей качеством предоставления образовательных услуг должна быть основана на следующих положениях:

- совокупность факторов удовлетворенности внутренних потребителей предпочтительно формировать экспертной комиссии образовательного учреждения, отдельно для каждой характерной группы, с возможностью добавления факторов, значимых для потребителей;
- факторы удовлетворенности внутренних потребителей должны отражать и цели по результатам подготовки (сформированность текущих и итоговых знаний, умений, навыков, компетенций, опыта, личностных качеств обучающихся), и степень выполнения вузом условий проведения образовательного процесса; факторы удовлетворенности внешних потребителей должны отражать ожидания по результатам профессиональной подготовки;
- значения весовых коэффициентов факторов удовлетворенности необходимо определять не только отдельно для каждой характерной группы внутренних потребителей, но и для каждого курса обучения;
- организованный опрос внутренних потребителей на основе репрезентативной выборки в процессе обучения проводится кратно семестрам или годам обучения, однако для учета важных для потребителей текущих мнений обеспечивается возможность оценивания факторов удовлетворенности внутренних потребителей в непрерывном режиме;
- необходимо сравнение значений показателей удовлетворенности внутренних потребителей, внешних потребителей с эталонными значениями удовлетворенности, устанавливаемых (определяемых) экспертной комиссией образовательного учреждения;
- в ходе мониторинга необходимо фиксировать не только информацию об удовлетворенности внутренних потребителей, но и информацию о намерениях обучающихся продлить обучение в вузе;
- по результатам мониторинга должны быть определены: общая оценка удовлетворенности потребителей ОУ; оценки удовлетворенности потребителей характерных групп; динамика изменения данных оценок в сравнение с предыдущими отчетными периодами; факторы, не обеспечивающие ожиданий потребителей; намерения потребителей на продолжение обучения в ОУ.

Учет данных положений представит возможность формирования системы мониторинга удовлетворенности потребителей качеством предоставления образовательных услуг, представляющей объективную информацию для принятия решений, повышающих качество деятельности образовательных учреждений.

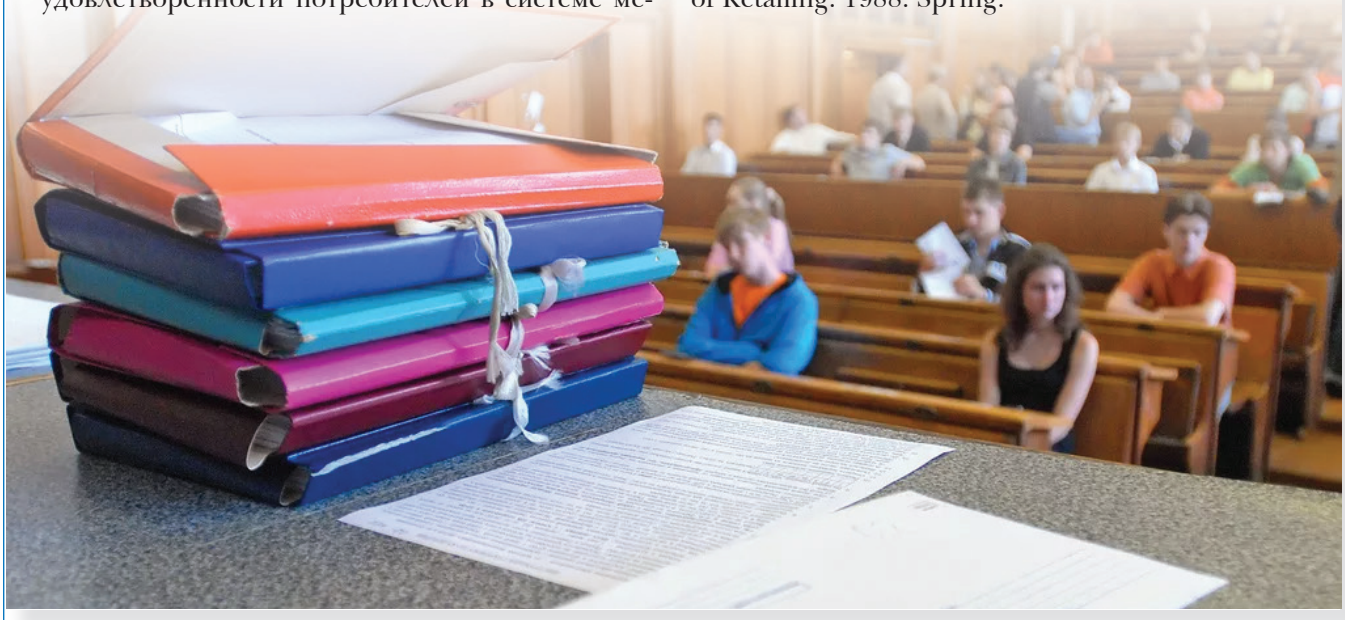
Литература

1. Андрух О.Н., Чадунели М.К. Оценка удовлетворенности потребителей услуг в сфере профессионального образования // Известия Института инженерной физики, 2014. №1(31). С.94-97.

2. Андрух О.Н., Сидорова А.С., Чадунели М.К. Формирование системы оценки качества деятельности образовательных учреждений профессионального образования потребителями // Известия МГТУ «МАМИ», 2013. № 4(18). Т.2. С.359-363.

3. Андрух О.Н., Сидорова А.С. Квалиметриче-

ские методы оценки деятельности преподавателей вузов // Известия Института инженерной физики, 2015. №1(35). С. 97-101.
4. Борбаць Н.М. Оценка удовлетворенности заинтересованных сторон в системе менеджмента качества промышленного предприятия: дис. ... канд. тех. наук. Брянск, 2007. 242 с.
5. ГОСТ Р ИСО 9000-2015 СМК. Основные положения и словарь.
6. ГОСТ 22732-77 Методы оценки уровня качества промышленной продукции. Основные положения.
7. Исаев В.А., Воротилов В.И. Оценка и мониторинг степени удовлетворенности потребителей образовательных услуг // Инновации, 2005. № 9. С.82-84.
8. Исмаилова Р.Н., Крюкова О.В., Николаева Н.Г., Раков Е.В. Мониторинг удовлетворенности потребителей // Вестник Казанского технологического университета, 2014. С. 345-348.
9. Капустина Л.М., Бабенкова А.В. Методические подходы к оценке удовлетворенности потребителей продукции промышленного назначения // Известия УрГЭУ. №2 (52), 2014. С.35-41.
10. Курочкина А. Научно-методические основы оценки качества услуг: дис. … канд. экон. наук. СПб, 2001.
11. Ламбен Ж. Ж. Стратегический маркетинг. Европейская перспектива: пер. с фр. СПб.: Наука, 1996.
12. Майоров А.Н. Мониторинг в образовании. М.: Интеллект-Центр, 2005. 405 с.
13. Мингазова Д.Н. Оценка качества услуг с позиции удовлетворенности потребителя // Вестник Брянского государственного технического университета, 2010. №3(27). С.124-133.
14. Парсегова Т.А., Парфеньева И.Е. Оценка удовлетворенности потребителей в системе менеджмента качества организации // Инновации в науке: сб. ст. по матер. междунар. науч.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2016. №10(59). С.75-84.
15. Сидоренко С.В., Тарасова Н.А. Мониторинг как инструмент оценки качества услуг. Технология расчета коэффициента удовлетворенности потребителей с целью корректировки аспектов деятельности учреждений культуры // Справочник руководителя учреждения культуры, 2007. № 1.
16. Толстова Ю.Н. Измерение в социологии: курс лекций. М.: ИНФРА-М, 1998.
17. Турко С.В. Мониторинг удовлетворенности и лояльности потребителей: автореф. дис. … канд. экон. наук. М., 2006. 24с.
18. Ягудина Л.Р. Модели общественной оценки качества образования на муниципальном уровне // Высшее образование сегодня, 2009. №10. С.21-24.
19. Яковлева Е. Разработка методики оценки качества услуг: автореф. дис. … канд. тех. наук. М., 2005.
20. Gounaris S. Measuring service quality in b2b services: an evaluation of the SERVQUAL scale vis-a-vis the INDSERV scale. Journal of Service Marketing 19/6 (2005) Emerald Group Publishing Limited, 421-435.
21. Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality. Center for Quality of Management Journal. Vol.2, Number 4. Fall 1993 — 37 p.
22. Parasuraman A., Berry L. L., Zeitaml V. A. Conceptual model of service quality and its implication for future research // Journal of Marketing. 1985. Vol. 49.
23. Parasuraman A., Zeitaml V. A., Berry L. L. SERVQUAL: a Multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality // Journal of Retailing. 1988. Spring.





УДК 614.8:355.687

НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ КОМПЛЕКТОВ МЕДИЦИНСКОГО ИМУЩЕСТВА ДЛЯ КОРАБЛЕЙ И СУДОВ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

DIRECTION OF MODERNIZATION OF MEDICAL KITS AND EQUIPMENT FOR THE SHIPS AND BOATS OF NAVY OF THE RUSSIAN FEDERATION

Владимир Анатольевич Грачёв
кандидат педагогических наук
советник президента
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: 8(4967)35-31-93
E-mail: rtk@iifmail.ru

Павел Борисович Панов
доктор медицинских наук, профессор
академик РАЕН
научный консультант
ООО «ТД "АППОЛО"»
Адрес: 195271, Санкт-Петербург,
Бестужевская ул., д. 10а
E-mail: ppanoff@mail.ru

Евгений Валерьевич Умников
ведущий инженер
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: 8(4967)35-31-93
E-mail: rtk@iifmail.ru

Юлия Валерьевна Краснова
главный технолог медико-биологического
опытно-промышленного производства
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: 8(4967)35-31-93
E-mail: krasnova@iifmail.ru

Елена Юрьевна Казакова
специалист
МОУ «ИИФ»
Адрес: 142210, Московская обл.,
г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а
Тел.: 8(4967)35-31-93
E-mail: eku22022@iifmail.ru

Аннотация

В статье представлены современные подходы модернизации медицинского имущества для оказания первой и экстренной медицинской помощи, предназначенного для обеспечения кораблей и судов Военно-морского флота. Перечислены критичные параметры, которые необходимо учитывать в ходе совершенствования имеющихся и при разработке новых комплектов медицинского имущества с учетом специфики повседневной и боевой деятельности личного состава подводных и надводных кораблей ВМФ.

Ключевые слова: Военно-морской флот, первая помощь, медицинское обеспечение кораблей, медицинское имущество, аптечка первой помощи корабельная, сумка первой помощи корабельная.

Summary

The modern approaches to the modernization of medical equipment of providing first and emergency medical care, designed for the provision ships and boats of Navy. Critical parameters that must be considered in the process of improvement available and developing new kits of medical equipment, taking into account the specifics of the daily and combat activities of the personnel of the underwater and surface ship of the Navy.

Key words: the Navy, first aid, medical support of ships, medical equipment, ship first aid kit, ship first aid bag.

Морская доктрина Российской Федерации определяет основные направления обеспечения безопасности мореплавания, важнейшими из которых являются сохранение и защита трудовых ресурсов российского флота, невозможные без внедрения систем мониторинга состояния здоровья моряков, и развитие системы медицинского обеспечения охраны здоровья экипажей, отвечающей международным и национальным требованиям.

Обеспечение своевременной неотложной медицинской помощи и осуществление мероприятий по оказанию первой помощи наиболее значи-

мые составляющие организации охраны здоровья моряков.

Аптечки первой помощи, сумки врача и фельдшера, разработанные для сухопутных войск и имеющиеся на снабжении, не в полной мере соответствуют требованиям, предъявляемым к комплектно-табельному оснащению кораблей и судов Военно-морского флота (ВМФ). В конструкции чехлов и составе медицинских изделий не учтена специфика повседневной и боевой деятельности личного состава подводных и надводных кораблей ВМФ. Не смотря на принятые на снабжение и утвержденные описи комплектов медицинского имущества, существует необходимость продолжения работы по внедрению в систему нормирования медицинского имущества для кораблей и судов ВМФ нового и инновационного медицинского оснащения для оказания первой помощи [1]. Поэтому является актуальным разработка новых комплектов медицинского имущества (КМИ) с учетом особенностей их применения.

Основной задачей разработки новых КМИ является обеспечение своевременной и качественной первой и медицинской помощи экипажу кораблей, судов и подводных лодок ВМФ в условиях повседневной деятельности, а также при выполнении учебных и учебно-боевых мероприятий с использованием необходимых лекарственных средств (ЛС) и медицинских изделий.

На сегодняшний день прослеживается противоречия между:

1) требованием исключить неквалифицированное самолечение членов экипажа имеющимися на борту медицинскими средствами;

2) имеющимися тенденциями, связанными с:

● ростом разнообразия имеющихся на рынке лекарств;

● ростом бытовой осведомленности членов экипажа об отдельных аспектах применения ходовых лекарств, купирующих симптомы распространенных заболеваний;

● ростом технических возможностей удаленного информирования, консультирования, мониторинга, диагностирования и прочего;

● ростом автоматизации судового оборудования и, как следствие, снижение численности экипажей судов, при сохранении или даже росте автономности судов;

● ростом ценности остающихся членов экипажей ввиду неизбежного повышения их квалификации;

● ростом числа судов без медика на борту;

3) необходимостью:

● увеличения надежности обеспечения сроков автономного плавания судов, путем снижения заболеваемости членов экипажа;

● уменьшения времени до начала лечения заболеваний, сохранения работоспособности членов экипажа и, по возможности, избежания преждевременного возвращения на базу;

4) наблюдаемым ростом боевой значимости и количества кораблей 3-4 рангов без врача или фельдшера на борту. Как следствие – рост числа моряков, могущих рассчитывать в ходе повседневной службы на первую помощь только средствами аптечек АППГ. На данный момент, это уже не менее 6000 человек по открытым данным.

При разработке новых аптечек и сумок первой помощи для кораблей и судов ВМФ необходимо учитывать, что в условиях современного боя крайне высока вероятность различных ранений и повреждений. К сожалению, данные ранения и поражения сопровождаются тяжелыми повреждениями различных тканей и массивными кровотечениями, что при отсутствии своевременной и адекватной медицинской помощи может обусловить крайне неблагоприятный прогноз течения патологии.

Безусловно, что при таких ранениях и поражениях крайне важно надлежащее использование широкого спектра медицинских средств (жгуты и давящие повязки; антидоты и радиопротекторы; обезболивающие препараты; модуляторы сосудистого тонуса; гемостатические губки, бинты и гели; инфузионные средства; иммобилизирующие и реанимационные приспособления и т. д.). При этом вышеуказанные средства должны (по возможности) использоваться практически одновременно, а следовательно, находиться в одном комплекте или укладке (аптечке). Это обусловлено, с одной стороны, медицинским алгоритмом их применения, а с другой – исключением проблемы доступности необходимых средств, особенно при оказании помощи в автономных условиях.

Помимо того, важно отметить, что характер боевых действий в современном вооруженном конфликте (ВК) может, во-первых, инициировать такую оперативно-тактическую обстановку, которая серьезно затруднит проведение необходимых лечебно-эвакуационных мероприятий, а во-вторых, обусловить существенно более длительное действие кораблей в отрыве от мест базирования.

Надежное обеспечение сроков автономного плавания и боевой готовности судов, невозможно без применения современных технических средств обеспечения удаленного информирования, консультирования, мониторинга, диагностирования и прочей медицинской помощи, составляющей элементы телемедицины будущего, когда, несмотря на отсутствие на борту корабля врача или фельдшера, при наличии соответствующих препаратов, квалифицированная медикаментозная неотложная взаимопомощь все же может быть обеспечена.

Исходя из выше сказанного, можно выделить основные требования, которые следует предъявлять к медицинскому имуществу (МИ) кораблей и судов [2]:

● портативность и простота применения – МИ, включаемое в состав комплектов, должно отвечать современным требованиям к оказанию медицинской помощи, иметь простую конструкцию, малую массу и небольшие габариты, быть удобным в эксплуатации, транспортировании, а также при выполнении погрузочно-разгрузочных работ;

● прочность – конструкция, способ упаковки и укладочная тара комплектов МИ должны обеспечивать их многократную погрузку и выгрузку, а также обеспечивать сохранность ЛС и медицинских изделий при их длительной транспортировке;

● стойкость – комплекты МИ и включенное в их состав МИ должны быть пригодными к применению в условиях экстремально высоких или низких температур, повышенной или недостаточной влажности и т.п.;

● герметичность – укладочная тара комплектов и входящего в их состав МИ должны обладать защитными свойствами, быть пыле- и влагонепроницаемыми, а также непроницаемыми для радиоактивных, отравляющих и высокотоксичных веществ и быть пригодными для проведения дезактивационных, дегазационных и дезинфекционных мероприятий;

● эргономичность – конструкция комплектов МИ должна быть удобной в применении и транспортировке, а также легко трансформироваться в медицинскую мебель (столы, шкафы, стеллажи, тумбы и т.д.);

● удобство содержания в запасах – укладочная тара изделий КТО должна обеспечивать удобство закладки, освежения и замены МИ при хранении комплектов в запасах.

Помимо этого, аптечки первой помощи и сумки экстренной и неотложной медицинской помощи на кораблях и судах ВМФ должны отвечать таким нестандартным показателям как непромокаемость и плавучесть.

Таким образом, можно говорить о том, что в настоящее время сложились объективные предпосылки к корректировке концепции состава и технического исполнения КТО, которые заключаются в дифференцировке имеющихся на обеспечении ВМФ комплектов, характеру потенциальной оперативно-тактической обстановки, а также вероятности применения противником оружия массового поражения.

Перечисленные особенности позволяют сформулировать понятие «корабельные» аптечки первой помощи или сумки экстренной и неотложной медицинской помощи, которое вкладывает в свое значение всю специфику условий оказания само- и взаимопомощи при неблагоприятной оперативно-тактической обстановке в условиях деятельности личного состава, боевых и учебно-боевых задач подводных и надводных кораблей ВМФ.

Для комплектации корабельного МИ проведен анализ законодательных и правовых актов РФ, федеральных органов исполнительной власти РФ, нормативных правовых актов и служебных документов Министерства обороны Российской Федерации, регламентирующих различные аспекты организации медицинского обеспечения войск (сил), а также новых подходов к нормированию МИ для кораблей ВМФ [3, 4, 5].

При проработке составов КМИ были изучены составы аптечек и сумок, описанные в «Инструкции по содержанию и использованию аптечек первой помощи и сумок (шкафов) экстренной и неотложной медицинской помощи на кораблях и судах Военно-морского флота», утвержденной начальником Главного военно-медицинского управления Министерства обороны России 29 мая 2015 г. [6].

Выводы

Таким образом, модернизация медицинского имущества является необходимой мерой совершенствования комплектно-табельного оснащения кораблей и судов ВМФ РФ, позволяет повысить эффективность оказываемой медицинской помощи на начальном этапе, с учетом специфики повседневной и боевой деятельности, а также обеспечить поддержание корабельных сил флота, путем снижения заболеваемости личного состава.

Литература

1. Мишин Ю.А., Забродский Д.С., Меркулов А.В. Совершенствование комплектно-табельного оснащения для оказания первой помощи в военно-морском флоте// Морская медицина, 2015. Т. №2. С. 55-57.
2. Родионов Е.О., Мирошниченко Ю.В., Кононов В.Н., Тихонов А.В., Клочкова И.В.. Опыт разработки комплектов медицинского имущества для медицинской службы Вооруженных сил // Фармация и фармакология, 2016. Т.4, № 4.
3. «Об основах охраны здоровья граждан в РФ»: Федеральный закон РФ от 21 ноября 2011 г. № 323-ФЗ.
4. Об утверждении требований к комплектации изделиями медицинского назначения аптечек для оказания первой помощи работникам: приказ Минздравсоцразвития РФ от 5 марта 2011 г. № 169н.
5. Мирошниченко Ю.В., Мосягин И.Г., Горячев А., Меркулов А.В., Клочкова И.В. Современные подходы к обеспечению аптечками первой помощи и сумками экстренной и неотложной медицинской помощи кораблей и судов ВМФ// Морской сборник, 2016. №6. С.71-77.
6. Инструкция по содержанию и использованию аптечек первой помощи и сумок (шкафов) экстренной и неотложной медицинской помощи на кораблях и судах Военно-морского флота: утв. нач. ГВМУ МО РФ 29 мая 2015 г. М., 2015. 77 с.



УДК 378.126

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ КОМПЕТЕНЦИИ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВОЕННОГО ВУЗА

PEDAGOGICAL MANAGEMENT COMPETENCE AS A COMPONENT OF PROFESSIONAL COMPETENCE OF A MILITARY UNIVERSITY TEACHER

Николай Александрович Баранчук
доктор педагогических наук
заместитель начальника по военно-политической работе
Военный инновационный технополис ЭРА
Адрес: 353456, Краснодарский край, г. Анапа, Пионерский пр., д. 28
Тел.: +7(495)693-30-91

Игорь Анатольевич Обыночный
преподаватель
филиал ВА РВСН имени Петра Великого (г. Серпухов)
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
E-mail: Igorobynochnyy@mail.ru

Денис Викторович Шугалей
преподаватель
начальник медицинской службы
филиал ВА РВСН им. Петра Великого
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, ул. Бригадная, д. 17
Тел.: 8(929)681-81-36
E-mail: denmsi@mail.ru

Аннотация

Анализ деятельности преподавателя военного вуза показывает, что ему свойственны управленческие функции, которые проявляются в управлении учебной, методической, научной работой, а так же подготовкой научно-педагогических кадров. Для эффективного управления в указанных видах деятельности преподавателю необходимо обладать педагогическими управленческими компетенциями, содержание которых раскрываются через психолого-педагогических знания и умения.

Ключевые слова: профессиональная компетентность, управленческая компетентность, педагогическая компетентность, управленческие компетенции, педагогические работники, преподаватель военного вуза, профессиональный стандарт, педагогические управленческие компетенции.

Summary

The analysis of activity of the teacher of military higher education institution shows that it is peculiar to it administrative functions which are shown in management of educational, methodical, scientific work, and also preparation of scientific and pedagogical shots. For effective management, in these activities, the teacher must have pedagogical management competencies, the content of which are disclosed through psychological and pedagogical knowledge and skills.

Keywords: professional competence, managerial competence, pedagogical competence, managerial competence, teaching staff, military University teacher, professional standard, pedagogical management competence.

Профессиональная компетентность педагога, выступая условием становления и развития его педагогического мастерства, составляет содержание педагогической культуры. Наряду с категорией «педагогическая культура», все чаще звучит в научно-практическом контексте и «управленческая культура». Это особое состояние человека, профессиональным занятием которого является педагогическое управление, в широком понимании, как специфическая область работы с человеком. Фундаментом управленческой культуры, ее внутренним стержнем является мировоззрение – сплав знаний, убеждений и практического действия, базирующийся на знании науки управления и умении эффективно использовать ее в практических целях. При этом предполагается не просто знание теории управления, ее логики, основных принципов, понятий, а также знание того, как управленческая деятельность сказывается на эффективности развития педагогической системы, педагогического коллектива, воспитанников [1]. Возрастание уровня управленческой культуры преподавателя влечет и повышение его педагогической культуры, что неизменно сказывается на повышении его профессиональной компетентности. Под компетентностью будем понимать новообразование субъекта деятельности, формирующееся в процессе профессиональной подготовки, представляющее собой системное проявление знаний, умений, способностей и личностных качеств, позволяющее успешно решать функциональные задачи, составляющие сущность профессиональной деятельности [3]. Компетенция – способность человека на практике реализовывать свою компетентность [7].

В психолого-педагогических исследованиях ученые описывают различные виды компетентности преподавателя, развитие которых обуславливает профессиональную компетентность: личност-

ная, информационная, технологическая, управленческая, методическая и другое.

Управленческая компетентность преподавателя вуза определяется организационной структурой управления образовательного учреждения и содержанием профессиональной компетентности преподавательского состава. С одной стороны преподаватель выполняет функции управления коллективом обучающихся, с другой стороны может руководить своими коллегами в видах деятельности, обеспечивающих качество образования (управление учебной, научной, методической работой, подготовкой научно-педагогических кадров). Таким образом, педагогическое управление является качественно специфической областью управления, направленного на процессы внутриколлективного регулирования и выражается содержательной характеристикой управленческих компетенций преподавательского состава.

Долгое время считалось, что руководитель, как и преподаватель, – это опыт и призвание, однако практика показала, что управление – это сфера деятельности, которой необходимо учиться, как и всякой другой. Важное место в этом процессе принадлежит психологии. Акцент на психологические аспекты управленческой деятельности позволяет подойти к пониманию управления как сложного механизма психологического взаимодействия между людьми. Знание психологических особенностей людей, всесторонний анализ психологического содержания управленческой деятельности, создание в коллективе здорового социально-психологического климата – все эти вопросы должны быть в центре внимания любого руководителя.

А.В. Хуторской определяет управленческую компетенцию как интегральное качество субъекта управления, сочетающее в себе значимые для эффективного осуществления управленческой деятельности мотивационно-ценностные, когнитивные, мировоззренческие, коммуникативные составляющие (установки, способности, знания, умения и др.), выраженные в терминах наблюдаемого поведения [10]. Повышение уровня управленческой компетенции способствует увеличению управленческой эффективности

Исключительным монопольным правом всех категорий преподавательского состава являются не только отбор учебного материала и выбор образовательных технологий в интересах эффективного обучения и воспитания обучающихся, но и управленческие функции, направленные на организацию и проведение видов деятельности на кафедре, которые обеспечивают качество образования [4]. Так, весь управленческий цикл в полном объеме (от замысла и планирования до подведения итогов работы) реализуется преподавательским составом в следующих видах деятельности:

- всеми категориями преподавательского состава – управление учебно-научной деятельностью обучающихся;
- лекторами (должности: старший преподаватель и выше) – управление методической работой с преподавателями, проводящими практические и другие виды занятий;
- председателями ПМК (должности: доцент и выше) – управление методической работой в составе предметно-методических комиссий (ПМК), включающей аспекты, связанные с формированием у обучающихся командно-методических навыков и навыков воспитательной работы;
- научными руководителями НИР (должности: от доцента и выше) и их заместителями (должности: от старшего преподавателями и выше) – управление научно-исследовательской работой (НИР) преподавательского состава;
- научными руководителями соискателей (должности: от профессора и выше) – управление подготовкой научно-педагогических кадров [5].

Вышесказанное подтверждается профессиональным стандартом «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования», который предусматривает такие трудовые управленческие функции [6] как:

- профессиональная поддержка специалистов, участвующих в реализации курируемых учебных курсов, дисциплин (модулей) (H/03.7);
- руководство группой специалистов, участвующих в реализации образовательных программ ВО (J02/8.1);
- руководство подготовкой аспирантов (адъюнктов) (J03/8).

Во ФГОСах направлений подготовки научно-педагогических кадров также фигурирует такая общепрофессиональная компетенция как способность планировать, осуществлять и оценивать учебно-воспитательный процесс в организациях, осуществляющих образовательную деятельность (ОПК-5), в которой четко просматриваются управленческие аспекты в деятельности преподавателя [9].

Анализ исследований в данном направлении показал, что в педагогике высшей военной школы рассматривается, в основном, формирование у преподавателя управленческой компетентности, основанной на знаниях законов и принципов управления, с позиций руководитель – подчиненный. Анализ же профессиональной деятельности преподавательского состава вуза позволил определить, что управленческая деятельность преподавательского состава заключается не только в руководстве обучающимися на занятиях, но и в руководстве

коллегами при управлении учебной, научной и методической работой. Этот факт требует от педагога знания принципов управления, основанных на психолого-педагогическом взаимодействии с обучающимися и коллегами, для повышения эффективности решения управленческих задач, что является аргументом для формирования педагогических управленческих компетенций. Педагогические управленческие компетенции – это способность преподавательского состава вуза применять психолого-педагогические знания, умения и личностные качества для эффективного руководства обучаемыми и коллегами при управлении учебной, методической, научной работой в интересах повышения качества образовательного процесса [5].

К сожалению, до настоящего времени, управленческие способности преподавательского состава военного вуза обусловлены исключительно приобретенным опытом, который иногда расходится с аналогичным опытом коллеги, что делает их взаимодействие неэффективным, а проблему исследования педагогических управленческих компетенций преподавателей особенно актуальной.

Таким образом, выявлено противоречие между необходимостью формирования педагогических управленческих компетенций у преподавательского состава военного вуза и отсутствием педагогического обеспечения данного процесса. Под педагогическим обеспечением понимается совокупность научно обоснованных подходов к процессу формирования педагогических управленческих компетенций, направленных на создание необходимых условий для его планирования и организации [5].

Управленческая деятельность преподавательского состава вуза имеет универсальные функции: разработка и принятие управленческого решения (планирование); организация его выполнения; внесение корректив; учет и контроль. Анализ универсальных управленческих функции, с учетом психологических аспектов их сущности [1], позволил определить перечень педагогических управленческих компетенций: диагностическая, прогностическая, организаторская, мотивационная, эмоциональная, коммуникативная, сравнительно-оценочная, гностическая.

Диагностическая компетенция – способность преподавателя диагностировать интеллектуальные качества, эмоционально-волевую сферу, темперамент, социометрический статус обучающегося, коллеги. Умения, которыми должен обладать преподаватель, заключаются в получении объективной информации об обучающемся, коллеге, которая является основанием для выбора индивидуальных методов воздействия при решении управленческих задач. Результатом диагностики является заключение, основанное на всестороннем и систематическом наблюдении, опросе, тестировании, предполагающем выявление характеристик и мотивов поведения субъекта, прогнозов о его дальнейшем развитии.

Прогностическая компетенция – способность преподавателя прогнозировать тенденции развития субъектов и объектов руководства на перспективу с учетом особенностей, условий и традиций. Прогностическая компетенция преподавателя вуза отражает идеальные представления о знаниевых, деятельностных и отношенческих компонентах личности, в содержание которых включаются: знания прогностической терминологии, умения и навыки прогнозирования на данном отрезке профессиональной траектории и на данном уровне способностей личности в той мере, в которой это требуется человеку в данный момент деятельности; качество профессиональной деятельности, позволяющей научно предвидеть собственную профессиональную траекторию, результаты прогностической деятельности, обеспечивающие профессиональные потребности личности; целеустремленность, гибкость и аналитичность мышления, волевая сфера, способность принимать решения и ответственность за него на себя, общительность, толерантность; оптимальный для данных условий уровень профессионального целеполагания; умения планировать, проектировать собственную деятельность и деятельность обучающихся, коллег, оценить результаты деятельности, обеспечить адекватную оценку.

Организаторская компетенция – способность преподавателя довести до обучающихся, коллег сути предлагаемых им заданий, поручений с учетом их психологических особенностей, обозначения путей достижения цели, определения критериев результативности. Организаторская компетенция чаще определяется как: способность и готовность практически использовать профессиональные знания и умения в своей деятельности; способность преподавателя эффективно решать проблемные ситуации, возникающие в процессе реализации ее потенциала для осуществления образовательного процесса; совокупность знаний, умений и способностей выполнять управленческие функции; сложное индивидуально-психологическое образование, включающее умение ставить ситуативную цель, выбирать адекватные средства ее достижения, самостоятельно принимать решения, организовывать деятельность по достижению цели, рефлексировать собственную деятельность и организовывать рефлексию деятельности всех участников образовательного процесса.

Коммуникативная компетенция – способность преподавателя устанавливать позитивные отношения с обучающимися, коллегами на различных уровнях в осуществлении делового общения в соот-

ветствии с целью и смыслом деятельности. Владение профессионально-педагогическим общением – важнейшее требование к личности преподавателя в том ее аспекте, который касается межличностных взаимоотношений.

Мотивационная компетенция – способность преподавателя в формировании позитивного отношения обучающихся, коллег, к цели, смыслу выполняемых работ, к избранным способам действия с учетом иерархии мотивов каждой личности, индивидуальных особенностей людей, их типологических черт. Она выражается в умении создавать условия обеспечения позитивной мотивации обучающихся, коллег; в умении создавать условия для самомотивирования обучающихся, коллег; в умение превращать любую управленческую задачу в личностно-значимую.

Эмоциональная компетенция – способность преподавателя формировать и поддерживать такой настрой у обучающихся, коллег, который содействует оптимальному отношению их к порученной деятельности, их уверенности в успешном достижении цели, помогает преодолевать трудности. Она выражается в распознавании и понимании чувств обучающихся, коллег. Сформированность данной компетенции позволит способствовать умению распознавать и правильно трактовать сигналы, говорящие о чувствах окружающих; умению управлять чувствами других - способность позитивно влиять на чувства окружающих. Совершенствование данной компетенции – это личностное развитие педагога. Это включение его в сферу переживаний с другими людьми, событиями, объектами; повышение уровня сознательного, волевого управления и контроля своих чувств и эмоций.

Сравнительно-оценочная компетенция – способность преподавателя анализировать, сравнивать, оценивать работу обучающихся, коллег с точки зрения обозначенной цели деятельности и сопоставления их результатов. В этом плане важен анализ и самоанализ деятельности преподавателя. Это позволяет ему делать резюме относительно степени достижения цели, позитивных моментов и трудностей в деятельности, ошибок и их причин.

Гностическая компетенция – способность осуществлять самостоятельную познавательную деятельность (учиться на протяжении всей жизни, постоянно повышать квалификацию), осознавать собственные эмоции и эмоции окружающих и эффективно управлять ими. Она характеризуется накоплением знаний о целях педагогической системы и средствах их достижения, о состоянии субъектов и объектов педагогического воздействия на различных стадиях решения педагогических задач, о психологических особенностях, как обучающихся, так и коллег преподавателей.

Критерии сформированности педагогических управленческих компетенций преподавательского состава вуза можно определить как: когнитивные (наличие у преподавателя знаний о круге реальных объектов, по отношению к которым вводится компетенция); праксиологические (владение преподавателем умениями, навыками и способами деятельности в сфере компетенции); аксиологические (отношение преподавателя к деятельности в сфере компетенции и ее результату): проявление интереса, активности, организованности и ориентированности на получение результата; понимание значения результата и его самооценка [11].

Формирование педагогических управленческих компетенций представляется важнейшим показателем содержания подготовки и существенным фактором эффективной деятельности современного преподавателя вуза. Поскольку формирование педагогических управленческих компетенций относится к сложным и многоаспектным личностным новообразованиям, которые не возникают стихийно, то их необходимо целенаправленно формировать.

Литература

1. Берлим Л.И. Управленческая компетентность менеджера образования. / Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, 2007.
2. Бурков В.Н. Введение в теорию управления организационными системами / В.Н. Бурков, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков. М.: Либроком, 2009. 264 с.
3. Кузьминов Я.И. Профессиональный стандарт педагогической деятельности / Я.И. Кузьминов, В.Л. Матросов, В.Д. Шадриков // Вестник образования, 2007. №7.
4. Обыночный И.А. Автоматизированная система диагностики качества реализации образовательных программ на кафедре / Г.Ф. Утробин, И.А. Обыночный // Известия Института инженерной физики, 2017. №1.
5. Обыночный И.А. Управленческие аспекты в программах подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) / Г.Ф. Утробин, И.А. Обыночный // Мир образования – образование в мире, 2016. №3.
6. Профессиональный стандарт «Педагог профессионального обучения, профессионального образования и дополнительного профессионального образования», утвержден Приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 8 сентября 2015 года № 608н.
7. Равен Дж. Компетентность в современном обществе: выявление, развитие, реализация / Пер. с англ. М.: Когнито-Центр, 2002. 396 с.
8. Сластенин В.А. Педагогика: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, Е.Н. Шиянов; Под ред. В.А. Сластенина. М.: Издательский центр «Академия», 2002. 576 с.
9. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования. «Военные науки». Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 сентября 2014 г. №1260.
10. Хуторской А.В. Технология проектирования ключевых и предметных компетенций // Компетенции в образовании: Опыт проектирования: Сб. науч. тр. / Под ред. А.В. Хуторского. М.: Научно-внедренческое предприятие «ИНЭК», 2007. 327 с.
11. Шевченко Г.И. Индивидуальная управленческая деятельность преподавателя как объект исследования // Наука. Инновации. Технологии, 2006. № 46. С.193-198.

УДК: 34.096

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРЕДПОСЫЛОК СУЩЕСТВОВАНИЯ ПРОБЛЕМ ПРИ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ПРАВ НА РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МЕЖДУ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ЗАКАЗЧИКОМ И ИСПОЛНИТЕЛЕМ В ДОГОВОРАХ НА НИОКР

THE RESEARCH ON THE CAUSES AND PREREQUISITES OF THE PROBLEMS CONCERNING COMPULSORY LICENSING PROCEDURES AS A MEANS OF ALLOCATING INTELLECTUAL RIGHTS BETWEEN AN EMPLOYER, AS REPRESENTED BY THE STATE, AND A CONTRACTOR IN R&D CONTRACTS



Анна Сергеевна Смурова
студентка магистратуры
Московский государственный юридический университет им. О.Е. Кутафина
Адрес: 125993, Москва, Садовая-Кудринская ул., д. 9
E-mail: smurovaanna@mail.ru

Аннотация

Изложен подход к обеспечению избирательного отношения к результатам интеллектуальной деятельности (РИД), созданным в рамках НИОКР для государственных нужд, как объектам исключительных прав, и принятию обоснованных решений по выбору их правообладателя. Показано, что предоставление прав на РИД преимущественно предприятиям-исполнителям НИОКР позволяет активизировать инновационные процессы, как в гражданском, так и в военном секторе экономики, а также способствует развитию рынка интеллектуальной собственности в России.

Ключевые слова: договор о выполнении НИОКР, право собственности на результаты НИОКР, правообладатель РИД, права на РИД, правовая охрана РИД, рынок интеллектуальной собственности, распределении прав на РИД, информация ограниченного распространения.

Summary

There is a selective approach to intellectual activity results (IAR), created within R&D for State purposes as exclusive right owner objects, and to appropriate decision-making process on exclusive rights owners' selection. It is shown that empowering of entities-R&D executives with IAR rights allows to give an impetus to innovation process as in civilian, so in military economic sector as well as to facilitate development of intellectual property market in Russia.

Keywords: treaty on fulfillment of Research and Advanced Development (R&D), proprietary right on R&D results, intellectual activity results (IAR) right owner, rights on IAR, legal protection of IAR, intellectual property market, distribution of IAR rights, information of restricted distribution (restricted information).

Основной формой правового регулирования отношений между государственным заказчиком, организацией-исполнителем и иными участниками создания научно-технической продукции являются договоры (контракты) на выполнение исследований и разработок, а также на оказание инженерно-консультационных и иных услуг. Специальная норма права о договорах на выполнение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) появилась в Основах гражданского законодательства Союза ССР и союзных республик, принятых в 1991 году, а современные требования к ним регламентирует Гражданский кодекс Российской Федерации (ГК РФ).

Содержание договора о выполнении НИОКР определены главой 38 части второй ГК РФ. Согласно статье 769 ГК РФ *«по договору на выпол-*

нение научно-исследовательских работ исполнитель обязуется провести обусловленные техническим заданием заказчика научные исследования, а по договору на выполнение опытно-конструкторских и технологических работ - разработать образец нового изделия, конструкторскую документацию на него или новую технологию, а заказчик обязуется принять работу и оплатить ее».

Исходя из приведенной формулировки, особенностью договора на выполнение НИОКР является наличие материальной и нематериальной составляющей результатов его выполнения. С одной стороны это опытный образец нового изделия, комплект документации, разработанной при выполнении НИОКР, макет изделия и другие материальные объекты, с другой – результаты научных исследований, в частности, изобретения, полезные модели, промышленные образцы, программы для ЭВМ, базы данных, секреты производства (ноу-хау), то есть объекты интеллектуальной собственности.

Право собственности на материальный объект (документацию и образец нового изделия), в котором реализованы результаты НИОКР, однозначно принадлежит той стороне договора, которая оплачивает все расходы по их разработке, т.е. государству, от имени которого выступает государственный заказчик. Это право включает в себя правомочия владения, пользования и распоряжения документацией и образцом нового изделия без исключительного права на содержащиеся в них объекты интеллектуальной собственности. Что же касается нематериальной составляющей результатов НИОКР, то согласно части четвертой ГК РФ (ст. 1298, ст. 1373, ст. 1432, ст. 1464, 1471) условиями договора права на охраноспособные РИД могут быть закреплены как за организацией-исполнителем, так и за Российской Федерацией, либо за Российской Федерацией и организацией-исполнителем НИОКР совместно.

Таким образом, действующее законодательство, во-первых, предусматривает вариативность подхода к решению вопроса о правообладателе РИД, созданных при выполнении НИОКР, а во-вторых, приоритет отдает организации-исполнителю проведенных исследований и разработок.

Кроме того, в статье 769 ГК РФ законодатель явно указывает на необходимость урегулирования данного вопроса условиями договора, заключаемого между государственным заказчиком и организацией-исполнителем. В частности, согласно пункту 1 статьи 1373 ГК РФ «… *исключительное право на изобретение, полезную модель или промышленный образец, созданные при выполнении работ по государственному или муниципальному контракту …, принадлежат организации, выполняющей государственный или муниципальный контракт (исполнителю), если государственным или муниципальным контрактом не предусмотрено, что это право принадлежит Российской Федерации, субъекту Российской Федерации или муниципальному образованию, от имени которых выступает государственный или муниципальный заказчик, либо совместно исполнителю и Российской Федерации…*». Тем самым подчеркивается, что по своей сущности договор о выполнении НИОКР является консенсуальным, т.е. предусматривает юридическое равенство заключивших его сторон и наличие согласия по существенным условиям договора.

Однако на практике указанные нормы законодательства нередко трактуются произвольно, либо осмысленно нарушаются с целью получения преимуществ в распоряжении правами на РИД и дальнейшего извлечения доходов от их реализации. Это проявляется во введении в типовые формы государственных контрактов условий, предусматривающих закрепление за Российской Федерацией прав на все РИД, не только созданные, но и использованные при выполнении НИОКР. При этом игнорируется тот факт, что права на РИД, использованные при выполнении НИОКР, могут принадлежать не организации-исполнителю, а третьим лицам.

Данное обстоятельство порождает комплекс проблем, которые активно обсуждаются в научных публикациях, на конференциях и семинарах, посвященных данной проблематике. В частности, неурегулированные вопросы распределения прав на РИД, созданные для государственных нужд, анализировались в работах [1-3]. По мнению Н.З. Мазур [2] существующая практика закрепления прав на РИД за государством:

- нарушает законодательство Российской Федерации;
- приводит к ущемлению законных прав исполнителей государственных контрактов и других правообладателей РИД;
- исключает мотивацию исполнителей НИОКР в создании инновационных технических решений и охраноспособных РИД.

В.В. Туренко [3] также указывает на незаинтересованность и авторов РИД, и предприятий ОПК, выполняющих договоры на НИОКР для государственных нужд, в выявлении и получении правовой охраны РИД.

Между тем одной из важнейших задач государственного регулирования в области интеллектуальной собственности является создание

правовых условий для развития изобретательской и рационализаторской деятельности, а также стимулирования инновационной активности субъектов реального сектора экономики. В целях ускорения технологического развития, создания конкурентной среды и полноценного рынка интеллектуальной собственности в нашей стране государство должно оказывать всестороннюю поддержку как физическим, так и юридическим лицам, творческим трудом которых создаются охраноспособные РИД.

К сожалению, существующий на практике порядок распределения прав на РИД, созданные по государственным контрактам, не способствует решению этой задачи. Закрепление прав на РИД за государством затрудняет выплату авторам вознаграждения за использование созданных ими новых технических, конструкторских, программных решений и лишают организации-исполнители НИОКР возможности получения прибыли от реализации разработанных РИД. Тем самым нарушается системный подход к правовому регулированию вопросов интеллектуальной собственности, который, как известно, заключается в предоставлении максимальной выгоды именно создателям РИД.

В сложившейся ситуации при распределении прав на РИД между государственным заказчиком и организацией-исполнителем в договорах на выполнение НИОКР необходимо обеспечивать баланс интересов сторон договора, ориентируясь при этом на принцип целесообразности закрепления прав за той или иной стороной. Сущность данного принципа заключается в том, что права на созданные РИД должны принадлежать той стороне договора, которая имеет реальные возможности по оперативному внедрению полученных результатов в производство инновационной продукции либо по введению их в гражданско-правовой и экономический оборот на лицензионной основе.

Ситуация с распределением прав на РИД, созданных при выполнении НИОКР для государственных нужд, осложняется тем обстоятельством, что значительная часть из них имеет ограниченную оборотоспособность из-за содержащихся в них сведений, составляющих государственную тайну или имеющих пометку «для служебного пользования». К ним относятся РИД, разрабатываемые в интересах повышения обороноспособности страны, а также технологии, необходимые для создания принципиально новых изделий и технологических процессов в различных отраслях экономики [4].

В целях обеспечения контроля за последующим использованием таких РИД, права на них целесообразно закреплять за государством, либо за государством и предприятием-исполнителем совместно. Закрепление прав на РИД, содержащие информацию ограниченного распространения, за предприятием-исполнителем НИОКР возможно при введении в состав существенных условий договора о выполнении НИОКР требования о согласования организацией-исполнителем способов и области дальнейшего использования РИД с государственным заказчиком.

Изложенный подход обеспечивает избирательное отношение к РИД, созданным в рамках НИОКР для государственных нужд, как объектам исключительных прав, и принятие обоснованных решений по выбору их правообладателя. Кроме того, предоставление прав на РИД преимущественно предприятиям-исполнителям НИОКР позволит активизировать инновационные процессы, как в гражданском, так и в военном секторе экономики, а также будет способствовать развитию рынка интеллектуальной собственности в нашей стране.

В заключение следует подчеркнуть, что проблемы регулирования правоотношений в области создания и использования РИД при выполнении НИОКР для государственных нужд относятся к числу наиболее актуальных и требуют совершенствования механизма распределения прав на РИД с учетом требований рыночной экономики.

Литература

1. Корчагин А.Д., Орлова Н.С. Права государства на результаты интеллектуальной деятельности: опыт США и Российская действительность. [Электронный ресурс]. – URL http://troy.ru/article.php?article=720# (дата обращения 27.12.2018).
2. Мазур Н.З. Анализ позиций федеральных органов исполнительной власти в отношении нормативного регулирования вопросов управления правами на РИД, созданные за счет средств федерального бюджета // X Международный форум «Интеллектуальная собственность – XXI век». Научно-практическая конференция Роспатента «Интеллектуальная собственность – инновационный потенциал России». Москва, Роспатент, 27 апреля 2017 г.
3. Туренко В.В. Причины падения изобретательской активности на предприятиях ОПК // Международный военно-технический форум «АРМИЯ-2018». Кубинка, 21-26 августа 2018 г.
4. Орехов Д.В., Хитрова Л.Н. Особенности результатов интеллектуальной деятельности военного, специального и двойного назначения, как объектов правового регулирования // Интеллектуальная собственность Промышленная собственность, 2017. № 13. С. 15-21.



УДК 001

КАЧЕСТВЕННЫЙ ПРОРЫВ В ФОРМИРОВАНИИ ПЕРЕЧНЯ РЕЦЕНЗИРУЕМЫХ ИЗДАНИЙ

QUALITATIVE BREAKTHROUGH IN THE FORMATION OF THE LIST OF PEER-REVIEWED PUBLICATIONS

Николай Михайлович Емелин
заслуженный деятель науки и техники РСФСР
доктор технических наук, профессор
главный научный сотрудник
ФГБНУ «Госметодцентр»
Адрес: 117997, Москва, ул. Люсиновская, д. 51
Тел.: +7(499)706-81-24

Аннотация
Представлен экспресс-анализ нового Перечня рецензируемых изданий, его качественная и количественная оценка. Выявлены достоинства и отдельные недостатки Перечня.
Ключевые слова: рецензируемые научные издания, перечень, научные специальности, диссертационные советы, оценка, рейтингование.

Summary
The express analysis of the new list of peer-reviewed publications, its qualitative and quantitative assessment is presented. Identified the strengths and some shortcomings of the List.
Keywords: peer-reviewed scientific publications, list, scientific specialties, dissertation councils, assessment, rating.

В соответствии с распоряжением Минобрнауки России от 28 декабря 2018 г. №90-р на сайте Высшей аттестационной комиссии *http://vak.ed.gov.ru* размещен список изданий, включенных в Перечень рецензируемых изданий (далее – Перечень) по научным специальностям и соответствующим им отраслям наук, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук.

Можно ли говорить о прорыве, качественном прорыве в формировании этого Перечня? Несомненно, можно, так как сделано главное: в Перечень теперь входят журналы по научным специальностям (выполнение требований приказа Минобрнауки России от 12 февраля 2018 г. №99), а не по группам научных специальностей. Это означает, что теперь соискатели ученых степеней, готовя диссертацию по выбранной научной специальности, обязаны опубликовать свои научные результаты в журналах, входящих в Перечень именно по этой научной специальности (можно и журналах, входящих в международные базы).

Прорыв качественный, так как сведено к минимуму (менее 10%) количество мультидисциплинарных журналов (это результат уменьшения требования по количеству возможных для заявления групп специальностей до трех), редакционные советы (коллегии) журналов, вошедших в Перечень, теперь формируются высококвалифицированными специалистами уже под конкретные научные специальности, что приведет к более жесткому (качественному) отбору статей для публикации, повышению качества самих статей.

Не увеличилось и количество журналов, вошедших в Перечень – 1934, по сравнению с Перечнем, размещенным на сайте ВАК от 5 декабря 2018 г. – 2312. Хотя сам рост количества изданий, входящих в Перечень, не так страшен. Были бы статьи в них на самом деле научные.

А вот распределение журналов по научным специальностям вызывает определенный интерес. Так, по пяти научным специальностям (01.03.03, 01.03.04, 02.00.09, 02.00.14, 05.02.18) нет ни одного журнала в Перечне (а диссертационные советы по этим специальностям в соответствии с Перечнем действующих советов по защите диссертаций

от 16.01.2019 г. http://vak.ed.gov.ru функционируют), по трем специальностям (02.00.16, 05.04.08, 05.16.07) – всего по одному журналу, по восьми специальностям (01.02.08, 01.03.01, 02.00.11, 05.04.03, 05.17.12, 05.17.18, 25.00.21, 25.00.32) – по два журнала. И обратная картина: по специальности 08.00.05 – 305 журналов, по 08.00.10 – 173, по 13.00.08 – 163, по 12.00.01 – 159. Может, большое количество хороших журналов – это и неплохо. Но хорошие ли они все?

И как относиться к 194 журналам, которые вошли в Перечень по 20 научным специальностям, по которым нет диссертационных советов (здесь необходимо заметить, что не учитываются специальные советы)?

Судить о переизбытке журналов по отдельным специальностям более объективно можно используя, к примеру, такой показатель, как отношение количества журналов, входящих в Перечень, к количеству диссертационных советов по этим специальностям. И может показаться парадоксальным вывод: это отношение отнюдь не максимально у журналов, по количеству значительно превышающих остальные. Так, отношение, равное 18 и более присуще журналам, заявленным по следующим специальностям: по 12.00.07 это отношение равно 54, 22.00.05 – 40, 10.02.03 – 33, 23.00.05 – 20, 01.04.15 – 20, 14.03.10 – 18, 14.01.28 – 18, 09.00.07 – 18, 05.23.08 – 18.

Опять же, судить о журналах по этим количественным оценкам без оценки, в частности, значимости журналов, качества публикуемых в них статей, без рейтингования журналов – несколько однобоко. Так что предстоит кропотливая работа по дальнейшему улучшению Перечня рецензируемых изданий.



АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ ЦАРЬКОВ НА РАСШИРЕННОЙ КОЛЛЕГИИ МО РФ



18 декабря в Москве в Национальном центре управления обороной под руководством Верховного Главнокомандующего Вооруженными силами России В.В. Путина состоялось расширенное заседание Коллегии Минобороны России.

В работе Коллегии приняли участие главнокомандующие видами и командующие родами войск, руководители центральных органов военного управления, командный состав военных округов, флотов, объединений и отдельных соединений Вооруженных сил РФ. На заседании присутствовали члены Совета Безопасности России, руководство Федерального Собрания, Правительства, лидеры ветеранских, общественных организаций, представители промышленности.

В соответствии с поручением Министра обороны на заседание Коллегии был приглашен Президент – Председатель Правления МОУ «ИИФ» заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор А.Н. Царьков. Участие Алексея Николаевича в столь значимом мероприятии Министерства обороны говорит о большом авторитете, доверии и заметном месте Института инженерной физики среди оборонно-промышленных предприятий страны.



Перед участниками Коллегии выступил Президент Российской Федерации – Верховный Главнокомандующий Вооруженными силами Владимир Владимирович Путин. Он дал оценку ходу военного строительства и деятельности Вооруженных сил в 2018 году, определил основные направления их дальнейшего развития. «Укрепление обороноспособности, безопасности России, надежная защита от внешних угроз были и остаются нашими важнейшими, ключевыми задачами. Подчеркну: их исключительную жизненную важность хорошо понимают и политические, и государственные руководители, общество, все граждане нашей страны», – заявил Президент.

Говоря о приоритетных вопросах, которые предстоит решить в 2019 году, В.В. Путин особо выделил дальнейшее укрепление боевого потенциала стратегических ядерных сил. Верховный



Главнокомандующий указал на необходимость отрабатывать в ходе боевой учебы применение новых видов оружия и нестандартные ситуации в бою. Также Президент потребовал приложить все усилия, чтобы полностью исполнить социальные обязательства перед военнослужащими.

С докладом на заседании Коллегии выступил Министр обороны России генерал армии С.К. Шойгу.

На заседании Коллегии Президент вручил награды военным соединениям. А после заседания побеседовал с командующими военными округами. По итогам заседания был сделан вывод, что в уходящем году боевые возможности российской армии серьезно возросли, и в следующем году Россия будет укреплять обороноспособность за счет повышения качества боевой учебы и развития современных военных технологий.

AUTHORS

Andruh Oleg N. Honored worker of science and technology of the Russian Federation. Candidate of technical Sciences, associate Professor. General Director JSC «Scientific and production Association» National technologies, industrial design and engineering», Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyuj l., 1a.

Baranchuk Nikolay A. Doctor of pedagogy. Deputy chief Military innovation Technopolis ERA on military-political work, Krasnodar Krai, Anapa, Pionersky prospekt, 28.

Bobrus Sergey Y. Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Borovikov Alexey Y. Head of analytics department sector in Science and Technology Center "Atlas". Penza, Victory Avenue, 69.

Bugakov Alexey I. Senior Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Bugakov Igor A. Honoured devisor of Russia. Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation. Doctor of Technical Sciences, professor. Vice-President of Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Butranov Andrey S. Senior Researcher. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Drannikov Sergey G. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Durnov Artyom S. Job seeker. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forse. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Dyomochkin Evgenij A. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Egorov Vladislav V. Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Elistratov Alexander V. Leading engineer. The Institute of Theoretical and Experimental Biophysics. Moscow reg., Pushchino, Institutskaya st., 3.

Emelin Nikolay M. Honored Scientist of the RSFSR, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of FSBSE «Gosmetodcentr». Moscow, Lyusinovskaya street, 51.

Evsikov Aleksandr A. Candidate of technical Sciences, director of Protvino branch Dubna State University. Moscow region, Protvino, Severny passage, 9.

Frankov Sergey V. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyuj l., 1a.

Glazov Dmitry N. Teacher of department of the informatively-measuring checking systems after nuclear explosions. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forse. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Grachev Vladimir A. Honorary Worker of Higher Professional Education. Candidate of Pedagogical Sciences. Advisor to the President of the Institute. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Kazakova Elena Y. Specialist. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Khomyakov Anton V. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyuj l., 1a.

Kolombet Valeriy A. Candidate of Physical and Mathematical Sciences. Head of the laboratory. The Institute of Theoretical and Experimental Biophysics. Moscow reg., Pushchino, Institutskaya st., 3.

Korotin Alexander M. Junior researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Krasnova Yulia V. Chief technologist of medical and biological pilot production. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Leonov Anatoli P. Candidate of Technical Sciences, senior staff scientist. Deputy of director on educational and scientific work of Protvino branch Dubna State University. Moscow region, Protvino, Severny passage, 9.

Lysenko Alexander V. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Lesnykh Vadim N. Junior scientist. Head of the laboratory. The Institute of Theoretical and Experimental Biophysics. Moscow reg., Pushchino, Institutskaya st., 3.

Martynov Sergey V. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Head of Department. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Maslikov Alexander A. Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor. Senior Researcher. Branch «Protvino» State University «Dubna». Moscow region, Protvino, Severny passage, 9.

Maslov Oleg A. Head of analytics department in Science and Technology Center "Atlas". Penza, Victory Avenue, 69.

AUTHORS

Nazarov Alexey V. Candidate of technical Sciences, Deputy head of Department. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Nakonechny Boris M. Candidate of Technical Sciences.

Nikitenko Vladimir V. Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Novikov Konstantin B. Engineer of analytics department sector in Science and Technology Center "Atlas". Penza, Victory Avenue, 69.

Obynochny Igor A. Teacher. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Panov Pavel B. Doctor of Medical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Scientific Consultant of TD APPOLO LLC. St. Petersburg, Bestuzhevskaya St., Building 10a.

Prasolov Victor A. Cand.Tech.Sci. Chief of department automation and communications. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Ryzhenkov Vyacheslav A. Candidate of Technical Sciences.

Rzhanykh Anton V. Candidate of Technical Sciences, teacher. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Sharov Yuri K. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyuj l., 1a.

Shimanov Sergey N. Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Honorary Radio Operator of the Russian Federation. Doctor of Technical Sciences, Professor. Leading Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Shmyrin Yevgeny V. Candidate of Technical Sciences. Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyu l., 1a.

Shugaley Denis V. Teacher. Head of Medical Service. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Shuvaeva Olga V. Candidate of Technical Sciences, associate professor. Associate Professor of the Department «Physics» FSBEI of HE «Tula State University». Tula, Lenin Avenue, 92.

Smirnov Dmitriy V. Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, associate professor. General director – First Vice-President of Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Smirnov Vladimir A. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department «Devices and Biotechnical Systems» FSBEI of HE «Tula State University». Tula, Lenin Avenue, 92.

Smurov Sergey V. Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Doctor of Technical Sciences, professor. Deputy director general. General designer. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Smurova Anna S. Student of magistracy in Kutafin Moscow State Law University. Moscow, Sadovaya-Kudrinskaya ul., 9.

Sorokin Alexey D. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Turbal Ruslan A. Candidate of Technical sciences. Chief of department of the informatively-measuring checking systems after nuclear explosions. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forces. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Umnikov Evgeny V. Lead engineer of information systems management department. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarnyuj l., 1a.

Volkov Gennadiy G. Doctor of physical and mathematical sciences, professor. The Petersburg Nuclear Physics Institute. Leningrad Oblast, Gatchina, Orlova roshcha, 1.

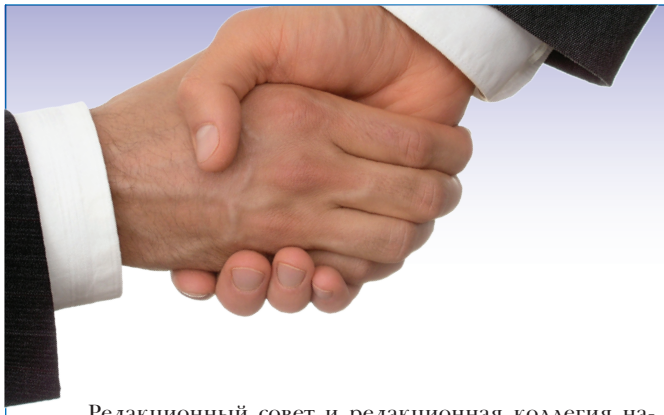
Voronov Yaroslav R. Graduate student. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Yeremin Boris G. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor. Senior Researcher. Institute of Engineering Physics. Moscow reg., Serpukhov, Bolshoy Udarny l., 1a.

Zelenevsky Anatoly V. Candidate of Technical Sciences. Deputy Head of Department. CJSC «Firm of Scientific and Technical Center «KAMI». Moscow, Heroes Panfilovtsev st., 10.

Zelenevsky Vladimir V. Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation Doctor of Technical Sciences, Professor, professor of the department. Branch of the Military Academy of the Strategic Missile Forse. Moscow reg., Serpukhov, Brigadnaya st., 17.

Zelenevsky Yury V. Doctor of Technical Sciences, associate professor, is at the disposal of the head. Military Academy of the Strategic Missile Forse. Moscow Reg., Balashikha, Karbysheva st., 8.



ЭТИКА НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Редакционный совет и редакционная коллегия научно-технического журнала «Известия Института инженерной физики» придерживаются принятых международным сообществом принципов публикационной этики, отраженных, в частности, в рекомендациях Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics).

Все статьи, предоставленные для публикации в журнале «Известия Института инженерной физики», проходят рецензирование на оригинальность, этичность и значимость. Соблюдение стандартов этического поведения важно для всех сторон, принимающих участие в публикации: авторов, редакторов журнала, рецензентов, издателя.

ОБЯЗАННОСТИ РЕДАКТОРА

Редактор в своей деятельности обязуется:

- постоянно совершенствовать журнал;
- следовать принципу свободы мнений;
- стремиться к удовлетворению потребностей читателей и авторов журнала;
- исключать влияние интересов бизнеса или политики на принятие решений об опубликовании материалов;
- принимать решения на основании принципа справедливости и беспристрастности, обеспечивать прозрачность редакционной деятельности на всех ее этапах;
- не раскрывать информацию о предоставленных материалах никому, кроме соответствующих авторов, рецензентов, других редакционных консультантов;
- оценивать рукописи исключительно по их научному содержанию;
- принимать решение о публикации материалов, руководствуясь следующими главными критериями: соответствие рукописи тематике журнала; актуальность, новизна и научная значимость представленной статьи; ясность изложения; достоверность результатов и законченность выводов. Качество исследования и его актуальность являются основой для решения о публикации;
- принимать меры для обеспечения высокого качества публикуемых материалов и защиты конфиденциальности персональной информации. При обнаружении содержательных, грамматических, стилистических и иных ошибок редакция обязуется предпринимать все меры для их устранения;
- обосновать свое решение в случае принятия или отклонения статьи;
- предоставить автору рецензируемого материала возможность для обоснования своей исследовательской позиции;
- поощрять дискуссии и предоставлять возможность для изложения точки зрения оппонентов;
- не использовать в собственных исследованиях информацию из неопубликованных материалов.

ОБЯЗАННОСТИ ЧЛЕНОВ РЕДСОВЕТА (РЕДКОЛЛЕГИИ)

Решение о публикации.

Редсовет (редколлегия) журнала «Известия Института инженерной физики» являются ответственными за принятие решения о том, какие статьи будут опубликованы в журнале. Решение принимается на основании представляемых на статью рецензий

Редсовет (редколлегия) придерживаются политики журнала и действуют в рамках законных требований, поскольку несут ответственность за нарушение авторских прав.

Конфиденциальность.

Рецензенты или кто-либо из сотрудников редакции не должны разглашать никакую информацию о предоставленной рукописи кому-либо, кроме самого автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, членов редакционного совета (коллегии) и издателя, поскольку она является конфиденциальной.

Раскрытие информации и конфликт интересов.

Неопубликованные материалы, находящиеся в предоставленной статье, не должны быть использованы в собственном исследовании научного редактора и рецензентов без специального письменного разрешения автора.

ОБЯЗАННОСТИ РЕЦЕНЗЕНТОВ

Рецензенты оказывают помощь членам редакционного совета (редколлегии) при принятии редакционного решения, а также помогают автору усовершенствовать работу.

Конфиденциальность.

Любые рукописи, полученные для рецензирования, должны восприниматься как конфиденциальные документы. Они не могут быть показаны либо обговорены с другими лицами, кроме тех, которые уполномочены редакцией.

Подтверждение источников.

Рецензенты должны идентифицировать опубликованную работу, которая не была процитирована автором. Любое утверждение, что наблюдение, происхождение либо аргумент ранее были сообщены, необходимо сопровождать соответствующей ссылкой. Рецензент должен также донести до сведения редакции о любой существенной схожести или частичном совпадении между рукописью, которая рецензируется, и другой уже опубликованной работой, которая ему знакома.

Раскрытие информации и конфликт интересов.

Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны остаться конфиденциальными и не могут быть использованы в личных интересах. Рецензент не должен рассматривать рукопись, если имеет место конфликт интересов в результате его конкурентных, партнерских либо других отношений или связей с кем-либо из авторов, компаний или организаций, связанных с материалом публикации.

ОБЯЗАННОСТИ АВТОРОВ

Оригинальность и плагиат.

Авторы должны гарантировать, что они написали полностью оригинальную работу. Если авторы использовали работу и/или слова других авторов, это должно быть соответственно указано и процитировано.

Доступ к данным и сохранность.

Автор должен быть готов обеспечить доступ к данным, связанными с материалом публикации, если таковой возможен. Во всяком случае, автор должен быть готов сохранять такие данные на протяжении разумного периода времени после опубликования.

Многоразовая, избыточная или конкурирующая публикация.

Автор не должен публиковать работы, которые описывают по сути одно и то же исследование, более чем один раз или более чем в одном журнале.

Предоставление рукописи более чем в один журнал одновременно означает неэтичное издательское поведение и является недопустимым.

Подтверждение источников.
Необходимо предоставлять должное подтверждение работ других авторов. Авторы должны процитировать публикации, которые имели значение при создании заявленной работы.

Авторство материала.
Авторство необходимо ограничить теми лицами, которые внесли ощутимый вклад в концепцию, проект, исполнение или интерпретацию заявленной работы. Всех, кто внес ощутимый вклад, следует внести в список соавторов.

Автор должен гарантировать, что список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали согласие на ее публикацию.

Раскрытие информации и конфликт интересов.
Все авторы должны сообщать, если в их работе имеется финансовый либо другой конфликт интересов, который может повлиять на результаты или интерпретацию их рукописи.

Ошибки в опубликованных работах.
Если автор обнаружит существенную ошибку или неточность в своей опубликованной работе, его обязанность – незамедлительно сообщить об этом в редакцию журнала или издателю и сотрудничать с редакцией при исправлении ошибок.

НАРУШЕНИЯ

При возникновении ситуации, связанной с нарушением публикационной этики со стороны редактора, автора или рецензента, требуется ее обязательное рассмотрение. Редакционный совет (редколлегия) обязана потребовать разъяснения, без привлечения лиц, которые могут иметь конфликт интересов с одной из сторон.

Если материал, содержащий значительные неточности, был опубликован, он должен быть незамедлительно исправлен в форме, доступной для читателей и систем индексирования.

ТРЕБОВАНИЯ К АВТОРАМ СТАТЕЙ

Для публикации принимаются статьи на русском языке. Рекомендуемый объем статьи – 0,2–0,4 п.л. (8000–16000 знаков).

Тексты должны быть представлены:
- в электронном виде (Word 2003). Иллюстративный материал (сложные формулы, рисунки, фотографии и т.д.) кроме размещения в тексте обязательно должны предоставляться отдельными файлами!
- на бумажном носителе формата А4.

Текст статьи должен быть набран через 1,5 интервала (гарнитура «Times New Roman»), кегль 14.

Простые символы и формулы не набирать в математическом редакторе!

Напечатанный текст должен иметь поля: верхнее и левое – 2,5 см, правое и нижнее – 2 см.

Вверху первой страницы статьи размещаются:
- рубрика журнала (см. *Приложение 1*);
- УДК;
- название статьи с переводом на английский язык;
- имя, отчество, фамилия автора (авторов), ученая степень, ученое звание, должность и место работы.

Список литературы (**Литература**) размещается в конце статьи.

После литературы помещаются:
- список ключевых слов, краткая аннотация (на русском и английском языках).

Завершает рукопись полная информация об авторе (авторах):
- ФИО;
- ученая степень, ученое звание, должность и место работы с переводом на английский язык;
- адрес места работы, контактные телефоны, электронный адрес (по желанию автора – домашний адрес и телефон).

Обращаем особое внимание на:
- точность и правильность библиографического оформления списка литературы (в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008);
- выверенность статьи в компьютерном наборе;
- полное соответствие файла на электронном носителе и бумажного варианта.

Редакционная коллегия оставляет за собой право на редактирование статей, при этом с точки зрения научного содержания авторский вариант сохраняется.



Статьи, не принятые к публикации, не возвращаются.
Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается!

Приложение 1

РУБРИКАЦИЯ ЖУРНАЛА «Известия Института инженерной физики»

Постоянные рубрики

- **Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы.**
- **Радиотехника и связь.**
- **Информатика, вычислительная техника и управление.**

Разовые рубрики

- **Техника специального назначения.**
- **Инновационные проекты.**
- **Техническое регулирование.**
- **Профессиональное образование.**
- **Искусственный интеллект и робототехника.**
- **Медицина и фармацевтика.**
- **Диагностические системы.**
- **Научные обзоры. Научные рецензии. Отзывы.**

В соответствии с Решением Межведомственной комиссии РФ по защите государственной тайны №69 от 26 февраля 2001 г., требованиями законов №5485-1 «О государственной тайне» от 21 июля 1993 г., №149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации» от 27 июля 2006 г. статьи для публикации принимаются только при наличии экспертного заключения с разрешением на открытое опубликование.

INTERREGIONAL PUBLIC INSTITUTION
"INSTITUTE OF ENGINEERING PHYSICS"
(SCIENTIFIC, EDUCATIONAL AND INDUSTRIAL INSTITUTION)

CONTENTS

INSTRUMENT MAKING, METROLOGY AND INFORMATION–MEASURING DEVICES AND SYSTEMS

Butranov A.S., Yeremin B.G., Martynov S.V., Nikitenko V.V.
Regression relationship maintain a comfortable physiological state of the soldier, clad in all-season set of field uniforms with active electrical heating system at low temperatures 2

Martynov S.V., Yeremin B.G., Nazarov A.V., Butranov A.S.
Experimental evaluation of heat-shielding functions of personal protective equipment of the soldier from the cold with the use of thermal manikin 7

Smirnov V.A., Shuvaeva O.V.
The device for measuring the power of ultraviolet radiation 13

Turbal R.A., Glazov D.N.
Use of derivatives from bearing on emitter of hertzian waves for determination of dwell between earthly and by ionosphere waves... 16

RADIO ENGINEERING AND COMMUNICATION

Zelenevsky V.V., Zelenevsky Y.V., Zelenevsky A.V., Shmyrin Y.V., Rzhanykh A.V.
Evaluation of the quality of data transmission in decameter radio channels with an ionospheric wave 18

Shimanov S.N., Frankov S.V., Dyomochkin E.A., Ryzhenkov V.A.
Probabilistic routing in Mesh-networks with fast-changing topology 22

Shimanov S.N., Prasolov V.A., Bobrus S.Y., Egorov V.V., Ryzhenkov V.A.
Modification of the protocol for delivering HDL messages in terms of receipt of receipts on the reverse channel 27

Zelenevsky V.V., Zelenevsky Y.V., Zelenevsky A.V., Durnov A.S., Nakonechny B.M.
Mathematical model of a radio channel for transmitting VLF-LF band data 32

INFORMATION SCIENCE, COMPUTING AND MANAGEMENT

Emelin N.M.
Markov and semi-Markov models of complex systems: advantages and disadvantages 39

Evsikov A.A., Leonov A.P.
About using the simulation system VisSim for the investigation of the electric drive, working under scalar control in repeatly-short-term nominal mode with frequent starts and electric braking 42

Borovikov A.Y., Novikov K.B., Maslov O.A.
Description of the software implementation approach of the software module for trusted boot 49

Kolombet V.A., Lesnykh V.N., Elistratov A.V.
On possible basis of oscillations leading to existence of the universal period-tripling system 55

Smurov S.V., Maslikov A.A., Volkov G.G.
On the ideas and methods of the solid spin-state qubit entanglement. The quantum entanglement between two system 58

Bugakov I.A., Sorokin A.D., Khomyakov A.V.
Indicators of the efficiency of the application of a group of unconlessed aircraft devices at the solution of the problem of air scientification in conditions of opposition of the enemy 65

Bugakov A.I., Bugakov I.A., Lysenko A.V., Sharov Y.K.
On the integration of video surveillance with sensors of physical quantities in the systems of recognition of the intruder in the protected area of critical objects 69

Smirnov D.V., Korotin A.M., Voronov Y.R.
The definition of protection mechanisms, applied within the method for constructing integrity monitoring systems for critical information in ALS based on broadcast radio channel 74

Andruh O.N., Drannikov S.G.
Analysis of modern approaches to monitoring of customer satisfaction with educational activities of the university 86

MEDICINE AND PHARMACEUTICS

Grachev V.A., Panov P.B., Krasnova Y.V., Umnikov E.V., Kazakova E.Y.
Direction of modernization of medical kits and equipment for the ships and boats of Navy of the Russian Federation 92

PROFESSIONAL EDUCATION

Baranchuk N.A., Obynochny I.A., Shugaley D.V.
Pedagogical management competence as a component of professional competence of a military University teacher 95

TECHNICAL REGULATION

Smurova A.S.
The research on the causes and prerequisites of the problems concerning compulsory licensing procedures as a means of allocating intellectual rights between an employer, as represented by the state, and a contractor in R&D contracts 99

SCIENTIFIC REVIEWS. SCIENTIFIC REVIEWS. REVIEWS.

Emelin N.M.
Qualitative breakthrough in the formation of the List of peer-reviewed publications 102

EVENTS 104
AUTHORS 105
THE ETHICS OF SCIENTIFIC PUBLICATIONS 107
REQUIREMENTS TO AUTHORS 108

Учредитель и издатель – МОУ «ИИФ». Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а

Подписной индекс: 59190 по каталогу «Научно-технические издания» ОАО «Роспечать»

Адрес редакции: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а.
Тел: +7(4967)35-31-93, 35-13-71
Факс: +7(4967)35-44-20 http://www.iifrf.ru
E-mail: info@iifmail.ru

Издание зарегистрировано в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-26650 от 20 декабря 2006 г.
Отпечатано на полиграфической базе МОУ «ИИФ».
Адрес: 142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный пер., д. 1а.
Подписано в печать 4.02.2019.
Дата выхода в свет 7.02.2019. Тираж 2000 экз. Цена свободная.
© Межрегиональное общественное учреждение «Институт инженерной физики» (ИИФ), 2019



Межрегиональное общественное учреждение

«Институт инженерной физики»

(МОУ «ИИФ»)

научное, образовательное и производственное учреждение

142210, Московская обл., г. Серпухов, Большой Ударный переулок, д. 1а
http://www.iifrf.ru e-mail:info@iifmail.ru
Тел.: +7(4967) 35-31-93, 35-13-71 факс: +7(4967) 35-44-20 моб.: +7 (917) 581-48-74