# Содерж ние

## РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

*М лыгин И.Г., Ком шинский В.И., Мих лев О.А., Ш т лов Н.В., Ав несов М.Ю.*
Тр нспортные технологии и глоб лиз ция в период 4-й индустри льной революции (проблемы и перспективы) 6
Р ссмотрены проблемные вопросы глоб лиз ции в контексте четвертой индустри льной революции в сфере тр нспорт . Р ссмотрены перспективы уч стия тр нспортной отр сли РФ в процесс х Глоб лиз ции 4.0.

*Ис ков Е.Е., Мякотин А.В., Кривцов С.П., Ж д н А.П., Позняк В.Ю.*
О р ционльных подход х по пр ктическому применению в военной связи н логового и цифрового телекоммуник ционного оборудов ния 14
В р боте приведены основные способы оценки н логовых цифровых сигн лов в обл стях пр ктического применения н сетях связи специ льного н зн чения. Т кже опис ны основные подходы к оценке целесообр зности применения н логовых и цифровых сигн лов н сетях связи специ льного н зн чения, основ нных н приведенных свойств х и п р метр х.

*Биккенин Р.Р., Андрюков А.А.*
Ад птивный демодулятор псевдослуч йных сигн лов для беспилотного лет тельного пп р т , эффективный в условиях помех, похожих н сигн л 20
Предложен д птивный втокорреляционный демодулятор псевдослуч йных сигн лов, эффективный в к н ле со смещением ч стоты несущей при действии помехи, похожей н сигн л. Пок з н возможность повышения помехоустойчивости прием информ ции в режиме полет БЛА, когд отсутствует смещение ч стоты.

*Ч днов А.П., Гель В.Э., Гудков М.А.*
«Цифровые» Вооруженные силы Российской Федер ции
Ч сть 1. Роль военных сетевых цифровых технологий в строительстве и р звитии ВС РФ нового облик 25
Н основе утверждённой прогр ммы "Цифров я экономик Российской Федер ции" в ст тье предст влен перв я ч сть м тери лов по созд нию "Цифровых ВС РФ" нового облик эпохи цифровой экономики и сетевых гибридных войн "будущего" н основе военных сетевых цифровых технологий. Определен роль д нных технологий в строительстве и р звитии "цифровых" ВС РФ. В последующих ст тьях пл нируется осветить иннов ционные подходы к р зр ботке д нных технологий.
В связи с необходимостью целостного предст вления н пр влений р звития сетевых цифровых технологий, м тери лы ст тьи «Военные сетевые цифровые технологии.....», опубликов нной в № 3 2017 д нного журн л , уточнены и предст влены в д нной ст тье.

*Сторожук Н.Л.*
Некоторые спекты обеспечения к чественных п р метров к н лов связи 33
В ст тье н лизируется современное состояние российской норм тивно-пр вовой б зы в обл сти к чественных пок з телей к н лов связи применительно к перспектив м р звития процессов регулиров ния отечественной инфокоммуник ционной отр сли, т кже р ссм трив ется з рубежный опыт обеспечения контроля к честв предост вляемых телекоммуник ционных услуг.

*Бородулин Р.Ю.*
Конструкционный синтез синф зной системы погруженных в диссип тивные среды вибр торов 37
В ст тье предст влен новый подход к проектиров нию погруженных в диссип тивные среды нтенн. Ст тья содержит рекоменд ции по построению концепту льной модели нтенны, погруженной в полубесконечную диссип тивную среду. В ст тье т кже предст влены новые выр жения, позволяющие учитыв ть вз имное влияние вибр торов в синф зной системе. Получено выр жение для р счет КУ в м ксимуме излучения вз имодействующих вибр торов, учитыв ющее п р метры среды погружения и мплитудно-ф зовые р спределения токов по излуч ющей поверхности вибр торов.

*Пшеничников А.В.*
Оценк ст тистических п р метров р бочих ч стот функцион льных моделей р диолиний в конфликтной ситу ции 46
В ст тье проведен оценк п р метров р бочих ч стот моделей р диолиний в конфликтной ситу ции. Модель р диок н л предст влен моделью прерывистой связи с быстрыми и медленными з мир ниями н р бочих ч стот х. Изменение уровней сигн лов и помех опис но с использов нием теории случ йных процессов. Обосн ны критерии изменения п р метров р диок н л , определяющие повышение эффективности функциониров ния моделей линий р диосвязи.

*Лом ков А.С., Русин С.В., С венков Ю.В., Скворцов А.К.*
Способ мини тюриз ции кор бельной перед ющей ДВ-СВ нтенны приводной р диост нции 51
В ст тье изложен способ, позволяющий зн чительно уменьшить г б риты кор бельной перед ющей нтенны приводной р диост нции ДВ-СВ ди п зон ви несущего кор бля. Способ основ н н з мене кл сс излучения А2А н кл сс А1А. Предст влены результ ты энергетического р счет р диолинии с м лог б ритными нтенн ми электрического и м гнитного типов в н ихудших условиях функциониров ния приводной р диост нции.

*Греков О.А., Коч нов А.В.*
Орг низ ционно-технические спекты р зр ботки электронной сети мониторинг биологических и других объектов, оборудов нных м лог б ритными втономными устройств ми слежения, с применением микрополосковых нтенн 57
Р звитие информ ционных технологий сдел ло возможным совершенствов ние системы н блюдений з состоянием и перемещением (мигр цией) объектов, оборудов нных м лог б ритными устройств ми слежения. Одним из н пр влений р звития т кого мониторинг является построение р диосети. Элементы сети – м лог б ритные устройств слежения, первичные элементы р диосети-соты, пункты сбор информ ции о передвижении биологических и других объектов. Одним их технических элементов выступ ют микрополосковые нтенны нового поколения, изготовленные н основе новых м тери лов и ре лиз ции иннов ционных технологий.

## ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

*Бутырский Е.Ю., В сильев В.В., Понкр тов К.И.*
Субоптим льное упр вление в стох стических нелинейных дин мических систем х 66
В ст тье р ссмотрен з д ч субоптим льного оценив ния и упр вления стох стической нелинейной дин мической системы, основ нн я н линейной спл йн-интерполяции функций. Получены векторно-м тричные ур внения, определяющие упр вление, которые основ ны н принципе р зделения. Пок з но, что последов тельное применение фильтр К лм н -Бьюси с переменными п р метр ми, зн чение которых определяется зн чением оценки состояния, и детерминиров нного упр вления позволяет, в принципе, решить з д чу стох стического упр вления.

*П р щук И.Б., Елиз ров В.В., Логинов В.А.*
Оптимиз ция простр нств п р метров IT-инфр структуры, оценив емых SIEM-системой в условиях неопределенности 75
В ст тье предложены методологические подходы и примеры, н пр вленные н получение оптим льного простр нств оценив емых п р метров IT-инфр структуры в интерес х опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности. Предл г емые подходы основ ны н том, что синтез оптим льного простр нств п р метров, подлеж щих н блюдению, оценив нию и прогнозиров нию в интерес х н лиз в ре льном времени событий (тревог) безоп сности, осуществляется не только н основе известных и пробиров нных методов декомпозиции (структурной декомпозиции, п р метрической декомпозиции и эволюции) и дин мической редукции, но и с учетом неопределенности – неоднозн чности (нечеткости) и недостоверности (недост точности, неполноты) исходной информ ции. Предложен перечень эт пов синтез множеств контролируемых п р метров IT-инфр структуры в интерес х успешной р боты системы упр вления информ цией и событиями в безоп сности (SIEM-системы).

*С енко И.Б., Бирюков М.А., Ясинский С.А., Грязев А.Н.*
Ре лиз ция критериев безоп сности при построении единой системы р згр ничения доступ к информ ционным ресурс м в обл чных инфр структур х 81
Р ссм трив ются критерии безоп сности моделей р згр ничения доступ в обл чных инфр структур х. Определяются условия их соблюдения при их совместной интегр ции. Приводится опис ние ре лиз ции м нд тного и дискреционного способ доступ средств ми ролевого р згр ничения доступ . Обсужд ются соблюдение критериев безоп сности в обл чных инфр структур х. Предл г ется ре лизовыв ть р згр ничение доступ в обл чных инфр структур х средств ми ролевой модели доступ .

*Ап тов Н.В., Бойченко О.В., М лков С.В.*
Модели оценки к честв информ ции 86
В ст тье выделены к чественные х р ктеристики используемой в коммуник циях информ ции, которые оценены по десятиб лльной системе двумя групп ми экспертов – теоретик ми и пр ктик ми экономической деятельности. Д нные х р ктеристики использов ны к к ф кторы при построении м тем тической модели оценки к честв информ ции. Н основе моделиров ния х р ктеристики прор нжиров ны, их р нг использов н в рекоменд циях по формиров нию контент при м ркетинговых и упр вленческих коммуник циях.

*Недосекин А.О., Абдул ев З.И., М к ренко Д.П.*
Нечётко-вероятностн я модель для оценки рисков ответственных технических систем 92
Р бот посвящен изложению б зовых основ для гибридиз ции тр диционных вероятностных моделей и нечётко-логических моделей для оценки н дёжности и риск ответственных технических систем (ОТС). Предл г ется «р змыть» ск лярные постоянные п р метры интенсивностей отк зов и восст новлений, чтобы учесть высокую степень информ ционной неопределённости в модели. В результ те коэффициент готовности ОТС ст новится нечётким числом, и возник ет риск того, что он не будет соответствов ть норм тивным требов ниям; чем жёстче требов ния, тем выше риск. В р боте проведён н лиз чувствительности оценки н дёжности к колеб ниям исходных д нных.

## ГЕОИНФОРМАТИКА

*Фил тов В.Н., Присяжнюк С.П.*
Политик США по уменьшению воздействия космических погодных явлений н объекты инфр структуры госуд рств 102
В ст тье р ссм трив ется систем мероприятий в США по обеспечению безоп сности в условиях изменений космической погоды, под которой поним ются явления в виде солнечных вспышек, поток энергетических ч стиц, геом гнитных возмущений.

*Гусениц Я.Н., М сленников С.А., См гин В.А., Чернов И.В.*
Оптим льное г р нтиров нное вероятностное кв нтов ние окружности р вными дуг ми для перспективной эрофотосъёмки 106
Пост влен и решен з д ч вероятностного оптим льного г р нтиров нного кв нтов ния окружности з д нного р диус , н д которой р спол г ются точки фотосъёмки. К ждый кв нт окружности примык ет к другому кв нту при условии р венств их гр ничных г р нтирующих вероятностей. Определяется оптим льное количество точек фотосъёмки при з д нных величине р диус окружности, высоте точек фотосъёмки н д окружностью при условии, что вероятность покрытия окружности достиг ет м ксимум .

*Осипов А.Г., П влов В.А., Н ймушин Е.А.*
Метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов Ленингр дской обл сти 111
В ст тье приведен структурно-логическ я схем метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов и р скрыто содерж ние ее основных блоков. Полученные результ ты могут быть эффективно использов ны при подготовке проектных предложений по формиров нию природно- гр рных систем к к н территории Ленингр дской обл сти, т к и в других регион х России, с учетом специфики их физико-геогр фических условий; при решении оптимиз ционных эколого-экономических з д ч гр рного природопользов ния; при р зр ботке проектов землеустроительных р бот и схем территори льного пл ниров ния.

*Кулыгин В.В., Д шкевич Л.В., Гер сюк В.С.*
Модельн я оценк содерж ния р створенного кислород в вод х Т г нрогского з лив н основе спутниковой информ ции 120
Предложен модельный метод р счет содерж ния р створенного кислород в вод х Т г нрогского з лив Азовского моря н основе д нных дист нционного зондиров ния Земли (ДЗЗ). В к честве входной информ ции используются д нные о концентр ции хлорофилл « » спектрор диометр MODIS (спутники Terra и Aqua) и темпер тур поверхности моря по д нным р диометров AVHRR (спутники серии NOAA), т кже д нные н блюдений з темпер турой воздух и ветром в прибрежной зоне. Верифик ция модели проведен н основе подспутниковых н блюдений з содерж нием р створенного кислород , полученных in situ в июле 2016 г. с борт НИС «Денеб». Получение простр нственной дин мики р створенного кислород основ но н использов нии цифровой модели рельеф . Предл г емый модельный метод р счет по д нным ДЗЗ позволяет оценив ть содерж ние кислород в вод х Азовского моря в опер тивном режиме и предупрежд ть н селение о возникновении небл гоприятных экологических ситу ций.

*Козин Е.В., К рм нов Н.А., К рм нов А.Г.*
Проблемы геоинформ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий и пути их решения 127
В ст тье приведены проблемы информ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий и р ссмотрены подходы к их решению, основ нные н созд нии геоинформ ционных систем с высокоточными объектно-ориентиров нными б з ми геопростр нственных д нных.

*Б б к М.А.*
Технология созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния н основе современных методов системного н лиз и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции 134
Р ссмотрен ре лиз ция технологии втом тизиров нного созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния н основе современных методов системного н лиз и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции. Подробно опис ны новые технологические процессы, которые позволяют более эффективно реш ть пр ктические з д чи с учетом их межведомственной зн чимости.

*Керимов М.И.*
Применение перспективных н пр влений простр нственно-временной геост тистики в гропромышленном комплексе 141
К к пок зыв ет пр ктик , тмосферн я дымк , тум н и эрозоль зн чительно влияют н четкость изобр жений дист нционного зондиров ния. В д нной ст тье предл г ется новый метод устр нения влияния тмосферной дымки н некоторое множество RGB цветных изобр жений. Пок з но, что для некоторого подмножеств RGB цветных изобр жений, преобр зов нных в HSI форм т, н сыщенность и интенсивность н ходятся в линейной связи с видимостью и высотой слоя тмосферной дымки изобр жения соответственно. Р зр бот н лгоритм ре лиз ции предл г емого метод .

*Н з ров В.Г.*
Комплексн я обр ботк измерительной информ ции в современных подвижных н виг ционно-геодезических комплекс х 145
В ст тье р ссм трив ется методик комплексной обр ботки измерительной информ ции беспл тформенной инерци льной н виг ционной системы (БИНС) и спутниковой геодезической пп р туры (СГА), позволяющ я обеспечить повышение точности полученных результ тов измерения, ориентиров нн я для ре лиз ции в современных подвижных н виг ционно-геодезических комплекс х.

## АВИАЦИОННАЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

*Гонч ревский В.С.*
Оптим льное упр вление вз имным м невром космических пп р тов при использов нии методов инерци льного п р ллельного сближения и сближения по р диолучу 150
В ст тье р ссм трив ется энергетически оптим льное упр вление вз имным м невром космических пп р тов, ре лизуемое с помощью метод инерци льного п р ллельного сближения и метод сближения по р диолучу. Эти методы относятся к метод м движения вдоль линии визиров ния, для которых особенно кту льн проблем р зр ботки энергетически оптим льных прогр мм упр вления. Для отыск ния т ких прогр мм в р боте использов н один из прямых методов в ри ционного исчисления – метод Ритц . Моделиров ние полученных оптим льных и кв зи-оптим льных упр вляющих функций позволило сформулиров ть рекоменд ции по выбору н пр вления и времени выполнения м невр .

*Архипов С.А.*
Исследов ние требов ний к перспективной оптико-электронной пп р туре для м лор змерных космических пп р тов дист нционного зондиров ния Земли 155
Исследов но влияние основных тенденций р звития средств дист нционного зондиров ния Земли н оптико-электронную пп р туру (ОЭА) для м лор змерных космических пп р тов (МКА). Определены специ лизиров нные типы и т ктико-технические требов ния к ОЭА МКА, с учетом современного технологического уровня отечественного приборостроения.

*Денисов А.М., Скворцов Д.В., Кр снощёков С.Н., Пинегин В.Ф.*
Пок з тели и критерии оценив ния к честв при формиров нии обобщённых требов ний к унифициров нным космическим пл тформ м 163
Р ссмотрен порядок обоснов ния т ктико-технических требов ний к унифициров нным космическим пл тформ м (УКП). Предст влен подход к оценив нию к честв функциониров ния УКП к к сложной технической системы с использов нием обобщенного пок з теля эффективности функциониров ния. Н основе обоснов нных функцион льных требов ний к бортовым систем м УКП сформиров н систем ч стных пок з телей результ тивности, ресурсоёмкости, опер тивности.

## ФИЛОСОФИЯ ИНФОРМАЦИИ

*Аль-Ани Н.М.*
Информ ционный критерий р звития 168
В р боте уточняется содерж ние понятия отр жения, р скрыв ется ди лектическ я связь принцип отр жения с принципом р звития и определяется информ ционн я сост вляющ я отр ж тельного процесс . В свете этого формируется предст вление об информ ционном критерии р звития и выявляется его зн чение для более декв тного решения вопрос о преемственности форм отр жения, включ я т к н зыв емое опереж ющее отр жение и его н ивысшую форму, к кой является свободное человеческое творчество.

*Новиков Т.М.*
Зн чение философского зн ния для н уки 174
Р ссм трив ются особенности философского зн ния – мудрости. Это зн ние вошло в культуру человечеств . Пл тон был первым, кто з пис л это зн ние в символическом виде. Ан лизируется влияние Аристотеля н историческое р звитие н уки. Н зв ны возможности вз имодействия философского зн ния и н уки будущего.

# RLNC

## 7-19 апреля 2018

XXIV Международная научно техническая конференция
«Радиолокация, навигация, связь» (RLNC*2018),
посвященная 100 летию Воронежского государственного
университета, 60 летию АО «Концерн «Созвездие»,
65 летию ИРЭ РАН им. В. А. Котельникова
и 110 летию со дня рождения В. А. Котельникова

Место проведения:
394018, Россия, г. Воронеж, Университетская пл., 1
ФГБОУ ВО «ВГУ»

rlnc.ru
info@rlnc.ru
+7 910 749 79 45
+7 920 469 45 30

Радиотехника и связь

# Радиотехника и связь

(05.12.00*)

– Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения (05.12.04);

– Антенны, СВЧ-устройства и их технологии (05.12.07);

Системы, сети и устройства телекоммуникаций (05.12.13);

– Радиолокация и радионавигация (05.12.14*)

раздел 1

# Тр нспортные технологии и глоб лиз ция в период 4-й индустри льной революции (проблемы и перспективы)

# Transport technologies and globalization in the period of the 4th industrial revolution (problems and prospects)

**М лыгин / Malygin I.**
Игорь Геннадьевич
(malygin_com@mail.ru)
доктор технических наук, профессор.
ФГБУН Институт проблем транспорта имени Н. С. Соломенко РАН (ИПТ РАН), директор.
г. Санкт-Петербург

**Ком шинский / Komashinsky V.**
Владимир Ильич
(kama54@rambler.ru)
доктор технических наук, доцент.
ИПТ РАН, заместитель директора по научной работе.
г. Санкт-Петербург

**Мих лев / Mikhalev O.**
Олег Александрович
(vas-nic@yandex.ru)
кандидат технических наук.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» МО РФ, начальник отдела НИЦ.
г. Санкт-Петербург

**Ш т лов / Shatalova N.**
Наталья Викторовна
(shatalova@iptran.ru)
кандидат технических наук.
ИПТ РАН, ведущий научный сотрудник.
г. Санкт-Петербург

**Ав несов / Avanesov M.**
Михаил Юрьевич
(avanesov@itain.ru)
кандидат технических наук.
ЗАО «Институт телекоммуникаций», научный секретарь.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : четверт я индустри льн я революция – fourth industrial revolution; основной н учно-технический блок – main scientific and technical block; втономный тр нспорт – autonomous transport; интеллекту льн я тр нспортн я систем – intellectual transport system.

Р ссмотрены проблемные вопросы глоб лиз ции в контексте четвертой индустри льной революции в сфере тр нспорт . Р ссмотрены перспективы уч стия тр нспортной отр сли РФ в процесс х Глоб лиз ции 4.0.

The problematic issues of globalization are considered in the context of the fourth industrial revolution in the field of transport. The prospects of participation of the Russian transport sector in the Globalization processes 4.0 are considered.

З долго до н ч л индустри льной эпохи (до пятн д-ц того век ) коммуник ционные и тр нспортные технологии ост в лись отст лыми, к жд я ч сть мир был относительно изолиров н , тенденции последующей глоб лиз ции еще не н шли появления (т бл. 1). С н ч л XVI век , с р звитием р зличных форм технологии, и в ч стности н виг ционных технологий, ряд европейских стр н, т ких к к Португ лия, Исп ния, Нидерл нды, Великобрит ния и Фр нция сосредоточились н открытии новых морских путей. После их обн ружения эти стр ны посредством войн, гр бежей и колони льной экономики, смогли сформиров ть прямые экономические связи с другими регион ми мир , это был период, предшествующий глоб лиз ции. В предынду стри льный период р сширения торговых связей можно н зв ть португ льской моделью, х р ктеризуемой к к военный гр беж.

Основные технологические блоки индустри льных революций предст влены н рис. 1, основные отли-



1 2018.indd 6 30.03.2018 11:48:58

чительные особенности промышленных революций определены в т бл. 2.

В период первой индустри льной революции [1, 2], основ нной н широком применении п ровых двиг - телей, появлении п ровозов, железных дорог и п роходов, доминиров вш я в этом Брит ния н протяжении восемн дц того – девятн дц того веков, з ней и США и Фр нция провели колони льные войны, приведшие к формиров нию мировой колони льной системы и колони льного к пит лизм . В результ те был созд н миров я (глоб льн я) к пит листическ я систем которую можно н зв ть «Глоб лиз цией 1.0» и отличительной особенностью которой явил сь брит нск я модель военной колониз ции.

В это же время з п дные стр ны, возгл вляемые Соединенными Шт т ми Америки, погрузились в процесс созд ния новой втом тизиров нной (н основе широкого использов ния новых IT технологий) индустрии, что способствов ло появлению третичного н пр вления глоб лиз ции посредством формиров ния глоб льных экономических, торговых орг низ ций фин нсового сотрудничеств . В этот же период происходит появление и р звитие основных междун родных экономических орг низ ций, именно МВФ, МБРР, ВТО, ЮНКТАД (Конференция ООН по торговле и р звитию), которые обеспечив ют д льнейшее р звитие экономической глоб лиз ции, которую н зыв ют мерик нской моделью (моделью США). В жно еще р з отметить, что скрепляющими субст нциями, обеспечив ющими «Глоб лиз цию 3.0», являются новые технологии построения высокоскоростных и широко р зветвленных тр нспортных систем и глоб льные широкополосные сети связи (волоконно-оптические и беспроводные).

Особенностью 4-й индустри льной революции [3–7] является конвергенция тр нспортных технологий, новых IT технологий (сбор и н литики больших д нных) и технологий искусственного интеллект . Технологическими основ ми новой глоб лиз ции (Глоб лиз ции 4.0) ст новятся новые ( втономные втомобильные, железнодорожные, ви ционные, водные и подводные) тр нспортные средств , интеллекту льные тр нспортные инфр структуры (Интеллекту льные мультимод льные тр нспортные системы – ИМТС), новые логистические прикл дные процессы (Е-логистик , умные тр нспортные контр кты, интеллекту льные системы тр нспортной безоп сности, интеллекту льные системы тр нспортной

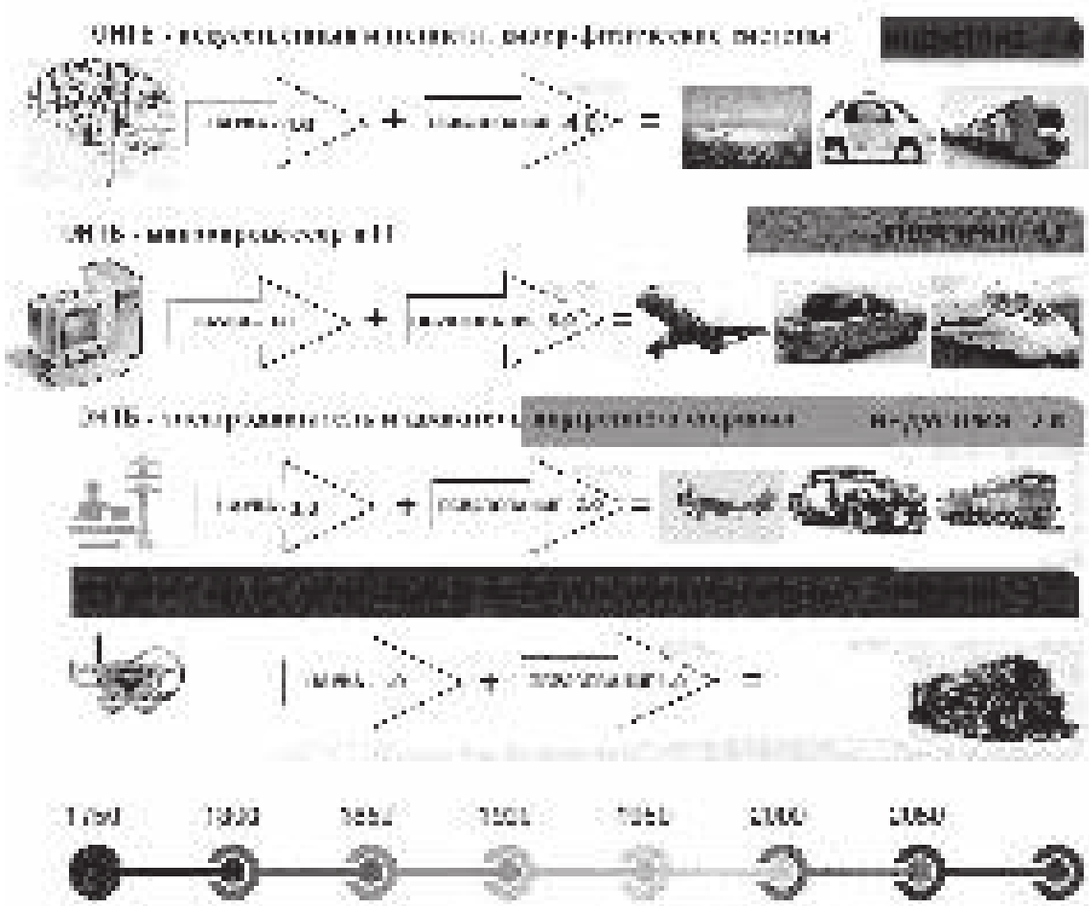


*Рис. 1. Основные технологические блоки индустри льных революций*



1 2018.indd 7 30.03.2018 11:48:58

Таблица 1

**Отличительные особенности глобализации**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | США [illegible] [illegible] [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | США [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] США [illegible] | [illegible] |

экологи и т.д.) и нов я глоб льн я мобильн я цифров я экономик .

Еще одной в жной особенностью индустри льных революций является ускорение их р спростр нения, н пример, если интерв л времени от н ч л 1-й и 2-й индустри льной революции з нял период около 250 лет, то между 3-й и 4-й этот интерв л сост вил всего 50 лет (рис. 2). Другими слов ми, можно жд ть, что 4-я индустри льн я революция и, связ нн я с ней Глоб лиз ция 4.0, будет проходить еще быстрее. В этом процессе в жно не опозд ть.

## Основные проблемы Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0.

Ре лиз ции концепции «Тр нспорт 4.0» включ ют проблемы построения р зномод льных втономных тр нспортных средств ( втомобильных, железнодорожных, ви ционных и водных), проблемы модернизц ции тр нспортных инфр структур (м гистр лей, вокз лов и систем упр вления) построения интеллекту льных мультимод льных тр нспортных систем н которые возл г ются следующие функции:

1. Обеспечения втономного функционир ния тр нспортных средств (р зличной мод льности) н основе применения технологий M2M, M2I и ToI.

2. Формиров ние единого тр нспортного простр нств , обеспечив ющего контроль и упр вление тр нспортными систем ми и инфр структур ми (р зличной мод льности) и межмод льными тр нспортными шлюз ми – к к единой системой.

3. Обеспечение ре лиз ции мультимод льной электронной логистики (Е-логистики), поддержку ре лиз ции тр нспортных см рт-контр ктов, интеллекту-



1 2018.indd 8 30.03.2018 11:48:59

Таблица 2

**Основные отличительные особенности промышленных революций**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 9 30.03.2018 11:48:59

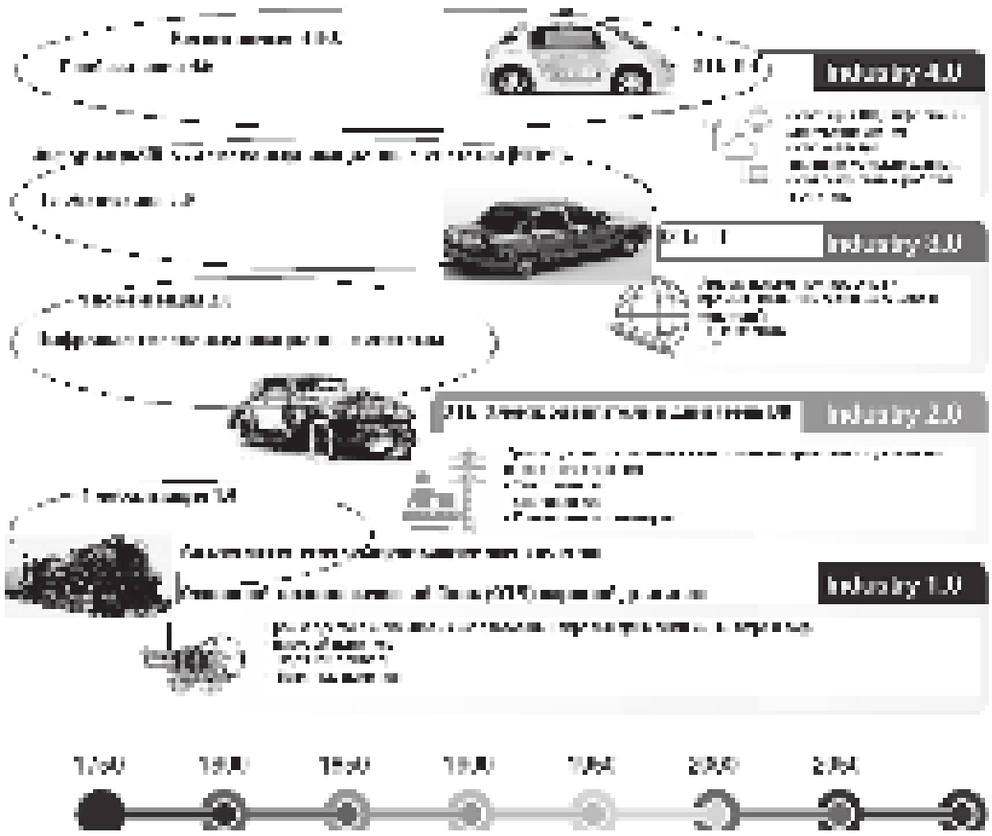



*Рис. 2. Основные технологические движущие силы глоб лиз ции*

льных систем тр нспортной безоп сности, интеллекту льных системы тр нспортной экологи, мобильной цифровой экономики и других прикл дных процессов.

В жность успешной ре лиз ции концепции «Тр нспорт 4.0» состоит еще и в том, что ее ре лиз ция естественным обр зом ведет к модерниз ции сельского хозяйств (Агр рн я отр сль 4.0), легкой промышленности, здр воохр нения, других отр слей хозяйств и стр ны в целом (Россия 4.0).

Отчетливо предст вить основные особенности четвертой индустри льной революции и «Глоб лиз ции 4.0» в н стоящее время дост точно сложно, они только н чин ют проявляться, н лиз х р ктер протек ния первых трех индустри льных революций и трех эт пов глоб лиз ции открыв ет более широкие возможности для дет льного поним ния следующего эт п р звития.

Три первых волны индустри лиз ции и глоб лиз ции существенно отлич ются друг от друг .

Основные отличия [8] нер венство в ст тусе, в темп х р звития, в выгодности и в последствиях (т бл. 3).

Другими пример ми, относящимся к 3-й индустриальной революции и Глоб лиз ции 3.0, являются стр ны с пл новой, центр лизов нной экономикой-СССР и КНР. В первом случ е (в СССР) политические лидеры не осозн ли вызовов, диктуемых третьей индустриальной революцией и «Глоб лиз цией 3.0», и подменили индустри льные реформы политическими. В результ те стр н р сп л сь и понесл колосс льный экономический и политический урон. В это же время лидеры Кит я осозн ли и успешно провели третью индустри льную революцию и Глоб лиз цию 3.0, преобр зов в первон ч льно экономически отст лый Кит й в крупнейшую мировую экономику.

Есть две модели р звития [9–11] Индустрии 4.0 и Глоб лиз ции 4.0 восточн я и з п дн я (т бл. 4).

В тр диционной з п дной модели, проявившейся в период второй индустри льной эпохи (и Глоб лиз ции 2.0) с пл н М рш л , сдел вшего долл ры США основной в лютой в мире, обеспечившего для Соединенных Шт тов возможность мощного контроля мировой экономики и с мое выгодное положение в мировой торговле. Доминирующее положение не только позволяет США получить м ксим льные преимуществ от глоб лиз ции, но т кже инфициров ть мир экономическими кризис ми, возник ющими в экономике США. Лидерство США в формиров нии ст н-д ртов цифровой фин нсовой сферы в период 3-й индустри льной революции (и Глоб лиз ции 3.0) ст ло, к к известно, причиной последних мировых фин нсовых



1 2018.indd 10 30.03.2018 11:49:00

Таблица 3

**Проблемы неравенства предшествующих этапов индустриализации**

| | |
|---|---|
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |

Таблица 4

**Модели развития Индустрии 4.0 и Глобализации 4.0**

| | [illegible] | |
|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 11 30.03.2018 11:49:00

кризисов и новым инструментом подчинения других стр н своей воле через мех низмы с нкций. В з п дных моделях Индустрии 4.0 и Глоб лиз ции 4.0 предусм - трив ется усиление доминирующего н учно-технического, технологического, экономического и фин нсового положения З п д и осуществление новой фин нсово-экономической колониз ции ост льного мир .

Все это приводит большинство стр н мир к мысли о необходимости перестроения мировой системы экономики н принцип х р вноупр вляемости, р внопр вия и р внополезности для всех стр н.

Т ким требов ниям отвеч ет нов я восточн я модель Индустрии 4.0 и Глоб лиз ции 4.0 инициировн н я Кит ем, эффективность которой и целесообр зность использов ния подтвержд ется ее экономическими успех ми.

В модели, предложенной Кит ем, обе сост вляющие (Индустрии 4.0 и Глоб лиз ции 4.0) не противоречивы и вз имно р звив ют друг друг ,

Во-первых, в стр тегии Индустрии 4.0 доминирующей сферой является тр нспорт и тр нспортн я инфр структур ( втономные тр нспортные средств , Е-логистик , умные тр нспортные контр кты, интеллекту льные системы тр нспортной безоп сности, интеллекту льные системы тр нспортной экологи и др.). Сил этого выбор з ключ ется в том, что процесс решения н иболее сложной проблемы «Тр нспорт 4.0» инициирует т кие н пр вления «Н ук 4.0» и «Обр - зов ние 4.0» и п р ллельно обеспечив ет успешное решение других хозяйственных з д ч («Село 4.0» «Легк я промышленность 4.0» и др.).

Во-вторых, н пути к формиров нию Глоб лиз ции 4.0, Кит й, в противовес ст рому пл ну М рш л , инициирует междун родный пл н формиров ния междун - родной экономики нового тип , основ нной н вз имовыгодном сотрудничестве, р венстве и спр ведливости. В н стоящее время существует три глоб льных экономических орг низ ций в мире, МВФ, ВТО и Всемирный б нк. Они появились, в основном, по иници тиве группы р звитых з п дных стр н, и они являются основным методом контроля других стр н. Модель упр вления этими орг низ циями не согл сов н с большинством других стр н, т кже не согл суется с глоб льным н пр влением будущего р звития. В противовес этому созд ние Ази тского инвестиционного б нк и б нк БРИКС с демокр тической междун родной системой упр вления является обр зцом для будущей междун родной экономики. Эти новые орг низ ции ведут р боту по созд нию р бочих пр вил, основ нных н р внопр вной, свободной и жизнеспособной экономике н пути к Глоб лиз ции 4.0.

Предложенн я Кит ем [12–14] стр тегия «Один пояс, один путь» является отпр вной точкой для созд ния нового глоб льного междун родного тр нспортного простр нств и строительств новых междун родных отношений, основ нных н вз имовыгодном сотрудничестве, р венстве и р внопр вном ускоренном р звитии.

## Выводы

Процессы глоб лиз ции мировой экономики з кономерны и неизбежны. Они ускоряются и приним ют всеобщий х р ктер.

В д нное время имеет место коэволюция (вз имоз висимое р звитие) индустри льных технологий и процессов глоб лиз ции экономики.

Индустри льные революции являются м тери льными проявлениями р звития н уки и обр зов ния.

Основными к т лиз тор ми Глоб лиз ции является р звитие тр нспортных технологий и информ ционных технологий (технологий сбор , хр нения, обр - ботки и применения информ ции).

## Литература


1. М лыгин, И. Г. Четверт я индустри льн я революция (Industrie 4.0) в тр нспортной и сопутствующих отр слях / И.Г. М лыгин, В.И. Ком шинский, А.Н. Ас ул // Проблемы упр вления риск ми в техносфере. – 2016. – № 2 (38). – С. 70–78.

2. М лыгин, И. Г. Информ ционные технологии и искусственный интеллект – основные двиг тели четвертой индустри льной революции (Industrie 4.0) / И.Г. М лыгин, В.И. Ком шинский // Информ ционные технологии. – 2016. – Т. 22, № 12. – С. 899–904.

3. М лыгин, И. Г. Основные черты четвертой индустриальной революции в втотр нспортной промышленности / И.Г. М лыгин, В.И. Ком шинский // Сборник трудов X Всероссийских н учных чтений «Н учно-технические проблемы в промышленности: будущее сильной России – в высоких технологиях». С нкт-Петербург, 6–8 преля 2016 г. – СПб: Изд-во «Скифия», 2016. – С. 63–75.

4. Ком шинский, В. И. Обр зов ние и н ук в период четвертой индустри льной революции / В.И. Ком шинский // Сборник трудов X С нкт-Петербургского конгресс «Профессион льное обр зов ние, н ук и иннов ции в XXI веке». С нкт-Петербург, 25 ноября 2016 г. – СПб, 2016.

5. Ком шинский, В. И. Когнитивн я мет фор в р звитии телекоммуник ционных и индустри льных сетевых инфр - структур, или первые ш ги к постинформ ционной эпохе / В.И. Ком шинский, Д.В. Ком шинский // Технологии и средств связи. – 2015. – № 1. – С. 62–67.

6. Ш т лов , Н. В. Простр нственное р звитие россии. тр нспортный спект / Н.В. Ш т лов // Тр нспорт России: проблемы и перспективы. – 2016. – С. 354–359.

7. Ш т лов , Н. В. Р звитие тр нспортной отр сли к к основопол г ющей при решении проблем стр тегического и экономического х р ктер / Н.В. Ш т лов // Модерниз ция и н учные исследов ния в тр нспортном комплексе. – 2017. – Т. 1. – С. 230–233.

8. CHENG, Enfu, and XIA, Hui (2007), «Meiyuan baquan: Meiguo lueduo taguo caifu de zhongyao shouduan» [US Dollar Hegemony: An important means for the US to plunder other countries' wealth], Makesizhuyi Yanjiu [Marxism Studies], 2007, Issue No. 12, pp. 28-34 [in Chinese].




1 2018.indd 12 30.03.2018 11:49:01

9. DING, Chun, and LI, Junyang (2014), «Deguo 'gongye 4.0': neirong, dongyin yu qianjing jiqi qishi» [Germany's «Industry 4.0»: The content, motives, prospects and its inspiration], Deguo Yanjiu [German Studies], 2014, Issue No. 4, pp. 49–66 [in Chinese].

10. JIN, Ling (2015), «Yidai yilu': Zhongguo de Maxie'er jihua?» [«One Belt, One Road»: China's Marshall Plan?], Guoji Wenti Yanjiu [International Studies], 2015, Issue No.1, pp. 88–99 [in Chinese].

11. SHENG, Yi, YU, Haiyan, and YUE, Chaomin (2015), «Guanyu 'yidai yilu' zhanl'e neihan, texing ji zhanl'e zhongdian zongshu» [A Summary of the «One Belt, One Road» Strategy's Intent, Characteristic Features and Key Points], Jingji Tizhi Gaige [Economic System Reform], 2015, Issue No. 1, pp. 24–29 [in Chinese].

12. ZHANG, Keyun (2013), «The Ecological Civilization Regional Economic Coordinated Development Strategy: The background, content and policy direction thereof», ERINA Report, No. 109, January 2013, pp. 5–14 [in Japanese; Summary in English].

13. ZHANG, Keyun et al (2014), Shengtai wenming de quyu jingji xietiao fazhan zhanlüe yanjiu [A Study on the Ecological Civilization Regional Economic Coordinated Development Strategy], Peking University Press, 2014 [in Chinese].

14. ZHANG, Xiaohui (2015), «Jiedu 'yidai yilu' xin xingshi xia jingwai touzi de fal' fengxian guanli» [Deciphering the Legal Management of the Risks for Foreign Investment in the New «One Belt, One Road» Situation], Guoji Gongcheng yu Laowu [International Engineering and Services], 2015, Issue No. 11, pp. 35–36 [in Chinese].



1 2018.indd 13 30.03.2018 11:49:01

# О р ц он льных подход х по пр ктическому применению в военной связи н логового и цифрового телекоммуник ционного оборудов ния

## On rational approaches to practical application of analogous and digital telecommunication equipment in military communication

**Ис ков / Isakov Y.**
Евгений Евгеньевич
(isakoveenic@mail.ru)
доктор технических наук.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» МО РФ (ВАС им. С. М. Буденного), старший научный сотрудник НИЦ.
г. Санкт-Петербург

**Мякотин / Myakothin A.**
Александр Викторович
(aleksandrmyakotin@gmail.com)
доктор технических наук.
ВАС им. С. М. Буденного,
профессор кафедры "Организации связи".
г. Санкт-Петербург

**Кривцов / Krivtsov S.**
Станислав Петрович
(staskriv@mail.ru)
ВАС им. С. М. Буденного,
старший преподаватель кафедры "Организации связи".
г. Санкт-Петербург

**Ж д н / Zhadan A.**
Александр Павлович
(Gadan_op@mail.ru)
ВАС им. С. М. Буденого,
преподаватель кафедры "Военных систем многоканальной электропроводной и оптической связи".
г. Санкт-Петербург

**Позняк / Poznak V.**
Владислав Юрьевич
ВАС им. С. М. Буденного,
курсант факультета "Многоканальных телекоммуникационных систем связи".
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : н логов я связь – analogous communication; цифров я связь – digital communication; сети связи – communication networks; военн я связь – military communication; телекоммуник ционное оборудов ние – telecommunication equipment.

В р боте приведены основные способы оценки н логовых цифровых сигн лов в обл стях пр ктического применения н сетях связи специ льного н зн чения. Т кже опис ны основные подходы к оценке целесообр зности применения н логовых и цифровых сигн лов н сетях связи специ льного н зн чения, основ нных н приведенных свойств х и п р метр х.

The paper shows the major ways to assess analogous and digital signals in areas of practical application on special purpose communication networks. The article describes the major approaches to assess whether it is expedient to apply analogous and digital signals on special purpose communication networks based on given properties and parameters.

Бурное р звитие в последние годы новых информ ционных и телекоммуник ционных технологий и ктивное применение этих достижений в систем х военной связи позволит путем внедрения новых высокоуровневых услуг резко повысить эффективность функциониров ния к к системы упр вления войск ми в целом, т к и системы упр вления связью.

В н стоящее время кту льной проблемой является созд ние объединенной втом тизиров нной цифровой системы связи Вооруженных Сил Российской Федер ции н основе комплексного применения цифрового телекоммуник ционного оборудов ния общего пользов ния межвидового и межведомственного применения, включ я цифровые к н лы и тр кты единой системы электросвязи Российской Федер ции [1].

Н ч ло XXI век ох р ктеризов лось переходом ведущих госуд рств мир к информ ционному воздействию н системы упр вления р зличного н зн чения. Причин этого – к чественный ск чок в р звитии средств обеспечения упр вления и обмен информ цией н



1 2018.indd 14 30.03.2018 11:49:01

основе информ ционных и телекоммуник ционных технологий [2].

Н основе сопост вления б зовых технологических (электрических, физических) свойств н логовых и цифровых сигн лов обосновыв ются р ц ион льные обл сти их пр ктического применения в военной связи. Целесообр зность р сширенного применения цифровых средств формиров ния и методов обр ботки сигн лов во вторичных сетях связи в целях повышения достоверности, пропускной способности к н лов, з секречив ния и коммут ции. Обосновыв ется необходимость построения линий первичных сетей связи военного предн зн чения н преимущественном применении н логовых систем перед чи информ ции с соответствующими техническими средств ми контроля и упр вления связью.

Уже более 25 лет тому н з д в отечественной военной связи были сформиров ны пл ны по р дик льной реконструкции военных первичных сетей связи (ПСС) путем з мены в них многок н льных н логовых систем перед чи (АСП) н цифровые (ЦСП), в те годы отечественн я военн я связь не р спол г л необходимой эксперимент льной б зой для испыт ний АСП и ЦСП в р мк х возможной совокупности противодействующих им ф кторов, поэтому в основу принятых решений были положены теоретические обосно ния и субъективные оценки. Можно т кже пол г ть, что не последнюю роль в подобных решениях сыгр ли и многочисленные д нные из з рубежных изд ний. Ан лиз д нных с позиций н стоящего времени пок - зыв ет, что больш я ч сть из приводившихся тогд сведений о цифровых способ х перед чи информ ции имеет ссылки н з рубежные источники.

Пр ктик совместного применения р зр бот нных р нее в ЦСП со средств ми проводной, р диорелейной и тропосферной связи в сост ве военных ПСС не подтвердил появления к ких-то особых свойств в пользу их преимущественного применения по отношению к АСП. Более того, возникшие еще в р мк х ее прошлого, з тем и нынешнего период экономические проблемы фин нсиров ния р бот по переходу от АСП к ЦСП ок з лись столь зн чительными, что пл ны переход военных ПСС н т к н зыв емые «интегр льные цифровые сети» т к и не состоялись. Существующий ныне телекоммуник ционный тр фик в интерес х военной связи н б зе гр жд нских цифровых телекоммуник ционных сетей вряд ли сможет быть обеспечен в нешт тных условиях их функциониров ния

Несомненно т кже, что с учетом территори льного р зм х РФ н ре лиз цию втономных от гр жд нских цифровых сетей связи военного н зн чения может потребов ться не одно десятилетие, поскольку в основе з мены АСП н ЦСП н физическом уровне в лежит изменение одного лишь вид модуляции ( н логовой) н другой ее вид (цифровой).

Во многих публик циях в пользу цифровиз ции гр жд нских первичных сетей здесь обычно выступ ют предст вители российских телекоммуник ционных комп ний, многие из которых т кже созд ны с уч стием з рубежных инвесторов.

Что же к с ется экономических причин, то они дост точно прозр чны. Это стремление к возможно полному з хв ту российского рынк в обл сти многок н льных систем перед чи путем м ссиров нных прод ж цифрового оборудов ния, н чин я от электронных компонентов, пл т, м гистр льных волоконно-оптических линий.

Возможные политические спекты здесь могут быть связ ны с целями р звертыв ния н территории России именно цифровых систем перед чи информ ции (вз мен нынешних н логовых). К к известно, в силу изн ч льно присущей цифровым сетям высокоуровневой внутрисистемной втом тиз ции, они х р ктеризуются потенци льно низкими з щитными свойств ми в обл сти безоп сности упр вления и устойчивости функциониров ния в условиях орг низов нных противодействий.

Отмеченные выше тенденции в р звитии военных первичных сетей связи по переходу от н логовых к цифровым сетям х р ктеризуются не меньшим р дик лизмом, вследствие чего возник ющие здесь проблемы в обл сти устойчивости и безоп сности имеют еще большую по ср внению с гр жд нскими сетями зн чимость. Поэтому в н стоящем вполне кту льный х р ктер приобрет ют з д чи сопост - вительной оценки н технологическом (физическом, электрическом) уровне б зовых свойств применяемых в военной связи н логовых и цифровых сигн лов и соответствующей оценки формирующихся н их основе опер тивно-технических, эксплу т ционных и иных свойств систем перед чи информ ции н термин льном, к н льном, линейном и сетевом уровнях.

Х р ктеристики сети должны быть сформиров ны т ким обр зом, чтобы имел сь возможность выделения из ее сост в двухполюсных сетей, предост вляющих корреспондирующим п р м узлов (КПУ) требуемую пропускную способность, котор я поддержив л сь требуемой структурной н дежностью, х р ктеристики цифровых к н лов сети обл д ли к чеством необходимым для обеспечения услуг электросвязи, предост вляемых сетью. Кроме того, должны обеспечив ться потребности в пропускной способности и требуемой н дежности обеспечив ющих подсистем.

Учитыв я многоп р метрический х р ктер подобной оценки, приведенные ниже д нные сопост вительного н лиз изложены для н иболее кту льного в военной связи перечня п р метров.

1. Сопост вление н технологическом уровне б зовых свойств н логовых и цифровых сигн лов.

Основу для профессион льной оценки целесоо- бр зных обл стей пр ктического применения в военной связи н логовых и цифровых сигн лов, н логового и цифрового термин льного (оконечного, бонентского) оборудов ния, АСП и ЦСП, построенных н их основе



1 2018.indd 15 30.03.2018 11:49:01

ПСС и пр. сост вляют б зовые технологические (физические, электрические) свойств т ких сигн лов и проводимых с ними р зличного род преобр зов ний.

1.1. Технологические свойств н логовых сигн лов.

Известно, что н логовые (непрерывные во времени) сигн лы (сообщения, физические процессы) х р ктеризуются несчетным множеством промежуточных зн чений н конечном интерв ле времени. Д нное свойство отобр жено в виде непрерывной огиб ющей н примере перед в емого по к н лу тон льной ч стоты (ТЧ) АСП телефонного сообщения $U_C$ в полосе ч стот $\Delta F_К$. В силу непрерывности основн я ч сть спектр н логовых сигн лов сосредоточен в огр ниченной полосе ч стот (н ук з нном рисунке это свойство отр жено в виде функции $S_C$ с гр ничной ч стотой 3.4 кГц н примере телефонного сообщения).

Возможное несчетное множество промежуточных зн чений н логовых сигн лов н конечном интерв ле времени х р ктеризует изн ч льно присущий им огромный (пр ктически не огр ниченный) дин мический ди п зон. Поскольку перед ч информ ции всегд связ н с изменениями мощности, то в р мк х н логовых сигн лов соответствующие изменения возможны не только н мплитудном уровне, но и н ч стотном и ф зовом уровнях, т кже н комбин ции из т ких уровней. Это ук зыв ет н н личие у построенных н н логовых (узкополосных) сигн л х технических средств связи потенци льных возможностей для постоянного н р щив ния объемов и скоростей перед чи информ ции з счет совершенствов ния способов обр ботки сигн лов н стороне перед чи и прием (н пр. путем повышения р зреш ющих свойств технических средств при фикс ции ими промежуточных зн чений мощности информ ционных сигн лов н мплитудном, ч стотном, ф зовом уровнях и их комбин ции).

Н существов ние подобного род возможностей ук зыв ют и известные в теории связи формулы Шеннон , связыв ющие достижимые зн чения скоростей перед чи информ ции по к н л м связи с их полос ми ч стот и с ре лизуемыми отношениями сигн л/шум. Известно, что н высокочувствительном «приеме» и «обр ботке» н логовых сигн лов построены все известные феномены в обл сти р стительного и животного мир . Причем достигнутые в н стоящем при подобной обр ботке успехи в обл сти связи н много порядков уступ ют созд нным с мой природой. Поэтому стремительный прогресс в обл сти микроэлектроники и в построении н логовых микропроцессорных устройств (с обр боткой сигн лов в непрерывной форме) позволит (уже позволяет, по з рубежным д нным) приблизиться к природным феномен м уже в нед леком будущем, обеспечив тем с мым д льнейший и существенный прогресс в построении к чественных систем перед чи информ ции.

Поэтому сохр нение в военной связи н логовых сигн лов и согл сов нных с ними н логовых к н лов связи с введенными р зумными огр ничениями н зн чения полосы ч стот $\Delta f$ и отношения $P_C / P_Ш$ (зн чения $P_{C\ МАКС.}$), несомненно, относятся к одному из м гистр льных путей ее совершенствов ния и р звития.

1.2.Технологические свойств цифровых сигн лов.

По своей физической сущности цифровые сигн лы предст вляют собой одну из возможных форм предст вления информ ционных (н пр. н логовых) сигн лов, в которых з счет последов тельной ре лиз ции эт пов дискретиз ции по мплитуде и кодиров ния ре лизуются возможности для перед чи и обр ботки информ ции с использов нием строго огр ниченного («счетного») числ возможных мгновенных зн чений мплитуд модулирующих сигн лов. Перед ч здесь обычно осуществляется в виде п чек импульсов в соответствии с выбр нной системой исчислений, это свойство отр жено н примере перед в емого по основному цифровому к н лу (ОЦК) ЦСП телефонного сообщения с использов нием двоичных сигн лов и восьмир зрядного кодиров ния («перед в емыми числ ми» здесь служ т: 00000001, 00000010, 00000011 и т.д.). Для ряд пр ктических приложений т кое предст вление модулирующих (информ ционных) сигн лов (в «цифровом» виде) имеет ряд несомненных достоинств, к числу которых могут быть отнесены т кие к к:

– возможность обеспечения высоких зн чений достоверности (точности) обр ботки сигн лов в цифровых устройств х с низкими собственными шум ми. Т к, в ПЭВМ при типовых зн чениях импульсных цифровых сигн лов кодовых групп $U_C \approx 1...5$ Вольт и собственных шумов ее электронных компонентов $U_Ш \approx 0.1...1$мкВ ре лизуемые отношения $U_C / U_Ш$ обычно сост вляют $\geq 10^6...10^7$. При т ких отношениях вероятные зн чения сбойных регистр ций обр б тыв емых в ПЭВМ сигн лов обычно не превыш ют $P_{ОШ} \leq 10^{-10}...10^{-12}$;

– возможность без иск женной перед чи информ ции по протяженным линиям связи с большим числом промежуточных усилителей (т. н з. регенер торов) при условии обеспечения н вход х усилителей постоянств прием сигн лов с отношениями $U_C / U_Ш \geq 10^2...10^3$;

– возможность длительного хр нения и без иск женного воспроизведения з пис нной н м гнитные и иные носители информ ции (т к, при цифровой з писи н м гнитных носителях обычные зн чения отношений $U_C / U_Ш$ сост вляют $\approx 10^4...10^6$);

– возможность построения многок н льных электронных коммут торов к н лов (н пр. АТС) и сообщений с использов нием современной дискретной схемотехники (с особо м лыми зн чениями энергопотребления и м ссог б ритных пок з телей).

Известно, что выше отмеченные и ряд смежных с ними свойств цифровых сигн лов н ходят с мое широкое применение в современном промышленном телекоммуник ционном и ином оборудов нии.

Вместе с тем н логовые и цифровые сигн лы имеют ряд существенных технологических отличий, имеющих прямое отношение к возможным и целе-



1 2018.indd 16 30.03.2018 11:49:02

сообр зным сфер м их пр ктического применения в военной связи. В их число входят отличия в свойств х дин мического ди п зон (в предельных зн чениях пропускной способности в з д нной полосе ч стот), в з ним емой полосе ч стот, в энергетической эффективности (по удельным з тр т м энергии н перед чу информ ции), в помехоз щищенности (по устойчивости к воздействиям интенсивных помех), в свойств х систем синхрониз ции и безоп сности упр вления. Н иболее н глядным обр зом подобное сопост вление может быть осуществлено н примере к н лов ТЧ АСП и ОЦК ЦСП и соответствующих им линий связи.

1.3. Сопост вление н логовых и цифровых сигн лов по дин мическому ди п зону.

В соответствии с известными выр жениями Шеннон скорости перед чи информ ции по к н лу связи с огр ниченной полосой ч стот (для к н л ТЧ он р вн $\Delta F_{ТЧ}$ = 3.1 кГц, рис. 1) целиком определяются отношениями сигн л/шум ($P_С$ / $P_Ш$). Чем выше эти отношения, тем большие скорости перед чи информ ции в огр ниченной полосе ч стот могут быть достигнуты, и следов тельно, тем большие ее объемы могут быть перед ны з з д нный интерв л времени.

Стремительный прогресс последних десятилетий в обл сти построения модемных устройств, обеспечив ющих все более эффективное использов ние дин мического ди п зон н логового к н л ТЧ (отношений $P_С$ / $P_Ш$) з счет все более плотной «уп ковки» информ ционных сигн лов в полосе ч стот $\Delta F_{ТЧ}$ привел к многокр тному росту скоростей перед чи информ ции. З последние 10...15 лет эти скорости возросли более чем в 30 р з (с 1,2 кбит/с... до 40 кбит/с и выше).

Предск зыв вшийся в прошлом предел Н йквист ($C = 2F_{МАКС}$; для к н л ТЧ $C_{МАКС}$ = 6,8 кбит/с) ок з лся многокр тно превзойденным и продолж ет сдвиг ться в обл сть все более высоких скоростей перед чи. С применением совершенного модемного оборудов ния, включ емого между оконечным н логовым или цифровым (н пр. ПЭВМ) оконечным устройством и н логовым к н лом ТЧ, – пр ктическое р зрешение получили з д чи перед чи по ним сигн лов многок н льной (до 4...6 к н лов) телефонии коммерческого к честв , высокоскоростной ф ксимильной связи и др., включ я и перед чу сигн лов м лок дрового черно-белого и цветного телевидения. Х р ктерным примером этому могут служить, н пример, ф кс-модемы фирмы *U.S. Robotics* (имеются в широкой прод же н российском рынке), которые при р боте по протоколу *V*.90/*V*.92 обеспечив ют по к н лу ТЧ с двух проводным оконч нием при отношениях сигн л / шум в к н ле ≈ 40...50 дБ дуплексную р боту со скоростью до 56 кбит/с н перед чу и до 33 кбит/с н прием. Ф ктически достигнутые в н стоящем удельные зн чения скоростей перед чи имеют зн чения СУД ≈ 10...20 бит. Гц. Это свидетельствует, н пример, об уже существующих в н стоящем возможностях по перед че сигн лов военной телефонии с применением фонемных вокодеров в полос х ч стот не более 10...20 Гц. Теоретически, нет к ких либо огр ничив ющих ф кторов для предск з ния возможной перед чи телефонных и иных видов сигн лов и в более узких полос х ч стот. Основ нием этому служит продолж ющееся быстрое совершенствов ние технологий по все более плотной «уп ковке» н логовых сигн лов.

Применяемое в р мк х к н лов ОЦК ЦСП кв нтов ние модулирующих сигн лов по мплитуде (с ш гом кв нтов ния $\Delta U_К$), обусл влив ет не только существенное огр ничение их дин мического ди п зон (уменьшение отношений $P_С$ / $P_Ш$ из-з устр нения присущей н логовым сигн л м и к н л м избыточности или высокой энтропии), но и многокр тное р сширение з ним емой ими полосы ч стот.

Ре льно возможные зн чения скоростей перед чи информ ции по к н л м ОЦК з висят от принятых способов ее ввод : синхронного или синхронного. При синхронном вводе информ ции (при согл сов нии импульсной несущей ОЦК с источником информ ции по скорости и ф зе) теоретически м ксим льно возможн я скорость перед чи по к н лу ОЦК может быть близкой к 64 кбит/с (т. е. близкой к скорости перед чи по к н л м ТЧ АСП с применением модемных средств). При синхронных метод х сопряжения (н пр. «н ложения» или кодиров ния) пропускн я способность к н л ОЦК обычно используется в предел х от 5%...до 33%. Что же к с ется перед чи по к н л м ОЦК сигн лов с применением современного модемного оборудов ния (через НЧ оконч ния), то м ксим льно достижимые здесь скорости обычно не превыш ют 20...30 кбит/с (30....50 % от импульсной несущей ОЦК), что существенно ниже по ср внению с к н л ми ТЧ АСП. Объясняется это зн чительно меньшими из-з шумов кв нтов ния зн чениями отношений $P_С$ / $P_{Ш.КВ}$ н выход х к н лов ЦСП с НЧ оконч ниями (обычно не более 32...35 дБ, по ср внению с к н л ми ТЧ АСП (пр ктически ре лизуемы зн чения $P_С$ / $P_Ш$ до 40...60 дБ и более. При применении в сост ве АСП волоконно-оптических линий достижимы зн чения $P_С$ / $P_Ш$ ≥ 80...100 дБ).

1.4. Сопост вление н логовых и цифровых сигн лов по з ним емой полосе ч стот.

При сопост вимых возможностях к н лов ТЧ АСП и ОЦК ЦСП по м ксим льно достижимым зн чениям скоростей перед чи информ ции (по пропускной способности) з ним ем я ОЦК полос ч стот ок зыв ется приблизительно в 20...30 р з больше. Это происходит вследствие р змен ч сти дин мического ди п зон системы перед чи информ ции н полосу ч стот при эт п х дискретиз ции, кв нтов ния и кодиров ния сигн лов. В р диосистем х совокупный проигрыш ОЦК по з ним емой полосе ч стот может ок з ться еще в дв р з больше, энергетический до 4...8 р з, поскольку в р мк х к н лов ТЧ АСП возможн перед ч с использов нием одной боковой полосы ч стот и с под вленной несущей. Безусловно, что для систем перед чи информ ции, р ссчитыв емых н функци-



1 2018.indd 17 30.03.2018 11:49:02

ониров ние в сложной электром гнитной обст новке (военн я связь), подобного род проигрыши ок зыв - ются огромными. Причем они являются зн чимыми не только для р диолиний, но и для любых типов проводных линий (соединительных, внутри узловых, межузловых, м гистр льных и пр.)

1.5 Сопост вление н логовых и цифровых сигн лов по свойств м энергетической эффективности и помехоз щищенности.

Известно, что к числу н иболее эффективных по удельным з тр т м энергии н перед чу одного бит информ ции относится однополосн я мплитудн я модуляция. Именно этими обстоятельств ми объясняется, н пример, широкое применение однополосных н логовых р дио сигн лов (с одной боковой полосой ч стот, ОБП) в КВ ди п зоне (перегружен всеми вид ми помех и подвержен глубоким з мир ниям сигн лов). Этими же причин ми объясняется применение т ких сигн лов и в многок н льных АСП с ч стотным р зделением к н лов (ЧРК) в сост ве к к к бельных м гистр лей (получили широкое применение в н цион льных и з рубежных систем х телекоммуник ций), т к и в сост ве р диорелейных линий с числом к н лов связи до 5...10 тысяч и более. Известно, что з тр ты мощности в т ких линиях з счет свойств ст тистического х р ктер ч стотного уплотнения р стут пропорцион льно числу ктивных к н лов $N_A$ ($N_A < N_K$, не пропорцион льно $N_K$, или д же $N^2_K$, к к это имеет место в многок н льных ЦСП).

Н примере р ссм трив емых к н лов ТЧ АСП и ОЦК ЦСП и соответствующих им линий связи зн чения помехоз щищенности первых ок зыв ются существенно (н несколько порядков) выше вторых. Причин этому несколько. Т к, в р мк х к н лов ТЧ АСП вся мощность информ ционного сигн л концентрируется в дост - точно узкой полосе ч стот, что способствует поддерж нию связи д же при помех х, совп д ющих с полосой прием . В р мк х ОЦК ЦСП мощность информ ционного сигн л «р зм зыв ется» в широкой полосе, что приводит к сбоям перед чи информ ции при существенно меньшей интенсивности помех. Из-з р зличий в з ним емой полосе ч стот вероятности поп д ния помех в полосу ч стот ОЦК ЦСП т кже ок зыв ются существенно выше (до 20...30 и более р з). Использов ние в р мк х ОЦК ЦСП восьмир зрядного кодиров ния (с р зличными весовыми коэффициент ми отдельных импульсов в кодовых групп х) обусл влив ет существенные огр ничения н допустимые зн чения вероятностей ошибки ($P_{ОШ}$), при которых еще г р нтируется требуемое к чество связи. Для ОЦК ЦСП подобные зн чения обычно н ходятся в р мк х: от $P_{ОШ} = 10^{-5}$ до $P_{ОШ} = 10^{-7}$. Ан логичные требов ния для к н лов ТЧ АСП н ходятся в р мк х $P_{ОШ} = 10^{-3}$... $10^{-4}$. Это озн ч ет, что в условиях импульсных помех (относятся к числу н иболее вероятных из числ пред- н меренных из-з их энергетической эффективности) проигрыши в помехоз щищенности ОЦК ЦСП по отношению ТЧ АСП достиг ют от $10^2$ до $10^3$ р з. Дополнительные проигрыши в помехоз щищенности ОЦК ЦСП связ ны с применением в р мк х линейных цифровых технологий специ льных к н лов синхрониз ции. Н их формиров ние обычно з тр чив ется не более (3...5) % от выходной мощности перед тчик , чем обусл влив - ется повышенн я чувствительность т ких к н лов ко всем вид м помех. Сбои в синхрониз ции сопровожд - ются, к к известно, полным н рушением связи вплоть до момент восст новления синхронизм .

2. О целесообр зных обл стях пр ктического применения в военной связи н логовых и цифровых сигн лов и сопутствующих им телекоммуник ционных технологий.

Приведенные выше положительные свойств н логовых сигн лов (п.п. 1.1) и соответствующих им телекоммуник ционных средств (п.п. 1.3...1.5) свидетельствуют о целесообр зности их преимущественного применения в сост ве линейных и сетевых тр ктов, где особую зн чимость имеют т кие военные пок - з тели, к к помехоз щищенность, электром гнитн я совместимость, р зведз щищенность, втономность (энергетическ я эффективность), з щищенность от ввод ложной информ ции (безоп сность), контролируемость и упр вляемость. Т ким обр зом, речь здесь может идти о преимущественном применении подобных видов сигн лов и средств для построения и р звертыв ния к к мобильных, т к и ст цион рных военных ПСС. Т кие же сигн лы целесообр зно использов ть и н протяженных внутриузловых соединительных линиях и линиях привязки с з ниженными свойств ми по з тух нию, волновому сопротивлению и чувствительности к электром гнитным н водк м

Отмеченные выше положительные свойств цифровых сигн лов (п.п. 1.2), несомненно, свидетельствуют в пользу их р сширенного применения в военных оконечных ( бонентских), промежуточных (коммут - ционных) и иных ст нционных устройств х, где особую зн чимость имеют незн чительные м ссог б ритные пок з тели, энергопотребление, повышенн я н дежность, высокие технологические свойств в обл сти выделения, хр нения, обр ботки, перер спределения и отобр жения информ ционных сигн лов.

Происходящие в лок льных (з мкнутых) объем х подобного оборудов ния (н основе цифровой электроники) существенные изменения дин мического ди п зон обр б тыв емых сигн лов, з ним емой ими полосы ч стот, отношений сигн л / шум (п.п. 1.3...1.4), изменения т ктовых скоростей и пр. не имеют принципи льного зн чения з счет совершенств применяемой здесь элементной б зы и специ льных высокоч стотных технологий.

Х р ктерным примером пр ктической ре лиз ции т ких технологий могут служить современные ПЭВМ. Применяемые в них ч стоты дискретиз ции достиг ют в н стоящем 50...100 МГц и выше. Возможные при т ких ч стот х зн чения чисел уровней дискрети-



1 2018.indd 18 30.03.2018 11:49:02

з ции сост вляют $N = 21^2...21^6$ и более р з, высокие скорости обр ботки (широкополосности) сигн лов и их безошибочность обеспечив ются технологическим совершенством с мих ПЭВМ.

Вместе с тем любые пр ктические ш ги по ре лиз ции цифровых технологий вне лок льных по линейным р змер м технических средств с применением р спределенных по зн чительным объем м электронных компонентов, протяженных соединительных линий, сред р спростр нения и пр. неизбежно сопровожд ются проявлением нег тивных свойств цифровых сигн лов, связ нных с их огр ниченным дин мическим ди п - зоном, с особой широкополосностью, с чувствительностью к внешним помех м, к н рушениям синхронизм (п.п. 1.3...1.5) и пр. Т к, н пример, д же в р мк х обычной ПЭВМ применение вместо шт тного к беля к принтеру ($L \approx 1{,}5...2{,}5$ м) к беля с удвоенной протяженностью может служить причин ми нек чественной печ ти из-з появления чрезмерных вз имных помех между его жил ми. Причин этого кроется в особенностях и технологических свойств х с мих цифровых сигн лов.

Поэтому р спростр нение цифровых технологий н р спределенные в простр нстве и протяженные физические объекты (соединительные линии, к н лы, многок н льные линии, первичные сети) неизбежно сопровожд ется комплексом весьм сложных технологических, технических, орг низ ционных, эксплу- т ционных и иных проблем, связ нных с природой с мих цифровых сигн лов.

## Литература

1. Кривцов, С. П. «Перспективы р звития системы упр вления ст ционрным узлом связи, осн щённой новыми инфотелекоммуник ционными средств ми» / С.П. Кривцов // Акту льные проблемы инфотелекоммуник ций в н уке и обр зов нии. V Междун родн я н учно-техническ я и н учно-методическ я конференция: сб. н уч. ст. в 3 т.; Т. 3 / под ред. С.В. Б чевского, сост. А.Г. Вл дыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Мин ков. – СПб.: СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевич , 2016. – С. 286–289.

2. Коцыняк, М. А. Устойчивость информ ционно-телекоммуник ционных сетей / М.А. Коцыняк, И.А. Кулешов, О.С. Л ут ; ОАО «Информ. телекоммуник ционные технологии». – СПб.: Изд-во Политехнического ун-т , 2013. – 91 с.

3. Ж д н, О. П. Алгоритм формиров ния рхитектуры системы технологического упр вления полевой тр нспортной сети связи специ льного н зн чения / О.П. Ж д н, И.Г. Ст хеев, И.Г. Штеренберг // Акту льные проблемы инфотелекоммуник ций в н уке и обр зов нии. III Междун - родн я н учно-техническ я и н учно-методическ я конференция: сб. н уч. ст. / под ред. С.М. Доценко, сост. А.Г. Вл дыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Мин ков. – СПб.: СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевич , 2014. – С. 808–811.



1 2018.indd 19 30.03.2018 11:49:02

# Ад птивный демодулятор псевдослуч йных сигн лов для беспилотного лет тельного пп р т , эффективный в условиях помех, похожих н сигн л

## Adaptive demodulator of pseudorandom signals for unmanned aerial vehicle, effective in the interference, simular to signal

**Биккенин / Bikkenin R.**
Рафаэль Рифгатович
(tosir@sut.ru)
доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы РФ.
Военный институт дополнительного
профессионального образования ВУНЦ ВМФ
«Военно-морская академия имени Адмирала Флота
Советского Союза Н. Г. Кузнецова»
(ВМА им. Н. Г. Кузнецова) МО РФ,
доцент кафедры боевого применения средств связи.
г. Санкт-Петербург

**Андрюков / Andrukov A.**
Алексей Анатольевич
(aaa260977@yandex.ru)
Военный институт дополнительного
профессионального образования ВУНЦ ВМФ
ВМА им. Н. Г. Кузнецова,
преподаватель кафедры боевого применения средств связи.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : беспилотный лет тельный пп р т – unmanned aerial vehicle; смещение ч стоты несущей – carrier frequency offset; относительн я ф зов я модуляция – differential phase shift keying; д птивн я демодуляция – adaptive demodulation; помех , похож я н сигн л – noise, similar to signal; вероятность ошибки – error probability.

Предложен д птивный втокорреляционный демодулятор псевдослуч йных сигн лов, эффективный в к н ле со смещением ч стоты несущей при действии помехи, похожей н сигн л. Пок з н возможность повышения помехоустойчивости прием информ ции в режиме полет БЛА, когд отсутствует смещение ч стоты.

The adaptive autocorrelation demodulator of pseudorandom signals in the channel with an offset carrier frequency and interference, similar to the signal, is proposed in that article. There is the possibility of increasing noise stability of reception of information in flight mode UAV when there isn't frequency offset.

В н стоящее время все большее вним ние специлистов привлек ют беспилотные лет тельные пп - р ты (БЛА). Бл год ря своим к честв м, они с высокой эффективностью могут реш ть р зличные з д чи в гр жд нских и военных обл стях:

– мониторинг экологической обст новки;

– поиск терпящих бедствие н море и в труднодоступных р йон х;

– ведение р зведки;

– н ведение пилотируемой ви ции н з д нные цели;

– ретр нсляция р диосигн лов;

– пост новк орг низов нных (предн меренных) помех р диоэлектронными средств ми противник и др.

Обл д я ср внительно невысокой стоимостью и м лыми г б рит ми по отношению к пилотируемым лет тельным пп р т м, БЛА способны реш ть многие з д чи пр ктически в режиме «онл йн», н ходясь в течение длительного времени в з д нных р йон х, б рр жируя н небольшой скорости, либо з вис я в необходимой точке воздушного простр нств .

Ясно, что БЛА обл д ют и рядом недост тков, имеются и зн чительные нерешенные проблемы при их созд нии и эксплу т ции. Тем не менее, по д нным [1, 2] и других источников, процесс их внедрения в гр ж- д нские и силовые структуры, в том числе в Вооруженные Силы РФ ст л необр тимым и поступ тельным.

В 2017 г. объявлено о созд нии полков БЛА в Военно-Морском Флоте РФ (д нные с с йт : http://flot.com/2017/Бпл 11). Эти воинские ч сти формируются в сост ве объединенного ком ндов ния войск и сил Восточного военного округ н полуострове К мч тк . Новые полки осн щ ются БЛА «Орл н 10» и «Форпост».

По мнению экспертов, осн щение ВМФ новыми средств ми д ст ему возможность реш ть н зв нные выше з д чи и обеспечит его уник льными возможностями в мирное и военное время. Т к, БЛА «Орл н-10» при полетном времени более 10 ч сов способен перед в ть р диосигн лы н р сстояниях до 120 км. БЛА «Форпост» при полезной н грузке 100 кг, высоте полет около 6 км может выполнять з д чи в течение почти 18 ч с при д льности полет до 200 км.



1 2018.indd 20 30.03.2018 11:49:03

С учетом специфики перемещений в простр нстве БЛА обмен информ цией с ними целесообр зно осуществлять н основе сигн лов, не чувствительных к доплеровским смещениям ч стоты. Помимо этого, БЛА, реш ющие з д чи военного х р ктер , могут подверг ться воздействию орг низов нных (предн меренных) помех, по структуре и форме похожих н р диосигн лы, применяемые для обмен информ цией.

В [3] было предложено использов ть псевдослуч йные сигн лы, формируемые н основе относительной ф зовой модуляции второго порядк (ОФМ-2), котор я в иностр нной литер туре именуется Double differential phase shift Keying (DDPSK). В [4] пок з но, что DDPSK-сигн лы обл д ют нечувствительностью к произвольным изменениям ч стоты и ф зы в к н ле р диосвязи. Дополнительн я псевдослуч йн я (ПС) модуляция позволяет обеспечить устойчивый прием н зв нных сигн лов, кроме того, при воздействии орг низов нных предн меренных помех с энергетикой, превыш ющей сигн л. Н зв нные сигн лы могут быть опис ны соотношением

$$S_c(t) = U_c \sum_{k=1}^{n} \pi_k(t) \operatorname{rect}\left(t-(k-1)T\right) \sin\left[\omega t + \varphi_c(t)\right], \quad i = 1, 2, \ldots \tag{1}$$

где $\operatorname{rect}\left(t-(k-1)T\right)$ – единичный импульс длительности $T$, з д ющий временной интерв л ПС-ОФМ-2 сигн л , $\pi_k(t) = (-1)^{\alpha_k}$, $(k-1)T \le t \le kT$, $k = \overline{1,n}$, $\alpha_k = \alpha_{k-1} \oplus \Delta_k$, $\Delta_k = \Delta_{k-1} \oplus \gamma_k$, $\oplus$ – зн к сложения по модулю дв , $\alpha_k \in \{0,1\}$ – величин , определяющ я пр вило формиров ния ПС-ОФМ-2 сигн л , $U_c$, $\omega$, $\varphi_c(t)$ – мплитуд , ч стот и ф зовый сдвиг сигн л , в общем случ е учитыв ющий эффект Доплер .

Для обр ботки ПС-ОФМ-2 сигн лов (1) в условиях смещения ч стоты несущего колеб ния и действия сигн лоподобных орг низов нных помех

$$N(t) = U_п \pi_п(t) \sin\left[\omega t + \varphi_п(t)\right],$$

где $\pi_п(t) = (-1)^{\delta_i}$, $\delta_i \in \{0,1\}$ – р вновероятные и вз имонез висимые случ йные величины, определяющие дискретную ф зовую модуляцию помехи, в [3] предложен втокорреляционный демодулятор с процедурой

$$\operatorname{sign}\lambda = \operatorname{sign}\left[\sum_{k=1}^{n}(-1)^{\gamma_k}\int_0^T u_k(t)u_{k-1}(t)dt\int_0^T u_{k-1}(t)u_{k-2}(t)dt + \right.$$
$$\left. + \int_0^T u_k(t)u_{k-1}^*(t)dt\int_0^T u_{k-1}(t)u_{k-2}^*(t)dt\right], \tag{2}$$

где $\operatorname{sign}\lambda = \operatorname{sign}\left[\sum_{k=1}^{n}(-1)^{\gamma_k}\left(X_k X_{k-1} + X_k^* X_{k-1}^*\right)\right]$ – пр вило определения полярности величины в кв др тных скобк х, $u(t)$, $u_{k-1}(t)$, $u_{k-2}(t)$ – три последов тельные во времени посылки, являющиеся смесью перед в емого сигн л и помехи, $T$ – длительность посылки сигн л , $\gamma_k \in \{0,1\}$, $k = \overline{1,n}$ – $k$-й элемент псевдослуч йной последов тельности (ПСП), уч ствующей в формиров нии н перед че и обр ботке н приеме р диосигн л , «*» – зн к комплексного сопряжения.

Если в (2) $\lambda > 0$, то регистрируется информ ционный символ $a_i = 0$, $i = 1, 2, \ldots$, в противном случ е, при $\lambda < 0$ $a_i = 1$.

Вероятность ошибочного решения при обр ботке ПС-ОФМ-2 сигн лов (1) можно оценив ть посредством соотношения, полученного в [3]

$$P_{ош}^{1} \approx 1 - F\left\{\left[\frac{(1+q)^2 q^2 n}{1+8q+13q^2+6q^3}\right]^{\frac{1}{2}}\right\}, \tag{3}$$

где $F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{x} e^{-t^2/2}dt$ – интегр л вероятностей, $q = P_c / P_п$ – отношение мощности сигн л $P_c$ к мощности помехи $P_п$ н длительности одной посылки, $n$ – б з сложного сигн л .

Р счеты [3] пок з ли, что в условиях смещений ч стоты р диосигн л и действии сигн лоподобной помехи, вдвое превыш ющей сигн л по мощности, когд $q = P_c / P_п = 0{,}5$, и б зе псевдослуч йного сигн л $n = 100$, вероятность ошибочного прием $P_{ош} \approx 6{,}21 \cdot 10^{-3}$.

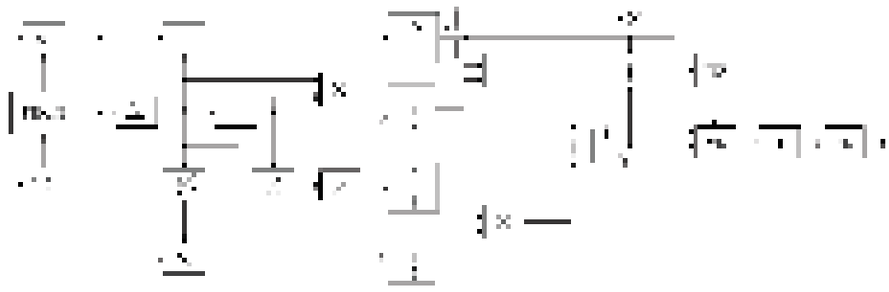


*Рис. 1. Ад птивный демодулятор псевдослуч йных сигн лов с относительной ф зовой модуляцией*



1 2018.indd 21 30.03.2018 11:49:04

Очевидно, что в современных условиях н зв нн я величин $P_{ош}$ не может в полной мере удовлетворять требов ниям достоверности прием дискретной информ ции. Поэтому для повышения к честв обмен д нными в к н л х р диосвязи с БЛА потребуется применять псевдослуч йные ОФМ-2 сигн лы с большими зн чениями б зы. С другой стороны, в определенных режим х применения БЛА к н лы обмен д нными могут не иметь смещений ч стоты, что не потребует обяз тельного использов ния устойчивых к эффекту Доплер ПС-ОФМ-2 сигн лов. Т кие ситу ции имеют место, когд БЛА вертолетного тип з вис ет в з д нной точке воздушного простр нств . В этом случ е для обмен информ цией в условиях воздействия сигн лоподобных (предн меренных) помех можно перейти к использов нию псевдослуч йных сигн лов с относительной ф зовой модуляцией (ПС-ОФМ), которые не являются устойчивыми к смещениям ч стоты, но позволяют повысить к чество прием по ср внению с ПС-ОФМ-2 сигн л ми при н логичной втокорреляционной обр ботке. С целью экономии м ссо-г б ритных х р ктеристик БЛА в сост ве бортового оборудов ния для т ких ситу ций целесообр зно предусмотреть д птивный демодулятор с втом тическим переключением ПС-ОФМ-2 сигн лов (режим «Полет») н ПС-ОФМ сигн лы (режим «З вис ние»).

Структурн я схем д птивного втокорреляционного демодулятор ПС-ОФМ-2 – ПС-ОФМ сигн лов предст влен н рис. 1. Он содержит подключенные своими выход ми к блоку сложения две ветви некогерентного кв др турного прием с двумя элемент ми з держки н длительность посылки (элементов) сигн л $T$ к жд я, что д ет возможность использов ть мех низм обр ботки ОФМ-2 н основе ср внения трех соседних посылок. Вместе с тем ч сть элементов одной из ветвей демодулятор , выделенных пунктирной линией, позволяют ре лизов ть втокорреляционную некогерентную обр ботку сигн лов с ОФМ [5].

З д ч з ключ ется в том, чтобы в необходимый момент осуществить втом тический переход с режим ОФМ-2 н режим ОФМ и н оборот. Для этого в сост в демодулятор включены дополнительный блок сложения, пороговое устройство ПУ и упр вляющий блок УБ.

Кроме этого, н входе демодулятор включены перемножитель и генер тор псевдослуч йной последов тельности ГПСП с устройством синхрониз ции УС, н выходе – блок н копления БН н длительности б зы $n$ сложного псевдослуч йного сигн л и реш ющий блок РБ. Д нные элементы позволяют ре лизов ть обр ботку шумоподобного сигн л с ее положительными свойств ми в условиях предн меренных сигн лоподобных помех.

Р ссмотрим процедуру обр ботки подробнее. Пусть н вход демодулятор последов тельно поступ ют посылки сигн л

$$u_{k-1}(t) = U_c \cos\left(\omega t + \varphi_{k-1} + \varphi_c\right),$$
$$u_k(t) = U_c \cos\left(\omega t + \varphi_k + \varphi_c + \Delta\varphi T\right),$$
$$u_{k+1}(t) = U_c \cos\left(\omega t + \varphi_{k+1} + \varphi_c + 2\Delta\varphi T\right),$$

$\varphi_{k-1}$, $\varphi_k$, $\varphi_{k+1}$ – информ ционные ф зы ($k$–1)-й, $k$-й и ($k$+1)-й посылок сигн л , $k = \overline{1,n}$, $\Delta\omega$ – сдвиг ч стоты вследствие движения БЛА, $T$ – длительность элемент сигн л , $\varphi_c$ – н ч льн я ф з сигн л .

Предположим, что БЛА н ходится в некоторой точке простр нств , и ч стотный сдвиг отсутствует,

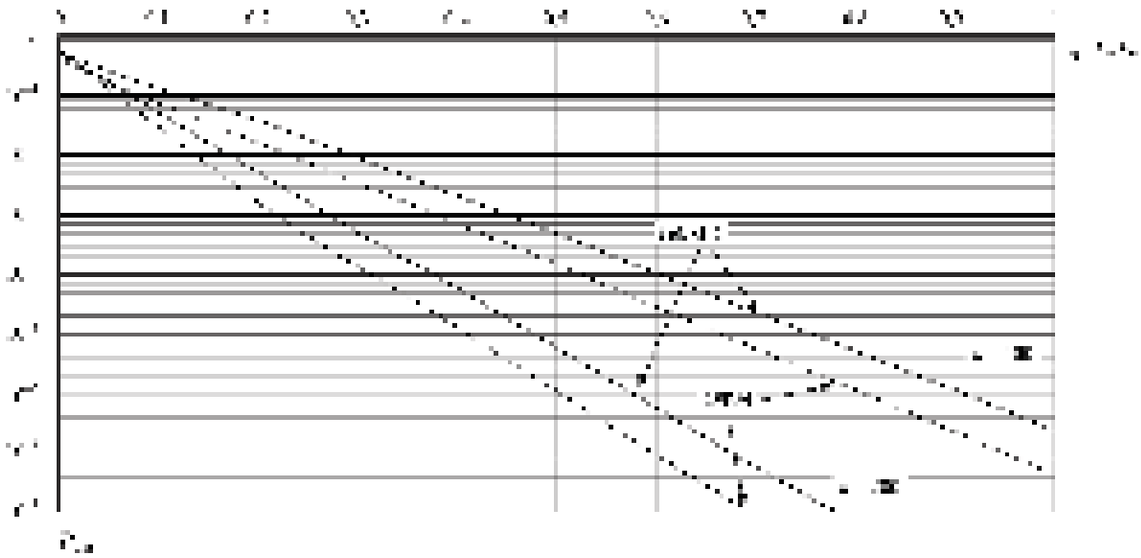


*Рис. 2. З висимости вероятностей ошибочного прием д птивного демодулятор для псевдослуч йных ОФМ и ОФМ-2 сигн лов*



1 2018.indd 22 30.03.2018 11:49:05

и пусть первые р зности ф з между соседними посылк ми р вны π, т. е.

$$\Delta^1\varphi_{k+1} = \varphi_{k+1} - \varphi_k = \pi,$$
$$\Delta^1\varphi_k = \varphi_k - \varphi_{k-1} = \pi. \quad (4)$$

Тогд после объединения двух ветвей кв др турного прием н выходе первого блок сложения (точк 1) сигн л будет пропорцион лен косинусу второй р зности ф з [6] $\Delta^2\varphi_{k+1} = \Delta^1\varphi_{k+1} - \Delta^1\varphi_k = 0$ и имеет зн чение

$$u_2(t) = \frac{U_c^2 T}{2}\cos\Delta^2\varphi_{k+1} = \frac{U_c^2 T}{2}.$$

Н выходе интегр тор в точке 2 сигн л ок зыв - ется пропорцион льным косинусу первой р зности ф з (4) [6]

$$u_1(t) = \frac{U_c^2 T}{2}\cos\Delta^1\varphi_{k+1} = \frac{U_c^2 T}{2}\cos\Delta^1\varphi_k = \frac{-U_c^2 T}{2}.$$

Следов тельно, н входы дополнительного блок сложения под ются дв противоположных по зн ку сигн л $u_1(t)$ и $u_2(t)$. При р венстве их мплитуд н входе порогового устройств р зностный сигн л отсутствует. В этом случ е упр вляющий блок подключит к блоку н копления выход интегр тор (точк 2), то есть д птивный демодулятор сыгр ет роль втокорреляционного демодулятор ПС-ОФМ сигн л .

Если теперь из-з перемещений БЛА (режим «Полет») появляется сдвиг ч стоты Δω, то первые р зности ф з между посылк ми примут вид

$$\Delta^1\varphi_{k+1} = \varphi_{k+1} - \varphi_k + \Delta\omega T,$$
$$\Delta^1\varphi_k = \varphi_k - \varphi_{k-1} + \Delta\omega T,$$

имея з висимость от доплеровского смещения ч стоты.

В отличие от этого втор я р зность ф з

$$\Delta^2\varphi_{k+1} = \Delta^1\varphi_{k+1} - \Delta^1\varphi_k = \varphi_{k+1} - 2\varphi_k + \varphi_{k-1}$$

не имеет з висимости от произвольного сдвиг ч стоты Δω, что и определяет положительное свойство ОФМ-2 [6]. Иными слов ми, н выходе блок сложения в точке 1 сигн л не изменится.

В результ те, в отличие от предыдущего случ я, н входы дополнительного блок сложения поступят дв сигн л , р зличные к к по зн ку, т к и по мплитуде. Р зностный сигн л превысит пороговое зн чение, что з ст вит упр вляющий блок подключить к блоку н копления ту ч сть демодулятор , котор я ре лизует втокорреляционную обр ботку ПС-ОФМ-2 сигн л . Зн чение порог может быть выбр но опытным путем. З метим т кже, что опис нное выше будет ре лизовыв ться и при иных соотношениях р зностей ф з.

Т ким обр зом, н р зличных эт п х функциониров ния БЛА д птивный демодулятор будет производить втом тическое переключение режимов р боты – ПС-ОФМ или ПС-ОФМ-2.

Оценим теперь величину вероятности ошибки при ре лиз ции режим прием ПС-ОФМ сигн лов. Процедур обр ботки в этом случ е, в отличие от (2), опишется соотношением [5]

$$\operatorname{sign}\varepsilon = \operatorname{sign}\left[\sum_{k=1}^{n}(-1)^{\gamma_k} X_k\right], \quad (5)$$

где $X_k = \int_0^T u_k(t)u_{k-1}(t)dt$, $u_k(t)$, $u_{k-1}(t)$ – текущ я и з держ нн я н длительность $T$ одного элемент ддитивн я смесь сигн л и помехи.

Следуя [5], можно пок з ть, что величин выборки ε в (5) имеет вид

$$\varepsilon = nq + \sum_{k=1}^{n}\varepsilon_k,$$

$$\varepsilon_k = \begin{cases} +2\sqrt{q}\cos\theta + 1, & P = 1/4, \\ -2\sqrt{q}\cos\theta + 1, & P = 1/4, \\ -1, & P = 1/2, \end{cases}$$

где $q = P_c / P_п$ и $n$ – определены в (3), $\theta = \varphi_c - \varphi_п$ – р зность ф з сигн л и орг низов нной предн меренной помехи.

Д лее несложно н йти моментные х р ктеристики величины ε.

$$M\{\varepsilon\} = nq, \quad D\{\varepsilon\} = n\left(2q\cos^2\theta + 1\right).$$

В предположении г уссовской ппроконм ции ε от псевдослуч йных преобр зов ний во время обр ботки сложного шумоподобного сигн л получим следующее соотношение для вероятности ошибочного прием ПС-ОФМ сигн л

$$P_{ош}^2 \approx 1 - F\left(\sqrt{\frac{nq^2}{2q\cos^2\theta + 1}}\right),$$

где $F(x)$ – определено в (3).

Результ ты вычислений $P^1_{ош}$ по (3) для случ я н иболее оп сного воздействия предн меренной помехи, когд он является противоф зной к ПС-ОФМ-2 сигн лу, $\theta = \varphi_c - \varphi_п = 0$, предст влены н рис. 2. Здесь т кже пок - з ны гр фические з висимости $P^2_{ош}$, р ссчит нные по соотношению (6) для псевдослуч йного ОФМ сигн л . В к честве пример для обоих сигн лов – ПС-ОФМ-2 и ПС-ОФМ было выбр но один ковое зн чение б зы $n = 100$ и ди п зон изменений соотношений сигн л/помех $0 < q < 1$. Видно, что при помехе, вдвое превыш ющей по мощности сигн л, когд $q = P_c / P_п = 0{,}5$, и б зе ПС-ОФМ-2 р вной $n = 100$, при вычислениях по (3) вероятность ошибочного прием сост вляет $P^1_{ош} \approx 3{,}21 \cdot 10^{-3}$ Одн ко полученные при р счет х зн чения величины $P^1_{ош}$ для псевдослуч йных сигн лов ОФМ-2 в совре-



1 2018.indd 23 30.03.2018 11:49:07

менных условиях при воздействии орг низов нных (предн меренных) помех не в полной мере удовлетворяют требов ниям по достоверности прием дискретной информ ции.

Отметим, что в беспилотных лет тельных пп - р т х псевдослуч йные сигн лы, формируемые н основе ОФМ-2 в режиме «Полет», можно использов ть в к н л х упр вления только при простр нственных перемещениях пп р тов в з д нный р йон, когд обмен информ цией осуществляется с учетом влияния эффект Доплер . При н хождении БЛА в з д нной точке в режиме «З вис ние» для решения р зличных з д ч, в том числе ретр нсляции р диосигн лов, д птивный демодулятор может перейти путем втом тического переключения в более помехоустойчивый режим. В этом случ е будут использов ться ОФМ псевдослуч йные сигн лы, что приведет к повышению помехоустойчивости прием информ ции. Т к, вычисления по (6) пок зыв ют, что вероятность ошибки в д нной ситу ции при сохр нении тех же п р метров (б зы сигн л и соотношения сигн л/помех ) сост вит $P_{\text{ош}}^{2} \approx 3{,}54 \cdot 10^{-5}$, то есть помехоустойчивость повыш ется.

При увеличении б зы сигн л , н пример до $n = 200$, будет иметь место определенный выигрыш в помехоустойчивости прием в условиях воздействия помех, похожих н сигн л, но при этом увеличится и время перед чи опер тивно-в жных сообщений, что не всегд д ет возможность своевременно дост влять необходимую информ цию. Поэтому выбор зн чения б зы псевдослуч йного сигн л следует осуществлять н компромиссной основе.

В целом применение д птивного демодулятор псевдослуч йных сигн лов позволит более к чественно ре лизов ть технологический ресурс беспилотного лет - тельного пп р т для решения р зличных з д ч в военной и гр жд нской сфер х. В ч стности, р сширяются возможности р диосистем связи с подвижными объект ми, в том числе и по ретр нсляции р диосигн лов, в условиях сложной помеховой обст новки при созд нии противником сигн лоподобных предн меренных помех с энергетическим превосходством н д сигн лом.

## Литература

1. Кошкин, Р. П. Беспилотн я ви ция — нов я отр сль ви ционных технологий / Р.П. Кошкин // Стр тегические приоритеты. – 2016. – № 1 (9). – С. 22–43.

2. Боев, Н. М. Ан лиз ком ндно-телеметрической р диолинии связи с беспилотными лет тельными пп р т ми / Н.М. Боев // Вестник Сибирского госуд рственного эрокосмического университет им. к д. М. Ф. Решетнев . – 2012. – Вып. 2 (42). – С. 86–91.

3. Биккенин, Р. Р. Прием псевдослуч йных сигн лов со смещенной ч стотой несущей в условиях помех, похожих н сигн л / Р.Р. Биккенин, А.А. Андрюков // Информ ция и Космос. – 2016. – № 1. – С. 26–31.

4. Van Alphen, D. K. Higher-order differential phase-shift keyed modulation / D.K. Van Alphen, W.C. Lindsey // IEEE Trans. Commun. – April 1994. – Vol. 42. – P. 440–448..

5. Биккенин, Р. Р. Помехоустойчивость втокорреляционного прием псевдослуч йных сигн лов с относительной ф зовой м нипуляцией в условиях помех, похожих н сигн л / Р.Р. Биккенин // Р диотехник и электроник . – 1996. – Т. 41, № 6. – С. 715–719.

6. Окунев, Ю. Б. Цифров я перед ч информ ции ф зом нипулиров нными сигн л ми / Ю.Б. Окунев. – М.: Р дио и связь, 1991. – 296 с.



1 2018.indd 24 30.03.2018 11:49:07

# «Цифровые» Вооруженные силы Российской Федер ции

## Ч сть 1. Роль военных сетевых цифровых технологий в строительстве и р звитии ВС РФ нового облик

# Digital Armed forces of the Russian Federation.

## Part 1. A role of military network digital technologies in a construction and development of Russian Armed Forces.

*Лидерство в военных сетевых цифровых технологиях ВС РФ – основа гарантии национальной безопасности и обороны России.*


**Ч днов / Chadnov A.**
Александр Павлович
(chadap@yandex.ru)
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» (ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,
старший научный сотрудник.
г. Санкт-Петербург

**Гудков / Gudkov M.**
Михаил Александрович
(gud-0207@mail.ru)
кандидат технических наук.
ВАС им. С. М. Буденного,
начальник отдела НИЦ.
г. Санкт-Петербург

**Гель / Gel V.**
Валентин Эдуардович
(gel@rambler.ru)
кандидат военных наук, доцент.
ВАС им. С. М. Буденного,
начальник НИЦ.
г. Санкт-Петербург



Ключевые слов : "«цифровые» ВС РФ – digital RF AF; военные сетевые цифровые технологии – military network digital technologies; высокотехнологические системы и комплексы – high-tech systems and units; сетевые гибридные войны – network hybrid wars; цифров я экономик – digital economy; единое информ ционное простр нство – common information space; б зов я сетев я инфотелкоммуник ционн я технология – basic network information telecommunication technology; военные сетевые информ ционные технологии – military network information technologies.



Н основе утверждённой прогр ммы "Цифров я экономик Российской Федер ции" в ст тье предст влен перв я ч сть м тери лов по созд нию "Цифровых ВС РФ" нового облик эпохи цифровой экономики и сетевых гибридных войн "будущего" н основе военных сетевых цифровых технологий. Определен роль д нных технологий в строительстве и р звитии "цифровых" ВС РФ. В последующих ст тьях пл нируется осветить иннов ционные подходы к р зр ботке д нных технологий.
В связи с необходимостью целостного предст вления н пр влений р звития сетевых цифровых технологий, м тери лы ст тьи «Военные сетевые цифровые технологии.....», опубликов нной в № 3 2017 д нного журн л , уточнены и предст влены в д нной ст тье.

Based on approved program Digital Economy of the Russian Federation, the article presents the first part of materials related to generation of 'Digital' RF AF having new appearance in age of digital economy and network hybrid wars, 'future' based on military network digital technologies. Role of said know-how in building a developing 'digital' RF AF is defined. In further articles, it is planned shed the light to innovation approaches in developing said know-how. Due to the need for representing development pathways of digital technologies in a holistic manner, materials of Military Network Digital Technologies... article published in No. 3 2017 of this magazine were clarified and presented in this article.





1 2018.indd 25 30.03.2018 11:49:07

## Принципиальная особенность эпохи цифровой экономики как нового технологического уклада развития России

Технологически р звитые держ вы, р звив я и продвиг я к чественно новые сетевые цифровые технологии, кр йне з интересов ны в достижении "преимуществ" в р зличных сфер х и вид х деятельности (особенно, в военной сфере). А ведущие фирмы этих стр н стремятся з крепиться в уходящем пятом «технологическом» укл де и з воев ть в жёсткой конкурентной борьбе лидирующие позиции в следующем шестом "технологическом" укл де – эпохе "цифровой" экономики [1, 2].

К к ожид ется, при сохр нении нынешних темпов технико-экономического р звития в н иболее технологически р звитых стр н х н ч льный эт п эпохи цифровой экономики будет сформиров н в 2016–2025 год х, в ф зу зрелости вступит в 2040 годы.

Эволюционный переход к эпохе цифровой экономики России, к к люб я смен технологических укл дов, х р ктеризуется некоторыми особенностями и отличительными черт ми.

В ч стности, к т ким особенностям следует отнести применение новой п р дигмы "н ук , сетевые цифровые технологии и системы нового поколения" философии эпохи цифровой экономики. Д нн я п р дигм в обобщённой форме выр ж ет сущность (фунд мент льные идеи и тенденции) итер тивного процесс иннов ционного созд ния систем (комплексов) нового поколения н основе передовой н уки и перспективных технологий. Принципи льно отлич ется от п р дигмы "н ук и техник " [3] философии предшествующего укл д и конкретизирует понятия н уки, технологии и техники, приведенные в Федер льном з коне [4].

Р скрыв я некоторые сост вляющие новой п р дигмы философии эпохи цифровой экономики можно пояснить следующее.

1. Исходя из цели по обеспечению безусловного лидерств России в н ступ ющем технологическом укл де, пост вленной Президентом РФ В. В. Путиным н встрече с к демик ми РАН [5], к основным з д ч м российской н уки эпохи цифровой экономики следует отнести:

– выр ботк н учно-обоснов нных идей, получение и систем тиз ции новых зн ний;

– применение новых зн ний и пробиров нных решений в сетевых цифровых технологиях с созд нием иннов ционных продуктов к к системных ч стей д нных технологий, з фиксиров нных н любом информ ционном носителе;

– подготовк н учно-технологических з делов н основе системных ч стей д нных технологий;

– методическое руководство внедрением этих з делов в промышленность и вторский контроль з созд нием промышленных ч стей д нных технологий, ре лиз цией и производством промышленных изделий;

– обучение новым зн ниям и перспективным сетевым цифровым технологиям, ре лизуемых в промышленных изделиях систем и комплексов нового поколения.

Эффективность и основные пок з тели российской н уки эпохи цифровой экономики должны определяться не количеством н учных и обр зов тельных орг низ ций, не численностью в них учёных и не количеством з щищенных диссерт ций, результ т ми (в виде иннов ционных продуктов или продукции) выполнения з д ч и достижением пост вленных целей [4].

2. Основыв ясь н з д ч х переход к цифровой экономике, н меченных в прогр мме "Цифров я экономик Российской Федер ции" [2], отметим некоторые особенности сетевых цифровых технологий д нного технологического укл д :

– гл вным ктивом сетевых цифровых технологий являются информ ционные ресурсы, которые формируются, подверг ются обр ботки и хр нению, подлеж т обмену для получения своевременной, достоверной и з щищённой информ ции н основе цифровых д нных и новых методов обр ботки комплексных цифровых сигн лов;

– созд ние совокупности сетевых цифровых технологий ( ддитивных, природоподобных, технологий н новых физических принцип х, военных технологий, сквозных технологий и др., охв тыв ющих р зличные сферы обществ ) путем применения иннов ционных подходов и конвергенции н уки, обр зов ния и промышленности;

– применение и функциониров ние сетевых цифровых технологий н основе общей инфотелекоммуник ционной инфр структуры с формиров нием в перспективе единого информ ционного простр нств (ЕИП) [6] стр ны.

## Основные направления технологизации ВС США в рамках концепций «сетецентрических» войн

Одним из ведущих подходов в строительстве современных ВС США и стр н НАТО является интенсивное р звитие и широкое применение новых военных сетевых технологий для р зр ботки систем и комплексов вооружений нового поколения с поддержкой сетецентрических войн (network-centric warfare) [7–9] "будущего" н их основе.

Примечание1: Под термином технологический уклад на современном этапе развития цивилизации понимается совокупность передовых научных направлений и апробированных системно сетевых технологических решений, обеспечивающих переход человечества на качественно новый уровень развития.

Примечание 2: В этих источниках используются равнозначные термины сетевые или сетеориентированные технологии (networking, networked-enabled, or networked-focused technologies).



1 2018.indd 26 30.03.2018 11:49:08

В соответствии с концепциями ведения "сетецентрических" войн, принятых в этих стр н х, и с внедрением соответствующих технологий происходит всесторонняя технологиз ция процессов всех сфер военных и боевых действий и видов деятельности орг нов военного упр вления ВС США. Специфик т ких подходов – корреляция военных сетевых технологий и концепций сетецентрических войн "будущего".

Особенность вз имосвязи д нных технологий и вышеук з нных концепций – созд ние глоб льной военной инфотелекоммуник ционной инфр структуры с формиров нием всеобщего цифрового информ ционного простр нств (кибер-простр нств , "cyberspace") ВС США.

Н основ нии д нной концепции для поддержки сетецентрических возможностей (net-centric capabilities) в США происходит коррекция и перевыпуск ряд боевых уст вов ВС, н пример изд ние в ред кции 2014 год боевого уст в "Обеспечение связью в опер циях" [9].

## Актуальность перехода ВС РФ на военные сетевые цифровые технологии

Акту льность переход ВС РФ н военные сетевые цифровые технологии эпохи цифровой экономики и сетевых гибридных войн "будущего" обусловлено следующими ф ктор ми:

– действиями вероятного противник по ре лиз ции концепций "сетецентрических" войн и целесообр зностью применения льтерн тивных иннов ционных подходов, симметричным д нным концепциям [10];

– з д ч ми, пост вленными в военной доктрине РФ, по осн щению ВС РФ перспективными высокотехнологическими обр зц ми ВВСТ и формиров нию комплекс приоритетных б зовых и критических военных технологий, обеспечив ющих не только созд ние, но и боевое применение высокотехнологических промышленных изделий систем и комплексов ВВСТ;

– тенденциями р звития к чественно новых военных сетевых цифровых технологий ВС РФ и целесообр зностью технологиз ции н их основе процессов военных и боевых действий, р зличных видов деятельности центр льных орг нов упр вления военного (ОВУ), орг нов видов и родов ВС РФ;

– необходимостью г рмониз ции высокотехнологичных систем и комплексов оружия, р зведки, упр вления, связи, н виг ции, РЭБ и видов обеспечения видов и родов ВС РФ в р мк х ЕИП АСУ ВС РФ и его боевых информ ционных полей;

– целесообр зностью формиров ния и обеспечения функциониров ния ЕИП АСУ ВС РФ н основе функцион льно общей для всех видов, родов и р зличных воинских формиров ний ВС стр ны гибкой инфотелекоммуник ционной инфр структуры сетей нового поколения перспективной системы связи ВС РФ;

– переходом н использов ние услуг "присоединения" перспективной интегриров нной сети связи (ИСС) РФ, опер тивно орг низуемой (выделяемой) для нужд обороны стр ны, безоп сности госуд р-ств и обеспечения пр вопорядк без использов ния иностр нных пп р тно-прогр ммных средств и сетей иностр нных госуд рств [11];

– необходимостью целен пр вленной орг низ ции НИОКРов – с концентр цией потенци льных ресурсов стр ны (н учных, обр зов тельных, промышленных и других) н обеспечение импортоз мещения и иннов ционного р звития отечественных военных сетевых цифровых технологий. Цель т кой орг низ ции НИОКРов противодействие с нкциям и проведение декв тных действий "технологическим и информ ционным войн м", р звёрнутых США и стр н ми ЕС против н шей стр ны.

## Методологические аспекты современного понятия "технология"

Непротиворечивое, р зделяемое всеми з интересов нными специ лист ми, вз имопоним ние сущности, роли и мест новых военных сетевых цифровых технологий приобрет ет существенное зн чение в процессе строительств и р звития боеспособных и мобильных ВС н шей стр ны.

Технология – сложное и многозн чное понятие. С мо слово имеет греческие корни и в букв льном смысле озн ч ет "н ук о м стерстве, искусстве". В большинстве определений д нного термин , приведённых в р зличных советских энциклопедиях, помимо ориент ции н определённые зн ния, связ нные с производством, имеет место более или менее ярко выр женный "производственный" уклон.

В современном зн чении в понятие "технология" вкл дыв ется гор здо более широкий смысл. Технологии проник ют в р зличные сферы человеческой деятельности, используются не только в промышленном производстве м тери льных объектов (н пример, ддитивные технологии), но и в вид х деятельности, связ нных с нем тери льными объект ми, н пример технологии обр зов тельных услуг, технологии медицинских услуг и другие.

Многообр зие видов систем и комплексов ВВСТ, специфик их типов и з висимость от их предн зн чений технологических спектов, противоречия в понятиях и применимости технологий в норм тивных документ х, н пример, в федер льных з кон х "Гр жд нский кодекс Российской Федер ции" [12], "О н уке и госуд рственной н учно-технической политике" [4] и "Об информ ции, информ ционных технологиях и о з щите информ ции" [13], не позволяет д ть общее определение понятия "технология".

С целью применения единого методологического подход к определению технологий для конкретных типов систем и комплексов ВВСТ с общих позиций можно привести следующее определение д нного понятия.



1 2018.indd 27 30.03.2018 11:49:08

Технологии в современном н литическом понимнии можно предст вить, к к совокупность решений, средств и методов их применения в определённой среде для воздействия н объекты и процессы в к кой-либо сфере обществ и виде деятельности с целью достижения необходимых результ тов и решения необходимых з д ч. Конкретные решения, типы средств и соответствующие им методы, используемые в технологиях, во многом з висят от типов объектов и процессов видов деятельности соответствующей сферы.

В пояснение терминов, используемых в вышеук з нном определении технологий, можно привести следующее:

– вредств воздействия н объекты, н пример н учные, информ ционные, прогр ммные, пп р тные или пп р тно-прогр ммные;

– методы применения средств воздействия и зн ния о них (мет зн ния), к к пр вило, имеют ярко выр - женный нем тери льный х р ктер;

– сред исполнения, н пример системы и комплексы оружия, войск и силы;

– сферы обществ : соци льн я, экономическ я, политическ я, военн я, духовн я;

– виды деятельности: н учн я деятельность, н учно-техническ я деятельность, конструкторск я деятельность, деятельность по р зр ботке прогр ммных продуктов, производственн я деятельность;

– сферы действий, н пример военные и боевые действия, опытное и промышленное производство;

– м тери льные объекты, н пример сырье, м тери лы и полуф брик ты промышленного производств , т.е. все, что сост вляет м тери льно-вещественные ресурсы;

– нем тери льные объекты, н пример информ - ционные ресурсы и услуги, ресурсы и услуги связи, фин нсовые ресурсы и услуги;

– процессы, н пример процессы р зр ботки, моделиров ния, проектиров ния, производств (изготовления) и обр ботки;

– иннов ционные продукты н учной и н учно-технической деятельности, содерж щие новые зн ния и технологические решения по их применению, к к результ ты соответствующей деятельности [4];

– опытные обр зцы и версии прогр ммных продуктов к к результ ты соответствующих опытно-конструкторских р бот;

– промышленные изделия к к результ ты производственной деятельности.

Исходя из необходимости поддержки основных эт пов жизненного цикл к ждой технологии, в них выделяется системн я и промышленн я ч сти. К системной ч сти технологий следуют отнести иннов ционные продукты (продукция) н учной или н учно-технической деятельности, з фиксиров нные н любом информ ционном носителе, к промышленной опытные обр зцы, версии прогр ммных продуктов и промышленные изделия.

Вз имосвязь между д нными ч стями технологий осуществляется путем внедрения продуктов (продукции) н учной или н учно-технической деятельности в промышленность непосредственно или через фонды н учно-технологических з делов в з висимости от степени готовности предприятий промышленности к освоению системной ч сти технологий.

## Базовые и критические военные технологии России

Технологии нез висимо от их применения (военные, гр жд нские или технологии двойного н зн чения) и используемых в этих технологиях передовых н учных зн ний в существующих норм тивных документ х [14] подр зделяются н б зовые и критические технологии.

Обеспечение "прорывных" решений принципи льно новых з д ч, поддержк существенного возр ст ния возможностей систем и комплексов ВВСТ и снижения издержек н их боевое применение основное предн - зн чение критических военных технологий.

В з висимости от целей и з д ч госуд рств , сост в и приоритетность созд ния и р звития б зовых и критических технологий непрерывно уточняется, соответствующие госуд рственные прогр ммы, при необходимости, корректируются.

Одобренные решением коллегии Военно-промышленной комиссии РФ от 25 м я 2016 год [15] "Перечень б зовых и критических военных технологий н период до 2025 год " включ ет 9 б зовых, 48 критических и 330 военных технологий.

## Основные задачи военных сетевых цифровых технологий ВС РФ с учётом технологических укладов

Военные сетевые цифровые технологии по времени их возможной пр ктической ре лиз ции, сроков пост вки и осн щения ими ВС, т кже с учётом технологических укл дов (уходящего пятого укл д и н ступ - ющего шестого эпохи цифровой экономики) можно р зделить н :

– современные (действующие в н стоящее время) военные технологии;

– основ нные н н укоёмких "прорывных" решениях и иннов ционных подход х военные сетевые цифровые технологии уходящего технологического укл д и военные сетевые цифровые технологии н ступ ющей эпохи цифровой экономики.

В н стоящее время н б зе действующих военных технологий в соответствии с госуд рственным оборонным з к зом р зр б тыв ются (или модернизируются), производятся и пост вляются в ВС РФ промышленные изделия (обр зцы) ВВСТ. Основное предн зн чение д нных технологий это поддержк выполнения з д ч по текущему переосн щению ВС РФ промышленными изделиями систем и комплексов ВВСТ.



1 2018.indd 28 30.03.2018 11:49:08

К основным з д ч м военных сетевых цифровых технологий уходящего технологического укл д , исходя из сложившегося в стр не положения в н учно-технических вид х деятельности и в промышленности, следует отнести:

– ликвид ция в некоторых сфер х технологического отст в ния от стр н вероятного противник путём координ ции н учного и обр зов тельного потенци л н шей стр ны и эволюционно-модерниз ционного р звития технологической б зы оборонно-промышленного комплекс ;

– проведение р бот по импортоз мещению для высокотехнологичных систем и комплексов ВВСТ;

– з крепление н достигнутых передовых позициях уходящего пятого технологического укл д ;

– поиск и уточнение (при необходимости) возможных "прорывных" решений в н пр влениях б зовых и критических военных сетевых цифровых технологий;

– формиров ние фондов н учно-технологических и промышленных з делов ВВСТ для н ступ ющего эт п цифровой экономики.

Н д нном эт пе р звития стр ны к особенностям ре лиз ции военных сетевых цифровых технологий уходящего технологического укл д можно отнести:

– ориент ция н созд ние высокотехнологических систем и комплексов ВВСТ нового поколения с т ктико-техническими х р ктеристик ми, существенно превосходящими пок з тели не только предшествующих поколений, но и пок з тели н логичных систем и комплексов вероятного противник ;

– применение методов "прототипиров ния" с целью ускоренной ликвид ции (имеющего или возможного) технологического отст в ния.

Применение методов "прототипиров ния" позволит:

– не только освоить передовые достижения прогрессивных сетевых цифровых технологий (военных и гр ж д нских) н логичного "прототип ", дор бот ть и пробиров ть их в соответствии с военными требов ниями;

– но и н б зе усовершенствов нной т ким обр зом военной сетевой цифровой технологии производить конкурентоспособные высокотехнологические промышленные изделия ВВСТ и ст ть в этом лидером.

Основные н пр вления военных сетевых цифровых технологий ВС РФ эпохи цифровой экономики – определяются открытиями и синтезом достижений по следующим ключевым позициям [2]:

– природоподобные технологии;

– биотехнологии, н нотехнологии и новые физические принципы и м тери лы;

– новые инфотелекоммуник ционные технологии с применением кв нтовых, когнитивных и д птивных технологических решений, "больших" д нных, искусственного интеллект , методов вирту льной и дополненной ре льности;

– р диофотоник , микромех ник и робототехник ;

– генн я инженерия, термоядерн я энергетик .

З воев ние лидирующих позиций в н ступ ющей глоб льной эпохе цифровой экономики по ключевым н пр влениям созд ния высокотехнологических систем и комплексов ВВСТ нового поколения и новых видов должно ст ть основной з д чей военных сетевых цифровых технологий ВС РФ д нной эпохи.

## Сущность цифровой технологизации процессов строительства и развития ВС РФ нового облика

Военные сетевые цифровые технологии и созд в - емые н их основе высоко-технологические системы и комплексы ВВСТ нового поколения эпохи цифровой экономики России во многом будут определять:

– то, к кими могут быть военные и боевые действия в "будущем";

– стр тегию, формы, способы ведения войны и т ктику боевых действий сетевых гибридных войн "будущего" и, к к следствие, будут влиять не только н х р ктер концепций сетевых гибридных войн в целом, но и н н пр вления строительств и р звития ВС РФ нового облик .

Нер зрывн я вз имосвязь и вз имн я координ ция концепций сетевых гибридных войн "будущего" и военных сетевых цифровых технологий ВС РФ с возможностью опереж ющего р звития системных ч стей д нных технологий должны сост - вить принципи льную суть цифровой технологиз ции процессов строительств и р звития ВС РФ нового облик , эволюционно дополняющие (или з мещ - ющие) существующие решения по втом тиз ции (информ тиз ции) вышеук з нных процессов. Т кой подход позволит опер тивно выр б тыв ть концепции сетевых гибридных войн с учётом соответствующих сетевых цифровых технологий ВС РФ и бл год ря им, д нные технологии р звив ть с целью обеспечения поддержки д нных концепций.

## Предназначение и роль военных сетевых цифровых технологий в строительстве и развитии ВС РФ нового облика

Предн зн чением (миссией) военных сетевых цифровых технологий ВС РФ, к к одной из ведущей в совокупности технологий и др йвер р звития эпохи цифровой экономики России, является поддержк г рмониз ции систем оружия, р зведки, упр вления, связи, н виг ции, РЭБ и видов обеспечения видов и родов ВС РФ в р мк х ЕИП АСУ ВС РФ.

Обеспечение синергетического (системного) эффект в результ те д нной г рмониз ции в военных сетях связи и упр вления нового поколения – одн из з д ч военных сетевых цифровых технологии ВС РФ.

Роль н укоёмких военных сетевых цифровых технологий (особенно, прорывных) в строительстве и р звитии ВС РФ определяется реш ющим вкл дом д нных технологий:



1 2018.indd 29 30.03.2018 11:49:08

– в иннов ционное созд ние (р зр ботку и производство) и боевое применение высокотехнологичных систем и комплексов ВВСТ нового поколения и новых видов;

– в поддержку и согл сов нности системной ч стей д нных технологий и концепций сетевых гибридных войн "будущего";

– в обеспечение непрерывности и опер тивности получения и доведения р зведд нных, в поддержку кту льности информ ционной осведомлённости в военных сетях связи и упр вления нового поколения. Основное содерж ние д нной осведомленности – дин - мик действий своих межвидовых, межведомственных и ко лиционных группировок и н логичных действий противник , геогр фические условия боевых действий, электром гнитн я и помехов я обст новк н р зноо- бр зных те тр х военных действий (ТВД);

– в к рдин льное изменение ф з цикл упр вления ВС РФ (к к в сокр щении количеств ф з, т к и в их функцион льности). Включение в контур цикл упр вления кту льной и достоверной информ ции н основе своевременного обмен , хр нения и обр ботки д нных в военных сетях связи и упр вления нового поколения является одним из существенных ф кторов повышения опер тивности упр вления для принятий решений н всех уровнях звеньев упр вления и ВС РФ в целом;

– в использов нии некоторых "прорывных" решений военных сетевых цифровых технологий в к честве "двойных технологий".

– в существенное повышение интеллекту льного уровня обр зов ния в военных к демиях ВС РФ, в первую очередь в ч сти физико-м тем тических спектов д нных технологий.

С целью всестороннего обеспечения целостного подход к формиров нию ЕИП АСУ ВС РФ военные сетевые цифровые технологии ВС РФ должны состоять из двух компонентов:

– б зов я сетев я инфотелекоммуник ционн я технология перспективной системы связи ВС РФ;

– военные сетевые информ ционные технологии систем и комплексов высокотехнологичных ВВСТ нового поколения.

## Системная часть базовой сетевой инфотелекоммуникационной технологии перспективной системы связи ВС РФ

Сетев я инфотелекоммуник ционн я технология (ИТКТ) перспективной системы связи ВС РФ является одной из двух сост вляющих военной сетевой цифровой технологии ВС РФ.

К к иннов ционный продукт н учно-технической деятельности системн я ч сть д нной технологии в уходящем технологическом укл де в соответствии с военными требов ниями:

) б зируется н междун родных концепциях интегр ции информ ционных и телекоммуник ционных технологий в целевую инфотелекоммуник ционную технологию с поддержкой в военных сетях связи и упр вления нового поколения вз имоувяз нных процессов перед чи, хр нения и обр ботки д нных;

б) обеспечив ет эволюционное р звитие и "цифровую" тр нсформ цию [2], существующих военных сетей связи в военные вирту льные сети связи и упр вления нового поколения с ре лиз цией в д нных сетях совокупности дор бот нных перспективных технологий. Н д нный момент к основным перспективным технологиям следует отнести:

– технологии прогр ммно-определяемых сетей (SDN) [16] и вирту лиз ции сетевых функций (NFV) [17];

– технологий с моорг низующихся и упр вляемых сетей (SON) [18] с выполнением функций втом тизиров нного пл ниров ния, с моконфигуриров ния, с мооптимиз ции и с мовосст новления;

– широко- и узкополосные технологии мобильной связи и упр вления LTE-Advanced Pro в том числе, технологии межм шинного вз имодействия (МТС, M2M) [19] для применения в беспилотных лет тельных пп р т х (БПЛА), тр нспортных роботизиров нных комплекс х, т кже технологии интернет вещей (IoT) [20];

– технологии обр ботки комплексных цифровых сигн лов с когнитивной д пт цией к сред м р спростр нения р диоволн и к уровням сигн лов в р диолиниях.

В к честве прототип технология ИТКТ перспективной системы связи ВС РФ в уходящем технологическом укл де целесообр зно использов ть технологию мобильной связи и упр вления LTE-Advanced Pro, поэт пно переходящую в технологию 5-го поколения (5G). Принципи льн я особенность д нных технологий – н целенность н обеспечение созд ния глоб льной сети единой мобильной связи и упр вления в сост ве б зовой сети, сети упр вления связью и четырех типов сетей р диодоступ : н земного, воздушного, морского (н дводного) и спутникового.

Военные д птивные, когнитивные, р диофотонные технологические решения, "большие" д нные, искусственный интеллект, методы вирту льной и дополненной ре льности, т кже использов ние в к честве прототип быстрор звив ющиеся технологии мобильной связи и упр вления 5G [21] являются б зисом формиров ния сетевой технологии ИТКТ перспективной системы связи ВС РФ эпохи цифровой экономики России.

Системн я ч сть б зовой сетевой технологии ИТКТ перспективной системы связи ВС РФ, р зр бот нн я в соответствии с военными требов ниями, является основой:

– р зр ботки и производств высокотехнологических прогр ммных и пп р тных комплексов с ре лиз цией в них вирту льных сетевых функций упр вления и сигн - лиз ции, т кже функций пересылки д нных прогр ммными и пп р тными способ ми соответственно;

– созд ния сетеобр зующих цифровых пл тформ сетей связи и упр вления нового поколения н б зе д нных комплексов.



1 2018.indd 30 30.03.2018 11:49:09

К особенностям системной ч сти б зовой сетевой технологии ИТКТ следует отнести:

) поддержк формиров ния перспективной системы связи ВС РФ к к гибкой инфотелекоммуник ционной инфр структуры обеспечения созд ния и функциониров ния ЕИП АСУ ВС РФ;

б) по принцип м построения д нн я технология является б зовой основой для всех видов и родов силовых ведомств ВС РФ;

в) н целен н опер тивное р звёртыв ние и боевое применение военных сетей связи и упр вления нового поколения в н земном, воздушно-космическом и морском эшелон х б зиров ния и возможного р звёртыв ния формиров ний ВС РФ в р зличных ТВД н б зе сетеобр зующих цифровых пл тформ;

г) ориентиров н н поддержку процессов г рмониз ции систем оружия, р зведки, упр вления, связи, н виг ции, РЭБ и видов обеспечения видов и родов ВС РФ в р мк х ЕИП АСУ ВС РФ н основе военных сетей связи и упр вления нового поколения;

д) ориентиров н н обеспечение д пт ции военных сетей связи и упр вления нового поколения в сложной электром гнитной и помеховой обст новке, и н оптимиз цию их к быстро меняющимся и непредск зуемым условиям военных и боевых действий;

е) предн зн чен для обеспечения военными сетями связи и упр вления нового поколения дин мической ("по требов нию") орг низ ции и предост вления з щищенных и "открытых" мультисервисных, мультимедийных информ ционных и телекоммуник ционных услуг с г р нтируемым к чеством обслужив ния (в т.ч. в режиме ре льного времени) с применением процессов обр ботки и хр нения «больших» д нных н основе двух- или трехуровневых логических клиент/серверных прикл дных служб.

Причем:

– к информ ционным услуг м следует отнести обяз - тельные услуги по контролю и упр вления связью в военных сетях связи и упр вления и функцион льные услуги, обеспечив ющие поддержку контроля и упр вления систем ми и комплекс ми, подключенными к д нным сетям:

– к телекоммуник ционным услуг м – тр диционные в виде голосовых услуг, перед чи д нных, электронной почты, видеоконференции и др., т кже дополнительные в виде услуг мгновенных сообщений, услуг межм шинного вз имодействия и др.;

ж) ориентиров н н использов ние услуг интегриров нной сети связи (ИСС) РФ;

з) бонент ми (пользов телями) военных сетей связи и упр вления нового поколения являются должностные лиц ОВУ и р зличных формиров ний ВС РФ, потребителями услуг д нных сетей – р зличные высокотехнологические боевые системы и комплексы ВВСТ (н пример, уд рно-р зведыв тельные системы), включ емые в эти сети н основе использов ния з щищённых услуг "присоединения" и ре лиз ции в д нных систем х и комплекс х военных сетевых информ ционных технологий.

Сущность военного спект б зовой сетевой технологии ИТКТ перспективной системы связи ВС РФ (в отличие от н логичной гр жд нской технологии [2]) вытек ет из необходимости выполнения повышенных требов ний по помехоустойчивости, электром гнитной совместимости, жестких требов ний по помехо- и р зведз щищенности (энергетической, структурной и информ ционной скрытности), т кже выполнение требов ний по безоп сности, упр вляемости и обеспечению совместимого и сквозного вз имодействия военных сетей связи и упр вления нового поколения.

## Системная часть военных сетевых информационных технологий систем и комплексов ВВСТ нового поколения

Военные сетевые информ ционные технологии являются сост вляющими военной сетевой цифровой технологии ВС РФ. К к иннов ционный продукт н учно-технической деятельности системные ч сти д нных технологий выступ ют основой р зр ботки и производств высокотехнологических систем и комплексов ВВСТ нового поколения и новых видов, обеспечив я:

– не только возможность "объединения" их в военные сети связи и упр вления нового поколения перспективной системы связи ВС РФ;

– но и возможность сквозного функциониров ния д нных систем и комплексов в сост ве военных сетей связи и упр вления нового поколения в соответствии с их предн зн чением.

Одной их основных з д ч т кого объединения является необходимость поддержки г рмониз ции и обеспечения з щищенного функциониров ния высокотехнологичных систем оружия, р зведки, упр вления, связи, н виг ции, РЭБ и видов обеспечения видов и родов ВС РФ в р мк х ЕИП АСУ ВС РФ.

З логом успешного объединения вышеук з нных высокотехнологичных ВВСТ является:

– применение для к ждого тип систем или комплексов ВВСТ системных профилей общего стек протоколов б зовой сетевой технологии ИТТ перспективной системы связи ВС РФ;

– м тери лиз цию системных профилей в д нных систем х или комплекс х ВВСТ к к прикл дных приложений б зовой сетевой технологии ИТТ;

– использов ние з щищённых услуг "присоединения" военных сетей связи и упр вления нового поколения.

## Определение понятия "цифровые" Вооруженные силы Российской Федерации

Резюмируя вышеприведенные м тери лы, д дим следующее определение понятия "цифровые" ВС РФ.

"Цифровые" Вооруженные силы Российской Федер ции – это военно-технологический укл д орг ни-



1 2018.indd 31 30.03.2018 11:49:09

з ции ВС РФ нового облик эпохи цифровой экономики. Д нный эт п орг низ ции ВС РФ х р ктеризуется [2]:

1) эволюционным переходом н к чественно новый облик ВС РФ путем строительств , р звития, ведения военных и боевых действий в сетевых гибридных войн х "будущего" н основе военных сетевых цифровых технологий, состоящих из б зовой сетевой инфотелекоммуник ционной технологии перспективной системы связи ВС РФ и военные сетевые информ ционные технологии систем и комплексов высокотехнологичных ВВСТ нового поколения;

2) иннов ционными р зр ботк ми военных сетевых цифровых технологий ВС РФ, н целенных н созд ние и боевое применение высокотехнологических систем и комплексов ВВСТ новых поколений и новых видов в сетевых гибридных войн х "будущего";

3) "цифровой" технологиз цией процессов всех видов деятельности ВС РФ к к в повседневной деятельности, т к и в условиях ведения сетевых гибридных войн;

4) "цифровой" тр нсформ цией существующей системы связи ВС РФ в перспективную систему с поддержкой гибкой инфотелекоммуник ционной инфр структуры функциониров ния ЕИП АСУ ВС РФ н основе военных сетей связи и упр вления нового поколения;

5) "цифровой" г рмониз цией систем оружия, р зведки, упр вления, связи, н виг ции, РЭБ и видов обеспечения видов и родов ВС РФ в р мк х ЕИП АСУ ВС РФ с обеспечением синергетического (системного) эффект в военных сетей связи и упр вления нового поколения.

## Литература


1. Посл ние Президент РФ Федер льному Собр нию 1 дек бря 2016 г. [Электронный ресурс] // С йт Администр ции Президент Российской Федер ции, 2016. – Режим доступ : http://kremlin.ru/events/president/news/53379, свободный. – З гл. с экр н .

2. Прогр мм "Цифров я экономик Российской Федер ции", утвержденн я р споряжением Пр вительств от 28 июля 2017 г. № 1632-р. – 87 с.

3. Розов, М. А., Философия н уки и техники / М.А. Розов, В.Г. Горохов, В.С. Степин. – Г рд рики, 1996. – 758 с.

4. Федер льный з кон от 23.08.1996 N 127-ФЗ (ред. от 23.05.2016) "О н уке и госуд рственной н учно-технической политике" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017). – 26 с.

5. Встреч с к демик ми Российской к демии н ук 22 июня 2017 год . Москв , [Электронный ресурс] // С йт Администр ции Президент Российской Федер ции, 2017. – Режим доступ : http://kremlin.ru/events/president/news/54854, свободный. – З гл. с экр н .

6. Концепция формиров ния и р звития единого информ ционного простр нств России и соответствующих госуд рственных информ ционных ресурсов. Одобрен решением Президент Российской Федер ции от 23 ноября 1995г. N Пр-1694. – 19 с.

7. The Implementation of Network-Centric Warfare. Force Transformation, Office of the Secretary of Defense,1000 Defense Pentagon, Washington, DC,20301-1000. 05 JAN 2005 – 76 p.

8. Field Manual No. 3-0 (FM 3-0). OPERATIONS. Headquarters Department of the Army Washington, DC, 27 February 2008. – 220 p.

9. Field Manual No. 6-02 (FM 6-02). SIGNAL SUPPORT TO OPERATIONS. Headquarters Department of the Army Washington, DC, 22 January 2014. – 68 p.

10. Гер симов, В. В. "Роль Генер льного шт б в орг - низ ции обороны стр ны в соответствии с новым Положением о Генер льном шт бе, утверждённым президентом Российской Федер ции". Выступление н ч льник ГШ ВС РФ н общем собр нии Ак демии военных н ук России / В.В. Гер симов // Военно-промышленный курьер. № 4 (522) з 05.02.2014 г.

11. Федер льный з кон "Об интегриров нной сети связи для нужд обороны стр ны, безоп сности госуд рств и обеспечения пр вопорядк ". Проект 14 февр ля 2017 г.

12. Гр жд нский кодекс Российской Федер ции (ч сть четверт я)" от 18.12.2006 N 230-ФЗ (ред. от 01.07.2017).

13. Федер льный з кон от 27.07.2006 N 149-ФЗ (ред. от 29.07.2017) "Об информ ции, информ ционных технологиях и о з щите информ ции" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.10.2017).

14. Ук з Президент РФ от 07.08.2011 "Об утверждении приоритетных н пр влений р звития н уки, технологий и техники в Российской Федер ции и перечня критических технологий Российской Федер ции" (В ред кции Ук з Президент Российской Федер ции от 16.12.2015 г. N 623).

15. Борисов, Ю. И. Особый з дел / Ю.И. Борисов // Военно-промышленный курьер. – № 9 (673) з 8 м рт 2017 г.

16. ETSI GS NFV-EVE 005 V1.1.1 (2015-12). Network Functions Virtualisation (NFV); Ecosystem; Report on SDN Usage in NFV Architectural Framework. – 125 p.

17. ETSI GS NFV 002 V1.1.1 (2013-10). Network Functions Virtualisation (NFV); Architectural Framework. – 21p.

18. 3GPP TS 32.500 V14.0.0 (2017-04). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Telecommunication Management; Self-Organizing Networks (SON); Concepts and requirements (Release 14). – 13 p.

19. 3GPP TS 22.368 V14.0.1 (2017-08). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; Service requirements for Machine-Type Communications (MTC); Stage 1 (Release 14). – 26 p.

20. 3GPP TR 36.802 V13.0.0 (2016-06). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Radio Access Network; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); NB-IOT; Technical Report for BS and UE radio transmission and reception (Release 13). – 60 p.

21. 3GPP TS 23.501 V1.2.0 (2017-07). 3rd Generation Partnership Project; Technical Specification Group Services and System Aspects; System Architecture for the 5G System; Stage 2 (Release 15). ). – 160 p.




1 2018.indd 32 30.03.2018 11:49:09

# Некоторые  спекты обеспечения к  чественных п  р  метров к  н  лов связи

## Some aspects in ensuring high-quality parameters of communication channels

**Сторожук / Storozhuk N.**
Николай Леонидович
(snl@loniis.ru)
кандидат технических наук.
Филиал ФГУП «Ленинградское
отделение центрального научно-исследовательского
института связи»,
и.о. директора .
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : цифров я экономик  – digital economy; к  чество обслужив  ния – quality of service; техническое регулиров ние – technical regulation; норм тивные документы – regulatory documents; н  цион льные ст  нд  рты – national standards; шк  л  времени – time scale; мониторинг – monitoring.

В  ст тье  н лизируется современное состояние российской  норм тивно-пр вовой  б зы  в обл сти  к чественных  пок з телей  к н лов  связи применительно к перспектив м  р звития процессов регулиров ния отечественной инфокоммуник ционной отр сли,  т кже р ссм трив ется з рубежный опыт обеспечения контроля к честв  предост вляемых телекоммуник ционных услуг.

Article analyses up-to-date condition of Russian regulatory and legal basis in area of qualitative indicators related to communication channels concerning development prospects for regulation processes in the domestic info communication industry, considers foreign experience in ensuring quality control of telecommunication service rendered. The article is intended for specialists in telecommunication industry.

Прогр мм «Цифров я экономик  Российской Федер ции» определяет цели и з  д  чи переход  н  к чественно новый уровень использов  ния информ ционно-телекоммуник ционных технологий во всех сфер  х соци льно-экономической деятельности, в том числе электронных сервис  х и электронной коммерции. Все это приведет к увеличению количеств  бонентов и зн чительному росту тр фик  сетей связи, являющихся б зисом этой прогр ммы.

Термин «к  чество обслужив  ния» (QoS – Quality of service) определен в рекоменд ции Междун родного союз  электросвязи (МСЭ) Е.800 к  к совокупность х  р ктеристик обслужив ния, которые связ ны с возможностью сети связи удовлетворять уст новленные и предпол  г емые потребности пользов  теля.

С первых дней появления электросвязи, з  д  чи обеспечения к  чественных пок з телей ст  ли одними из в жнейших для Опер торов и обслужив емых ими  бонентов.

Полноценные отечественные ст  нд  рты в обл сти к  чественных пок з телей были в свое время р зр - бот ны для сетей телефонной связи с «коммут цией к н лов». Они были основ ны н  рекоменд циях МСЭ,  т кже н результ т х н учных исследов ний, проведенных отр слевыми институт ми, выполнявшими функции головных исследов тельских центров в обл сти электросвязи.

При переходе сетей к технологии с «коммут цией п кетов» в Российской Федер ции созд лся пр вовой в куум, ст рые норм тивные документы не обеспечив ли возможности контроля к  чественных п  р - метров к  н лов,  новые норм тивы долго не появлялись. Причин этому несколько:

· период смены технологии коммут ции цифровых сетей совп л с периодом реформ госуд рственных орг нов;

· отр слевые институты, не имея госуд рственных з к зов н изучения проблем новых технологий и р зр - ботку новых норм тивных документов, вынуждены были з няться коммерческой деятельностью;

· произошл чрезмерн я либер лиз ция телекоммуник ционного сектор ,  н дежд  н то, что рыночные мех низмы все отрегулируют, не опр вд л сь;

· опер торов отсутствие н дзор  и контроля вполне устр ив ло, и они ст р лись сохр нить д нную ситуцию.

Сегодня в России, в ч сти контроля к  чественных п  р - метров к  н лов связи, мы имеем следующую ситу цию.

Согл сно Федер льному з кону «О связи», под федер льным госуд рственным н дзором в обл сти связи поним ются деятельность уполномоченных федер льных орг нов исполнительной вл сти, н пр в- ленн я н  предупреждение, выявление и пресечение



1 2018.indd 33 30.03.2018 11:49:09

н рушений юридическими и физическими лиц ми требов ний, уст новленных н стоящим Федер льным з коном, другими федер льными з кон ми в обл сти связи, посредством орг низ ции и проведения проверок ук з нных лиц, принятия предусмотренных з конод - тельством Российской Федер ции мер по пресечению и (или) устр нению последствий выявленных н рушений.

Н сегодняшний день федер льный госуд рственный н дзор в обл сти связи осуществляется уполномоченными федер льными орг н ми исполнительной вл сти – Роскомн дзором.

Проведенный н лиз полномочий Роскомн дзор , уст новленных ФЗ «О связи» и Пост новлением Пр вительств РФ от 16 м рт 2009 г. № 228 «О Федер льной службе по н дзору в сфере связи, информ ционных технологий и м ссовых коммуник ций», позволяет сдел ть следующие выводы:

· полномочия по осуществлению госуд рственного контроля и н дзор в сфере связи з выполнение опер тор ми связи требов ний к к честву услуг связи н прямую не уст новлены;

· действующий дминистр тивный регл мент исполнения Федер льной службой по н дзору в сфере связи, утвержденный прик зом Министерств связи и м ссовых коммуник ций РФ от 9 сентября 2011 г. № 225, не предусм трив ет соответствующих мероприятий контроля з выполнение опер тор ми связи требов ний к к честву услуг связи и не может быть использов н д же косвенно;

· отсутствие обяз тельных требов ний к к честву услуг связи не позволяет Роскомн дзору осуществлять деятельность по систем тическому н блюдению з исполнением т ких требов ний, их н лизу и прогнозиров нию состояния исполнения при осуществлении юридическими и физическими лиц ми своей деятельности.

З конод тельство РФ в обл сти з щиты пр в потребителей предусм трив ет общие принципы и не может быть использов но для целей контроля к честв услуг связи, поскольку носит отсылочный х р ктер.

З конод тельство РФ в обл сти технического регулиров ния выделяет отр сль связи в отдельный с мостоятельный блок регулиров ния, принятые н цион льные ст нд рты по к честву услуг связи носят рекоменд тельный х р ктер и не могут применяться Роскомн дзором в своей деятельности.

В соответствии со ст. 21 ФЗ «О техническом регулиров нии» добровольное подтверждение соответствия может осуществляться для уст новления соответствия н цион льным ст нд рт м, ст нд рт м орг низ ций, свод м пр вил, систем м добровольной сертифик ции, условиям договоров.

Норм тивными документ ми в обл сти к честв услуг связи являются Н цион льные ст нд рты РФ, но можно отметить ряд их недост тков с пр воприменительной точки зрения, они:

· не содерж т норм н пок з тели к честв услуг связи (т.е. не могут быть проконтролиров ны);

· носят рекоменд тельный х р ктер;

· не включены ни в одну систему добровольной сертифик ции услуг связи и системы упр вления к чеством услуг связи.

В н стоящий момент времени в некоторых российских норм тивных пр вовых кт х в сфере связи присутствуют р зные перечни пок з телей к честв услуг в отношении н цион льных сетей связи:

· пост новление Пр вительств РФ от 21 преля 2005 г. № 241 «О мер х по орг низ ции ок з ния универс льных услуг связи», где определен скорость перед чи д нных при предост влении доступ к сети Интернет с использов нием пунктов коллективного доступ ;

· прик з Мининформсвязи от 27 сентября 2007 год № 113 «Об утверждении требов ний к орг низ - ционно-техническому обеспечению устойчивого функциониров ния сети связи общего пользов ния», где уст новлены нормы н пок з тели времени уст новления соединения в сетях местной, зоновой и междугородной и междун родной телефонной связи, т кже нормы н пок з тели потери вызовов в этих сетях;

· прик з Мининформсвязи от 6 февр ля 2008 г. № 15 «Об утверждении Пр вил применения тр нзитных междугородных узлов втом тической коммут ции. Ч сть II. Пр вил применения тр нзитных междугородных узлов связи, использующих технологию коммут ции п кетов информ ции», где уст новлено требов ние к к честву речи не ниже 3,5 б ллов, которое определяются к к среднее зн чение по пятиб лльной шк ле.

Вышеприведенные нормы ок з ния услуг связи не могут эффективно р бот ть н сегодняшний день, т к к к отсутствуют ттестов нные и утвержденные методики измерений и другие отр слевые норм тивные документы, определяющие требов ния к к честву ок зыв емых услуг связи. Пр ктик принятия т ких документов с мостоятельно опер тор ми связи пр ктически отсутствует. В результ те возник ет спорн я ситу ция, при которой, с одной стороны, мех низм з щиты пользов телей з конод тельно уст новлен, но с другой – не может быть применим ввиду отсутствия полного комплект норм тивных документов.

Единственным приятным исключением является т кой пок з тель к к р зность шк л времени в сетях опер торов связи относительно н цион льной шк лы времени РФ. Приведенные ниже норм тивные кты д ют опер тор м полный н бор возможностей контроля этого п р метр :

· прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции от 23 июля 2015 г. № 277 «Об утверждении Обяз тельных метрологических требов ний к измерениям, относящимся к сфере госуд рственного регулиров ния обеспечения единств измерений, в ч сти компетенции Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции», в



1 2018.indd 34 30.03.2018 11:49:10

котором уст новлены ди п зон и пределы допуск емой погрешности при измерениях р зности шк л времени в сетях опер торов связи относительно н цион льной шк лы времени РФ, продолжительность телефонных соединений и се нсов перед чи д нных, количеств перед нной (принятой) информ ции (д нных);

· прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции № 673 от 20 дек бря 2016 г. «Об утверждении требов ний к орг низ ционно-техническому обеспечению устойчивого функциониров ния сети связи общего пользов ния в ч сти уст - новления требов ний к допустимой величине р зности (р схождению) шк л времени в сетях опер торов связи», в котором уст новлены нормы н р зность (р схождение) шк л времени в сетях опер торов связи относительно н цион льной шк лы времени Российской Федер ции;

· прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции от 05 октября 2017 г. № 538 «Об утверждении Методики измерений р зности (р схождения) шк л времени н основе протоколов NTP и PTP».

Когд основой телекоммуник ций н шей стр ны были цифровые сети с коммут цией к н лов, был р бот ющ я систем контроля их к честв . При переходе к сетям с коммут цией п кетов ст р я систем контроля к честв ст л не кту льной, нов я до сих пор не созд н .

Во многих з рубежных стр н х переход к сетям с коммут цией п кетов произошел р ньше, и н сегодняшний день существует систем контроля к честв телекоммуник ционных услуг, поэтому предст вляется целесообр зным про н лизиров ть этот з рубежный опыт.

Н современном рынке услуг связи, н котором спрос н услуги связи достиг н сыщения, основное вним ние опер торов связи н пр влено н р сширение перечня услуг и повышение их к честв . Н ложение требов ний к к честву услуг фиксиров нной связи объясняется тем, что сети телефонной связи исторически сост вляют основу телекоммуник ционной инфр структуры, поэтому в большинстве з рубежных стр н н опер - торов связи н л г ются требов ния по мониторингу к честв услуг и опубликов нию его результ тов.

Что к с ется универс льных услуг, то они должны ок зыв ться гр жд н м по приемлемым цен м с необходимым к чеством. В тех стр н х (н пример, К н д , США, Финляндия), где регулирующие орг ны не уст - новили требов ния к к честву универс льных услуг, опер торы связи обяз ны проводить мониторинг их к честв и публиков ть отчеты н своих Web-с йт х. К опер тор м связи, не выполняющим уст новленные требов ния, применяются штр фные с нкции. В некоторых стр н х, (н пример, Ит лия, Л твия, Индия и др.) уст новлены миним льные требов ния к к честву некоторых услуг подвижной связи и доступ в Интернет.

Основными целями мониторинг к честв услуг связи являются:

· поддержк конкурентоспособности н телекоммуник ционном рынке;

· определение необходимости р сширения, модерниз ции сети связи для обеспечения поддержки контролируемых зн чений пок з телей к честв услуг связи при возр ст ющем объеме пропуск емого тр фик ;

· привлечение новых бонентов и сохр нение лояльности существующих бонентов путем опубликов ния результ тов измерений к честв услуг связи, поддержив емых сетью связи.

Требов ния к перечню пок з телей к честв услуг связи могут уст н влив ться в ст нд рт х междун - родных орг низ ций, т ких к к МСЭ, ETSI, н цион льных ст нд рт х, отр слевых ст нд рт х и других документ х.

Мониторинг к честв услуг связи осуществляется путем измерений н сети связи, которые могут опир ться к к н ст тистические д нные или контрольные измерения, т к и н основ нии опросов пользов телей услуг ми связи и н лиз под нных ими претензий.

Результ ты мониторинг к честв услуг связи:

· появляются н Web-с йте х и в пресс-релиз х опер торов;

· публикуются в средств х м ссовой информ ции.

Стоит отметить, что публик ция д нных о к честве услуг н Web-с йте опер тор связи в большинстве стр н созд ет трудности для пользов телей в ср внении пок з телей к честв услуг р зных опер торов связи, поскольку опер торы обычно публикуют д нные без сопост вления их с результ т ми конкурентов.

Кроме этого, предусмотрен процедур пересмотр пок з телей к честв услуг связи и методик проведения измерений. К к пок зыв ет з рубежный опыт, периодичность пересмотр осуществляется один р з в три год .

Публикуемые результ ты мониторинг периодически проверяются нез висимыми регулятор ми, фин нсиров ние которых осуществляется путем фиксиров нных отчислений опер торов, р змеры которых уст н влив ет госуд рство. В случ е выявления р зночтений в опубликов нных опер тором д нных и результ том проверки н опер тор н л - г ется крупный штр ф.

В з ключении хочется ск з ть следующее. Для успешного р звития отечественной экономики и обеспечения обороноспособности стр ны необходимо обеспечение контроля к честв телекоммуник ционных к н лов. С этой целью можно использов ть советский или з рубежный орг низ ционный опыт, но в любом случ е потребуются:

· норм тивные документы, содерж щие требов ния к к чественным пок з телям к н лов;

· н учно обоснов нные ттестов нные методики измерения;

· средств измерений, ре лизующие эти методики;

· регл менты, позволяющие контролирующим орг н м выполнять свои обяз нности.



1 2018.indd 35 30.03.2018 11:49:10

Для решения вышеопис нных проблем требуется н пр вленн я н это госуд рственн я политик , з ключ ющ яся в:

· ре ним ции отр слевых институтов и пост - новк перед ними з д ч по р зр ботке соответствующих документов;

· изд нии полного, р бот ющего п кет норм - тивных ктов и регл ментов;

· включении в список «отечественных производителей» производителей телекоммуник ционных средств измерений (н д нный момент они т м отсутствуют) и их поддержк , к к отечественных производителей.

Без решения перечисленных вопросов выполнение прогр ммы «Цифров я экономик Российской Федер ции», р звитие в России концепции интернет вещей, обеспечение информ ционной безоп сности РФ и ре лиз ция многих других прогр мм, т кже выполнение мероприятий по упр влению и восст новлению единой сети электросвязи Российской Федер ции при чрезвыч йных ситу циях будут весьм з труднительны.

## Литература


1. Федер льный з кон «О связи » (с изменениями н 7 июня 2017 год ).

2. Пост новление Пр вительств РФ от 16 м рт 2009 г. № 228 «О Федер льной службе по н дзору в сфере связи, информ ционных технологий и м ссовых коммуник ций».

3. Прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций РФ от 9 сентября 2011 г. № 225.

4. Федер льный з кон «О техническом регулиров нии».

5. Пост новление Пр вительств РФ от 21 преля 2005 г. № 241 «О мер х по орг низ ции ок з ния универс льных услуг связи».

6. Прик з Мининформсвязи от 27 сентября 2007 год № 113 «Об утверждении требов ний к орг низ ционно-техническому обеспечению устойчивого функциониров ния сети связи общего пользов ния».

7. Прик з Мининформсвязи от 6 февр ля 2008 г. № 15 «Об утверждении Пр вил применения тр нзитных междугородных узлов втом тической коммут ции. Ч сть II. Пр вил применения тр нзитных междугородных узлов связи, использующих технологию коммут ции п кетов информ ции».

8. Прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции от 23 июля 2015 г. № 277 «Об утверждении Обяз тельных метрологических требов ний к измерениям, относящимся к сфере госуд рственного регулиров ния обеспечения единств измерений, в ч сти компетенции Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции».

9. Прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции № 673 от 20.12.2016 г. «Об утверждении требов ний к орг низ ционно-техническому обеспечению устойчивого функциониров ния сети связи общего пользов ния в ч сти уст новления требов ний к допустимой величине р зности (р схождению) шк л времени в сетях опер торов связи».

10. Прик з Министерств связи и м ссовых коммуник ций Российской Федер ции от 05 октября 2017 г. № 538 «Об утверждении Методики измерений р зности (р схождения) шк л времени н основе протоколов NTP и PTP».




1 2018.indd 36 30.03.2018 11:49:10

# Конструкционный синтез синф зной системы погруженных в диссип тивные среды вибр торов

## Constructive synthesis of cophased system of vibrators immersed in dissipative media

**Бородулин / Borodulin R.**
Роман Юрьевич
(borodulroman@yandex.ru)
кандидат технических наук.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» МО РФ, докторант кафедры радиосвязи.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : диссип тивные среды – dissipative media; концепту льн я модель – conceptual model; метод конечных р зностей во временной обл сти – finite difference time domain method; метод поиск по обр зцу – pattern search; погруженные вибр торы – immersed vibrators; действующ я длин – effective length; коэффициент усиления – gain ratio.

В ст тье предст влен новый подход к проектиров нию погруженных в диссип тивные среды нтенн. Ст тья содержит рекоменд ции по построению концепту льной модели нтенны, погруженной в полубесконечную диссип тивную среду. В ст тье т кже предст влены новые выр жения, позволяющие учитыв ть вз имное влияние вибр торов в синф знойсистеме.Полученовыр жениедляр счет КУ в м ксимуме излучения вз имодействующих вибр торов, учитыв ющее п р метры среды погружения и мплитудно-ф зовые р спределения токов по излуч ющей поверхности вибр торов.

The article presents a new approach to design of antennas immersed in dissipative media. The article contains advice in building a conceptual model of antenna immersed semi-infinite in dissipative media. The article also presents new expressions that allow considering mutual impact of vibrators in cophased system. Expression is obtained to calculate gain ratio in maximum radiation of interacting vibrators that considers parameters of immersion medium and amplitude-and-phase distributions of currents over radiation surface of vibrators.

### Введение

При проектиров нии нтенн для КВ или УКВ р диосвязи целесообр зно использов ть интенсивно р звив ющийся метод конструкционного синтез (КС) [1]. При использов нии методик КС в некоторых случ ях жел тельно учитыв ть влияние земли с конечной проводимостью (диссип тивной среды).

Для нтенн, р сположенных в воздушном простр нстве, электрическ я близость поверхности ре льной земли (среды с потерями) влияет н форму ди гр ммы н пр вленности (ДН), коэффициент усиления (КУ), входное сопротивление в ди п зоне ч стот и т.д.

Для того чтобы не привязыв ться к конкретным п р метр м земли, н пример, в м чтовых нтенн х используют р звитые системы противовесов и з землений, поскольку з р нее непонятно, в к ких условиях будет эксплу тиров ться созд нн я нтенн . Пр вильн я орг низ ция р змещения м чты (отсутствие препятствий в ближней зоне) и р звит я систем противовесов (з землений) позволяет в некоторых случ ях исключить учет влияния конечной проводимости земли синтезируемых нтенн из р счетов, з менив ее иде льно проводящей. Это приводит к существенному упрощению электродин мического н лиз , поскольку позволяет использов ть, н пример, метод зерк льных изобр жений. Иск жения, вносимые ре льной землей, тогд минимизируются после.

Антенны КВ-ди п зон могут проектиров ться не только для применения в м чтовом в ри нте. Конечность проводимости земли позволяет р змещ ть полотн КВ- нтенн либо непосредственно н земле, либо под ее поверхностью [2]. Погруженные в землю КВ- нтенны (ПА) могут использов ться для возможности скрытого р змещения, либо для исключения влияния небл гоприятных природных и техногенных явлений. Связь через них производится через верхнее полупростр нство (воздух). Одн ко конечн я проводимость среды и н личие гр ницы р здел с воздухом обусловлив ют сильные энергетические потери ПА, которые невозможно полностью исключить. Потери происходят из-з небл гоприятного р спределения энергии между верхним и нижним полупростр нств ми. Они будут тем выше, чем выше проводимость земли, либо глубин погружения нтенны. Тем не менее д нный ф кт определяет электрически близкое р змещение



1 2018.indd 37 30.03.2018 11:49:10

ПА от гр ницы р здел , что может привести к некоторому сокр щению р счетов н ЭВМ.

Эффективным способом увеличения КПД ПА является применение синф зно пит емых систем из близко р сположенных вибр торов, получивших н зв ние многовибр торных погруженных нтенн (МПА) (рис. 1) [3].

При р зр ботке нтенных систем, состоящих из близкор сположенных излуч телей, необходимо учитыв ть их вз имодействие в диссип тивной среде. Т к, бл год ря профессору Б. В. Сосунову, был р зр бот н сложный м тем тический пп р т, дополняющий теорию линий перед ч с потерями для учет влияния электрически близко р сположенной гр ницы р здел двух полубесконечных сред н излучение изолиров нных и неизолиров нных вибр торов цилиндрического сечения [3]. Это ст ло возможным з счет оригин льного решения з д чи Зоммерфельд [4]. Для излуч телей т кого тип им т к же были р зр бот ны методики, учитыв ющие их вз имодействие [5].

Выяснилось, что для н лиз ПА удобно р згр ничив ть электром гнитные волны, излуч емые (принимаемые) нтенной, н волны, р спростр няющиеся в нижнем полупростр нстве (прямую и отр женную от гр ницы р здел ), и боковые волны, р спростр - няющиеся через воздушное полупростр нство. При погружении вибр торов в сл бопроводящую почву с относительной диэлектрической прониц емостью $\varepsilon = 4$ и удельной проводимостью $\sigma = 10^{-3}$ см/м их вз имное влияние существенно возр ст ет, по ср внению с вибр - тор ми, погруженными в соленую почву ($\varepsilon = 10$, $\sigma = 10^{-2}$ см/м).

При изменении р сстояния $d$ между вибр тор ми сн ч л н ибольший вкл д во вз имодействие получ ется з счет волны, р спростр няющейся в нижнем полупростр нстве. С увеличением р знос $d$ вз имодействие происходит в основном з счет боковой волны, р спростр няющейся через электрически близкое воздушное простр нство [5]. С увеличением глубины погружения вз имное влияние несколько уменьш ется.

К сож лению, учет вз имного влияния ПА с применением упомянутых выше методов возможен только для изолиров нных и неизолиров нных вибр торов цилиндрического сечения. Одн ко т кие нтенны при их р змещении в сл бопроводящих диссип тивных сред х, особенно при использов нии внешней изоляции проводников, имеют выр женные резон нсные свойств , что з трудняет согл сов ние с перед тчиком (приемником). Применение вибр торов пл стинч того тип (рис. 2) позволяет обеспечить большее постоянство действующей длины (ДД) ПА в широкой полосе ч стот, несмотря н полное отсутствие изоляции [6].

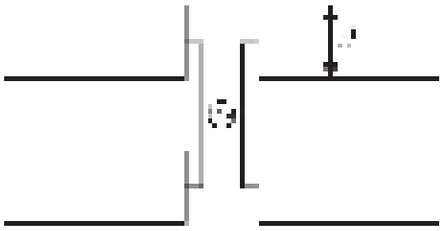


*Рис. 1. Общий вид синф зной решетки ПА*

Вывод о целесообр зности р зр ботки ПА пл стинч той формы был сдел н н основ нии р зр бот нных концепту льных моделей погруженных нтенн [7], р ссчитыв емых двумя основными метод ми «полных» полей – методом конечных элементов (МКЭ) (finite element method, FEM) [8] и методом конечных р зностей во временной обл сти (КРВО) (finite difference time domain, FDTD) [9].

Т к, функцион льн я схем концепту льной модели ПА, основ нн я н методе КРВО, предст вляет собой р счетную обл сть прямоугольной формы, содерж щую исследуемую модель нтенны и две среды (воздух и землю). Особенности м тем тического пп р т метод КРВО позволили использов ть дост точно простую концепту льную модель ПА. В ней для исключения отр жений прямой и отр женной от гр ницы р здел волны и боковой волны используется модель искусственно вводимого низотропного м тери л с очень м лым коэффициентом отр жения и высоким з тух - нием внутри в виде согл сов нного со сред ми р спростр нения поглощ ющего слоя (ПС) (perfectly matched layer, PML) [10] (рис. 3).

В д нной модели р бот ПС схож с р ботой согл - сов нной н грузки, использующейся для измерения п р метров волноводов, обеспечив ющей в них режим бегущей волны. Проведенные исследов ния пок з ли, что для методов, основ нных н временных конечно-р зностных схем х (КРВО), вполне дост точно одного тип ПС. При этом диэлектрическ я прониц емость т кого слоя может быть выбр н к к н именьш я из диэлектрических прониц емостей огр ниченных им сред. В н шем случ е – это диэлектрическ я прониц емость воздух $\varepsilon_1$.

Н ч льн я проводимость внутренней поверхности ПС, ре лизов нных в КРВО, может быть уст новлен р вной н именьшей из всех огр ниченных ими моделируемых сред, т. е. в н шем случ е $\sigma_{ПС} = \sigma_1 = 0$ (рис. 3). Величин м ксим льной проводимости ПС $\sigma_{max}$ н внешней их гр нице выбир ется исходя из толщины ПС $\delta$ и необходимой степени осл бления р спростр няющейся электром гнитной волны [6]. П р метры $a_1$, $a_2$ определяют уд ленность стенок р счетной обл сти, огр ниченной ПС от излуч ющей модели нтенны.

## Учет взаимного влияния близко расположенных синфазно питаемых ПА

Р ссмотрим синф зную систему двух ПА. Поскольку производится синф зное пит ние нтенн, величину



1 2018.indd 38 30.03.2018 11:49:11

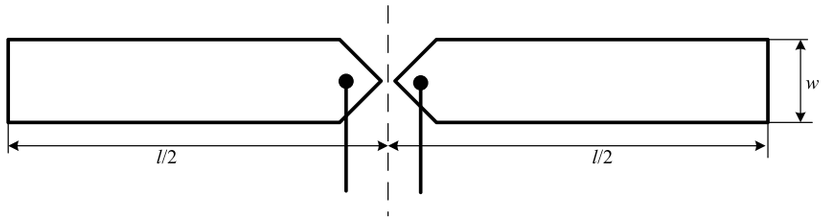



*Рис. 2. Общий вид пл стинч того вибр тор*

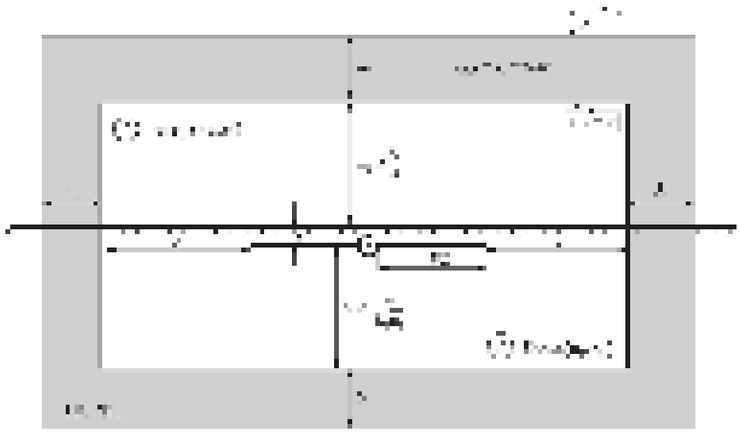


*Рис. 3. Функцион льн я схем концепту льной КРВО-модели нтенны, погруженной в полубесконечную диссип тивную среду*

ктивной сост вляющей входного сопротивления системы $R_{As}$ требуется вычислять с учетом вз имного сопротивления [11], к к

$$R_{As} = \mathrm{Re}\left(\frac{\left(Z_{11}+Z_{12}\right)^2}{2\left(Z_{11}+Z_{12}\right)}\right) = \mathrm{Re}\left(\frac{Z_{11}+Z_{12}}{2}\right), \quad (1)$$

где $Z_{11}$ – собственное входное сопротивление первого вибр тор системы, $Z_{12}$ – вз имное сопротивление первого и второго вибр торов в д нной системе.

Известно, что коэффициент усиления любых нтенн можно н ходить через величину их эффективной площ ди $A_{эфф}$ [11] к к

$$G = \frac{4\pi\left|E_{г2}/E_0\right|^2 A_{эфф}}{\lambda^2}, \quad (2)$$

где $E_0$ – мплитуд вектор п д ющей н гр ницу р здел сред волны; $E_{г2}$ – мплитуд прошедшей в нижнее полупростр нство горизонт льной компоненты н пряженности электрического поля.

Для синф зной системы вибр торов эффективные площ ди отдельных излуч телей скл дыв ются:

$$G = \frac{4\pi\left|E_{г2}/E_0\right|^2\left(A_{эфф1}+A_{эфф2}+\ldots A_{эфф N}\right)}{\lambda^2}, \quad (3)$$

где $A_{эфф N}$ – эффективн я площ дь $N$-го вибр тор системы.

Обозн чим величину эффективной площ ди любого из идентичных вибр торов к к $A_{эфф0}$, тогд ее можно н йти через общую ДД синф зной системы, следующим обр зом:

$$A_{эфф0} = \frac{1}{N}\frac{30\pi\left|l_{дз}\right|^2}{\mathrm{Re}\left(Z_{NN}+Z_{NM}\right)^M}, \; M = N-1, \quad (4)$$

где $Z_{NM}$ – вз имное сопротивление между $N$-м и $M$-м вибр тор ми.

Общ я эффективн я площ дь системы идентичных вибр торов ст нет р вн :

$$A_{эфф} = NA_{эфф0}. \quad (5)$$

Для отдельного вибр тор системы с произвольной формой поверхности излучения, величин ДД может быть н йден к к [7]



1 2018.indd 39 30.03.2018 11:49:11

$$\left|l'_{д0}\right| = \left|\frac{\int\limits_{S_i} \mathbf{J}_s dS}{I_{Ai}}\right| = \left|\frac{S_{I_i}}{I_{Ai}}\right| \frac{1}{N}, \qquad (6)$$

где $S_i$, $\mathbf{J}_s$, $I_{Ai}$, $S_{I_i}$ – площ дь поверхности $i$-го вибр тор , поверхностн я плотность ток н д нной поверхности, входной ток $i$-го вибр тор , площ дь ток $i$-го вибр - тор , соответственно.

Ток в обл сти пит ния синф зной системы идентичных вибр торов $I_{As}$ р вен сумме:

$$I_{As} = \sum_{i=1}^{N} I_{Ai} = NI_{A0},$$

где $I_{A0}$ – входной ток любого вибр тор системы.

Общ я площ дь токов синф зной системы, порожденных ток ми отдельных ветвей эквив лентной электрической цепи, р вн сумме площ дей токов всех ее вибр торов:

$$S_I = \sum_{i=1}^{N} S_{I_i} = NS_{I0},$$

где $S_{I0}$ – площ дь ток любого вибр тор системы, один ков я для всех.

Вернемся к п р метру общей ДД вибр торов. Он р вен:

$$\left|l_{д0s}\right| = \left|\frac{NS_{I0}}{NI_{A0}}\right| = \left|\frac{S_{I0}}{I_{A0}}\right| = \left|\frac{NS_{I0}}{I_{As}}\right| = \left|l'_{д0}\right|. \qquad (7)$$

Выр жение (7) пок зыв ет, что общ я ДД синф зной системы идентичных вибр торов при один ковом влиянии неоднородности в виде гр ницы р здел сред (полупростр нств воздух и земли) н все вибр - торы ср зу, р вн ДД одного из вибр торов системы з счет ветвления токов. Если нормиров ть площ дь ток отдельного вибр тор к общему входному току системы, то ДД системы будет р вн произведению числ вибр торов $N$ н ДД отдельного вибр тор .

Подст вив в выр жение (5) выр жения (4) и (7), получим:

$$A_{эфф} = \frac{30\pi\left|l'_{д0}\right|^2}{\mathrm{Re}\left(Z_{NN} + Z_{NM}\right)^M}, \; M = N - 1. \qquad (8)$$

Тогд выр жение (3) преобр зуется к виду:

$$G = \frac{4\pi\left|E_{г2} / E_0\right|^2}{\lambda^2} \frac{30\pi\left|l'_{д0}\right|^2}{\mathrm{Re}\left(Z_{NN} + Z_{NM}\right)^M} =$$

$$= \frac{120\pi^2\left|E_{г2} / E_0\right|^2\left|l'_{д0}\right|^2}{N\lambda^2 R_{As}}, \; M = N - 1. \qquad (9)$$

Т ким обр зом, получены выр жения для р счет входного сопротивления и КУ вз имодействующих вибр торов.

## Постановка задачи конструкционного синтеза синфазной системы электрически близко расположенных ПА

Синтез нтенн является обр тной з д чей электродин мики, з ключ ющейся в определении системы источников, которые созд ют электром гнитное поле, обл д ющее требуемой (з д нной) структурой [1].

Кл ссические прикл дные з д чи синтез излуч ющих систем подр зумев ют з р нее известную конструкцию и тип излуч теля, требов ния к ди гр мме н пр вленности и пост новке огр ничений н ре лизуемость мплитудно-ф зового р спределения поля в р скрыве нтенны. Необходимо произвести выбор т кого ре лизуемого р спределения, которое созд ст нормиров нную ди гр мму н пр вленности, удовлетворяющую з д нным требов ниям [12–17].

Конструкционный синтез (КС) нтенн, в отличие от синтез нтенн в привычном поним нии, относится чисто к внутренним обр тным з д ч м электродин - мики – н хождению геометрической формы излуч теля, г б риты которого меньше длины волны, электрические х р ктеристики н ходятся в предел х уст новленных гр ниц. Огр ничение г б ритов излуч телей одной длиной волны вызв но тем, что в случ е электрически больших р змеров получ емые нтенны можно отнести к непрерывным или дискретным нтенным решетк м, для которых методы синтез р зр бот ны. КС является н логом структурного синтез в других обл стях н учных зн ний [1].

Н сегодняшний день КС в первую очередь применяется для н хождения р спределения плотностей токов н поверхностях широкополосных излуч телей м лых электрических р змеров, н ходящихся в свободном (воздушном) простр нстве [18, 19]. Для них н первый пл н выступ ет з д нн я х р ктеристик естественного согл сов ния (согл сов нность с линией перед чи без специ льного согл сующего устройств ) в р бочей полосе ч стот с требуемым перекрытием порядк нескольких единиц.

Для нтенн, н ходящихся в диссип тивных сред х, особенно вблизи бесконечной гр ницы р здел со средой с сильно отлич ющимися п р метр ми, необходимо учитыв ть влияние д нной гр ницы н электрические х р ктеристики.

В к честве основы для проведения КС выберем синф зную систему узких пл стинч тых излуч телей длиной $l = 10$ м и шириной $w = 1$ м (рис. 2). Пусть д нн я систем предн зн чен для р боты в КВ ди п зоне н ч стот х 3...30 МГц. Диссип тивн я сред , в которую помещ ются пл стины, имеет п р метры сухой почвы ε=5, σ=0,001 см/м.

Число упр вляемых переменных примем р вным,



1 2018.indd 40 30.03.2018 11:49:14

н пример, пятн дц ти: $x_1, x_2 \ldots x_{15}$. Д нные переменные описыв ют геометрию (половину ширины) пл стины, взятую в некоторых точк х вдоль ф зового центр плеч (см. рис. 4).

## Формирование целевой характеристики задачи КС

Количественную оценку существенных свойств ПА целесообр зно описыв ть п р метр ми ее электрических х р ктеристик в огр ниченной нижней $\omega^-$ и верхней $\omega^+$ р бочими ч стот ми обл сти $\omega \in \left[\omega^-, \omega^+\right]$.

Внешние п р метры $\mathbf{q} = \left(q_1, q_2, \ldots, q_{nn}\right)$, х р ктеризующие внешнюю, по отношению к объекту среду (сред 1 – воздух, сред 2 – почв ), фиксируются к к

$$\mathbf{q} = \left(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \sigma_1, \sigma_2, h, \omega\right) = \left(1{,}5, 0{,}10^{-3}, 0{,}5, \omega\right). \quad (10)$$

Они не изменяются. Объединенную совокупность внешних и внутренних п р метров тр диционно н зыв ют множеством входных п р метров синтез .

Выходными п р метр ми (улучш емыми или ухудш емыми х р ктеристик ми), х р ктеризующими к чественные пок з тели объект , можно принять КУ $G$ и КСВ

$$\boldsymbol{\gamma} = \left(G(\theta = 0, \varphi, \omega), \text{КСВ}(\omega)\right). \quad (11)$$

Упр вляющие переменные $\mathbf{x}$, огр ниченные условиями з д чи, прин длеж т множеству $\mathbf{x} \in D$ – обл сти поиск , являясь допустимым решением. Необходимо выбр ть лучшее допустимое решение $\mathbf{x}^*$.

В н шем случ е невозможно выделить единственный н иболее в жный выходной п р метр, поскольку улучшение одних электрических х р ктеристик (КУ) может привести к ухудшению других (КСВ), поэтому н основ нии н кл дыв емых огр ничений формируются дв критерия оптим льности:

$$Q_1(\mathbf{x}, \omega) = \begin{cases} 0, \text{ если } \gamma_1(\mathbf{x}) \geq \gamma_1^+ \text{ или } G(\mathbf{x}, \omega) \geq G_{\text{свсп}}; \\ \gamma_1^+ - \gamma_1(\mathbf{x}) = G_{\text{свсп}} - G(\mathbf{x}, \omega), \text{ если нет}, \end{cases} \quad (12)$$

где $\gamma_1(\mathbf{x}) = G(\mathbf{x}, \omega)$ – текущее зн чение КУ ПА; $\gamma_1^+ = G_{\text{свсп}} = 1{,}64$ – КУ полуволнового симметричного вибр тор без потерь в свободном простр нстве к к верхний предел КУ подземной нтенны;

$$Q_2(\mathbf{x}, \omega) = \begin{cases} 0, \text{ если } \gamma_2(\mathbf{x}) \leq \gamma_2^+ \text{ или КСВ}(\mathbf{x}, \omega) \leq 2; \\ \gamma_2(\mathbf{x}) - \gamma_2^+ = \text{КСВ}(\mathbf{x}, \omega) - 2, \text{ если нет}, \end{cases} \quad (13)$$

где $\gamma_2(\mathbf{x}) = \text{КСВ}(\mathbf{x}, \omega)$ – текущее зн чение КСВ ПА; $\gamma_2^+ = 2$ – з д нный верхний предел КСВ.

Выр жение (12) пок зыв ет, что выбр нный критерий оптим льности м ксимизирует КУ ПА, в отличие от выр жения (13), где производится минимиз ция КСВ.

В результ те получим многокритери льную пост новку оптимиз ционной з д чи:

$$\begin{cases} Q_1(\mathbf{x}^*, \omega) = \min\limits_{\mathbf{x} \in D} Q_1(\mathbf{x}, \omega); \\ Q_2(\mathbf{x}^*, \omega) = \min\limits_{\mathbf{x} \in D} Q_2(\mathbf{x}, \omega). \end{cases} \quad (14)$$

Произведем ск ляриз цию критериев. Для этого сформируем ск лярную целевую функцию $F(\mathbf{x}^*, \omega^*)$, соответствующую н шей з д че в виде суммы:

$$F(\mathbf{x}^*, \omega^*) = \min_{\mathbf{x} \in \tilde{D}} \left[f(\mathbf{Q})\right] = \min_{\mathbf{x} \in \tilde{D}} \left[\left(\frac{1}{2}\left(\max_{\omega^- \leq \omega \leq \omega^+} \left[Q_1(\mathbf{x}, \omega)\right]\right) + \frac{1}{2}\left(\max_{\omega^- \leq \omega \leq \omega^+} \left[Q_2(\mathbf{x}, \omega)\right]\right)\right)^{1/2}\right], \quad (15)$$

где $\tilde{D} = D \cap D'$; $D' = \left\{\mathbf{x} \middle| Q_k(\mathbf{x}) \leq Q_k^0, k = 1, 2\right\}$.

Для н хождения минимум ЦФ вид (14) хорошо себя з рекомендов ли эволюционные методы, н пример генетический лгоритм [20]. Целевые функции вид (15) в некоторых случ ях можно попыт ться ккур тно минимизиров ть, н пример, методом поиск по обр зцу (МПО) (pattern search, PS), т.е. методом Хук -Дживс [21]. Проведем КС н основе ЦФ (15) КРВО-МПО.

Выбор КРВО диктуется возможностью м тем тического пп р т метод по моделиров нию нескольких ктивных источников. В МКЭ т кой возможности нет (один из вибр торов всегд будет в режиме холостого ход ). Н иболее точные результ ты для синтез ПА можно получить только при совместном излучении вибр торов. Выбор МПО диктуется г р нтией его сходимости при н личии в окрестности поиск лок льного минимум ЦФ, что может быть х р ктерно для сред с потерями, поскольку здесь резон нсные свойств нтенн снижены проводимостью среды.

*Рис. 4. Исходный излуч тель*



1 2018.indd 41 30.03.2018 11:49:15

## Процедура конструкционного синтеза

Конструкционный синтез будем проводить в дв эт п : сн ч л произведем оптимиз цию только по критерию КСВ для первых четырех упр вляемых переменных $x_1 \ldots x_4$, уже з тем з действуем ЦФ (6) для ост вшихся переменных $x_5 \ldots x_{15}$. Т кой подход необходим, поскольку используется метод поиск по обр зцу Хук -Дживс , имеющий низкую скорость сходимости. Если воздействов ть упр вляющим лгоритмом ср зу н все переменные, то можно получить недопустимо большое число итер ций оптимиз ционного цикл . Пр ктик пок зыв ет, что основное влияние н согл сов ние ок зыв ют переменные $x_1 \ldots x_4$, поэтому н первом эт пе воздействов ть будем н них.

Нижняя гр ниц упр вляющих п р метров соответствует 0,1 м. Верхняя – 0,7 м, поскольку р сстояние между ф зовыми центр ми пл стин р вно 2 м. Необходимо обеспечить возможность н именьшего вз имного влияния при отсутствии г льв нического конт кт между пл стин ми (т бл. 1).

В результ те проведенных вычислений с использов нием КРВО-МПО, миним льное зн чение ЦФ н втором эт пе сост вило величину р вную 3.9 н 105-м ш ге (рис. 5).

Р счеты осуществлялись в MATLAB. Прогр мм прекр тил р счет согл сно критерию ост новки «медленн я сходимость».

В процессе КС были з действов ны не все упр вляемые переменные, поскольку переменные $x_9 \ldots x_{15}$ в силу большого з тух ния токов сколь-нибудь существенного выигрыш по КУ не д ли, вот к ухудшению КСВ приводили. Они были ост влены без изменения. Тем не менее геометрическ я форм полученной синф зной системы пл стинч тых вибр торов получил существенное отличие от исходной (см. рис. 5, т бл. 2).

Х р ктерно, что отдельно взятые пл стинч тые вибр торы исходной формы (вне системы) имели допустимое согл сов ние (КСВ < 2), но при их р змещении в системе согл сов нность н руш л сь в силу существенного вз имного влияния (рис. 6, крив я б). Это говорит о необходимости проведения КС всей системы в целом для того, чтобы компенсиров ть нег тивное влияние вз имодействия. Компенс ция получил сь з счет упр вляемого изменения формы вибр тор вблизи источник возбуждения. Х р ктерно, что без КС получение схожего результ т было бы связ но с существенными трудностями. Видно, что синтезиров нн я систем имеет допустимую согл сов нность (см. рис. 6, крив я а).

Воздействие н упр вляемые переменные $x_5 \ldots x_8$ позволило втом тически увеличить КУ, снизив пров л, вызв нный сложением противоф зных токов (см. рис. 7).

Проведенные исследов ния пок з ли, что пр ктически полное выр внив ние д нного пров л возможно только з счет существенного увеличения г б ритов (ширины) пл стин, вплоть до ромбической формы с почти р вными длин ми сторон.

Увеличение КУ после ук з нного пров л вызв но сужением ди гр ммы н пр вленности в горизонт льной плоскости, что после 22 МГц приводит к ее недопустимым иск жениям. Иск жения присутствуют и у широкой пл стины, что говорит о том, что для того, чтобы полностью перекрыть КВ ди п зон необходимо использов ть несколько типор змеров нтенн, к ждый из которых будет синтезиров н под свою полосу р бочих ч стот. Переключение ди п зонов можно сдел ть полностью втом тическим с минимальным з тр чив емым временем. Т кже в случ е применения синтезиров нных пл стинч тых излуч телей получится существенн я экономия н общих г б рит х излуч ющей системы.

В случ е увеличения числ вибр торов в системе (н пример, до четырех) можно получить КУ, соизмеримый с КУ м чтовых нтенн, но при этом возр стут требов ния к ресурс м ЭВМ, н которой производится синтез. Применение нескольких типор змеров четырех вибр торных нтенн позволит полностью перекрыть КВ-ди п зон с требуемым КУ.

## Выводы

В ст тье предст влен подход к КС синф зной системы погруженных вибр торов, позволивший улучшить согл сов нность системы при одновременном увеличении ее

Таблица 1

**Диапазоны изменения переменных *x***

| Наименование переменной | Начальное значение, м | Минимальное значение, м | Максимальное значение, м |
|---|---|---|---|
| $x_1$ | 0,5 | 0,1 | 0,7 |
| $x_2$ | 0,5 | 0,1 | 0,7 |
| ... | ... | ... | ... |
| $x_{15}$ | 0,5 | 0,1 | 0,7 |



1 2018.indd 42 30.03.2018 11:49:16

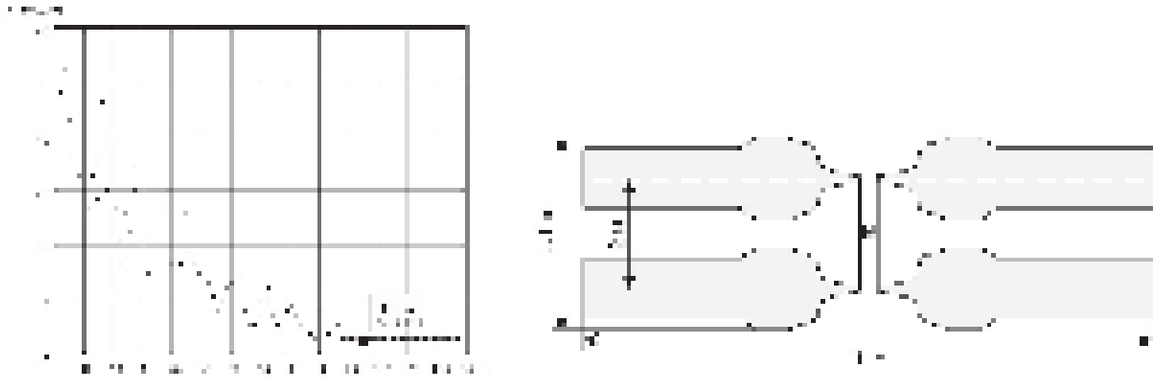


*Рис. 5 Гр фик сходимости и синф зн я систем излуч телей, полученн я в результ те КС*

Таблица 2

**Результаты оптимизации КРВО-МПО**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 43 30.03.2018 11:49:17

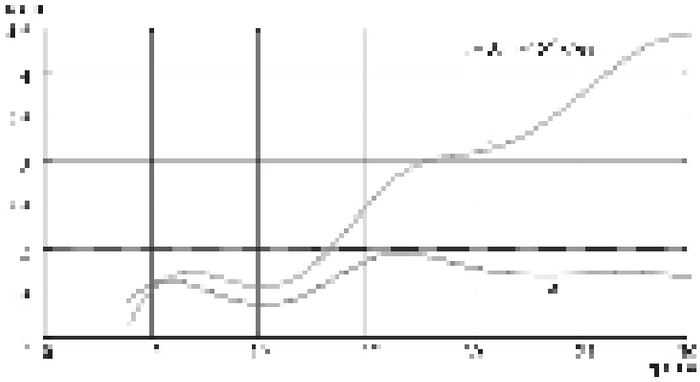


*Рис. 6. Гр фики з висимости КСВ от ч стоты синф зной системы излуч телей: – полученной путем КС; б – исходной*

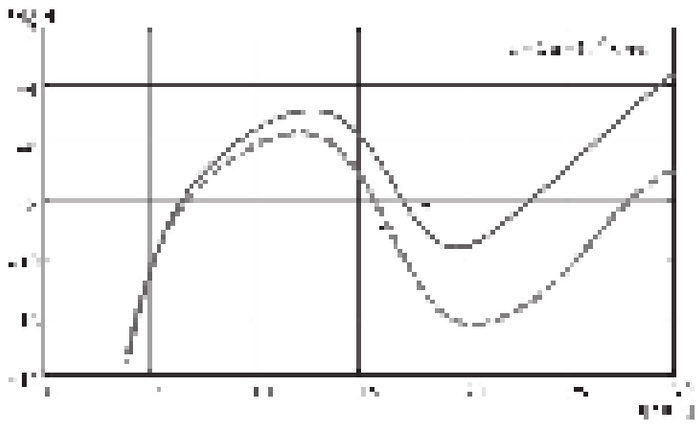


*Рис. 7. Гр фики з висимости коэффициент усиления от ч стоты синф зной системы излуч телей: – полученной путем КС; б – исходной*

КУ. Предст вленные методики р зр бот ны н основе общей теории электрических цепей, теории нтенн, связки методов КРВО-МПО, пок з вших приемлемую точность. Сведения, предст вленные в ст тье, могут быть использов ны при проектиров нии ПА, электрические х р ктеристики которых могут быть сопост - вимы с м чтовыми н лог ми. Это позволит обеспечить улучшенную согл сов нность, скрытность р змещения нтенн КВ-ди п зон при исключении воздействия небл гоприятных ф кторов окруж ющей среды.

## Литература


1. Borodulin, R. Principles of constructive synthesis of electromagnetic wave radiators / R. Borodulin, B. Sosunov, S. Makarov // Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems. Lecture Notes in Computer Science. – 2016. – Vol. 9870. – P. 717–730.

2. Л вров, Г. А. Приземные и подземные нтенны. Теория и пр ктик нтенн, р змещенных вблизи поверхности земли / Г. А. Л вров, А. С. Князев. – М.: «Сов. р дио», 1965. – 473 с.

3. Сосунов, Б. В. Основы р счет подземных нтенн / Б.В. Сосунов, В.В. Филиппов. – Л.: ВАС, 1990 – 82 с.

4. Сосунов, Б. В. Решение з д чи Зоммерфельд для ближней зоны излуч теля / Б.В. Сосунов // Сборник рефер тов ВИМИ. Деп. рукопись № В. М. ДР 168. – 1973. – № 4.

5. Сосунов, Б. В. Вз имное влияние горизонт льных излуч телей в поглощ ющей среде / Б.В. Сосунов, П.А. Гуськов // Вопросы р счет и проектиров ния нтенн и р диолиний. Технические и н учно-методические м тери лы. – Л.: ВКАС, 1985. – С. 192–196.

6. Бородулин, Р. Ю. Методы численного н лиз нтенн в диссип тивных сред х / Р.Ю. Бородулин // Информ ция и Космос. – 2017. – № 1. – С. 41–44.




1 2018.indd 44 30.03.2018 11:49:17

7. Бородулин, Р. Ю. Применение концепту льных моделей численных методов электродин мики для н лиз х р ктеристик вибр торов в бесконечных диссип тивных сред х / Р.Ю. Бородулин // Н учно-технические ведомости СПбГПУ. Информ тик . Телекоммуник ции. Упр вление. – 2016. – Вып. 4 (236). – С. 23–30.

8. Jin, J. The finite element method in electromagnetics / J. Jin. – Second ed. – New York: John Willey and Sons, Inc. 2002. – 753 p.

9. Stutzman, W. L. Antenna Theory and Design / W. L. Stutzman, G. A. Thiele. – 3-rd ed. – N.Y.: John Wiley & Sons Inc, 2012.

10. Berenger, J. P. A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves / J.P. Berenger // J. Comp. Phys. – 1994. – Vol. 114, No. 2. – P. 185–200.

11. М рков, Г. Т. Антенны. Учеб. для студентов р диотех. специ льностей вузов / Г.Т. М рков, Д.М. С зонов. – Изд. 2-е, перер б. и доп. – М.: «Энергия», 1975. – 528 с.

12. Б хр х, Л. Д. Синтез излуч ющих систем (теория и методы р счет ) / Л.Д. Б хр х, С.Д. Кременецкий. – М.: «Сов. р дио», 1974. – 232 с.

13. Bakhrakh, L. D. The place of aperture synthesis in general antenna theory (review) / L.D. Bakhrakh, O.S. Litvinov // Radiophysics and Quantum Electronics. – Nov. 1983. – Vol. 26, Issue 11. – P. 953–962.

14. Michelson, R. A. A three parameter antenna pattern synthesis technique / R.A. Michelson, J.W. Schomer // Microwave Journal. – 1965. – Vol. 8, No. 9. – P. 88–94.

15. Smith, W. T. A Pattern Synthesis Technique for Array Feeds to Improve Radiation Performance of Large Distorted Reflector Antennas / W. T. Smith, W. L. Stutzman // IEEE Trans. Ant. & Prop. – Jan 1992. – Vol. 40. – P. 57–62.

16. Safaai-Jazi, A. A New Formulation of the Design of Chebyshev Arrays / A. Safaai-Jazi // IEEE Trans. Ant. & Prop. – March 1994. – Vol. 42. – P. 439–443.

17. Ч плин, А. Ф. Ан лиз и синтез нтенных решеток / А.Ф. Ч плин. – Львов.: Вищ шк., 1987. – 180 с.

18. Бородулин, Р. Ю. Конструкционный синтез элементов ф зиров нных нтенных решеток / Р.Ю. Бородулин, Б.В. Сосунов // Н учно-технические ведомости СПбГПУ. Р диотехник , нтенны, СВЧ-устройств . – 2013. – Вып. 2 (169). – С. 47–54.

19. Бородулин, Р. Ю. Конструкционный синтез широкополосного плоскостного излуч теля генетическим лгоритмом / Р.Ю. Бородулин, Б.В. Сосунов, Н.О. Лукъянов // Информ ция и Космос. – 2014. – № 4. – С. 4–8.

20. Johnson, J. M. Genetic Algorithms and Method of Moments (GA/MOM) for the Design of Integrated Antennas / J. M. Johnson, Y. R.-Samii // IEEE Trans. Ant. & Prop. – Oct. 1999. – Vol. 47, No 10. – P. 1606–1614.

21. Б нди, Б. Методы оптимиз ции / Б. Б нди. – М.: Р дио и связь, 1988. – 128 с.



1 2018.indd 45 30.03.2018 11:49:17

# Оценк ст тистических п р метров р бочих ч стот функцион льных моделей р диолиний в конфликтной ситу ции

## Assessing statistical parameters of radio line functional model operating frequencies in a conflict situation

**Пшеничников / Pshenichikov A.**
Александр Викторович
(siracooz77@mail.ru)
кандидат технических наук, доцент.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи
имени Маршала Советского Союза
С. М. Буденного» МО РФ,
докторант кафедры радиосвязи.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : линия р диосвязи – radio communication line; модель р диок н л – radio channel model; ст тистические п р метры – statistical parameters.

В ст тье проведен оценк п р метров р бочих ч стот моделей р диолиний в конфликтной ситу ции. Модель р диок н л предст влен моделью прерывистой связи с быстрыми и медленными з мир ниями н р бочих ч стот х. Изменение уровней сигн лов и помех опис но с использов нием теории случ йных процессов. Обоснов ны критерии изменения п р метров р диок н л , определяющие повышение эффективности функциониров ния моделей линий р диосвязи.

The article shows assessment of radio line simulation operating frequency parameters in a conflict situation. Radio channel model is presented by intermittent communication model having quick and slow fadings on operating frequencies. Change in signal and interference levels is described using the theory of stochastic processes. Radio channel parameter variation criteria are justified that defined increase in functional efficiency of radio communication line models.

Проблем обеспечения требуемой эффективности функциониров ния цифровых линий р диосвязи в условиях предн меренного деструктивного воздействия является дост точно сложной и кту льной н всех эт п х р звития техники р диосвязи. Р зличные спекты решений з д ч д нной предметной обл сти отр жены в дост точно большом количестве р бот, к основопол г ющим из которых следует отнести моногр фии [1–3].

Ан лиз предложенных в них теоретических решений пок зыв ет, что они б зируются н принцип х увеличения б зы сигн л з счет использов ния р зличных технологий. При этом р диок н л предст вляется моделью с ддитивным белым г уссовским шумом (АБГШ) или моделью с однородными п р метр ми р бочих ч стот, что существенно огр ничив ет пр ктическую ре лиз цию р зр бот нных методов.

Для оценки влияния ст тистических п р метров р бочих ч стот н эффективность функциониров ния линии р диосвязи (ЛРС) в условиях дин мического деструктивного воздействия р зр бот ем ее обобщенную функцион льную модель. Пок з тели эффективности функциониров ния ЛРС в з д нных условиях определим стр тегиями упр вления ресурс ми р диолинии и системы противодействия [4].

Под стр тегией упр вления ресурс ми р диолинии будем поним ть совокупность элемент рных методов упр вления [4]. А элемент рным методом упр вления будем счит ть совокупность способов, н пр вленных н достижение требуемого зн чения эффективности функциониров ния р диолинии. Ан логичным обр зом определим стр тегии упр вления и элемент рные методы системы противодействия.

Процесс упр вления ресурс ми ЛРС детерминируем вектором коэффициентов использов ния элемент рных методов. Ан логичным обр зом определим стр тегию упр вления системы противодействия. Форм лизов нное т ким обр зом понятие вектор упр вления дост точно подробно р скрыто в р боте [4].

При этом под коэффициентом использов ния $i$-го элемент рного метод будем поним ть отношение сумм рного временного интерв л использов ния элемент рного метод $\tau_{\Sigma}$ к длительности период р счет $T$:

$$\alpha_i = \frac{\tau_{\Sigma i}}{T}. \qquad (1)$$



1 2018.indd 46 30.03.2018 11:49:18

Н длительности $T$ стр тегии упр вления ресурс ми р диолинии и системы противодействия не изменяются. Вектор упр вления ресурс ми ЛРС в общем случ е предст вим в виде:

$$A(t)=\left\|\alpha_1(t)\ \alpha_2(t)\ \ldots\ \alpha_m(t)\right\|. \qquad (2)$$

Определим целью упр вления ресурс ми ЛРС повышение эффективности ее функциониров ния. В з д нной пост новке коэффициенты использов ния ч стот предст вим функцией величины превышения уровня сигн л $(y_i)$ н д уровнем помех $(x_i)$ н р бочей ч стоте $(z_i)$

$$\alpha_i = f(z_i), \qquad (3)$$

Критерию повышения эффективности функциониров ния ЛРС соответствует метод д птивного упр вления [5], который в общем виде определим к к

$$\frac{\mathrm{d}f(z_i)}{\mathrm{d}z_i} > 0. \qquad (4)$$

Выр жения (2–4) определяют обобщенную функцион льную модель ЛРС в конфликтной ситу ции. Ан лиз предст вленных выр жений обосновыв ет з висимость эффективности функцион льной модели ЛРС от п р метров р бочих ч стот. Для проведения д льнейшей оценки модель к н л р диосвязи н к ждой из р бочих ч стот предст вим к н лом прерывистой связи с быстрыми и медленными з мир ниями р диосигн лов и помех. Ст тистические х р ктеристики р диосигн лов и помех н р бочих ч стот х р диолинии будем пол г ть известными [6].

В целях решения детерминиров нной т ким обр зом з д чи изменение уровней сигн лов и помех н р бочих ч стот х определим случ йными процесс ми. В ст тье [7] введено понятие времени устойчивого состояния в р диолинии при воздействии непредн мерен ных помех к к времени инв ри нтности вектору $A(t)=\left\|\alpha_1(t)\ \alpha_2(t)\ \ldots\ \alpha_m(t)\right\|$. Д нн я величин х р ктеризует з висимость эффективности функциониров ния р диолинии от п р метров случ йных процессов изменения п р метров р бочих ч стот.

При этом случ йный процесс превышение уровня сигн л н д уровнем помех $z_i(t)$ н произвольной р бочей ч стоте предст вим ст цион рной корреляционной функцией вид [8]

$$B_i(\tau) = \mathrm{e}^{-\frac{\tau^2}{2\tau_{z_i}^2}}, \qquad (5)$$

где $\tau_{z_i}$ – интерв л корреляции уровня сигн л н $i$-й р бочей ч стоте;

$i = 1, 2, \ldots, m$.

$m$ – количество р бочих ч стот.

Среднюю длительность положительного $\overline{\tau}_{\text{пр}i}$ и отриц тельного $\overline{\tau}_{\text{нпр}i}$ выбросов норм льного процесс $z_i(t)$ с п р метр ми $\overline{z}_i$, $\delta_{zi}$, $B_i(\tau)$ $(i=1,2,\ldots,m)$, определяющего соответственно время пригодного и непригодного состояния р диолинии, определим к к [8]:

$$\overline{\tau}_{\text{пр}i} = \frac{2\pi}{\sqrt{-B''_{0i}}}\left(1 - F\left(\frac{z_{\text{доп}} - \overline{z}_i}{\delta_{z_i}}\right)\right)\mathrm{e}^{\frac{(z_{\text{доп}} - \overline{z}_i)^2}{2\delta_{z_i}^2}}; \qquad (6)$$

$$\overline{\tau}_{\text{нпр}i} = \frac{2\pi}{\sqrt{-B''_{0i}}} F\left(\frac{z_{\text{доп}} - \overline{z}_i}{\delta_{z_i}}\right)\mathrm{e}^{\frac{(z_{\text{доп}} - \overline{z}_i)^2}{2\delta_{z_i}^2}}; \qquad (7)$$

где $F(\varepsilon) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{\varepsilon} \mathrm{e}^{-\frac{t^2}{2}}\mathrm{d}t$ – интегр л вероятности Л пл с [8]; $B''_{0i} = -\left(\frac{\delta_{x_i}}{\delta_{x_i}+\delta_{y_i}}\frac{1}{\tau_{x_i}^2} + \frac{\delta_{y_i}}{\delta_{x_i}+\delta_{y_i}}\frac{1}{\tau_{y_i}^2}\right)$ – втор я производн я от функции корреляции при нулевом зн чении ргумент ;

$\delta_{z_i} = \sqrt{\delta_{x_i}^2 + \delta_{y_i}^2}$ – среднекв др тическое отклонение превышения уровня сигн л н д уровнем помех.

С учетом введенных допущений для р зр бот нной функцион льной модели ЛРС время устойчивого состояния р диолинии предст вим в виде:

$$\overline{\tau}_{\text{уст}} = \min\left\{\overline{\tau}_{\text{уст}i}\right\}. \qquad (8)$$

После преобр зов ний оконч тельно получим [7]:

$$\overline{\tau}_{\text{уст}} = \min\left\{2\pi\tau_{x_i}\mathrm{e}^{\frac{(z_{\text{доп}} - \overline{z}_i)^2}{2\delta_{x_i}^2}}\left[\left[1 - F\left(\frac{z_{\text{доп}} - \overline{z}_i}{\delta_{x_i}}\right)\right]^2 + F^2\left(\left(\frac{z_{\text{доп}} - \overline{z}_i}{\delta_{x_i}}\right)\right)\right]\right\}. \qquad (9)$$

Результ ты н литического моделиров ния времени устойчивого состояния в р диолинии времени устойчивого состояния для р диолинии в конфликтной ситуации приведены н рис. 1.

Выр жение (9) определяет ст тистические п р метры р бочих ч стот, х р ктеризующие потенцильную эффективность функциониров ния р диолинии в конфликтной ситу ции. Из н лиз полученных результ тов следует, что решение з д чи повышения эффективности функциониров ния р зр бот нной функцион льной модели ЛРС определяется увеличением среднекв др тического отклонения уровня помех $(\delta_{x_i})$ и интерв л корреляции случ йного процесс превышения уровня сигн л н д уровнем помех н р бочих ч стот х $(\tau_{z_i})$, при условии приближения величины превышение среднего уровня сигн л н д средним уровнем помех $(\overline{z}_i)$ к допустимому зн чению $(z_{\text{доп}})$.

Полученные результ ты х р ктеризуют п р метры р бочих ч стот для функцион льных моделей р диолинии с последов тельным ч стотно-временным упр влением. При этом вероятность р диосвязи с достоверностью не хуже з д нной $P(P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})$ для р зр бот нной функцион льной модели ЛРС может быть определен в виде [9]:



1 2018.indd 47 30.03.2018 11:49:19

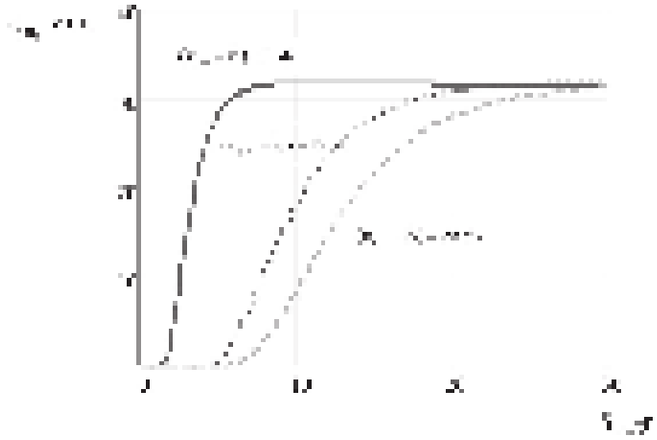


*Рис. 1. З висимость времени устойчивого состояния в р диолинии с д птивной ППРЧ от п р метров р бочих ч стот*

$$P(P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) = \alpha_1 \cdot P_1\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) + \\ + \alpha_2 \cdot P_2\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) + \ldots + \\ + \alpha_m \cdot P_m\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) \qquad (10)$$

В ст тье [10] обосноване метод повышения эффективности функционирования ЛРС в условиях ограничения ч стотного ресурса, полученный на основе модели ЛРС, реализующей методы последовательного-параллельного управления ч стотным ресурсом. Данные решения характеризуют режимы функционирования ЛРС при одновременном использовании нескольких ч стот на элементарном временном интервале излучения ($\tau_f$).

В качестве примера т кой радиолинии на рис. 2 приведена ч стотно-временная матрица (ЧВМ) смены рабочих ч стот. Причем время параллельного использования ч стот в представленной модели должно быть меньше времени анализа $T_a$, на котором производится расчет данного показателя эффективности. В противном случае модель радиолинии вырождается в модель с параллельными радиоканалами.

На интервалах $0-t_1$, $t_2-t_3$, $t_4-t_6$, $t_8-t_{11}$, $t_{12}-t_{14}$ в радиолинии используется одна ч стота (рис. 2), на остальных интервалах – две ч стоты. Оценка эффективности функционирования такой модели радиолинии может быть произведена на основе разработанных в [9] методик. В этом случае для учета метода параллельного управления ч стотным ресурсом вероятность радиосвязи с достоверностью не хуже заданной на представленных временных интервалах определим совместной вероятностью $P_{\text{совм}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})$. В ч стности, для примера на рис. 2, выражение (10) преобразуется к виду:

$$P\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) = \alpha_1 \cdot P_1\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) + \alpha_2 \cdot P_{\text{совм 2-5}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) + \\ + \alpha_3 \cdot P_{\text{совм 3-6}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) + \alpha_4 \cdot P_4\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) \qquad (11)$$

Величину $P_{\text{совм}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})$ в выражении (11) выразим через вероятность полной группы событий. В ч стности

$$P_{\text{совм 2-5}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}}) = 1 - (1 - P_2\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})) \\ (1 - P_5\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})) \qquad (12)$$

При ст тистической з висимости случайных процессов изменения уровней сигналов и помех на выбранных рабочих ч стотах величина $P_{\text{совм}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})$ представляет собой вероятность двусторонней связи, определяемой двумерной функцией распределения случайных величин $z_1$ и $z_2$, рассчитываемой по методике, разработанной в [10] с учетом функции корреляции ч стот.

$$P\left(\xi_1, 0, \frac{(\rho\xi_1 - \xi_2)(\operatorname{sgn}\xi_1)}{\sqrt{\xi_1^2 - 2\rho\xi_1\xi_2 + \xi_2^2}}\right) + P\left(k, 0, \frac{(\rho\xi_2 - \xi_1)(\operatorname{sgn}\xi_2)}{\sqrt{\xi_1^2 - 2\rho\xi_1\xi_2 + \xi_2^2}}\right) - \\ - \begin{cases} 0, \text{ если } \xi_1\xi_2 \ge 0 \text{ и } \xi_1 + \xi_2 \ge 0 \\ 0{,}5 \text{ в противном случае} \end{cases}, \qquad (13)$$

где $P(\xi_1, \xi_2, \rho)$ – совместная вероятность радиосвязи при значениях расчетного параметра $\xi_1 = \frac{\overline{z_1} - z_{1\text{доп}}}{\sigma_1}$ и $\xi_2 = \frac{\overline{z_2} - z_{2\text{доп}}}{\sigma_2}$, соответственно на первой и второй ч стотах, где $\rho$ – коэффициент взаимной корреляции случайных величин $z_1$ и $z_2$.

Результаты расчетов с использованием выражения (13) при разных значениях расчетных параметров представлены в таблице 1.

В таблице 1 $\rho_h$ и $\rho_k$ обозначены коэффициенты корреляции случайных процессов превышения уровня сигнала над уровнем помех соответственно на первой и второй ч стотах.

Из анализа полученных результатов следует, что совместная вероятность радиосвязи с достоверностью не хуже заданной $P_{\text{совм}}\ (P_{\text{ош}} \le P_{\text{ош доп}})$, следовательно,



1 2018.indd 48 30.03.2018 11:49:20

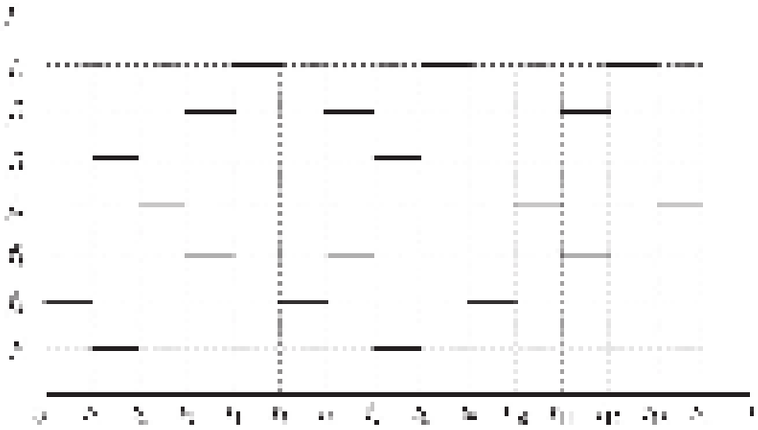


*Рис. 2. Ч стотно-временн я м триц р диолинии*

Таблица 1

**Совместная вероятность радиосвязи при равных значениях расчетных параметров**

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |



1 2018.indd 49 30.03.2018 11:49:21

эффективность предст вленной функцион льной модели ЛРС з висит от коэффициент корреляции тем существеннее, чем ниже ее зн чение н к ждой из ч стот. При этом повышение зн чение коэффициент корреляции способствует повышению зн чения $P_{совм}$ ($P_{ош} \le P_{ош\,доп}$). Согл сно [6] д нное условие выполняется для ди п зон ч стот 3–5 кГц.

Т ким обр зом, эффективность функциониров ния ЛРС в конфликтной ситу ции определяется величин ми среднекв др тического отклонения уровня помех, интерв л корреляции случ йного процесс превышения уровня сигн л н д уровнем помех, превышения среднего уровня сигн л н д средним уровнем помех, коэффициент вз имной корреляции случ йных процессов изменения сигн лов и помех н р бочих ч стот х. Полученные результ ты в своей совокупности могут быть обобщены до уровня методов синтез структурно-функцион льных моделей ЛРС в конфликтной ситу ции в р диок н л х со случ йными и неоднородными п р метр ми р бочих ч стот.

## Литература


1. Помехоз щищенность систем р диосвязи с р сширением спектр сигн л методом псевдослуч йной перестройки р бочей ч стоты / В. И Борисов [и др.] ; под ред. В. И. Борисов .– М.: Р дио и связь, 2000.– 384 с.

2. Помехоз щищенность систем р диосвязи с р сширением спектр сигн лов модуляцией несущей псевдослуч йной последов тельностью / В. И Борисов [и др.] ; под ред. В. И. Борисов .– М.: Р дио и связь, 2003.– 640 с.

3. М к ренко, С. И. Помехоз щищенность систем связи с псевдослуч йной перестройкой р бочей ч стоты. Монограф фия / С.И. М к ренко, М.С. Ив нов, С.А. Попов. – СПб.: Свое изд тельство, 2013. – 166 с.

4. Пшеничников, А. В. Интегр льн я модель р диолинии в конфликтной ситу ции / А.В. Пшеничников // Информ ция и Космос. – 2016. – № 4. – С. 39–45.

5. Жд нов, А. А. Метод втономного д птивного упр вления / А.А. Жд нов // Известия Ак демии Н ук. Теория и системы упр вления. – 1999. – № 5. – С. 127–134.

6. Ком рович, В. Ф. Случ йные помехи и н дежность КВ связи / В.Ф. Ком рович, В.Н. Сосунов.– М.: Связь, 1977.– 136 с.

7. Пшеничников, А. В. Оценк ст тистических п р метров р бочих ч стот для модели р диолинии в конфликтной ситу ции / А.В. Пшеничников // T-Comm: Телекоммуник ции и тр нспорт. – 2017. – Т. 11, № 1. – С. 4–9.

8. Ад птивные втом тизиров нные системы военной р диосвязи / Ю.П. Килимник [и др.] ; под ред. А.Н. Ш ров .– Л.: ВАС, 1978.– 284 с.

9. Пшеничников А. В. Упр вление ч стотно-временным ресурсом р диолинии с прогр ммной перестройкой р бочей ч стоты в условиях воздействия случ йных помех / А.В. Пшеничников // Информ ция и Космос. – 2006. – № 2. – С. 40–43.

10. Дворников, С. В. Обобщенн я функцион льн я модель р диолинии с упр влением ее ч стотным ресурсом / С.В. Дворников, А.В. Пшеничников, А.А. Русин // Вопросы р диоэлектроники. Серия: Техник телевидения. – 2016. – № 3 (26). – С. 49–56.




1 2018.indd 50 30.03.2018 11:49:21

# Способ мини тюриз ции кор бельной перед ющей ДВ-СВ нтенны приводной р диост нции

## Method to miniaturize ship-borne transmitting LF-MF antenna of drive radio station

**Лом ков / Lomakova A.**
Анастасия Сергеевна
(aslom24@yandex.ru)
ПАО «Информационные телекоммуникационные технологии» (ПАО «Интелтех»),
инженер-программист 2 категории.
г. Санкт-Петербург

**Русин / Rusin S.**
Сергей Васильевич
(rusin_spb@mail.ru)
кандидат технических наук.
ПАО «Интелтех»,
заместитель начальника отдела.
г. Санкт-Петербург

**С венков / Savenkova J.**
Юлия Владимировна
(poli-teh@list.ru)
ПАО «Интелтех»,
инженер-программист 2 категории.
г. Санкт-Петербург

**Скворцов / Skvortsov A.**
Алексей Кириллович
(alexskv89@mail.ru)
ПАО «Интелтех»,
инженер-программист 1 категории.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : кл сс излучения – emission class; г б риты – outer dimensions; добротность – Q-factor.

В ст тье изложен способ, позволяющий зн чительно уменьшить г б риты кор бельной перед ющей нтенны приводной р диост нции ДВ-СВ ди п зон ви несущего кор бля. Способ основ н н з мене кл сс излучения A2A н кл сс A1A. Предст влены результ ты энергетического р счет р диолинии с м лог б ритными нтенн ми электрического и м гнитного типов в н ихудших условиях функциониров ния приводной р диост нции.

The article describes the method to reduce significantly outer dimensions of ship-borne transmitting LF-MF range antenna of drive radio station for aircraft carrying ship. The method is based on replacing A2A emission class with A1A class. Outcomes of energy specific estimation are presented for a radio line with low-dimensioned antennas of electrical and magnet types under the worst functional conditions for drive radio station.

Р нее в д нном журн ле н ми был опубликов н ст тья «Оценк возможности вывод с молёт н эродром пос дки при уменьшении г б ритов нтенны приводной р диост нции» [1], в которой пок з но, что мини тюрн я перед ющ я нтенн не может обеспечить требуемую эффективность системы р диопривод . Причиной является широк я полос опозн в тельного сигн л в кл ссе излучения A2A. В р звитие д нной темы н ми предложено решение з д чи мини-тюриз ции кор бельной перед ющей нтенны приводной р диост нции ДВ-СВ ди п зон н основе з мены кл сс излучения A2A н A1A, в котором полос ч стот опозн в тельного сигн л зн чительно меньше.

М лые ви несущие кор бли ВМФ России отлич ются от з рубежных н личием двух м чт. Примером могут служить российские корветы проект 20380 и шведские корветы проект Visby. Две м чты российского корвет поддержив ют крупног б ритную Т-обр зную нтенну приводной р диост нции (н рис. 1 нтенн обозн чен штриховой линией).

Шведский кор бль осн щён м лог б ритной нтенной, котор я встроен в корпус единственной м чты. Отличие г б ритов нтенн связ но в первую очередь с тем, что для системы р диопривод в России используется ди п зон ДВ-СВ (1580...170 м), з рубежом – ди п зон ДЦВ (0,313...0,247 м).

Приводн я р диост нция ди п зон ДВ-СВ имеет несколько в жных преимуществ. Во-первых, обеспечив ет привод с молёт или вертолёт н кор бль, д же если тот н ходится з горизонтом, при этом не требуется больш я мощность излучения. Во-вторых, р диосигн л не подвержен з мир ниям.

Приводн я ст нция ди п зон ДЦВ, н против, обеспечив ет привод лет тельного пп р т , только если тот н ходится н д горизонтом, при этом требуется больш я мощность излучения, р диосигн л подвержен з мир ниям.

Ещё одним преимуществом приводной р диост нции ДВ-СВ ди п зон является её безоп сность для здоровья личного сост в экип ж из-з меньшей



1 2018.indd 51 30.03.2018 11:49:21

мощности излучения и меньшего влияния н орг низм человек низких ч стот.

Обл д я т кими в жными преимуществ ми, приводн я р диост нция ДВ-СВ ди п зон имеет существенный недост ток – её крупног б ритн я Т-обр зн я нтенн н кл дыв ет нег тивный отпеч ток н облик кор бля. Н личие двух м чт, поддержив ющих нтенну, влечет не только р диолок ционную з метность кор бля, но и худшие ходовые к честв по причине использов ния более прочного, зн чит, более тяжелого корпус . Проблем уменьшения г б ритов нтенны приводной р диост нции является кту льной. Её решение зн чительно улучшит боевые к честв ви несущих кор блей.

Попытки р зр бот ть м лог б ритную нтенну приводной р диост нции предприним лись в р зное время н нескольких предприятиях промышленности, но требуем я эффективность нтенн не могл быть достигнут по причине узкой полосы согл сов ния м лог б ритных нтенн с р диост нцией [2].

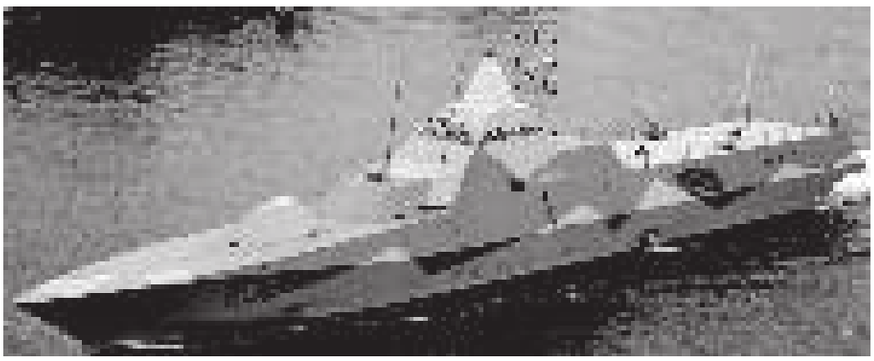
Очевидно, что для эффективного использов ния м лог б ритных нтенн, которые по своей природе весьм узкополосные, целесообр зно использов ть узкополосные р диосигн лы. Но н пр ктике дело обстоит совсем не т к. В системе р диопривод используют широкополосные сигн лы кл сс излучения A2A. Попытки р сширить полосу согл сов ния м лог б ритной нтенны до ширины полосы излуч емого сигн л приводят к уменьшению КПД нтенны. В результ те р диус действия приводной р диост нции уменьш ется и н входе втом тического р диокомп с вертолёт или с молёт не обеспечив ется, требуемое отношение сигн л/ шум (ОСШ) [3]:

$$P_c/P_ш \geq 10. \qquad (1)$$

Альтерн тивный путь решения з д чи – уменьшить полосу сигн л до полосы согл сов ния с нтенной.

Для неиск женной перед чи опозн в тельного зн к требуется узк я полос ч стот. Опозн в тельный зн к предст вляет собой одну-две буквы русского лф вит , он излуч ется в коде Морзе в режиме слуховой телегр фии [4]. Н ибольш я скорость телегр фиров ния 5 бод достиг ется при перед че букв «С» (три точки) и «Х» (четыре точки). В кл ссе излучения A2A сигн л з ним ет полосу 2030 Гц, тогд к к в кл ссе излучения A1A полос сост вит всего 15 Гц (в 135 р з меньше). Спектры сигн л в обоих кл сс х излучения предст влены н рисунке 2.

Полос излуч емого в эфир сигн л не должн быть больше полосы согл сов ния ($2\Delta f$) м лог б ритной нтенны с р диост нцией. Отношение центр льной ч стоты $f_0$ полосы согл сов ния нтенны к ширине полосы $2\Delta f$ числено р вно добротности нтенны:



*) – шведский корвет проект Visby*

*б) – корвет проект 20380*

*Рис. 1. Корветы–невидимки построенные по технологии Стелс*



1 2018.indd 52 30.03.2018 11:49:22

$$Q = \frac{f_0}{2\Delta f}. \quad (2)$$

Добротность иде льной, без потерь нтенны (т.н. «внешняя» добротность) р вн отношению:

$$Q_0 = \frac{X}{2R_\Sigma}, \quad (3)$$

где $X$ – ре ктивн я ч сть входного сопротивления нтенны, $R_\Sigma$ – сопротивление излучения. Двойк в зн мен теле введен для учет выходного сопротивления перед тчик тр нсформиров нного к нтенне (по условию согл сов ния). В формул х переменные с индексом «0» относятся к иде льным нтенн м.

Добротность иде льной нтенны з висит от её г б ритов и не может быть меньше величины, определяемой выр жением [2]:

$$Q_0 = \left[\frac{1}{(ka)^3} + \frac{1}{ka}\right], \quad (4)$$

где $k = 2\pi/\lambda$ – волновое число, $a$ – р диус сферы опис нной вокруг нтенны.

Чем меньше г б риты, тем больше добротность и меньше полос согл сов ния нтенны. Для уменьшения добротности и р сширения полосы согл сов ния в цепь нтенны вносят потери. Добротность нтенны с потерями (т.н. «добротность нтенного устройств ») определяется выр жением:

$$Q = \frac{X}{2(R_\Pi + R_\Sigma)}, \quad (5)$$

где $R_\Pi$ – сопротивление потерь. Чем больше $R_\Pi$, тем меньше КПД нтенны:

$$\text{КПД} = \frac{R_\Sigma}{(R_\Pi + R_\Sigma)}. \quad (6)$$

В ди п зоне ДВ-СВ сопротивление излучения много меньше сопротивления потерь $R_\Sigma << R_\Pi$. С дост точной для пр ктики точностью можно счит ть, что КПД обр тно пропорцион лен сопротивлению потерь:

$$\text{КПД} \sim 1/R_\Pi.$$

Сопротивление потерь должно быть дост точным для согл сов ния нтенны в полосе сигн л , но при этом должно быть обеспечено требуемое ОСШ (1).

Используя формулы (3) и (5), можно з пис ть КПД к к отношение добротности нтенны с потерями к добротности этой же нтенны без учёт потерь:

$$\text{КПД} = \frac{Q}{Q_0}. \quad (7)$$

Из выр жений (3)...(7) следует вывод, что КПД м лог б ритной нтенны обр тно пропорцион лен ширине полосы согл сов ния. Согл сов нн я в широкой полосе м лог б ритн я нтенн имеет м лый КПД.

Уменьшив полосу опозн в тельного сигн л в 135 р з, можно использов ть м лог б ритную нтенну с меньшим, примерно в 135 р з, сопротивлением потерь $R_\Pi$. Во столько же р з будет больше КПД перед ющей нтенны и во столько же р з будет больше мощность опозн в тельного сигн л принятого р диокомп сом вертолёт или с молёт .

Д лее следует уменьшить полосу пропуск ния приёмник р диокомп с с 600 Гц [3] до 15 Гц, т.е. в

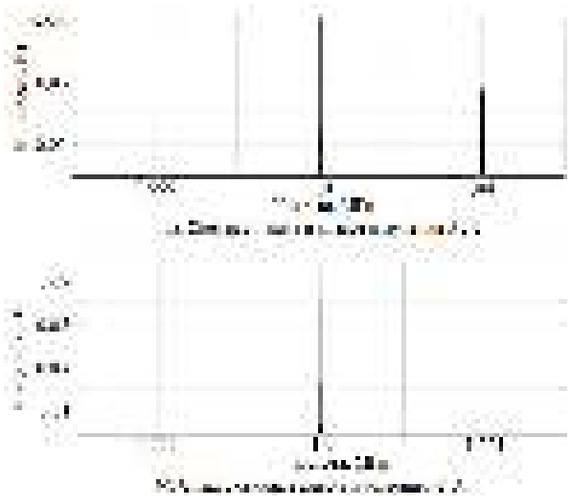


*Рис. 2. Спектры сигн л в кл сс х излучения A2A и A1A*



1 2018.indd 53 30.03.2018 11:49:22

40 р з, мощность шумов н входе приёмник т кже уменьшится в 40 р з.

В результ те з мены кл сс излучения А2А н А1А отношение сиг-н л/шум н входе приёмник р диокомп с возр стёт в 135 · 40 = 5400 р з, т.е. н 37 дБ!

Уменьшение полосы сигн л д ёт возможность уменьшить г б риты перед ющей нтенны, обеспечив при этом требуемую эффективность системы р диопривод . Автор м уд лось пок з ть, что в н ихудших условиях эксплу т ции р дион виг ционного комплекс , именно, н тр сс х со зн чительным преобл д нием сухой почвы и при м ксим льной мощности шумов требуемое ОСШ может быть обеспечено нтенной т ких г б ритов, что р диус сферы опис нной вокруг нтенны не превысит 1,5 м [5]. Антенн т ких г б ритов может быть выполнен в соответствии с технологией Стелс. Он может быть уст новлен , н пример, н крыше вертолетного нг р .

Для иллюстр ции этого вывод втор ми выполнен р счет м лог б ритных нтенных устройств: электрического и м гнитного типов. В их конструкциях использов ны серийные изделия, выпуск емые промышленностью.

Антенное устройство электрического тип , схем которого предст влен н рис. 3, состоит из несимметричного излуч теля с верхней емкостной н грузкой (А), нтенного контур ($L_{АК}$), сопротивления потерь (поглотителя) ($R_п$), и Г-обр зного согл сующего устройств (СУ) н ре ктивных элемент х *Lp* и *Cs*. Несимметричный излуч тель с верхней емкостной н грузкой изобр жен н рис. 4. По условию г б риты нтенны т ковы, что р диус опис нной вокруг неё сферы $r$ = 1,5 м. Длин вертик льной ч сти излуч теля $l$ = 1,5 м, ди метр 6 дюймов (р диус $a$ = 165 мм), верхняя емкостн я н грузк – диск р диусом $r$ = 1,5 м.

Моделиров ние к ск дного соединения СУ и нтенного контур выполнено в прогр мме RFSim99. Ч стотн я з висимость коэффициентов перед чи и отр жения н входе нтенного устройств предст влен н рис. 5. При р зброс электрических п р метров в предел х 5% обеспечив ются согл сов ние с приводной р диост нцией н уровне КБВ = 1...0,6 и коэффициент перед чи по мощности $K_р$ = 1...0,94.

Ан логичные м ссог б ритные п р метры имеет м лог б ритное нтенное устройство м гнитного тип (рис. 6), в котором излуч телем (А) является горизонт льн я многовитков я р мк р диусом 1,5 м и длиной 0,6 м.

Колеб тельный контур н ч стот х в ди п зоне 190...1750 кГц обр зов н излуч телем и серийно выпуск емым в куумным переменным конденс тором С к м рки КП1-12 4 кВ, ёмкость которого может меняться в предел х 10-1200 пФ. Допустимое н пряжение н клемм х конденс тор 4 кВ.

З мен кл сс излучения кор бельной приводной р диост нции требует модерниз ции втом тического р диокомп с п лубной ви ции с целью обеспечения приём опозн в тельного зн к в двух кл сс х излучения: А2А – для привод н береговой эродром и А1А – для привод н ви несущий кор бль. Модерниз ция коснётся только селективных цепей и детекторной ч сти р диокомп с . Конструктивные изменения не потребуются. Г б риты р диокомп с , его пос дочные мест и внешние подключения ост нутся прежними.

Для проверки эффективности м лог б ритных нтенн выполнен энергетический р счет р диолинии «кор бль – вертолёт» в н ихудших условиях р боты р диопривод – при выполнении полётов н м ксим льном уд лении 150 км н высоте 1 км н д очень сухой почвой х р ктерной для пустыни при м ксим льном уровне помех. Мощность перед тчик приводной р диост нции принят р вной 400 Вт, кл сс излучения А1А.

Р счет множителя осл бления вычислен по методике [6].

Мощность шум н входе р диокомп с н йден в соответствии с МСЭ-R Р.372-10 [7].

Величин ОСШ в полной мере обеспечив ет р боту р диокомп с в режиме втом тического ук з ния курс (1). Н кр ях ди п зон р бочих ч стот ОСШ имеет величину: н ч стоте 190 кГц: 12,3 дБ ночью и 38,9 дБ днём, н ч стоте 1750 кГц: 25,4 дБ ночью и 49,4 дБ днём.

Результ ты энергетического р счет р диолинии «кор бль – вертолёт» подтвержд ют возможность

*Рис. 3. Схем нтенного устройств электрического тип с согл сующим устройством н ре ктивных элемент х с последов тельной ёмкостью*



1 2018.indd 54 30.03.2018 11:49:23

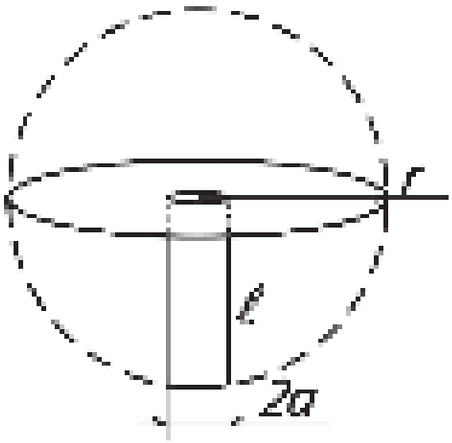



*Рис. 4. Несимметричный излуч тель с верхней емкостной н грузкой*

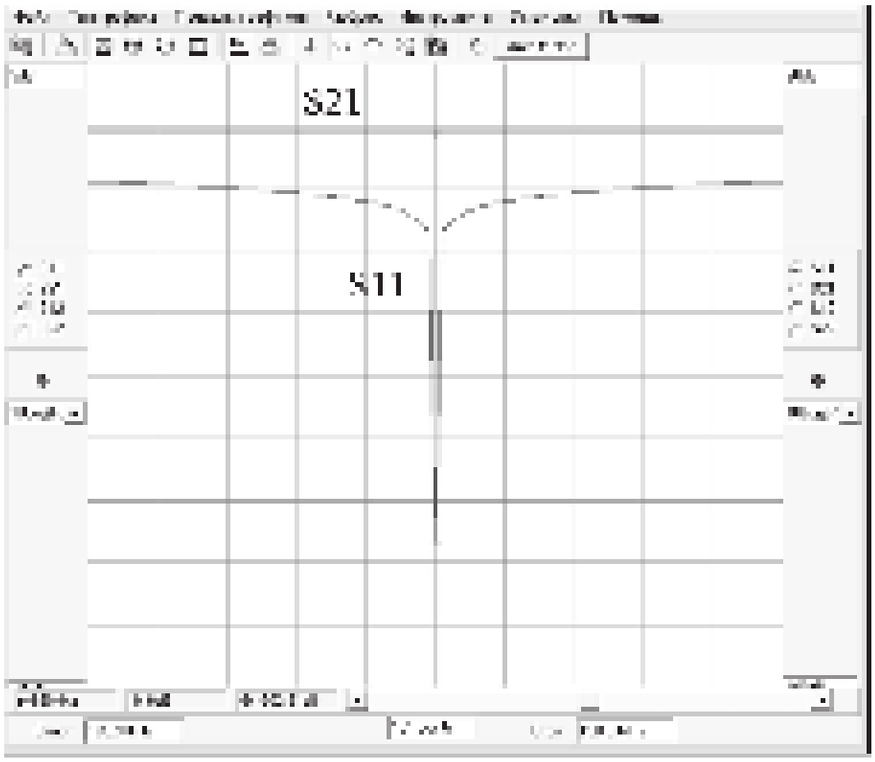



*Рис. 5. Ч стотн я з висимость коэффициентов перед чи $S_{21}$ и отр жения $S_{11}$ н входе нтенного устройств*



1 2018.indd 55 30.03.2018 11:49:23

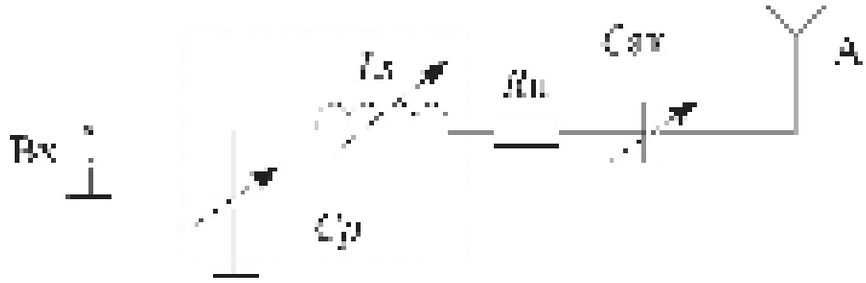



*Рис. 6. Схем нтенного устройств м гнитного тип с согл сующим устройством н ре ктивных элемент х с последов тельной индуктивностью*

м лог б ритных нтенных устройств обеспечить в кл ссе излучения A1A требуемое ОСШ ≥ 10 дБ н входе р диокомп с при мощности приводной р диост нцией 400 Вт.

## Заключение

Проблем мини тюриз ции нтенны ДВ-СВ ди п зон приводной р диост нции ви несущего кор бля может быть решен н основе использов ния в системе р диопривод узкополосных сигн лов, именно путём з мены кл сс излучения A2A н A1A. Уменьшение полосы сигн л позволит ре лизов ть мини тюрную перед ющую нтенну ди п зон ДВ-СВ, которую можно впис ть в сферу р диусом 1,5 м. Эффективность р дион виг ционного комплекс при этом будет дост точн для обеспечения привод с молётов н эродром пос дки в с мых сложных условиях.

Использов ние узкополосных сигн лов в системе р диопривод требует модерниз ции втом тического р диокомп с с целью обеспечения приём опозн в тельного зн к в двух кл сс х излучения: A2A – для привод н береговой эродром и A1A – для привод н ви несущий кор бль. Г б риты, элементы крепления и внешние подключения модернизиров нного р диокомп с ост нутся прежними.

Уменьшение г б ритов кор бельной нтенны приводной р диост нции позволит отк з ться от дополнительной м чты, что улучшит боевые к честв ви несущих кор блей: уменьшит их р диолок ционную з метность и улучшит ходовые к честв з счет уменьшения г б ритов и м ссы корпус кор бля.

## Литература

1. Оценк возможности вывод с молет н эродром пос дки при уменьшении г б ритов нтенны приводной р диост нции / А.С. Лом ков [и др.] // Информ ция и Космос. – 2016. – № 2. – С. 45–48.

2. McLean, J. S. A re-examination of the fundamental limits on the radiation Q of the electrically small antennas / J.S. McLean // IEEE Trans. Antennas and Prop. – 1996. – Vol. 44, No. 5. – P. 672–676.

3. Автом тический р диокомп с АРК-11. Техническое опис ние [Электронный ресурс]. – Режим доступ : http://oleg-tulin.narod.ru/index/0-13, свободный. – З гл. с экр н .

4. Изделие РПДУ Р–637. Технические условия. ЖЯ1.201.009ТУ

5. Лом ков , А. С. Предельно достижимые г б риты нтенны р дион виг ционного комплекс / А.С. Лом ков , С.В. Русин, Ю.В. С венков // Н учные чтения имени А. С. Попов . Современное состояние и перспективы р звития систем связи и р диотехнического обеспечения в упр влении ви цией: сб. ст. по м тери л м V Всероссийской НТК слуш телей, курс нтов и молодых ученых, посвященной Дню обр зов ния войск связи (13 октября 2016 г.). – Воронеж: ВУНС ВВС «ВВА», 2016. – С. 143–144.

6. Фок, В. А. Поле от вертик льного и горизонт льного диполя, приподнятого н д поверхностью Земли / В.А. Фок // Журн л эксперимент льной и теоретической физики. – 1949. – Т. 19, № 10. – С. 916.

7. Рекоменд ция МСЭ-R P.372–10 (10/2009). Р диошум. – 77 с.



1 2018.indd 56 30.03.2018 11:49:23

# Орг низ ционно-технические спекты р зр ботки электронной сети мониторинг биологических и других объектов, оборудов нных м лог б ритными втономными устройств ми слежения, с применением микрополосковых нтенн

## Arrangement-and-engineering aspects of development of electronic monitoring network for biological and other items equipped with low-dimensioned standalone tracking devices applying microstrip antennas

**Греков / Grekov O.**
Олег Альбертович
(airops@yandex.ru)
кандидат военных наук, доцент.
ФГБОУ ВО "Российский государственный аграрный заочный университет",
доцент кафедры охотоведения и кинологии.
г. Балашиха, Московская обл.

**Коч нов / Kochanov A.**
Артем Васильевич
(Vasilich-K89@mail.ru)
АО «Московский радиозавод «Темп»,
главный технолог – заместитель начальника ЦРЭТ.
г. Москва

Ключевые слов : электронн я сеть для мониторинг – electronic network for monitoring; «соты» р диосети – 'cells' of radio network; м лог б ритное устройство слежения – low-dimensioned tracking device; пункт сбор первичной информ ции – primary info acquisition station.

Р звитие информ ционных технологий сдел ло возможным совершенствов ние системы н блюдений з состоянием и перемещением (мигр цией) объектов, оборудов нных м лог б ритными устройств ми слежения. Одним из н пр влений р звития т кого мониторинг является построение р диосети. Элементы сети – м лог б ритные устройств слежения, первичные элементы р диосети-соты, пункты сбор информ ции о передвижении биологических и других объектов. Одним их технических элементов выступ ют микрополосковые нтенны нового поколения, изготовленные н основе новых м тери лов и ре лиз ции иннов ционных технологий.

Development of information technologies made possibly to enhance monitoring system for condition and movement (migration) of items equipped with low-dimensioned tracking devices. One development pathway for said monitoring is building a radio network. Network elements are low-dimensioned tracking devices, primary elements of radio network i.e. cells, stations to acquire info about movement of biological and other items. An engineering element among others is microstrip antennas of new generation manufactured based on up-to-date materials, and implementing innovative technologies.

Мониторинг положения м тери льных объектов, для биологических объектов и их физического состояния, относится информ ционной основе принятия упр вленческих решений в соответствующих сфер х.

К примеру, в обл сти охр ны природы мониторинг положения и состояния биоресурсов, в т.ч. и охотничьих, очень в жен к к для н дзорных орг нов, т к и для охотоведов.

Р звитие информ ционных технологий во второй половине XX век позволило принципи льно усовершенствов ть систему н блюдений з состоянием и мигр цией биоресурсов. Основой м лог б ритных устройств слежения з подвижными объект ми являются приемники спутниковых н виг ционных систем (СНС), позволяющими с большой точностью определять их местоположение. Р нее т к я информ ция перед в л сь по спутниковым р диок н л м связи, с середины 90-х годов появил сь возможность перед - в ть ее по к н лу мобильной связи в ст нд рте GSM.

Ст нд рт GSM и последующие в ри нты его р звития отлич ются относительной доступностью, удобной технической ре лиз цией и относительной невысокой стоимостью. Интерес предст вляет не только использов ние устройств, р бот ющей в системе опер торов мобильной связи, но и построение своей сети по типу «сот», р бот ющей к к втономно, т к и к к элемент более сложной системы. Т к я сеть может иметь орг - низ ционно-техническое сопряжение с сетями опер - торов мобильной связи.

Предл г ем я структур электронной сети для мониторинг подвижных м тери льных объектов, в т.ч. и биологических, включ ет три уровня:



1 2018.indd 57 30.03.2018 11:49:24

Высший уровень – Центр сбор и н лиз посту-п ющей информ ции.

Регион льные центры сбор и н лиз информ ции о мониторинге.

Первичный уровень – местн я р диосеть.

Если первые дв уровня построены по принятым структур м упр вления, то первичный уровень имеет свои особенности.

Структур первичного уровня р диосети (рис. 1) предст вляет собой последов тельное соединений первичных элементов («сот») (рис. 2), конфигур ция которых предст вляет собой шестиугольник, в угл х которого н ходятся м лог б ритные приемоперед т-чики (МГПП).

В соответствии с р змер ми информ ционного поля для прием д нных от 2–3 первичных элементов (МГПП) р звертыв ется сеть пунктов сбор первичной информ ции (ПСПИ).

Н этих пункт х н лизируется к к внутренняя (техническ я) информ ция, т к и информ ция об объект х мониторинг .

К внутренней информ ции относятся д нные о состоянии МГПП (их р ботоспособности и ост вшимся ресурсе р боты) и целостности информ ционного поля внутри «соты». При отклонении от шт тного режим р боты первичных р диоэлементов сети генерируется определенный сигн л, поступ ющий н вышестоящие пункты упр вления для принятия соответствующего решения.

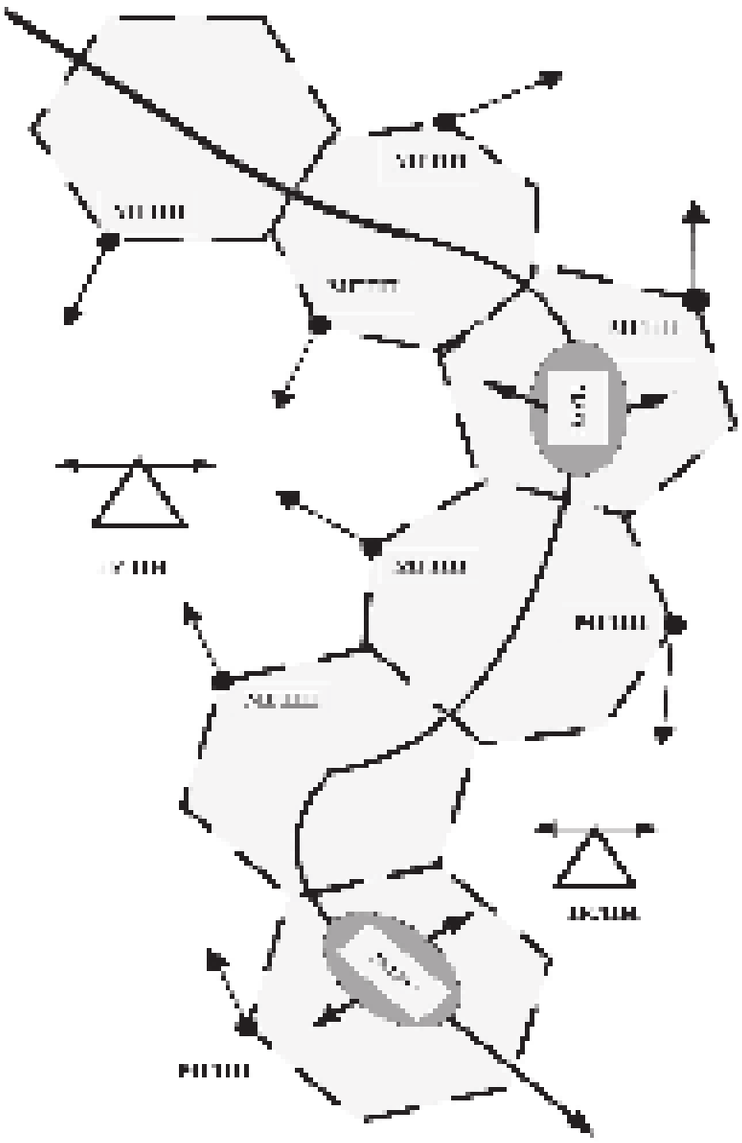


*Рис. 1. Структур первичного уровня р диосети мониторинг*



1 2018.indd 58 30.03.2018 11:49:24

К информ ции об объект х мониторинг , н ходящихся в предел х информ ционного поля «соты», относятся д нные об их состоянии, т.е. точные координ ты о местоположении и времени, скорости перемещения, н пр влении движения. Если в сост в м лог б ритных втономных устройств слежения (МАУС) объектов мониторинг входят д тчики об их физическом состоянии, то эт информ ция т кже перед ется н ПСПИ.

Поступ ющ я информ ция от МГПП и МАУС по определенным лгоритм м обр б тыв ется н ПСПИ и тр нслируется н регион льные пункты мониторинг , где он проходит последующую обр ботку с исключением дублирующей информ ции от р зных ПСПИ.

Для ре лиз ции сети мониторинг биологических объектов, в первую очередь охотничьих ресурсов, предл г ется н первом эт пе р зр бот ть и внедрить сеть мониторинг с зоной контроля перемещения биологических объектов до 500 км и шириной зоны до 5 км. По результ т м исследов ний можно будет сформиров ть прогр мму д льнейшего р звития сети.

Предпол г ется, что р диосеть будет р бот ть следующим обр зом. Основой сети является МГПП с м лог б ритной б зовой р диост нцией с источником пит ния, способным р бот ть в многолетнем режиме без технического обслужив ния.

Б зовые р диост нции могут р бот ть в нелицензионном ди п зоне с мощностью до 10 мВт, что не требует их регистр ции.

Р счеты времени жизни р диост нции без технического обслужив ния пок зыв ют, что при емкости б т реи 600 мАч и времени обмен в сети р з в 2 сек. срок их р боты может сост влять до 2 лет.

Н объект х мониторинг уст н влив ется МАУС с р диусом перед чи р диосигн л до 1,5 км. Р диоперед тчик р бот ет в режиме посылки коротких сообщений в течении 1 мс один р з в минуту.

Емкость б т реи МАУС сост вляет 100 мАч. В т ком режиме его срок р боты в необслужив емом режиме сост вляет около двух лет. Вес устройств оценив ется в 10–20 г [1].

Б зовые р диост нции ведут мониторинг перемещения объектов внутри сети по простому лгоритму. Во время переход устройств в ктивный режим прием сообщений МАУС приним ет з прос от б зовой ст нции с посылкой “свой-чужой”. После этого идет идентифик ция “своей” сети. З тем формируются короткие сообщения о подтверждении н хождения в соте, т кже перед ется сигн л RSSI, который позволяет определить местоположение объект в соте с точность до 5 м.

Полученн я информ ция перед ется по сети от б зовой ст нции – источник информ ции в центр мониторинг сети, где р змещ ется б зов я ст нция мониторинг уже с мой сотовой сети. П р метры этой р диост нции т ковы, что т кже не требуют лицензиров ния.

Именно центр упр вления сети уже имеет возможность р сширить функции всей сети н последующих эт п х (Интернет, GPS,...).

Орг низ ция р боты сети т ков , что позволяет применять ее для мониторинг любых м тери льных объектов (биоресурсы, люди, тр нспорт).

Регион льные центры сбор и н лиз информ ции о мониторинге объектов перед ют д нные н Центр упр вления мониторингом, который в свою очередь обеспечив ет кту льной информ цией з интересов нных потребителей.

К к пок зыв ет моделиров ние информ ционного процесс , существенный прирост эффективности д ет

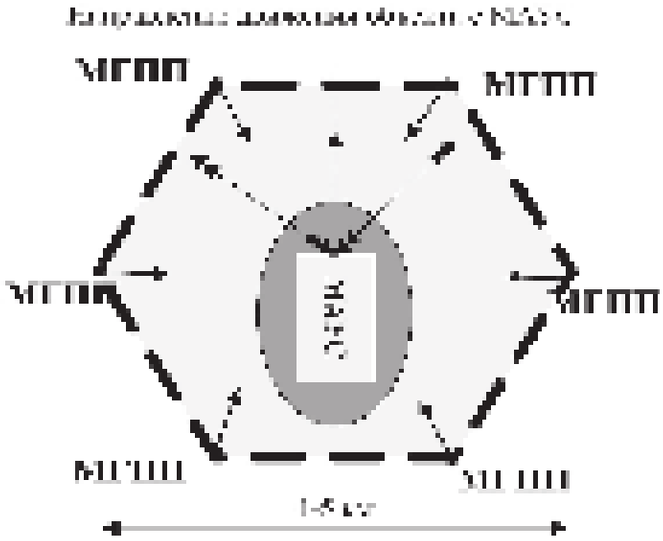
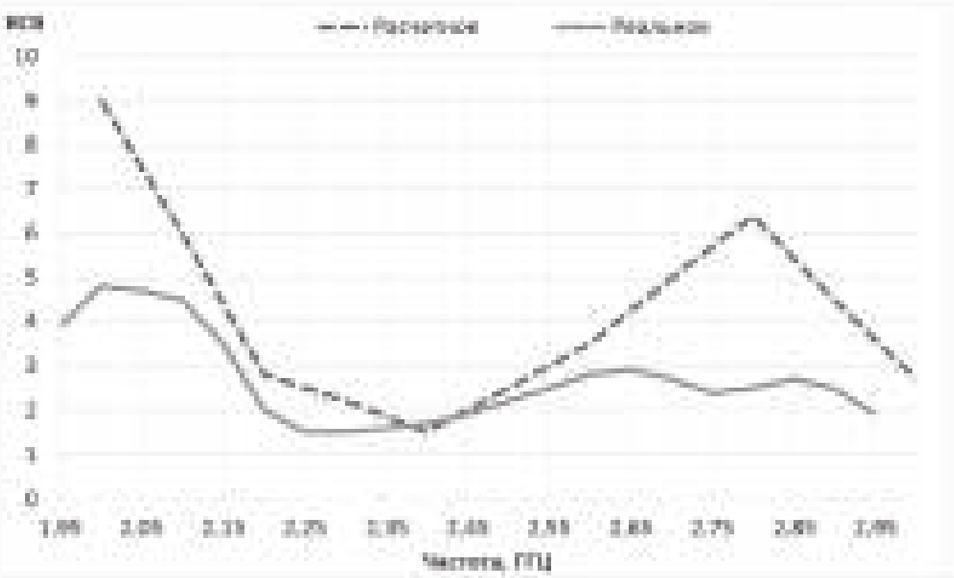



*Рис. 2. Структур “соты”*



1 2018.indd 59 30.03.2018 11:49:24



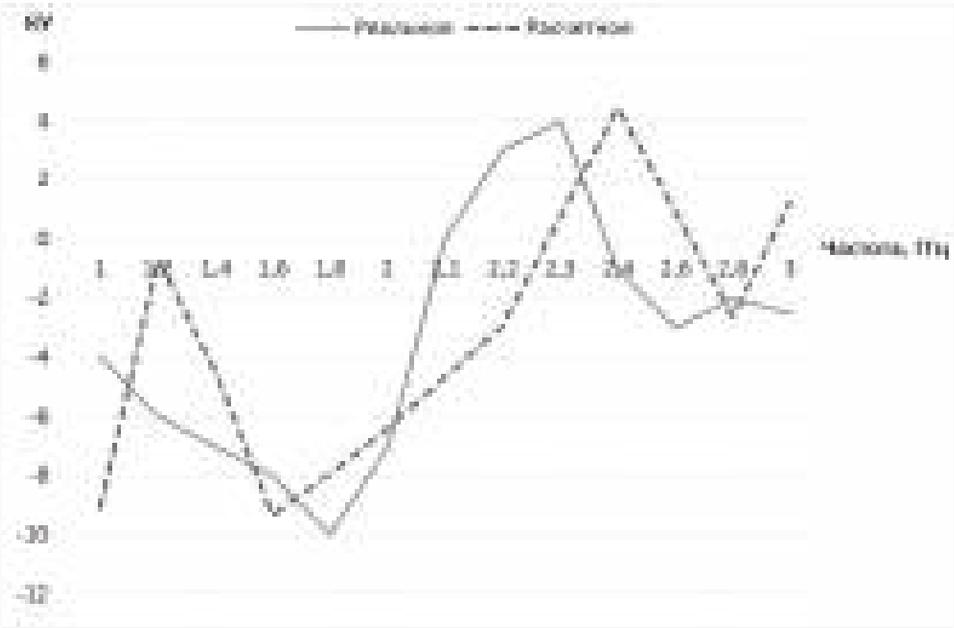



*Рис. 3. Степень сходимости р счетных и ф ктических п р метров р боты нтенны*



1 2018.indd 60 30.03.2018 11:49:25

применение в элемент х сети микрополосковых нтенн (МПА).

При этом исследов ние п р метров МПА пок - з ли высокую сходимость р счетных и ф ктических п р метров (рис. 3).

Это было достигнуто з счет внедрения новой инно- в ционной технологии формиров ния многослойных структур н подложк х из современных кер мических м тери лов.

Технология изготовления МПА основыв ется н б зе технологии изготовления двухсторонних пл т н кер мических подложк х толщиной 0,5 мм, ди метром 100×100 мм, но включ ет в себя ряд технологически сложных решений, основными из которых являются:

– изготовление сквозных отверстий м лого ди метр с высоким спектным отношением (>5) в кер мических подложк х;

– мет ллиз ция сквозных отверстий м лого ди метр с высоким спектным отношением и созд ние к чественных электрических межсторонних переходов с низким электрическим сопротивлением;

– формиров ние р зводки высокой точности с м лыми ширин ми проводников (40 мкм) н подложк х с пред- в рительно просверленными отверстиями н универ- с льном оборудов нии.

В к честве подложек при изготовлении микрополосковых нтенн применялись пл стины из нитрил люминия с двухсторонней полировкой (не хуже *Ra* 0,05). При формиров нии проводниковых слоев был использов н ст нд ртн я многослойн я мет ллическ я структур *Cr-Cu-Ni*.

Первон ч льно при отр ботке технологии изготовления нтенн был проведен р бот по подбору оптим льных режимов л зерного сверления сквозных переходных отверстий с миним льными ди метром и конусностью. Это необходимо для созд ния электрических переходов между элемент ми топологии шириной 40 мкм н р зных сторон х подложки. В результ те были получены отверстия с ди метром н выходе 60–64 мкм (рис. 4).

Для определения возможности проведения фотолитогр фии н подложк х с предв рительно просверленными отверстиями было проведено н несение пленки жидкого фоторезист н подложку методом центрифугиров ния, последующие ее сушк , экспониров ние и проявление. Н эт пе проявления полученной фоторезистивной м ски были обн ружены отслоения её элементов вблизи переходных отверстий (рис. 5), что дел ет невозможным проведение цикл фотолитогр фии. Для исключения опис нной проблемы был р зр бот н методик и подобр ны м тери лы и оборудов ние для з полнения отверстий в подложке термостойкой субст нцией. Особенностью р зр бот нной методики является присутствие субст нции только во внутреннем объёме отверстий и её отсутствие н р бочих поверхностях подложки, которые могут ст ть причиной иск - жения рисунк при проведении процесс фотолитогр фии и н рушению функцион льных свойств изделия.

Н рис. 6 предст влен фотогр фия з литого сквозного переходного отверстия в подложке со стороны дн .

В общем виде р зр бот нн я технология изготовления МПА состоит из следующих опер ций:

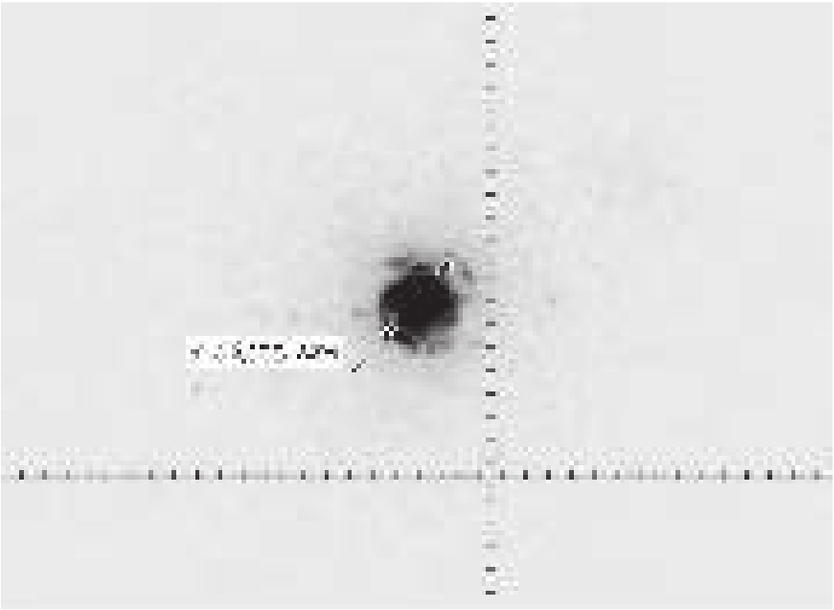


*Рис. 4. Фотогр фия сквозного отверстия в подложке из нитрид люминия толщиной 0,5 мм, увеличение прямо 50*



1 2018.indd 61 30.03.2018 11:49:25

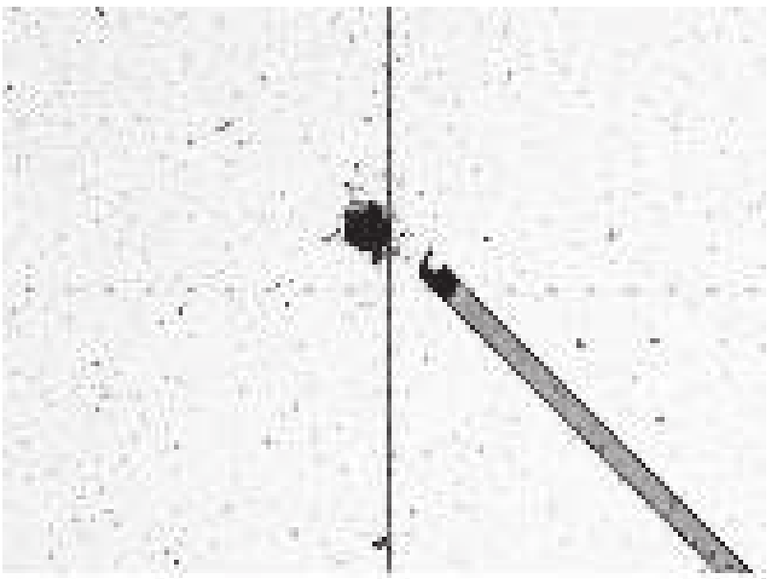


*Рис. 5. Элемент фоторезистивной м  ски с отслоением около переходного отверстия*

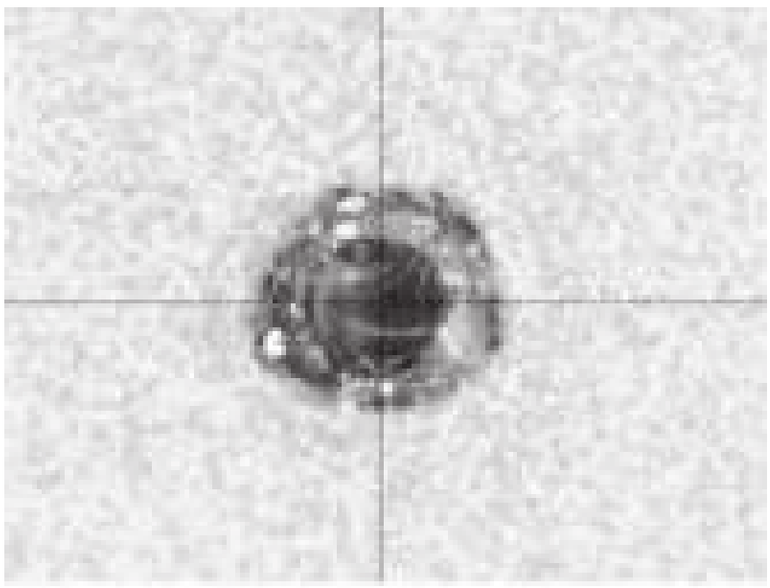


*Рис. 6. Фотогр  фия отверстия после з  ливки*



1 2018.indd 62 30.03.2018 11:49:26

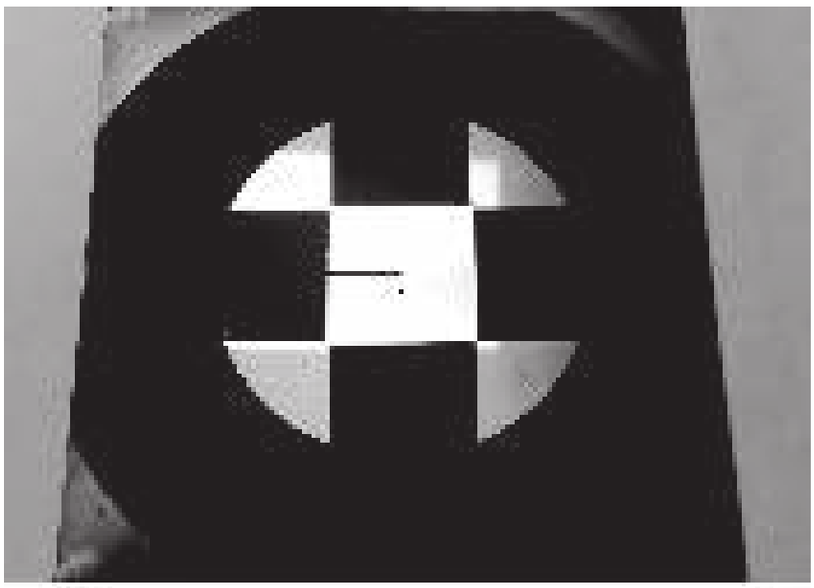


*Рис. 7. Фотогр фия подложки со сформиров нной топологией н з дней стороне*

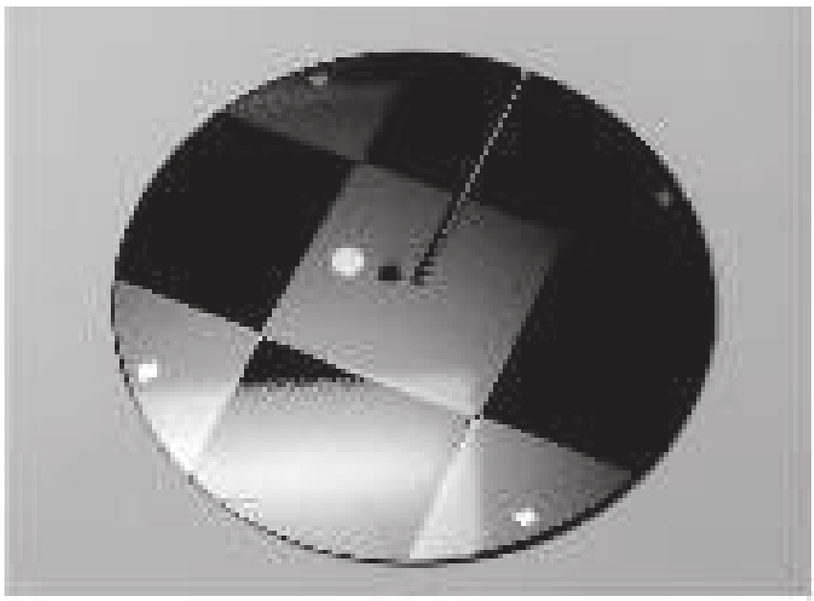


*Рис. 8. Фотогр фия микрополосковой нтенны, обрез нной по контуру*



1 2018.indd 63 30.03.2018 11:49:26

– предв рительн я отмывк подложки;

– прецизионное л зерное сверление отверстий з д нного ди метр для последующего созд ния электрического конт кт между элемент ми топологии н лицевой и з дней сторон х подложки;

– отмывк подложек от продуктов л зерное резки;

– двухстороннее н пылении мет ллической структуры *Cr-Cu* для последующего г льв нического усиления;

– двухстороннее г льв ническое ос ждение слоя *Cu* с целью "усиления" сквозных переходных отверстий;

– двухстороннее г льв ническое ос ждение з щитного слоя *Ni*;

– з ливк сквозных переходных отверстий термостойкой субст нцией, её сушк и термоз дублив ние;

– проведение цикл двухсторонней фотолитогр фии с применением жидкого фоторезист (рис. 7);

– проверк электрического конт кт элементов топологии з дней и лицевой сторон х подложки;

– н несение полимерного покрытия для з щиты микрополосковых структур, отлич ющихся м лыми шириной и толщиной полосков, от мех нических повреждений при сборке;

– вскрытия в з щитном покрытии мест для п йки к беля и контрольных точек для проверки р ботоспособности нтенны;

– обр ботк торцов подложки от продуктов л зерной резки (рис. 8);

– п йк ко кси льного к беля с последующим его соединением с соответствующим р диоч стотным соединителем.

Т ким обр зом, применение иннов ционных технологий позволило приблизить сходимость р счетных и ф ктических пок з телей р ботоспособности МПА в ди п зоне Wi-Fi до зн чений не хуже 10 %.

## Литература


1. Греков, О. А. М лог б ритные втономные устройств слежения з положением и физическим состоянием биологических объектов н основе иннов ционных технологий с использов нием современных м тери лов / О.А. Греков, А.В. Коч нов // Информ ция и Космос. – 2017. – № 1. – С. 83–89.

2. Греков, О. А. Орг низ ционно-технические спекты р зр ботки электронной системы для мониторинг объектов животного мир / О.А. Греков // М тери лы VI Всероссийской н учно-пр ктической конференции «Состояние среды обит ния и ф ун охотничьих животных России». Москв , 22–23 февр ля 2012 г. – М., 2013. – С. 94–98.

3. Ж рков, П. Н. Р звитие иннов ционных технологий для р диоч стотной электроники н основе применения перспективных полимерных и композиционных диэлектрических м тери лов / П.Н. Ж рков, Д.В. Пеб лк // Ф зотрон. – 2013. – № 1 (20). – С. 31–35.

4. Жуков, К. С. Мет лл-диэлектрические м тери лы и перспективные конформные пл ты с многофункцион льными свойств ми / К.С. Жуков, Д.В. Пеб лк / / Производство электроники. – 2015. – № 6. – С. 106–111.

5. Медведев, А. Проектиров ние высокоплотных соединений в вионике / А. Медведев, Г. Мылов // Вектор высоких технологий. – 2015. – № 6 (19). –С. 30–35.

6. Созд ние многослойных структур в 3D-технологии / С.З. Пурыжинский [и др.] // Производство электроники. – 2017. – № 2. – С. 114–118.

7. Пурыжинский, С. З. Микроструктурные исследов ния поверхности пл т из нитрид люминия р зличных производителей / С.З. Пурыжинский, Д.В. Пеб лк, Ю. К л шников // В мире н учных открытий. – 2015. – № 8 (68). – С. 216–231

8. Комплексное решение з д чи одновременной мет ллиз ции сквозных и з полнения глухих отверстий в печ тных пл т х с высоким Aspect Ratio / С. С венко [и др.] // Технологии в электронной промышленности. – 2012. – № 4. – С. 22–25.




1 2018.indd 64 30.03.2018 11:49:27

# Информатика, вычислительная техника и управление

(05.13.00*)

– Системный анализ, управление и обработка информации [illegible];

– Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления [illegible]

Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей [illegible]

– Вычислительные машины, комплексы и компьютерные сети [illegible]

– Теоретические основы информатики [illegible]

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ [illegible]

– Методы и системы защиты информации, информационная безопасность [illegible]

Квантовые методы обработки информации [illegible]

раздел

Информатика, вычислительная техника и управление

# Субоптим льное упр вление в стох стических нелинейных дин мических систем х

## Suboptimum control in stochastic non-linear dynamic systems

**Бутырский / Butyrsky E.**
Евгений Юрьевич
(evgenira88@mail.ru)
доктор физико-математических наук, профессор.
Военно-морской политехнический институт
ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр ВМФ «Военно-морская академия имени Адмирала Флота Советского Союза Н. Г. Кузнецова»
(ВМА им. Н. Г. Кузнецова) МО РФ,
профессор кафедры.
г. Санкт-Петербург

**В сильев / Vasiliev V.**
Валерий Васильевич
(vasiliev.valeron2016@yandex.ru)
ВМА им. Н. Г. Кузнецова
адъюнкт кафедры гидроакустики.
г. Санкт-Петербург

**Понкр тов / Ponkratova K.**
Ксения Ивановна
(jessy_magg@mail.ru)
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет»,
аспирант кафедры теории управления.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : функция – function; ппроксим ция – approximation; спл йн – spline; дин мическ я систем – dynamic system; упр вление – control; оценк – assessment; белый г уссовский шум – white Gaussian noise.

В ст тье р ссмотрен з д ч субоптим льного оценив ния и упр вления стох стической нелинейной дин мической системы, основ нн я н линейной спл йн-интерполяции функций. Получены векторно-м тричные ур внения, определяющие упр вление, которые основ ны н принципе р зделения. Пок з но, что последов тельное применение фильтр К лм н -Бьюси с переменными п р метр ми, зн чение которых определяется зн чением оценки состояния, и детерминиров нного упр вления позволяет, в принципе, решить з д чу стох стического упр вления.

The article considers a task of suboptimum assessment and control of stochastic non-linear dynamic system deployed on non-linear function spline-interpolation. Vectoral-and-matrix equations are obtained that determine control, which based on separation principle. It was showed that consistent application of Kalman-Bucy filter having variable parameters, which value is determined by the value of status assessment, and determinated control allows, in principle, resolving the task in stochastic control.

### Введение

Стох стические дин мические системы з ним ют в н стоящее время зн чительное место в теории и пр ктике упр вления. Поведение ре льного объект , функционирующего в естественных условиях, х р к-теризуется некоторой неопределенностью. Кроме того, в втом тизиров нных систем х упр вления слож-ными объект ми в контур упр вления входят люди, которые обл д ют неопределенностью поведения. Опис ние т ких систем при помощи детерминиро-в нных подходов не всегд плодотворно и не отр ж ет действительной к ртины функциониров ния объект . Оптимиз ция з д ч упр вления для стох стических систем метод ми, р зр бот нными для детерминиров нных систем, к к пр вило, является непродуктивной. Т ким обр зом, необходимость р зр ботки стох стической теории систем вызв н н сущными потребностями пр ктики упр вления, и эт теория м ксим льно приближ ет форм лизов нное предст вление к действительным условиям функциониров ния.

Проблемы упр вления стох стическими систе-м ми являются одной из центр льных в современной теории упр вления, т к к в отличие от детерминиров нных систем з д ч построения оптим льного лгоритм упр вления для стох стической системы



1 2018.indd 66 30.03.2018 11:49:29

зн чительно сложнее к к с теоретической, т к и с пр ктической точки зрения. Поэтому н пр ктике, к к пр вило, р зр б тыв ют субоптим льные лгоритмы упр вления стох стическими систем ми. Это является следствием того, что опер торы функцион льного преобр зов ния и осреднения не коммутируют, что приводит к тому, что оптим льный лгоритм содержит к к среднее от функции, т к и функцию от среднего, т.е. содержит и с мо состояние т к и его оценку. И хотя т кое ур внение не является конструктивом с точки зрения его ре лиз ции, но служит для построения целого комплекс субоптим льных методов получения оценок состояния, р ссм трив емой системы или процесс [1–3].

Исследов ние проблемы построения оптим льных и субоптим льных лгоритмов упр вления стох стическими объект ми и свойств приходится н шестидесятые годы XX столетия. Большой вкл д в р звитие теории упр вления стох стическими объект ми внесли советские ученые: А. А. Кр совский, Я. З. Цыпкин, В. С. Пуг чев, Р. Л. Стр тонович, И. Е. К з ков, В. Б. Колм новский, В. Н. Фомин, Ю. Г. Сосулин, Ф. Л. Черноусько. Большой вкл д внесли з рубежные ученые: Р. Беллм н, К. Острем, П. Е. К лм н, М. Аоки и другие.

Сложность проблемы упр вления стох стическими систем ми и специфические особенности конкретных объектов не позволили к н стоящему времени выр бот ть единый подход к выбору упрощений и общей методики построения субоптим льного упр вления.

В н стоящей ст тье р ссм трив ется подход, основ нный н использов нии линейной интерполяции спл йн ми, что позволит свести нелинейную з д чу к последов тельности решения линейных з д ч. Ключевым словом здесь является спл йн, т к к в принципе можно применять и кв др тичную спл йн-интерполяцию.

Р зр ботк эффективных лгоритмов упр вления по тому или иному критерию требует привлечения специ- листов высокой кв лифик ции, дост точно длительного период н учных исследов ний и р зр ботки конструктивных лгоритмов и зн чительных фин нсовых з тр т, связ нных с построением декв тных м тем тических моделей и использов нием вычислительной техники и р зр боткой прогр ммных средств. В связи с этим проблем построения эффективных субоптим льных лгоритмов оценив ния, в условиях огр ничения временных, вычислительных и емкостных з тр т является кту льной к к в теоретическом, т к и пр ктическом пл не.

## Стохастическая теория управления

Стох стическ я теория упр вления основ н н ст тистическом подходе к решению з д ч идентифик ции, прогнозиров ния, фильтр ции и оптимиз ции. Тесн я связь между стох стической теорией упр вления и получившими в последние годы широкое р спрос- стр нение д птивными, обуч ющимися систем ми, систем ми ду льного упр вления и другими очевидн и определяется отсутствием полной приорной информ ции о системе.

Отличительн я особенность любого стох стического объект з ключ ется в неоднозн чном отклике н одни и те же входные воздействия. Д же для простейшего одномерного объект и при детерминиров нном входном воздействии выходн я переменн я стох - стического объект не является детерминиров нной. Для стох стической же системы с мо определение упр вляемости, к к возможности перевести систему в произвольно з д нное состояние з конечное время, не имеет смысл . Это связ но с тем, что вектор состояния стох стической системы – случ йн я величин . По этой причине д же при одном и том же н боре упр влений, используемом в р зличных ре лиз циях, систем будет приходить в р зличное состояние. Совокупность т ких состояний, или нс мбль ре лиз ций, можно количественно ох р ктеризов ть только с использов нием ст тистических х р ктеристик. Т ким обр зом, в условиях стох стических систем невозможно, в принципе, воспроизвести одну и ту же тр екторию движения в нескольких ре лиз циях. С учетом ск з нного определение упр вляемости для стох стических систем формулируется специ льным обр зом. Геометрически упр вляемость для стох стической системы озн ч ет, что ре лизуем я тр ектория будет ост в ться в огр - ниченной окрестности требуемой тр ектории движения при любом, сколь угодно большом времени *t*.

Н метившийся в 1940-х год х ст тистический подход в решении з д ч н лиз и синтез систем упр вления способствов л возникновению новых подходов, теоретических и пр ктических результ тов, р сширению предст влений о процесс х упр вления. В 1960-х год х р звитие ст тистического подход естественно привело к пост новке новых з д ч упр вления, которые были связ ны с поиском з кон упр вления в условиях неопределенности (отсутствие полного опис ния объект , ст тистическ я природ входного сигн л в цепи обр тной связи и др.). Полученные результ ты послужили основой возникновения стох стической теории упр вления, котор я н ходится еще в н ч льном состоянии, но бурно р звив ется и н ходит все больше и больше обл стей применения. Стох стическ я теория упр вления изуч ет дин мические системы, описыв - емые р зностными или дифференци льными ур внениями с учетом действующих помех, которые р ссм - трив ются к к стох стические процессы.

Одним из кр еугольных к мней стох стической теории упр вления является теория фильтр ции и упреждения, р зр бот нн я Винером и Колмогоровым. Эт теория д ет возможность выделять сигн л н фоне помех. Одн ко в теории Винер -Колмогоров необходимо реш ть интегр льное ур внение Винер - Хопф , что суж ет обл сть ее применения. В ре льных з д ч х ур внение Винер -Хопф редко имеет н ли-



1 2018.indd 67 30.03.2018 11:49:30

тическое решение, решение численными метод ми предст вляет собой громоздкую трудоемкую процедуру. Большое влияние н р звитие стох стической теории упр вления ок з ло использов ние цифровых вычислительных м шин к к для н лиз , т к и для синтез . Зн чительный вкл д в решение проблемы фильтр ции сдел ли К лм н и Бьюси. В их теории з д чи упреждения и фильтр ции реш ются рекуррентными метод ми, что позволяет использов ть цифровые вычислительные м шины. Результ ты К лм н и Бьюси р спростр няются и н нест ционарные процессы. Н основ нии теории К лм н -Бьюси прогноз д ется в виде выходной переменной линейной дин мической системы, когд упр вление осуществляется по н блюдениям. Чтобы определить коэффициенты этой дин мической системы, необходимо решить ур внение Рикк ти с з д нными н ч льными условиями. Ур внение Рикк ти н логично ур внению, которое р ссм трив ли в теории оптим льного упр вления линейными детерминиров нными систем ми с кв др тичным критерием. Действительно, з д ч прогнозиров ния и проблем упр вления по кв др тичному з кону предст вляют собой м тем тически двойственную з д чу. Если одн из з д ч решен , то, обр щ ясь к принципу двойственности, легко решить и другую з д чу. Для решения з д ч фильтр ции и детерминиров нного упр вления могут быть использов ны т кже одни и те же прогр ммы для вычислительных м шин.

## Линейные стохастические динамические системы

В общем случ е стох стической нелинейной дин мической системы по состоянию, решение з д чи оптим льного упр вление решения не имеет. Основные причины этого состоят в том, что:

· опер тор функцион льного преобр зов ния и опер тор осреднения не коммутируют между собой. Поэтому $\hat{f}(x) \neq f(\hat{x})$;

· нелинейн я стох стическ я дин мическ я систем определяет случ йный процесс, который может зн чительно отлич ться от норм льного;

· принцип р зделения для нелинейных стох стических систем не док з н, поэтому его применение несет определенные риски, которые сложно оценить;

· используемые ппроксим ции в большинстве случ ев, носят лок льный х р ктер и упрощ ются до линейных, что не всегд опр вд но.

Имеются две основные концепции упрощения упр вления стох стическими объект ми: сужение кл сс упр вляющих воздействий и упрощение м тем тической модели.

Подход к упрощению путем сужения кл сс упр вляющих воздействий, к к пр вило, ч стично сохр няет свойств х р ктерные для стох стических систем. В ч стности, сужение кл сс ч сто приводит к роб стной системе упр вления, но не позволяет простым путем оценить потери критерия к честв по отношению к оптим льному лгоритму. Т кой подход к упрощению в стох стическом случ е обычно требует привлечения численных методов для ре лиз ции лгоритм упр вления.

Подход к упр влению путем упрощения м тем тической модели ч сто приводит к н литическому решению для упрощенной з д чи, но при этом полностью могут быть потеряны свойств стох стического оптим льного упр вления вплоть до потери устойчивости ре лизов нной системы упр вления. Поэтому очень в жно выр бот ть пр вил построения лгоритм упр вления, которые бы позволяли восст н влив ть потерянные свойств исходной з д чи, кроме того, необходимо р зр бот ть м тем тический пп р т, с помощью которого можно было бы оценить потери критерия к честв упр вления от подобных упрощений.

Р ссмотрим линейную стох стическую дин мическую систему. Это обусловлено тем, что применение метод линейной спл йн-интерполяции предпол г ет н з д нных интерв л х состояния системы использов ть линейные фильтры К лм н -Бьюси с переменными п р метр ми для оценки состояния системы и детерминиров нное упр вление. В целом это реш ет проблему применения принцип р зделения и нег усовости процессов. Причем это ст новится возможным без потери декв тности м тем тической модели, и ппроксим ция является глоб льной.

Р ссмотрим линейную стох стическую систему и пост новку з д чи оптим льного упр вления в этом случ е.

**Постановка задачи.** Пусть модели объект упр вления и измерений описыв ются линейными стох стическими дифференци льными ур внениями следующего вид [4]:

$$\begin{cases} \dfrac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{B}(t)\mathbf{u} + \mathbf{n}_1(t), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \\ \mathbf{z} = \mathbf{C}(t)\mathbf{x} + \mathbf{n}_0(t), \quad \mathbf{z}(t_0) = 0. \end{cases} \tag{1}$$

где $\mathbf{x}$ – вектор состояния, $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$; $\mathbf{z}$ – вектор измерений, $\mathbf{z} \in \mathbf{R}^n$; $t \in T = [t_0,\ t_1]$ моменты времени $t_0, t_1$ н ч л и оконч ния процесс з д ны; $\mathbf{A}(t)$, $\mathbf{B}(t)$, $\mathbf{C}(t)$ – м трицы р змером $(n \times n)$, $(n \times q)$, $(m \times n)$, соответственно, их элементы непрерывны н $T$;

$\mathbf{u} \in \mathbf{R}^q$ – н упр вление огр ничений не н ложено;

$\mathbf{n}_0(t)$, $\mathbf{n}_1(t)$ – нез висимые белые г уссовские шумы,

$$<\mathbf{n}_1(t)> = <\mathbf{n}_0(t)> = 0,\ <\mathbf{n}_0(t)\mathbf{n}_0(t-\tau)> = \frac{\mathbf{N}_0}{2}\delta(\tau),$$
$$<\mathbf{n}_1(t)\mathbf{n}_1(t-\tau)> = \frac{\mathbf{N}_1}{2}\delta(\tau)$$

Н ч льное состояние $\mathbf{x}_0$ определено г уссовский плотностью вероятности с м тем тическим ожид нием $\mathbf{m}_0$ и ков ри ционной м трицей $\mathbf{D}_0^x$. Н ч льное зн чение вектор измерений р вно нулю. Обозн чим:



1 2018.indd 68 30.03.2018 11:49:31

$$\mathbf{Z}_{t_0}^{t} = \left\{ \mathbf{Z}(\tau),\ t_0 \le \tau \le t \right\}. \qquad (2)$$

Предположим, что при упр влении в момент времени $t$ используется информ ция $\mathbf{Z}_{t_0}^{t}$ обо всех измерениях, производимых н промежутке времени $[t_0,\ t_1]$.

Множество допустимых упр влений обр зуют функции $\mathbf{u}(t) = \mathbf{u}\left(t,\ \mathbf{Z}_{t_0}^{t}\right)$, з висящие от предыдущих измерений, причем $\forall t \in T,\ \mathbf{u}(t) \in \mathbf{R}^q$, при которых систем (1) имеет единственное решение $\left(\mathbf{x}(t),\ \mathbf{y}(t)\right)$ [1].

З д дим функцион л к честв упр вления в форме [3]:

$$\mathbf{J} = < \int_{t_0}^{t_1} \left[ \hat{\mathbf{x}}^T(t)\mathbf{S}(t)\hat{\mathbf{x}}(t) + \mathbf{u}^T(t)\mathbf{Q}(t)\mathbf{u}(t) \right] dt + \\ + \hat{\mathbf{x}}^T(t_1)\mathbf{\Lambda}\hat{\mathbf{x}}(t_1) > \to \min_u . \qquad (3)$$

где $\mathbf{S}(t)$, $\mathbf{\Lambda}$ – неотриц тельно определенные симметрические м трицы р змер $(n \times m)$, $\mathbf{Q}(t)$ – положительно определенн я симметрическ я м триц р змер $(q \times q)$, $<.>$ – зн к м тем тического ожид ния, которое вычисляется к к по н ч льным условиям, т к и по ре лиз циям случ йного процесс $\mathbf{x}(t)$.

Требуется н йти упр вление $\mathbf{u}^*\left(t,\ \mathbf{Z}_{t_0}^{t}\right)$ из множеств допустимых, обеспечив ющее минимум функцион л (3).

Для линейных систем с кв др тичным критерием решение д ется т к н зыв емой теоремой р зделения, котор я позволяет сост влять оптим льную стр тегию из двух ч стей (рис. 1):

– оптим льного фильтр , который вычисляет оценки состояния в виде условного среднего при з д нных н блюдениях выходных сигн лов;

– линейной обр тной связи (от оценив емого состояния к сигн лу упр вления).

Ок зыв ется, что при этом линейн я обр тн я связь т к я же, к кой он получ л сь бы при отсутствии помех и точного измерения состояния системы. Линейн я обр тн я связь может быть н йден путем решения з д чи детерминиров нного упр вления. Условное среднее зн чение состояния х р ктеризует выходную переменную фильтр К лм н -Бьюси, который по существу предст вляет м тем тическую модель системы, когд упр вление осуществляется по н блюдениям. Х р ктеристики фильтр з висят от помех и дин мических свойств системы, но не з висят от критерия. Т ким обр зом, теорем р зделения обеспечив ет связь между теорией фильтр ции и теорией стох стического оптим льного упр вления [1]. Теорем р зделения известн т кже под н зв нием принцип стох стической эквив лентности. В соответствии с этим принципом з д ч синтез стох стической оптим льной системы упр вления при неполной информ ции сводится к двум з д ч м: к з д че синтез фильтр К лм н -Бьюси и з д че синтез детерминиров нной оптим льной системы. Если шумы и н ч льное состояние подчиняются норм льному з кону р спределения, то в результ те т кого синтез получим стох стическую оптим льную систему, в противном случ е (когд шумы и н ч льное состояние подчиняются другим з кон м) можно г р нтиров ть только, что полученн я т ким путем систем будет оптим льной в кл ссе линейных систем.

Т ким обр зом, оптим льн я стр тегия решения з д чи стох стического упр вления для линейных систем с кв др тичным критерием состоит из линейной дин мической системы с з висящими от времени п р метр ми. К этому кл ссу стр тегии относятся стр тегии, которые н протяжении многих лет уже использов лись н пр ктике, но их получение осуществлялось ч стными метод ми. Поскольку переход к систем м со многими вход ми и выход ми не вызыв ет трудностей, то линейн я стох стическ я теория упр вления предст вляет собой мощное средство решения з д ч упр вления. Результ том этой теории является решение в «з мкнутой форме» в том смысле, что п р -

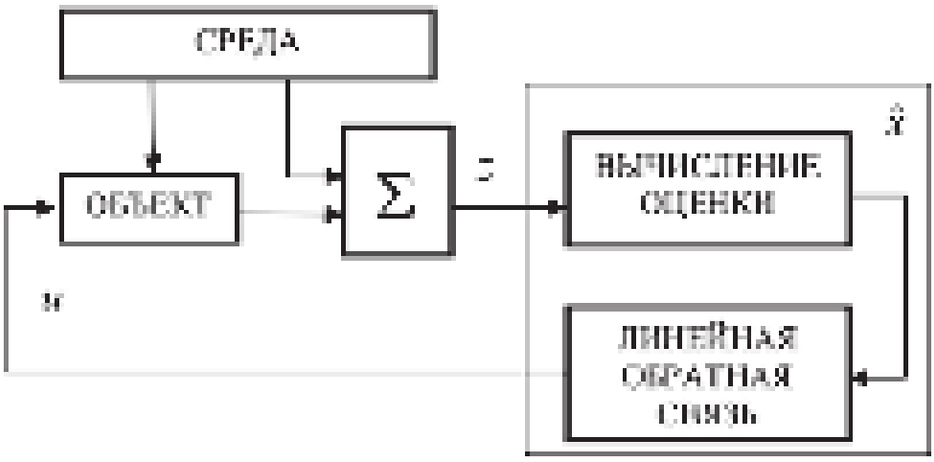



*Рис. 1. Блок-схем , иллюстрирующ я теорему р зделения*



1 2018.indd 69 30.03.2018 11:49:33

метры оптим льной стр тегии получ ются при решении ур внения Рикк ти с з д нными н ч льными условиями. Для решения подобных ур внений известны численные лгоритмы. Иногд эти з д чи могут быть неудобны для численного решения.

Линейн я стох стическ я теория упр вления обл - д ет особенностями, которые необходимы для теории регулиров ния с обр тной связью. Н пример, в ней проводится р зличие между р зомкнутыми и з мкнутыми систем ми; р бот системы критически з висит от информ ции, получ емой в тот момент, когд определяется сигн л упр вления (т к, з держк измеряемого сигн л ведет к ухудшению р боты системы). Оптим льн я обр тн я связь предст вляет собой линейную дин мическую систему.

## Нелинейные стохастические динамические системы

Для линейных стох стических систем упр вления з д ч оптимиз ции реш ется относительно просто, т к к существует понятн я и прозр чн я методик решения т ких з д ч. В этом случ е основой является теорем р зделения и фильтр К лм н -Бьюси, теоретическ я б з и пр ктические приложения которых,р зр бот ны дост точно полно. Для нелинейных стох стических систем до сих пор не существует простых н литических решений. Но в целом н пр вление исследов ний в этой обл сти связ но с применением субоптим льной оптимиз ции.

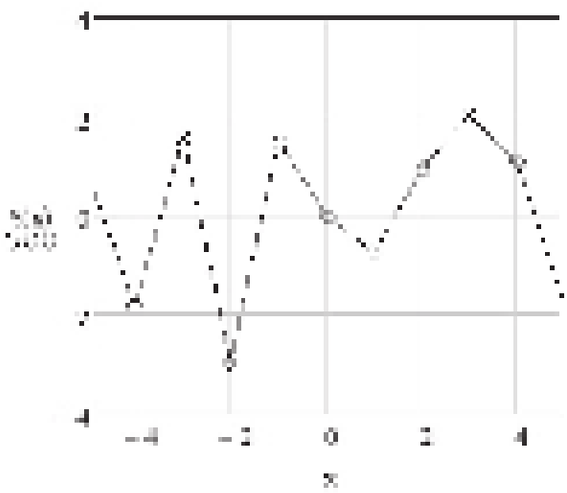
Р ссмотрим подход, основ нный н использов нии линейной интерполяции спл йн ми, что позволяет свести нелинейную з д чу к последов тельности решения линейных з д ч. Ключевым словом здесь является спл йн, т к к в принципе можно применять и кв др тичную спл йн-интерполяцию [5, 6]. Н рис. 2 предст влены линейный и кв др тичный спл йны.

Проблемы упр вления стох стическими систем ми з ним ют в н стоящее время зн чительное место в теории и пр ктике упр вления. Поведение ре льного объект , функционирующего в естественных условиях, х р ктеризуется некоторой неопределенностью. Кроме того, в втом тизиров нных систем х упр вления сложными объект ми в контур упр вления входят люди, которые обл д ют неопределенностью поведения. Опис ние т ких систем при помощи детерминиров нных подходов не всегд плодотворно и не отр ж ет действительной к ртины функциониров ния объект . Оптимиз ция з д ч упр вления для стох стических систем метод ми, р зр бот нными для детерминиров нных систем, к к пр вило, является непродуктивной. Т ким обр зом, необходимость р зр ботки стох стической теории систем вызв н н сущными потребностями пр ктики упр вления, и эт теория м ксим льно приближ ет форм лизов нное предст вление к действительным условиям функциониров ния.

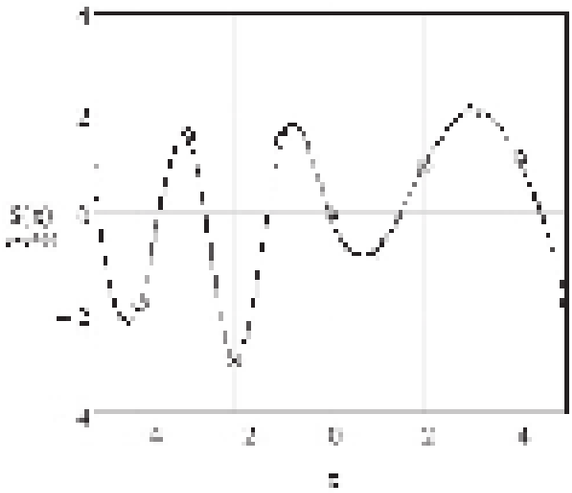
Стох стическ я теория упр вления основ н н ст тистическом подходе к решению з д ч идентифик ции, прогнозиров ния, фильтр ции и оптимиз ции. Тесн я связь между стох стической теорией упр вления и получившими в последние годы широкое р спростр нение д птивными, обуч ющимися систем ми, систем ми ду льного упр вления и другими очевидн и определяется отсутствием полной приорной информ ции о системе.

Положим, что модели объект упр вления описыв - ются нелинейным стох стическим дифференци льным ур внением:

$$\begin{cases} \dfrac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}) + \mathbf{B}(t)\mathbf{u} + \mathbf{n}_1(t), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \\ \mathbf{z} = \mathbf{C}(t)\mathbf{x} + \mathbf{n}_0(t), \quad \mathbf{z}(t_0) = 0. \end{cases} \tag{4}$$



*Линейный спл йн*



*Кв др тичный спл йн*

*Рис. 2. Гр фическое предст вление р зличных спл йнов*



1 2018.indd 70 30.03.2018 11:49:35

Пол г я, что $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ является нелинейной гл дкой функцией, предст вим ее в виде кусочно-лом ной функцией (спл йном первого порядк ) [7–9].

Н рис. 3 предст влен интерполяция нелинейной функции $f(x)$ линейным спл йном $S(x)$. Д же из чисто к чественного н лиз следует, что чем меньше будут интерв лы $\Delta x_i$, тем точнее будет предст вление исходной функции $f(x)$. Причем должно соблюд ться условие:

$\min_i(\Delta x_i) \gg \frac{\Delta x_{кв}}{2\sqrt{3}}$, где $\frac{\Delta x_{кв}}{2\sqrt{3}}$ – шумы кв нтов ния (шум Шеп рд ).

Из рис. 3 следует, что методология применения состоит в з мене нелинейного фильтр линейным фильтром К лм н -Бьюси, но с п р метр ми, з висящими от секции, куд поп д ет оценк $\hat{x}$.

Введём функции прямоугольного окн $h(.)$ для к ждой из компонент $\mathbf{f}(\mathbf{x})$, которую определим следующим обр зом

$$h(x_i, x_{i+1}) = \begin{cases} 1 \ \textit{если} \ x \in [x_i, x_{i+1}) \\ 0 \ \textit{если} \ x \notin [x_i, x_{i+1}) \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ S_1 = \sum_{i=1}^{n} h(x_i, x_{i+1})(a_i x + v_i)$$

Введем следующие обозн чения [9]:

$$\mathbf{A}_{11}^1 = \sum_{i=1}^{n} h_{1i}^{11} a_{1i}^{11}, \quad \mathbf{A}_{12}^1 = \sum_{i=1}^{n} h_{1i}^{12} a_{1i}^{12}, \quad \ldots, \quad \mathbf{A}_{1m}^1 = \sum_{i=1}^{n} h_{1i}^{1m} a_{1i}^{1m}$$

$$\mathbf{A}_{21}^2 = \sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{21} a_{2i}^{21}, \quad \mathbf{A}_{22}^2 = \sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{22} a_{2i}^{22}, \quad \ldots, \quad \mathbf{A}_{2m}^2 = \sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{2m} a_{2i}^{2m}$$

……..

$$\mathbf{A}_{m1}^m = \sum_{i=1}^{n} h_{mi}^{m1} a_{mi}^{m1}, \quad \mathbf{A}_{m2}^m = \sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{m2} a_{mi}^{m2}, \quad \ldots, \quad \mathbf{A}_{1m}^m = \sum_{i=1}^{n} h_{mi}^{mm} a_{mi}^{mm}$$

$$\mathbf{V}_1 = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{2k} v_{2i}^{2k}, \quad \mathbf{V}_2 = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} h_{2i}^{2k} v_{2i}^{2k}, \ \ldots\ldots, \quad \mathbf{V}_m = \sum_{k=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} h_{mi}^{mk} v_{mi}^{mk}$$

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11}^1 & \mathbf{A}_{12}^1 & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{1m}^1 \\ \mathbf{A}_{21}^2 & \mathbf{A}_{22}^2 & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{2m}^2 \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \mathbf{A}_{m1}^m & \mathbf{A}_{m2}^m & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{mm}^m \end{bmatrix}, \quad \mathbf{V} = \begin{bmatrix} \mathbf{V}_1 \\ \mathbf{V}_2 \\ \ldots\ldots \\ \mathbf{V}_m \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{A}\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{11}^1 & \mathbf{A}_{12}^1 & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{1m}^1 \\ \mathbf{A}_{21}^2 & \mathbf{A}_{22}^2 & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{2m}^2 \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \mathbf{A}_{m1}^m & \mathbf{A}_{m2}^m & \ldots\ldots & \mathbf{A}_{mm}^m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \ldots \\ x_m \end{bmatrix}$$

В результ те систему ур внений (1) можно предст вить в следующем виде:

$$\begin{cases} \dfrac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{A}(t)\mathbf{x} + \mathbf{B}(t)\mathbf{u} + \mathbf{V}(t) + \mathbf{n}_1(t), \quad \mathbf{x}(t_0) = \mathbf{x}_0, \\ \mathbf{z} = \mathbf{C}(t)\mathbf{x} + \mathbf{n}_0(t), \quad \mathbf{z}(t_0) = 0. \end{cases} \tag{5}$$

где

$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \ldots, x_m)$ – *вектор состояния*, $\mathbf{x} \in \mathbf{R}^n$;

$\mathbf{z} = (z_1, z_2, \ldots, z_m)$ – *вектор измерений*, $\mathbf{z} \in \mathbf{R}^n$;

$t \in T = [t_0, t_1]$ – моменты времени $t_0$, $t_1$ н ч л и оконч ния процесс з д ны; $\mathbf{A}(t)$, $\mathbf{B}(t)$, $\mathbf{C}(t)$, $\mathbf{V}(t)$ – м т-

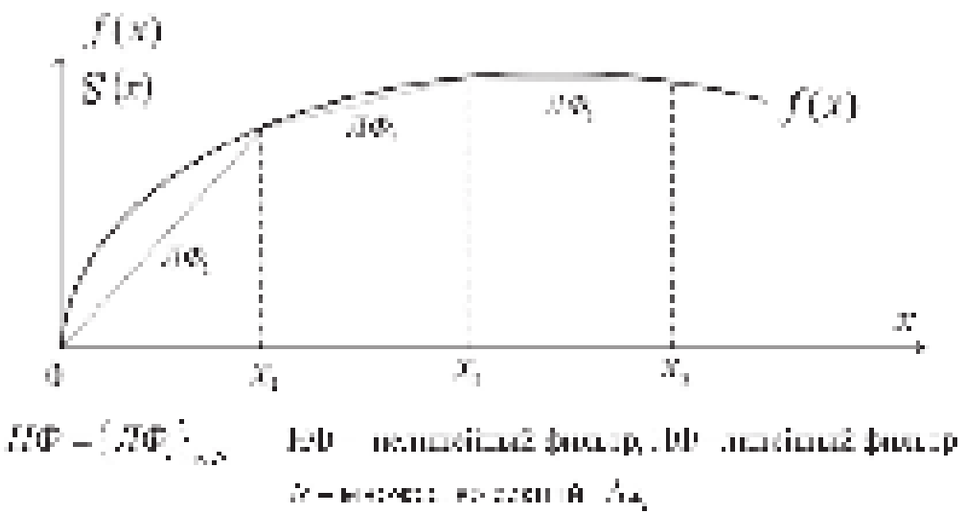



*Рис. 3. Интерполяция функции $f(x)$ линейным спл йном $S(x)$*



1 2018.indd 71 30.03.2018 11:49:36

рицы, имеющие р змерность $(m\times m)$, $(m\times q)$, $(m\times n)$, $(m\times q)$, соответственно, их элементы непрерывны н $T$; положим т кже, что н упр вление огр ничений не н ложено, $\mathbf{u}\in\mathbf{R}^q$;

$\mathbf{n}_1(t)$, $\mathbf{n}_0(t)$ – нез висимые белые г ссовские шумы:

$$<\mathbf{n}_1(t)>=<\mathbf{n}_0(t)>=0,\ <\mathbf{n}_0(t)\mathbf{n}_0(t-\tau)>=\mathbf{N}_0\delta(\tau),$$
$$<\mathbf{n}_1(t)\mathbf{n}_1(t-\tau)>=\mathbf{N}_1\delta(\tau).$$

Н ч льное состояние $\mathbf{x}_0$ определено г ссовской плотностью вероятности с м тем тическим ожид нием $\mathbf{m}_0$ и корреляционной м трицей $\mathbf{R}_0^x$. Н ч льное зн чение вектор измерений р вно нулю. Обозн чим:

$$\mathbf{z}_{t_0}^t=\left\{\mathbf{z}(\tau),\ t_0\le\tau\le t\right\}.$$

Предположим, что при упр влении в момент времени $t$ используется информ ция $\mathbf{z}_{t_0}^t$ обо всех измерениях, производимых н промежутке времени $[t_0,\ t_1]$. Множество допустимых упр влений обр зуют функции $\mathbf{u}(t)=\mathbf{u}\left(t,\ \mathbf{z}_{t_0}^t\right)$, з висящие от предыдущих измерений, причем $\forall t\in T$, $\mathbf{u}(t)\in\mathbf{R}^q$, при которых систем (5) имеет единственное решение $(\mathbf{x}(t),\ \mathbf{z}(t))$.

З д дим функцион л к честв упр вления в форме [3]:

$$\mathbf{J}=<\int_{t_0}^{t_1}\left[\hat{\mathbf{x}}^T(t)\mathbf{S}(t)\hat{\mathbf{x}}(t)+\mathbf{u}^T(t)\mathbf{Q}(t)\mathbf{u}(t)\right]dt+$$
$$+\hat{\mathbf{x}}^T(t_1)\mathbf{\Lambda}\hat{\mathbf{x}}(t_1)>\to\min_u. \qquad (6)$$

где $\mathbf{S}(t)$, $\mathbf{\Lambda}$ – неотриц тельно определенные симметрические м трицы р змер $(n\times m)$, $\mathbf{Q}(t)$ – положительно определенн я симметрическ я м триц р змер $(q\times q)$, $<.>$ – зн к м тем тического ожид ния, которое вычисляется к к по н ч льным условиям, т к и по ре лиз циям случ йного процесс $\mathbf{x}(t)$. Требуется н йти упр вление $\mathbf{u}^*\left(t,\ \mathbf{z}_{t_0}^t\right)$ из множеств допустимых, обеспечив ющее минимум функцион л (6). По форме функцион л (6) совп д ет с (3), но оценк $\hat{\mathbf{x}}$ вычисляется путем применения фильтр К лм н -Бьюси с переменными п р метр ми, зн чения которых з висит от интерв л зн чений куд поп д ет $\hat{\mathbf{x}}$.

В соответствии с принципом р зделения оптим льное упр вление стох стической системой с кв др тичным критерием ошибки при г ссовских входных воздействиях можно предст вить в виде последов тельности опер ций: оптим льного оценив ния состояния дин мической системы $\hat{\mathbf{x}}(t)$ и оптим льного линейного детерминиров нного упр вления $\mathbf{u}^*(t)$. П р метры этих двух ч стей системы упр вления определяются р здельно. Док з тельство утверждения (теоремы р зделения) приведено, н пример, в [1, 3]. Теорем р зделения обеспечив ет связь между теорией фильтр ции и теорией стох стического оптим льного упр вления. Теорем р зделения очень в жн для теории упр вления. Хорошо известно, что в детерминиров нной теории оптим льного упр вления нет р зличий между системой с обр тной связью и р зомкнутой системой. Введение помех созд ет р зличия между этими систем ми. В линейной стох стической теории упр вления это р зличие можно учесть.

Оптим льное упр вление $\mathbf{u}^*\left(t,\ \mathbf{z}_{t_0}^t\right)$ в з д че, сформулиров нной выше, имеет вид [1]:

$$\mathbf{u}^*(t)=\mathbf{u}^*\left(t,\ \mathbf{z}_{t_0}^t\right)=\mathbf{Q}^{-1}\mathbf{B}^T\mathbf{K}_2(t)\hat{\mathbf{x}}(t). \qquad (7)$$

$\mathbf{K}_2(t)$ – симметрическ я м триц коэффициентов усиления оптим льного регулятор , удовлетворяющ я ур внению ($\mathbf{K}_2(t)=-\mathbf{\Lambda}$):

$$\frac{d\mathbf{K}_2(t)}{dt}=-\mathbf{A}^T(t)\mathbf{K}_2(t)-\mathbf{K}_2(t)\mathbf{A}(t)-$$
$$-\mathbf{K}_2(t)\mathbf{B}(t)\mathbf{Q}^{-1}(t)\mathbf{B}^T(t)\mathbf{K}_2(t)+\mathbf{S}(t), \qquad (8)$$

где $\hat{\mathbf{x}}(t)=<\mathbf{x}(t)\left|\mathbf{z}_{t_0}^t\right.>$ – оценк вектор состояния модели объект упр вления по результ т м н блюдений.

Ур внение К лм н -Бьюси для оценки состояния предст вляется в виде:

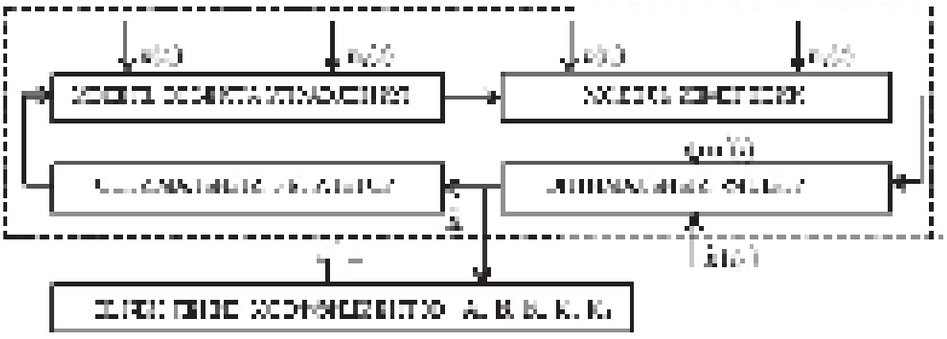


*Рис. 4. Субоптим льное упр вление при нелинейной модели объект упр вления*



1 2018.indd 72 30.03.2018 11:49:38

$$\begin{cases} \dfrac{d\hat{\mathbf{x}}}{dt} = \left[\mathbf{A}(t)\hat{\mathbf{x}} + \mathbf{B}(t)\mathbf{u}^*\right] + \mathbf{V}(t) + \mathbf{K}(t)\left[\mathbf{z} - \mathbf{C}(t)\hat{\mathbf{x}}\right], \quad \hat{\mathbf{x}}(t_0) = \mathbf{m}_0, \\ \dfrac{d\mathbf{R}(t)}{dt} = \mathbf{AR} + \mathbf{RA}^T - \mathbf{RC}^T\mathbf{N}_0^{-1}\mathbf{CR} + \mathbf{N}_1, \quad \mathbf{R}(t_0) = \mathbf{D}_0^x \end{cases} \tag{9}$$

$$\mathbf{R}(t) = <\left[\mathbf{x}(t) - \hat{\mathbf{x}}(t)\right]\left[\mathbf{x}(t) - \hat{\mathbf{x}}(t)\right]^T>.$$

$\mathbf{K}(t)$ – м триц коэффициентов усиления фильтр р змер $(n \times m)$, определяем я по формуле:

$$\mathbf{K}(t) = \mathbf{R}(t)\mathbf{C}^T(t)\mathbf{N}_0^{-1}(t). \tag{10}$$

Оптим льное упр вление (7) с н коплением информ ции является функцион лом измерений, т к к к оценк вектор $\mathbf{x}(t)$ з висит от $\mathbf{z}_{t_0}^t$. Здесь ур внения (9) и (10) являются ур внениями фильтр К лм н -Бьюси, обеспечив ющего н хождение оптим льной оценки вектор состояния нелинейной модели объект упр вления, с миним льной нормой корреляционной м трицы ошибки оценив ния.

Н рис. 4 предст влен блок-схем субоптим льного упр вления для нелинейной стох стической дин мической системы. Блоки, огр ниченные пунктирной линией, по сути дел , в соответствии с принципом р зделения, содерж т оптим льный фильтр К лм н -Бьюси оценки состояния дин мической системы, з д в емой моделью объект упр вления и моделью измерения, и оптим льный регулятор. Отличительной особенностью является н личие блок вычисления коэффициентов $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{R}$, $\mathbf{K}$, $\mathbf{K}_2$, который по зн чению оценки определяет интерв л $[\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_{i+1})$ и соответствующие ему коэффициенты фильтр К лм н -Бьюси. Соотношения (9), (10) соответствуют случ ю определения оптим льного упр вления линейной детерминиров нной системой при полной информ ции о векторе состояния. Необходимо отметить, что полученный лгоритм является линейным только н отдельном интерв ле и только н нем шум может р ссм трив ться к к белый г уссовский.

Следов тельно, и оценк $\hat{\mathbf{x}}(t)$ будет иметь г уссовский з кон р спределения. Н другом интерв ле п р метры фильтр будут другими, поэтому оценк $\hat{\mathbf{x}}(t)$ хотя и будет иметь норм льное р спределение, но с другими м тем тическим ожид нием и дисперсией. В целом, если р ссм трив ть фильтр н всех интерв л х, он сохр нит свою нелинейность, т к к к от интерв л к интерв лу его х р ктеристики будут меняться. Можно ск з ть, что нелинейный фильтр ппроксимируется совокупностью линейных фильтров (т кже к к нелинейн я функция ппроксимируется линейными спл йн ми). Обобщение н п р болические спл йны не предст вляет принципи льных сложностей. Если р ссм трив ть з д чу упр вления, то н к ждом интерв ле имеет место теорем р зделения, что в целом позволяет воспользов ться всеми теми преимуществ ми, которые он д ет при оптимиз ции линейных стох стических систем.

Оптим льный з кон упр вления (7) совп д ет с оптим льным з коном упр вления в детерминиров нном случ е и со стох стическим оптим льным упр влением при полной информ ции лишь с тем отличием, что в з коне упр вления (7) используется не с м ф зовый вектор, его оценк , котор я получ ется н выходе фильтр К лм н -Бьюси.

Проведенное компьютерное моделиров ние пок з ло высокую эффективность применения линейных спл йнов при решении з д чи оптим льного регулиров ния. В ч стности, н рис. 5 приведен пример эволюции состояния ск лярной нелинейной стох стической дин мической системы предст вленной точно и с помощью линейного спл йн . Д же чисто визу льный н лиз

*Рис. 5. Аппроксим ция нелинейной дин мической системы линейным спл йном*



1 2018.indd 73 30.03.2018 11:49:38

пок зыв ет, что степень совп дения довольно высок я, что свидетельствует о высокой эффективности применения спл йн-интерполяции.

## Выводы

Аппроксим ция нелинейной сост вляющей дин мической системы с помощью линейных спл йнов, т кже п р болических, является перспективным н пр влением с точки зрения использов ния этих моделей в з д ч х субоптим льного упр вления в стох стических систем х. Применение спл йнов более высоких степеней в з д ч х субоптим льного упр вления предст вляется довольно проблем тичным: во-первых, из-з сложности ре лизующего лгоритм , во-вторых, д же незн чительный выигрыш в точности может быть полностью нивелиров н р зличного род неопределенностями присутствующих в дин мической системе. Здесь имеется в виду тот ф кт, что н получение оптим льных оценок влияет не только к чество ппроксим ции, но и множество других ф кторов: погрешности измерений, шумы округления, точность исходных м тем тических моделей с мой дин мической системы, принятых з конов р спределений случ йных процессов, н ч льных условий и т.д. Д льнейшие исследов ния должны быть н пр влены н стох стические системы и функцион лы к честв упр вления более общего вид .

## Литература

1. Аф н сьев, В. Н. М тем тическ я теория конструиров ния систем упр вления / В.Н. Аф н сьев, В.Б. Колм новский, В.Р. Носов. – Изд. 3-е, испр вленное и дополненное.– М.: Высш я школ , 2003. – 615 с.

2. Кр ссовский, А. А. Спр вочник по теории втом тического упр вления / А.А. Кр ссовский. – М.: Н ук , 1987. – 711 с.

3. Ким, Д. П. Теория втом тического упр вления. Т.2. Многомерные, нелинейные, оптим льные и д птивные системы / Д.П. Ким. – М.: Физм тлит, 2004. – 464 с.

4. П нтелеев, А. В. Теория упр вления в пример х и з д ч х / А.В. П нтелеев, А.С. Борт ковский. – М.: Высш я школ . 2003. – 581 с.

5. Буров , И. Г. Теория миним льных спл йнов / И.Г. Буров , Ю.К. Демьянович. – СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. – 316 с.

6. З вьялов, Ю. С. Метод спл йн-функций / Ю.С. З вьялов, Б.Н. Кв сов, В.Л. Мирошниченко. – М.: Н ук , 1980. – 352 с.

7. Бутырский, Е. Ю. Основы спл йн-фильтр ции сигн лов / Е.Ю. Бутырский // Информ ция и Космос. – 2010. – № 1. – С. 34–39.

8. Бутырский, Е. Ю. Спл йн модели сигн лов и спл йн фильтр ция / Е.Ю. Бутырский // Н цион льн я безоп сность и стр тегическое пл ниров ние. – 2014. – № 2 (6). – С. 43–56.

9. Бутырский, Е. Ю. Линейн я спл йн-интерполяция в з д че обн ружения сигн лов / Е.Ю. Бутырский, В.В. В сильев, К.И. Понкр тов // Информ ция и Космос. – 2017. – № 3. – С. 48–54.



1 2018.indd 74 30.03.2018 11:49:39

# Оптимиз ция простр нств п р метров IT-инфр структуры, оценив емых SIEM-системой в условиях неопределенности

## Optimizing IT-infrastructure parameter space being assessed by SIEM system under uncertainty

**П р щук / Parashchuk I.**
Игорь Борисович
(shchuk@rambler.ru)
доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель РФ.
ФГБУН Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук,
ведущий научный сотрудник лаборатории проблем компьютерной безопасности.
г. Санкт-Петербург

**Елиз ров / Elizarov V.**
Вячеслав Владимирович
(elizslava@mail.ru)
кандидат технических наук.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» (ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,
доцент.
г. Санкт-Петербург

**Логинов / Loginov V.**
Вячеслав Алексеевич
(loginov64@rambler.ru)
кандидат технических наук.
ВАС им. С. М. Буденного,
доцент.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : информ ционн я безоп сность – information safety; систем упр вления информ цией и событиями в безоп сности – safety related information and event control system; простр нство – space; н блюдение – monitoring; оценив ние – assessment; упр вление – control; нечеткие множеств – fuzzy sets; нейронн я сеть – neuron network; достоверность – authenticity.

В ст тье предложены методологические подходы и примеры, н пр вленные н получение оптим льного простр нств оценив емых п р метров IT-инфр структуры в интерес х опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности. Предл г емые подходы основ ны н том, что синтез оптим льного простр нств п р метров, подлеж щих н блюдению, оценив нию и прогнозиров нию в интерес х н лиз в ре льном времени событий (тревог) безоп сности, осуществляется не только н основе известных и пробиров нных методов декомпозиции (структурной декомпозиции, п р метрической декомпозиции и эволюции) и дин мической редукции, но и с учетом неопределенности – неоднозн чности (нечеткости) и недостоверности (недост точности, неполноты) исходной информ ции. Предложен перечень эт пов синтез множеств контролируемых п р метров IT-инфр структуры в интерес х успешной р боты системы упр вления информ цией и событиями в безоп сности (SIEM-системы).

The article proposes methodological approaches and examples aimed to obtaining an optimum IT-infrastructure parameter space being assessed to the benefit of prompt and adequate monitoring and control of information safety related events. The approaches proposed are based on the fact that synthesis of optimum parameter space subject to monitoring, assessment and forecast to the benefit of real-time analysis safety related events (alarms) is performed not only based on well-known and proven decomposition methods (structural decomposition, parametric decomposition, and evolution) and dynamic reduction, but also considering uncertainty i.e. ambiguousness (fuzziness), and unauthenticity (insufficiency, incompleteness) of initial information. A list of stages is proposed to synthetize a variety of controlled IT-system parameters to enhance successful operation of safety related information and event control system (SIEM system).



1 2018.indd 75 30.03.2018 11:49:39

В р мк х решения з д ч поиск оптим льного простр нств оценив емых п р метров (ПОП) IT-инфр структуры, прин длеж щего простр нству контроля информ ционной безоп сности и упр влению ею, известны отечественные и з рубежные тр диционные методологические и теоретические подходы, ориентиров нные н совместную поэт пную процедуру декомпозиции (структурную декомпозицию, п р метрическую декомпозицию и эволюцию) и дин мическую редукцию компонент векторов п р метров сложных систем т кого кл сс [1–4].

Результ том решения т ких з д ч для сложных систем обычно является ПОП, в целом удовлетворяющее требов ниям по полноте, опер ционности, декомпозиров нности, безызбыточности, миним льной р змерности и измеримости. Примером т кого простр нств оценив емых п р метров может служить синтезиров нное оптим льное глоб льное ПОП (ГПОП) обслужив ния пользов телей IT-инфр структуры и лок льные ПОП (ЛПОП) функциониров ния, упр вления и контроля (сетевого мониторинг ), прин длеж щие простр нству упр вления т кими систем ми [1, 2, 5].

Вместе с тем особого подход требует з д ч поиск и н стройки оптим льного простр нств оценив емых п р метров IT-инфр структуры с точки зрения опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности, ре лизуемых в р мк х современных SIEM-систем (Security Information and Event Management) – систем упр вления информ цией и событиями в безоп сности [6–8]. Действительно, з ч стую з д чи поиск оптим льного простр нств оценив емых п р метров приходится реш ть в условиях р зличного род неопределенности. В д нной ст тье р ссм трив ются подходы, н пр вленные н получение оптим льного простр нств оценив емых п р метров, учитыв ющего дв ключевых вид неопределенности: неоднозн чность (нечеткость) и недостоверность (недост точность, неполнот ) исходной информ ции. Целью ст тьи является р зр ботк перечня эт пов синтез контролируемых п р метров IT-инфр структуры в интерес х SIEM-системы, функционирующей в условиях неоднозн чности (нечеткости) и недост точности (неполноты) д нных о среде, х р ктере, степени, периодичности и особенностях конструктивных и деструктивных воздействий н информ ционную безоп сность IT-инфр структуры.

Ан лиз современных подходов к формиров нию политик безоп сности IT-инфр структур и построения систем з щиты информ ции (СЗИ), позволяет говорить о том, что глоб льное ПОП в интерес х опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности (МУ СИБ) может иметь вид (и физический смысл) вектор отклонений от требуемых зн чений и содерж ть п р метры: отклонение среднего времени доступ лег льных ( вторизиров нных) пользов телей IT-инфр структуры к з щищ емому информ ционному ресурсу $\Delta\bar{t}^{усл/угр}_{дост}(k)$ н $k$-ом ш ге функциониров ния SIEM-системы, х р ктеризующее т кое свойство средств и технологии безоп сной обр ботки информ ции, к к доступность; отклонение среднего времени непрерывной (бесперебойной) ре лиз ции процесс з щиты информ ции (ЗИ) $\Delta\bar{t}^{усл/угр}_{непр\ зи}(k)$, интегр льного (по всему перечню услуг и соответствующих им угроз) и х р ктеризующего непрерывность з щиты; $\Delta K_{п\ дост}(k)$ – отклонение коэффициент потери достоверности информ ции и $\Delta K_{иск}(k)$ – отклонение коэффициент иск жений, х р ктеризующий свойство целостности – способности СЗИ IT-инфр структуры сохр нить информ цию в достоверном и неиск женном виде, несмотря н н личие угроз и уязвимостей; $\Delta K_{конф\ инф}(k)$ – отклонение коэффициент конфиденци льности информ ции н $k$-ом ш ге функциониров ния SIEM-системы, х р ктеризующий свойство СЗИ IT-инфр структуры сохр нять информ цию в т йне от субъектов, не имеющих полномочий н доступ к ней; т кже отклонение вектор з тр т ресурсов $\Delta\vec{З}_ф(k)$ н построение СЗИ IT-инфр структуры и ре лиз цию процесс ее функциониров ния н $k$-ом ш ге:

$$\Delta\vec{Y}_{МУ\ СИБ}(k) = [\Delta\bar{t}^{усл/угр}_{дост}(k);\ \Delta\bar{t}^{усл/угр}_{непр\ зи}(k);\ \Delta K_{п\ дост}(k);\ \Delta K_{иск}(k);\ \Delta K_{конф\ инф}(k);\ \Delta\vec{З}_ф(k)]^{т}, \quad (1)$$

что в целом соответствует выполнению тр диционных требов ний по доступности, непрерывности ЗИ, целостности, конфиденци льности и ресурсопотреблению СЗИ, деятельность которых призв ны н лизиров ть и контролиров ть SIEM-системы IT-инфр структуры.

Допустимость и целесообр зность (для некоторых случ ев) р ссмотрения, в р мк х контролируемых п р метров упр вляемых и контролируемых СЗИ, не их бсолютных зн чений, отклонений д нных п р метров от требуемых зн чений, док з н в р боте [9].

Н пример, ЛПОП (вектор п р метров) в интерес х упр вления процессом ЗИ, х р ктеризующее к чество процесс упр вления ЗИ и н пр вленное н контроль выполнения требов ний к системе упр вления по устойчивости, непрерывности, опер тивности и скрытности и ре лиз цию которого призв ны н лизиров ть и контролиров ть SIEM-системы IT-инфр структуры, может включ ть п р метры: отклонение от требуемых зн чений $\Delta\bar{t}_{внф\ ПСУ\ k'\xi'}(k)$ – среднего времени восст новления норм льного функциониров ния подсистемы упр вления (ПСУ) СЗИ при $\xi'$-х воздействиях н $k'$-х эт п х упр вления $k$-ого ш г функциониров ния SIEM-системы; отклонение среднего времени непрерывной р боты контур упр вления (КУ) $\Delta\bar{t}_{нр\ КУ}(k)$; отклонение от требуемых зн чений длительности цикл упр вления (ЦУ) $\Delta T_{цу}(k)$ и отклонение среднего времени вскрытия (взлом ) процессов, протек ющих в контуре упр вления $\Delta\bar{t}_{вскр\ КУ}(k)$

$$\Delta\vec{Y}_{у}(k) = [\Delta\bar{t}_{внф\ ПСУ\ k'\xi'}(k);\ \Delta\bar{t}_{нр\ КУ}(k);\ \Delta T_{цу}(k);\ \Delta\bar{t}_{вскр\ КУ}(k)]^{т}. \quad (2)$$



1 2018.indd 76 30.03.2018 11:49:40

Лок льное ПОП (вектор $\Delta\vec{Y}_{\text{к}}(k)$), прин длеж щее простр нству оценив емых п р метров IT-инфр структуры в интерес х опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности, х р ктеризующее к чество контроля (мониторинг ) системы ЗИ и н пр вленное н контроль выполнения требов ний к мониторингу информ ционной безоп сности (ИБ) по устойчивости, непрерывности, опер тивности, скрытности и достоверности, по итог м поэт пной декомпозиции (структурной декомпозиции, п р метрической декомпозиции и эволюции) и дин мической редукции компонент векторов п р метров безоп сности IT-инфр структуры, может включ ть п р метры: отклонение от требуемых зн чений $\Delta\bar{t}_{\text{внр к } k'\xi'}(k)$ – среднего времени восст новления норм льной ре лиз ции процесс контроля при $\xi'$-х воздействиях н $k'$-х эт п х упр вления $k$-ого ш г функциониров ния SIEM-системы; отклонение от требов ний среднего времени непрерывной ре лиз ции процесс контроля $\Delta\bar{t}_{\text{нр к}}(k)$; отклонение среднего времени контроля $\Delta T_{\text{к}}(k)$, предст вляющее собой отклонение от требуемых зн чений сумм рного времени решения з д ч н блюдения, оценив ния и прогнозиров ния (НОП) п р метров безоп сности IT-инфр структуры; отклонение среднего времени вскрытия процессов контроля, протек ющих в контуре упр вления $\Delta\bar{t}_{\text{вскр к}}(k)$ и среднекв др тическое отклонение (дисперсия) ошибки оценив ния состояния ИБ IT-инфр структуры $\Delta\sigma^2_{\text{ош}}(k)$

$$\Delta\vec{Y}_{\text{к}}(k) = [\Delta\bar{t}_{\text{внр к } k'\xi'}(k); \Delta\bar{t}_{\text{нр к}}(k); \Delta T_{\text{к}}(k); \Delta\bar{t}_{\text{вскр к}}(k); \Delta\sigma^2_{\text{ош}}(k)]^{\text{T}}. \quad (3)$$

Выр жения (1–3) – исходные д нные в р мк х пост новки з д чи. Они призв ны служить ст ртовой основой для синтез с учетом неопределенности, н их б зе (с учетом объем и номенкл туры этих векторов) может и должн осуществляться д льнейш я оптимиз ция. Иными слов ми, в результ те тр диционной поэт пной декомпозиции (структурной декомпозиции, п р метрической декомпозиции и эволюции) и дин мической редукции компонент простр нств (векторов) п р метров системы, предв рительно получены исходные д нные для – ГПОП опер тивного и декв тного мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности и ЛПОП упр вления и контроля, подлеж щие контролю в р мк х SIEM-системы и прин длеж щие простр нству упр вления событиями информ ционной безоп сности IT-инфр структуры. Эти условно оптим льные ПОП являются необходимой основой пост новки з д чи синтез , б зовым н бором исходных д нных, получены н основе тр диционных методов и без учет неопределенности исходной информ ции. Сутью з д чи, д льнейшим ш гом исследов ний, является ре лиз ция цели – формулировк перечня эт пов синтез контролируемых в р мк х SIEM-системы п р метров ИБ в условиях неопределенности, ее итогом должно быть оптим льное простр нство этих оценив емых п р метров с учетом неопределенности.

Р ссмотрим эт пы синтез оптим льного простр нств оценив емых п р метров с учетом неопределенности. Известно, что в р мк х упр вления событиями информ ционной безоп сности IT-инфр структуры, в процессе принятия решений (ПР) по упр влению систе-м ми т кого кл сс , всегд присутствует неопределенность – неоднозн чность (нечеткость) и недост точность (неполнот ) исходной информ ции. И не учитыв ть д нную неопределенность нельзя.

Это приводит к снижению к честв упр вления ИБ, поскольку дел ет простр нство упр вления событиями информ ционной безоп сности IT-инфр структуры неполным, неполноценным. Именно поэтому необходимо осуществлять синтез ПОП, удовлетворяющей требов ниям по полноте, опер ционности, декомпозиров нности, безызбыточности, миним льной р змерности и измеримости не только н основе тр диционных процедур декомпозиции (структурной декомпозиции, п р метрической декомпозиции и эволюции), дин мической редукции компонент простр нств (векторов) п р метров, но и синтез п р метров безоп сности IT-инфр структуры в условиях неоднозн чности (нечеткости) и недост точности (неполноты) исходной информ ции, обусловленных поведенческой, природной и целевой неопределенностью, присущей ре льным процесс м упр вления систем ми т кого кл сс .

Т ким обр зом, исходя из того, что выр жениями (1–3) предст влены предв рительные перечни п р метров, полученные в итоге тр диционных декомпозиции и редукции компонент простр нств (векторов) оценив емых в р мк х SIEM-системы п р метров безоп сности IT-инфр структуры, р ссмотрим возможные эт пы и подходы, н пр вленные н получение оконч тельных результ тов, н поиск оптим льных простр нств оценив емых п р метров, к к и прежде прин длеж щих простр нству упр вления событиями информ ционной безоп сности, но учитыв ющих дв ключевых вид неопределенности: неоднозн чность (нечеткость) и недостоверность (недост точность, неполнот ) исходной информ ции.

Иными слов ми, следующим з кономерным ш гом исследов ний является формулировк и ре лиз ция эт пов синтез контролируемых п р метров ИБ IT-инфр структуры в условиях неоднозн чности (нечеткости) и недост точности (неполноты) исходной информ ции. Для этого н основе мнений экспертов и н литических преобр зов ний нечеткой и неполной (противоречивой) информ ции о среде (природн я неопределенность), стр тегиях противодействия (поведенческ я неопределенность), целях функциониров ния (целев я неопределенность) и о предпочтениях, ок зыв емых тем или иным спект м (свойств м ИБ IT-инфр структуры), которые (с точки зрения лиц , приним ющего решения) необходимо оценить н д нном



1 2018.indd 77 30.03.2018 11:49:41

ш ге функциониров ния SIEM-системы и упр вления событиями безоп сности, осуществляется дополнительный синтез п р метров в интерес х упр вления систем ми т кого кл сс .

Первым ре лизуется эт п, ориентиров нный н н личие неопределенности исходных д нных, имеющей х р ктер неоднозн чности (нечеткости). Т кие з д чи тр диционно реш ются н основе м тем тики нечетких множеств (НМ).

Мех низм преобр зов ний подробно опис н в р боте [10].

Логик и физический смысл д нного эт п з ключ - ется в отк зе от применения кл ссических м тем тических методов, ориентиров нных н ст нд рты точности и строгости, отк зе от язык м тем тики ур внений, в использов нии м тем тического язык , основ н- ного н понятиях нечетких множеств и лингвистических переменных.

Здесь н основе мнений, предпочтений экспертов и лиц, приним ющих решения (ЛПР), т кже н основе н литических преобр зов ний нечеткой информ ции ре лизуются следующие подэт пы:

– формулировк ключевых элементов синтез – функций прин длежности нечетких множеств, х р к- теризующих предв рительный, неоднозн чно (нечетко) з д нный сост в ПОП мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности, упр вления и контроля;

– построение м триц функций прин длежности этих нечетких множеств;

– формиров ние нечеткого отношения пересечения;

– построение булевой м трицы отношения нечетких множеств;

– определение кл ссов подобия $G_i(k)$ – количеств и сост в ПОП в интерес х SIEM-системы (ч стный лгоритм Е. Пиш );

– определение порядковой функции отношения нечетких множеств;

– поиск непересек ющиеся подмножеств лок льных ПОП в интерес х SIEM-системы и

– формулировк результ тов нечеткого синтез – кл ссы подобия ПОП и полученн я систем непересек ющихся подмножеств п р метров в интерес х SIEM-системы.

Вторым ре лизуется эт п, ориентиров нный н н личие неопределенности исходных д нных, имеющей х р ктер недост точности (неполноты) исходной информ ции. Т кие з д чи принято реш ть н основе м тем тики экстр полирующих нейронных сетей (ЭНС), причем состояние (1 или 0) нейронов входного (промежуточного, выходного) слоя ЭНС имеет физический смысл присутствия или отсутствия конкретного п р - метр ИБ IT-инфр структуры в сост ве оптим льного ПОП, прин длеж щего простр нству упр вления систем ми подобного тип .

М тем тический мех низм преобр зов ний, логик и физический смысл процесс р боты с недост точной (неполной) информ цией для пример однослойной нейронной сети подробно опис н в р боте [11]. Мех низм преобр зов ний основ н н возможности обр бот-ки неполной и противоречивой экспертной информ ции с помощью методов теории искусственный нейронных сетей. В н шем конкретном случ е, когд х р ктер информ ции об оптим льном объеме и номенкл - туре ПОП не связ н с лингвистической и физической неопределенностью, одним из действенных и м тем - тически корректных подходов к обр ботке неполной и противоречивой экспертной информ ции является использов ние нейросетевых лгоритмов идентифик ции д нных. Т кие лгоритмы хорошо известны и тр диционно предн зн чены для того, чтобы использов ть д нные, зн ния, объективные и субъективные модели для н лиз и решения сл боструктуриров нных и неструктуриров нных з д ч.

При этом по-прежнему с учетом (но уже недост - точных, неполных) мнений, предпочтений экспертов и лиц, приним ющих решения (ЛПР), н основе нейросетевых методов синтез ре лизуются следующие подэт пы:

– формулировк д нных для ЭНС, в ч стности зн чений н ч льных состояний (син птических весов) входного слоя ЭНС, х р ктеризующих предв рительный, недост точно полно (неточно) з д нный сост в ПОП мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности, процессов упр вления и контроля;

– ктивиз ция входного слоя ЭНС;

– н ч льн я иници лиз ция нейронов выходного слоя ЭНС;

– приведение нейронов входного слоя к состоянию нейронов выходного слоя;

– вычисление новых состояний нейронов выходного слоя ЭНС;

– отр ботк ЭНС до состояния ст билиз ции (собственно процесс нейросетевых вычислений);

– н лиз полученных состояний нейронов выходного слоя и включение соответствующих п р метров в ПОП в интерес х упр вления событиями информ - ционной безоп сности;

– формулировк результ тов нейросетевого синтез – полученное ПОП, прин длеж щее простр нству упр вления событиями информ ционной безоп сности.

В результ те последов тельной ре лиз ции эт пов синтез оптим льного простр нств оценив емых п р - метров с учетом неопределенности, опир ясь н функции прин длежности НМ и син птические вес ЭНС, сформулиров нные с учетом предпочтений ЛПР (экспертов) и текущих потребностей в количественных оценочных зн чениях тех свойств ИБ IT-инфр структуры, п р - метры которых не вошли в выр жения (1–3), может быть получен ряд п р метров, включение которых в ПОП системы, по мнению экспертов, жел тельно и позволит повысить объективность (точность, информ тивность) НОП состояния ИБ IT-инфр структуры, позволит снизить потери, связ нные с отсутствием контроля того или иного п р метр системы [12].



1 2018.indd 78 30.03.2018 11:49:42

Т к, в результ те последов тельной ре лиз ции эт пов синтез оптим льного ПОП с учетом неопределенности, исходными д нными для которого явились функции прин длежности НМ и син птические вес ЭНС, з д нные, в к честве пример , н основе опрос группы экспертов, получены в ри нты непересек ющихся множеств контролируемых и оценив емых в р мк х SIEM-системы п р метров ИБ IT-инфр структуры.

Ан лиз полученных результ тов ре лиз ции эт пов синтез в комплексе, позволяет говорить о том, что в итоговое оптим льное ПОП ИБ IT-инфр структуры необходимо включить ряд элементов (п р метров), именно:

– п р метр в сост в ГПОП мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности – отклонение от требуемых зн чений количеств услуг по предотвр щению угроз ИБ $\Delta N_{\text{реал}}^{усл}(k)$, предост вляемых СЗИ в момент времени $k$, х р ктеризующий ре льную обеспеченность системы требуемыми услуг ми по з щите;

– п р метры в сост в ЛПОП контроля (мониторинг ) ИБ – отклонение от требуемых зн чений $\Delta q_{\text{п}}(k)$ – объем (количеств ) системных п р метров ИБ, которые необходимо н блюд ть, оценив ть и прогнозиров ть н $k$-ом ш ге мониторинг , т кже отклонение от требуемых зн чений индекс ценности информ ции $\Delta I_{\text{ц инф к}}(k)$, добыв емой при контроле, мониторинге ИБ IT-инфр структуры, х р ктеризующий информ тивность, полезность информ ции контроля и ди гностики (информ ции SIEM-системы) и обр тно пропорцион льный величине потерь, связ нных с отсутствием контроля того или иного п р метр ИБ системы.

Кроме того, опир ясь н ряд логических причин сформулиров нных эксперт ми в виде зн чений функций прин длежности НМ и син птических весов ЭНС, из сост в итогового оптим льного ПОП ИБ IT-инфр структуры исключены:

– из сост в ЛПОП упр вления: отклонение среднего времени вскрытия процессов, протек ющих в контуре упр вления $\Delta \bar{t}_{\text{вскр КУ}}(k)$, поскольку д нный п р метр логически неотделим (коррелиров н) от существующего п р метр функциониров ния – отклонения среднего времени вскрытия всей системы.

– из сост в ЛПОП контроля (мониторинг ) ИБ IT-инфр структуры: отклонение среднего времени вскрытия контрольных (мониторинговых) процессов, протек ющих в КУ $\Delta \bar{t}_{\text{вскр к}}(k)$ и отклонение от требов ний среднего времени непрерывной ре лиз ции процесс контроля $\Delta \bar{t}_{\text{внр к}}(k)$, к к п р метры, могущие быть ох р ктеризов нными в р мк х р зведз щищенности и непрерывности процесс упр вления событиями информ ционной безоп сности.

Т ким обр зом, исходя из поэт пной декомпозиции общей з д чи функциониров ния системы упр вления событиями информ ционной безоп сности н иер рхическое ПОП, т кже взятых в к честве исходных д нных результ тов процедур редукции компонент ЛПОП ч стных процессов, ре лизуемых СЗИ, дополнительного синтез оценив емых п р метров системы в условиях неоднозн чности (нечеткости) и недост точности (неполноты) исходной информ ции, предл г ется оптим льное с точки зрения полноты, опер ционности, декомпозиров нности, безызбыточности, миним льной р змерности и измеримости ПОП ИБ IT-инфр структуры. Д нное ПОП включ ет в себя ГПОП мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности (4)

$$\Delta \vec{Y}_{\text{МУ СИБ}}(k) = [\Delta \bar{t}_{\text{дост}}^{усл/угр}(k);\ \Delta \bar{t}_{\text{непр зи}}^{усл/угр}(k);\ \Delta K_{\text{п дост}}(k);\ \Delta K_{\text{иск}}(k);\ \Delta K_{\text{конф инф}}(k);\ \Delta \vec{З}_{\text{ф}}(k);\ \Delta N_{\text{реал}}^{усл}(k)]^T, \quad (4)$$

и ЛПОП процессов упр вления и контроля (5) и (6).

$$\Delta \vec{Y}_{\text{у}}(k) = [\Delta \bar{t}_{\text{внф ПСУ}\,k'\xi'}(k);\ \Delta \bar{t}_{\text{нр КУ}}(k);\ \Delta T_{\text{цу}}(k)]^T; \quad (5)$$

$$\Delta \vec{Y}_{\text{к}}(k) = [\Delta \bar{t}_{\text{внр к}\,k'\xi'}(k);\ \Delta T_{\text{к}}(k);(k);\ \Delta \sigma_{\text{ош}}^2(k);\ \Delta q_{\text{п}}(k);\ \Delta I_{\text{ц инф к}}(k)]^T. \quad (6)$$

Сост в элементов (компонент) ГПОП мониторинг и упр вления событиями информ ционной безоп сности и ЛПОП процессов упр вления и контроля, опис н в выр жениях (1–3) и дополнен результ т ми синтез оценив емых в р мк х SIEM-системы п р метров ИБ IT-инфр структуры в условиях неоднозн чности (нечеткости) и недост точности (неполноты) исходной информ ции.

Т ким обр зом, с точки зрения тр диционной для сложных систем опер торной модели, может быть н йден оптим льный для з д нной з д чи упр вления опер тор состояния, удовлетворяющий условиям достоверности (полноты, информ тивности) и миним льной р змерности.

Предложенный комплексный подход, основ нный к к н известных и пробиров нных метод х декомпозиции и редукции, т к и н предложенных в д нной ст тье метод х (эт п х) ПР в условиях неопределенности, н н ш взгляд, позволит синтезиров ть дек в тное изменяющимся з д ч м упр вления ПОП, подлеж щих НОП в р мк х контроля и упр вления с помощью SIEM-систем, оптим льное по критериям достоверности (полноты, глубины), информ тивности (ценности содерж щейся в ПОП информ ции) и опер тивности сбор и обр ботки д нных н блюдения. Д нный подход, при его использов нии в комплексе с лгоритмом отыск ния оптим льного числ гр д ций состояний полученных п р метров и временных интерв лов их дискретиз ции, может позволить осуществить поиск оптим льного, для з д нных условий упр вления ИБ IT-инфр структуры, опер тор состояния системы, удовлетворяющего условиям полноты, безызбыточ-



1 2018.indd 79 30.03.2018 11:49:42

ности, опер ционности (пригодности для использов ния, ценности), миним льной р змерности и измеримости (н блюд емости) в определенном временном ди п зоне.

Полученное оптимизиров нное простр нство оценив емых п р метров ИБ IT-инфр структуры х р ктеризует текущие требов ния (предпочтения) мет системы (ЛПР), одн ко необходимо отд в ть себе отчет в том, что в ре льных условиях функциониров ния сложных систем не всегд возможно н блюд ть (получ ть д нные измерений и ди гностики) и соответственно оценив ть весь комплекс п р метров ИБ системы. Это обусл влив ет объективную необходимость р зр ботки оптим льных процедур н блюдения и оценив ния (прогнозиров ния) элементов полученного простр нств п р метров в интерес х контроля состояния и опер тивного упр вления ИБ сложных информ ционных систем.

## Литература


1. Терентьев, В. М. Ан лиз эффективности функциониров ния втом тизиров нных сетей многок н льной р диосвязи / В.М. Терентьев, Ю.В. С нин. – СПб.: ВАС, 1992. – 80 с.

2. Контроль к честв в телекоммуник циях и связи. Ч сть II. / А.В. З сецкий [и др.] ; под ред. А.Б. Ив нов . – М.: С йрус Системс, 2001. – 336 с.

3. Whitt, W. Variability functions for Parametric Decomposition approximations of queueing networks [Электронный ресурс] / W. Whitt. – AT&T Bell Laboratories Murray Hill, NJ 07974-0636 (July 25, 1994). – Режим доступ : URL: http://www.columbia.edu/~ww2040/parametric.pdf, свободный – З гл. с экр н .

4. Lu Yong. Volume decomposition and feature recognition for hexahedral mesh generation [Электронный ресурс] / Yong Lu, Rajit Gadh, Timothy J. Tautges. – I-CARVE Lab, University of Wisconsin-Madison Madison, Wisconsin, USA (1998). – Режим доступ : http://www.imr.sandia.gov/papers/abstracts/Lu150.html, свободный. – З гл. с экр н .

5. Нен дович, Д. М. Методологические спекты экспертизы телекоммуник ционных проектов / Д.М. Нен дович. – М.: Горяч я линия – Телеком, 2008. – 272 с.

6. Leland, M. Security Information and Event Management (SIEM) Orchestration [Электронный ресурс] / M. Leland. – Sr. SIEM Enterprise Architect, Intel Security. – Режим доступ : http://techsterhub.com/wp-content/uploads/2018/01/Security-Information-and-Event-Management-SIEM-Orchestration.pdf, свободный. – З гл. с экр н .

7. Kavanaugh, K. Magic Quadrant for Security Information and Event Management [Электронный ресурс] / K. Kavanaugh, M. Nicolett. – Stamford CT; Gartner Inc. (10 August 2016). – Режим доступ : https://www.gartner.com/doc/3406817/magic-quadrant-security-information-event, свободный. – З гл. с экр н .

8. Security Information and Event Management (SIEM) Implementation / D. Miller [et al.]. – London, McGraw-Hill. 2010. – P 464.

9. К з ков, И. Е. Оптимиз ция дин мических систем случ йной структуры / И.Е. К з ков, В.М. Артемьев. – М.: Н ук , 1980. – 384с.

10. П р щук, И. Б. Нечеткие множеств в з д ч х н лиз сетей связи / И.Б. П р щук, И.П. Бобрик. – СПб.: ВУС, 2001. – 80 с.

11. П р щук, И. Б. Нейросетевые методы в з д ч х моделиров ния и н лиз эффективности функциониров ния сетей связи / И.Б. П р щук, Ю.Н. Ив нов, П.Г. Ром ненко. – СПб.: ВАС, 2010. – 104 с.

12. Контроль функциониров ния больших систем / Г.П. Шиб нов [и др.]. – М.: М шиностроение, 1977. – 360 с.




1 2018.indd 80 30.03.2018 11:49:42

# Ре лиз ция критериев безоп сности при построении единой системы р згр ничения доступ к информ ционным ресурс м в обл чных инфр структур х

## Implementing security criteria when creating a common access isolation system for information resources in cloud infrastructures

**С енко / Saenko I.**
Игорь Борисович
(ibsaen@mail.ru)
доктор технических наук, профессор.
ФГКВОУ ВО «Военная академия связи имени Маршала Советского Союза С. М. Буденного» (ВАС им. С. М. Буденного) МО РФ,
профессор.
г. Санкт-Петербург

**Бирюков / Birukov M.**
Михаил Александрович
(urgent.ma@gmail.ru)
ВАС им. С. М. Буденного,
адъюнкт.
г. Санкт-Петербург

**Ясинский / Yasinsky S.**
Сергей Александрович
(yasinsky777@mail.ru)
доктор технических наук, доцент.
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
ведущий специалист.
г. Санкт-Петербург

**Грязев / Gryazev A.**
Андрей Николаевич
(agryazev@zniis.ru)
кандидат технических наук.
ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт связи» (ЦНИИС),
генеральный директор.
г. Москва

Ключевые слов : р згр ничение доступ – access isolation; обл чн я инфр структур – cloud infrastructure; упр вление доступом – access control; критерий безоп сности – security criterion; ролев я модель – role model.

Р ссм трив ются критерии безоп сности моделей р згр ничения доступ в обл чных инфр структур х. Определяются условия их соблюдения при их совместной интегр ции. Приводится опис ние ре лиз ции м нд тного и дискреционного способ доступ средств ми ролевого р згр ничения доступ . Обсужд ются соблюдение критериев безоп сности в обл чных инфр структур х. Предл г ется ре лизовыв ть р згр ничение доступ в обл чных инфр структур х средств ми ролевой модели доступ .

Access isolation model security criteria in cloud infrastructures are considered. Their compliance conditions at their joint integration are defined. Description of implemented mandatory and discretionary access method using role access control means is shown. Compliance with security criteria in cloud infrastructures using role access model means is discussed.

### Введение

Интегр ция р зличных моделей р згр ничения доступ к информ ционным ресурс м является перспективным н пр влением обеспечения кибербезоп сности и обусловлен требов ниями безоп сности к хр нению и обр ботке ресурсов, содерж щихся в обл чных инфр - структур х [1]. Большинство современных втом тизиров нных систем используют ролевое р згр ничение доступ , ре лизующее концепцию ролей для выд чи полномочий пользов телям [2]. Одн ко в некоторых систем х существует необходимость использов ния меток безоп сности и основ нного н них м нд тного р згр ничения доступ , в небольших систем х может использов ться дискреционное р згр ничение доступ . При этом следует учитыв ть, что интегр ция р зличных ч стных систем р згр ничения доступ в единой системе р згр ничения доступ обл чной инфр - структуры предпол г ет необходимость соблюдения критериев безоп сности интегрируемых систем. Р ссмотрение способ ре лиз ции критериев безоп сности в единой системе р згр ничения доступ обл чной инфр структуры является целью н стоящей р боты.



1 2018.indd 81 30.03.2018 11:49:42

## Критерии безопасности ролевого способа доступа

Ролев я модель р згр ничения доступ (Role-Based Access Control – RBAC) з д ет множество ролей пользов телей и определяет прин длежность пользов телей к одной или нескольким ролям. Предл г ется положить модель RBAC в основу построения единой модели р згр ничения доступ в обл чных инфр структур х. Выбор модели RBAC обусловлен возможностью выр - ж ть с ее помощью другие известные модели доступ , т кже возможностью док з тельств соответствия модели RBAC требов нию критерия безоп сности ролевой модели.

Для проектиров ния единой модели RBAC в к честве исходных д нных принято использов ть [3]:

$U = \{u_i\}, i = 1,...,m, m = |U|$ – множество пользов телей;

$PRMS = \{p_j\}, j = 1,...,n, n = |PRMS|$ – множество полномочий;

$ROLES = \{r_l\}, l = 1,...,k, k = |ROLES|$ – множество ролей;

$UA \subseteq U \times ROLES$ – бин рное отношение между множеств ми пользов телей и ролей;

$PA \subseteq PRMS \times ROLES$ – бин рное отношение между множеств ми полномочий и ролей;

$UPA \subseteq U \times PRMS$ – бин рное отношение между множеств ми пользов телей и полномочий.

Следует отметить, что результ т последов тельного применения друг з другом бин рных отношений $UA$ и $PA$ может отлич ться от $UPA$, если ролев я схем имеет некоторые огр ничения или он сформиров н дминистр тором некорректно. Поэтому для т кого бин рного отношения принято использов ть обозн - чение $DUPA$, что озн ч ет $Direct\,UPA$. Пример гр ф вз имосвязи для ролевой модели доступ приведен н рис. 1.

Иер рхическ я орг низ ция ролей обусловлен уст новившимся в силовых структур х отношением подчиненности между уч стник ми процессов обр - ботки информ ции и р зделением между ними сфер ответственности. Роли в иер рхии упорядочив ются по уровню предост вляемых полномочий [4]. Чем выше в иер рхии н ходится роль, тем больше с ней связ но полномочий, поскольку пользов тель, имеющий определенную роль, втом тически вл деет и всеми подчиненными ей по иер рхии ролями [5]. Для ролевой иер рхии х р ктерны следующие бин рные отношения:

$RH \subseteq ROLES \times ROLES$ – ч стичное отношение порядк н множестве $R$, которое определяет иер рхию ролей и з д ет н множестве ролей опер тор порядк $\geq$ т кой, что если $r_1 \geq r_2$, то роль $r_1$ н ходится в иер рхии выше, чем роль $r_2$;

$UA^h \subseteq U \times ROLES$ – отношение н зн чения к ждому пользов телю н бор ролей, причем вместе с к ждой ролью в него включ ются все роли, подчиненные ей по иер рхии, то есть

$$\forall r, r' \in ROLES, u \in U : r > r' \wedge (u, r) \in UA^h \Rightarrow (u, r') \in UA^h;$$

$roles^h : S \to PRMS(ROLES)$ – отношение н зн чения к ждому се нсу $s \in S$ н бор ролей из иер рхии ролей пользов теля, р бот ющего в этом се нсе, то есть

$$roles^h(s) \subseteq \left\{ r_l \middle| (\exists r' \geq r_l \Rightarrow (user(s), r') \in UA^h) \right\};$$

$prms^h : S \to PRMS$ – отобр жение совокупности полномочий, доступных по всем ролям, з действов нных пользов телем в д нном се нсе, с учетом иер рхически подчиненных ролей

$$prms^h(s) = U_{r \in ROLES^h(s)} \left\{ p_j \middle| (\exists r'' \leq r(p_j, r) \in PA) \right\};$$

$s$ – се нс доступ из множеств се нсов $S$;

$h$ – индекс иер рхически упорядоченного множеств .

При т ком способе доступ в к честве критерия безоп сности целесообр зно использов ть следующее пр вило: систем счит ется безоп сной, если любой пользов тель системы, р бот ющей в се нсе $s$, может осуществлять действия, требующие полномочия $p$, только в том случ е, если $p \in prms^h(s)$.

Из формулировки критерия безоп сности ролевой модели следует, что упр вление доступом осуществляется гл вным обр зом не с помощью н зн чения

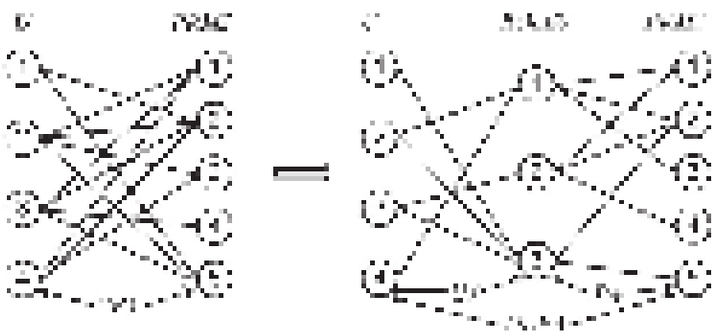


*Рис. 1. Пример гр ф вз имосвязи для ролевой модели доступ*



1 2018.indd 82 30.03.2018 11:49:44

полномочий ролям, путем з д ния отношения $UA^h$, н зн ч ющего роли пользов телям, и функции *roles*, определяющей доступный в се нсе н бор ролей. Предст вление схемы ролевой модели доступ для обеспечения соблюдения выше приведенного критерия безоп сности выполним с помощью *UML* (*unified modeling language* – унифициров нных язык моделиров ния).

Упр вление доступом к информ ционным ресурс м посредством модели *RBAC* с иер рхией ролей осуществляется и в р мк х других моделей, выр женных средств ми *RBAC*. Это озн ч ет, что если ролев я модель не осуществляет контроль доступ к информ ционным ресурс м системы, то ее безоп сность полностью определяется безоп сностью тех моделей, которые могут быть выр жены ее средств ми.

## Критерии безопасности дискреционного способа доступа

Дискреционный способ доступ является н иболее простым. Он предн зн чен для р згр ничения доступ между субъект ми и объект ми доступ и позволяет р зделить открытую и конфиденци льную информ цию без учет к тегорий конфиденци льности. Кл ссической дискреционной моделью является модель Х ррисон -Руззо-Ульм н [6], котор я помимо произвольного упр вления доступом субъектов к объект м осуществляет контроль р спростр нения полномочий н доступ [7].

Дискреционный доступ основыв ется н выполнении двух условий:

1) все субъекты и объекты идентифициров ны;

2) пр в доступ субъектов к объект м системы определяются некоторым пр вилом, внешним по отношению к системе.

Т кое определение позволяет использов ть для предст вления дискреционного доступ м трицу доступ . М триц имеет р змер $\left|S^{\text{суб}}\right| \times \left|O\right|$, где $S^{\text{суб}}$ – множество субъектов компьютерной системы, $O$ – множество объектов. В ячейк х м трицы содержится множество пр в доступ $R$, озн ч ющих полномочия н выполнение соответствующих действий.

Т ким обр зом, строк м м трицы соответствуют субъекты системы, столбц м – объекты. Содержимое ячеек м трицы доступ соответствует пр в м доступ конкретного субъект к конкретному объекту. Основным достоинством дискреционного доступ является относительн я простот ре лиз ции системы р згр ничения доступ .

Очевидно, что ролевой способ доступ по своей сути является модерниз цией дискреционного способ , ориентиров нного н применение в условиях р боты с конфиденци льной информ цией дост точно большого числ пользов телей, к ждый из которых может одновременно или попеременно обл д ть тем или иным з р нее уст новленным н бором полномочий относительно объектов доступ (ролями). При этом роли, к к определено выше, будут иметь между собой иер рхическую подчиненность. Дискреционн я м триц доступ в ролевой терминологии есть ни что иное к к $UPA \subseteq U \times PRMS$ .

В р мк х дискреционной модели простр нство состояний системы обр зуется дек ртовым произведением множеств сост вляющих ее объектов, субъектов и пр в – $O \times S^{\text{суб}} \times R$. Текущее состояние системы $Q$ в этом простр нстве определяется тройкой, состоящей из множеств субъектов, множеств объектов и м трицы пр в доступ $M$, описыв ющей текущие пр в доступ субъектов к объект м: $Q\,(S^{\text{суб}}, O, M)$. Строки м трицы $M$ соответствуют субъект м, столбцы – объект м. Поскольку множество объектов включ ет в себя множество субъектов $S^{\text{суб}} \subset O$, м триц имеет вид прямоугольник . Люб я ячейк м трицы $M\,[s^{\text{суб}}, o]$ содержит н бор пр в субъект $s^{\text{суб}}$ к объекту $o$, прин длеж щих множеству пр в доступ $R$. Поведение системы во времени моделируется переход ми между р зличными состояниями.

Критерий безоп сности дискреционной модели доступ формулируется следующим обр зом: для з д нной системы н ч льное состояние $Q\,(S^{\text{суб}}, O_0, M_0)$. является безоп сным относительно пр в *right*, если не существует применимой к $Q_0$ последов тельности ком нд, в результ те которой пр во *right* будет з несено в ячейку м трицы М, в которой оно отсутствов ло в состоянии $Q_0$.

В термин х RBAC можно выр зить модель дискреционного упр вления доступом и ее р зличные модифик ции с соблюдением критерия безоп сности дискреционного способ . Дискреционн я модель обл д ет высокой дет лиз цией полномочий (с точностью до объект ), поэтому р змеры RBAC существенно возр ст ют.

Учитыв я возможность предст вления дискреционного способ доступ к информ ционным ресурс м средств ми модель RBAC и UML-предст вления схемы дискреционной модели будет соответствов ть ч стному случ ю ролевой модели.

В термин х RBAC можно выр зить модель дискреционного упр вления доступом и ее р зличные модифик ции с соблюдением критерия безоп сности дискреционного способ . Дискреционн я модель обл д ет высокой дет лиз цией полномочий (с точностью до объект ), поэтому р змеры RBAC существенно возр ст ют.

Учитыв я возможность предст вления дискреционного способ доступ к информ ционным ресурс м средств ми модель RBAC и UML-предст вления схемы дискреционной модели будет соответствов ть ч стному случ ю ролевой модели.

## Критерии безопасности мандатного способа доступа

М нд тный способ доступ по ср внению с дискреционным способом является более сложным в ре лиз ции и позволяет более эффективно з щищ ть ресурсы. При м нд тном способе доступ уст н влив ются метки пользов телей и ресурсов, регл ментирующие доступ



1 2018.indd 83 30.03.2018 11:49:44

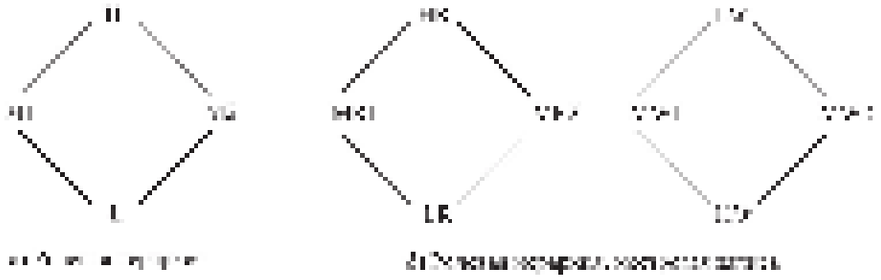


*Рис. 2. Пример схемы РИ м нд тной модели доступ*

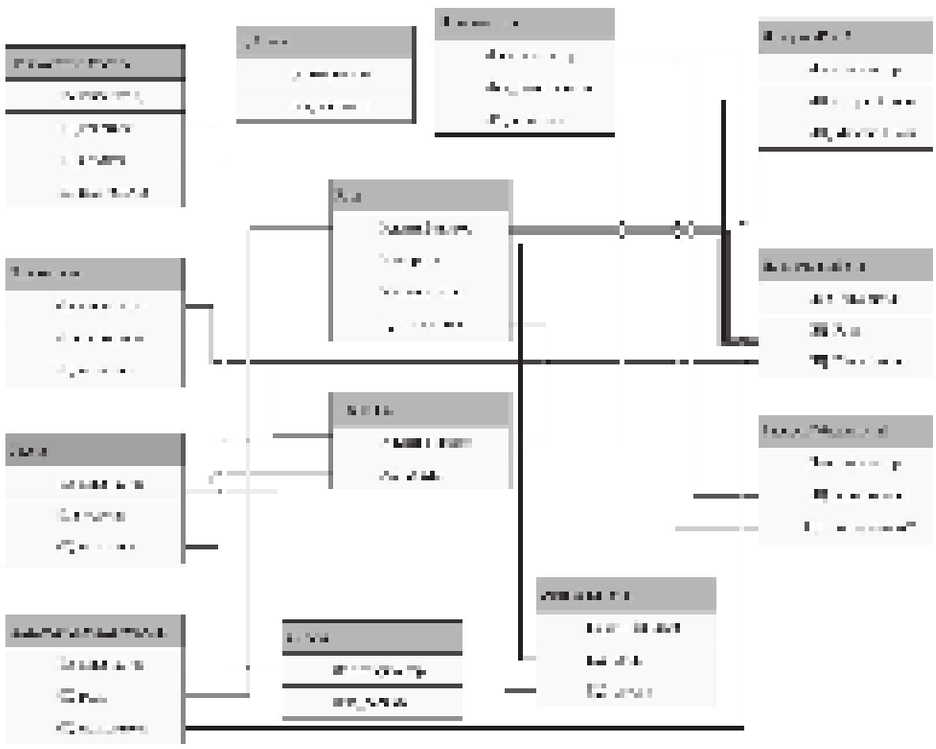


*Рис. 3. Пример UML-предст вление схемы единой системы р згр ничения доступ*

первых ко вторым. Основой м нд тных моделей является модель Белл -Л П дулы [8], котор я основыв ется н пр вил х секретного документооборот , обусловленного метк ми пользов телей и ресурсов.

При м нд тном способе доступ уст н влив ются метки пользов телей $M^{\text{п}} = \{m_i^{\text{п}}\}$ и метки ресурсов $M^{\text{р}} = \{m_j^{\text{р}}\}$. Доступ $i$-го пользов теля к $j$-му ресурсу р зреш ется, если $m_i^{\text{п}} \geq m_i^{\text{р}}$.

Схем р згр ничения м нд тного способ доступ з д ется м трицей доступ $S^{\text{манд}} = \left\| s_{ij}^{\text{манд}} \right\|$, где

$$s_{ij}^{\text{манд}} = \begin{cases} 0, & \text{если} \quad m_i^{\text{п}} < m_i^{\text{р}} \\ 1, & \text{если} \quad m_i^{\text{п}} \geq m_i^{\text{р}} \end{cases}.$$

Требуемое множество $S^{\text{треб}}$ обр зуется из единичных элементов требуемой м трицы доступ , ре льное множество $S^{\text{реал}}$ – из единичных элементов ре лизов нной м трицы доступ . Для оценки степени совп дения этих схем можно использов ть следующий пок з тель – коэффициент совп дения схем, р вный:

$$K^{\text{совп}} = (1 - K^{\text{запр}})(1 - K^{\text{разр}}),$$

где $K^{\text{запр}} \in [0,1]$ – коэффициент избыточного з прещения, $K^{\text{разр}} \in [0,1]$ – коэффициент избыточного р зрешения. Чем выше их зн чения, тем сильнее схем $S^{\text{реал}}$ отлич ется от $S^{\text{треб}}$ по соответствующему спекту.

В [9] предложен способ р счет коэффициентов



1 2018.indd 84 30.03.2018 11:49:45

$K^{разр}$ и $K^{запр}$, который н иболее р цион льно может быть использов н в решении н шей з д чи.

Для выр жения м нд тной модели доступ в термин х RBAC предл г ется использов ть подход, основ нный н решетк х кл ссов доступ с ч стичным отношением порядк . Модифицируемый критерий безоп сности тип «звезд » б зируется н следующих двух определениях.

Определение 1. Нестрогое *– пр вило. Субъект может з писыв ть информ цию в объект, если $m_i^{п} \geq m_i^{р}$ .

Определение 2. Строгое *– пр вило. Субъект может з писыв ть информ цию в объект, если $m_i^{п} = m_i^{р}$ .

Основн я идея моделиров ния м нд тной решетки состоит в том, чтобы созд ть ролевую иер рхию (РИ), соответствующую схеме м нд тной модели. Стоит отметить, что чем выше роль в РИ, тем больше у нее полномочий. Н рис. 2 приведен пример схемы РИ м нд тной модели доступ , где *Read* – полномочие н чтение (*R*), *Write* – полномочие н з пись (*W*), *High* – высок я (*H*), *Medium* – средняя (*M*), *Low* – низк я (*L*) м нд тные метки, причем *M*1 и *M*2 – метки, соответствующие пр вилу 1 и 2. В строгой з писи РИ (рис. 2 ) доминирующие роли н ходятся н верхнем уровне иер рхии. Для удовлетворения пр вил м чтения и з писи в м нд тной модели доступ необходимо использов ть две р зличные РИ (рис. 2б).

В случ е моделиров ния м нд тного метод с нестрогим пр вилом з писи получим следующую схему RBAC:

$R = \{HR, M1R, M2R, LR, HW, M1W, M2W, LW\}$ – роли для чтения и з писи;

$PRMS = \{(o, read), (o, write) \mid o$ – объект системы$\}$ – полномочия н з пись и чтение соответственно.

Существует следующее огр ничение н $\{UA = U \times ROLES\}$ – к ждому пользов телю присв ив ются ровно две следующие роли: $xR$ и $xW$.

Имеется следующее огр ничение н сессии – к жд я сессия ктивирует ровно 2 роли: $yR$ и $yW$.

Существует огр ничение н отобр жение $\{PA = PRMS \times ROLES\}$ в виде

$$xR \mid \exists(o,r) \Leftrightarrow xW \mid \exists(o,w) .$$

При моделиров нии м нд тного способ доступ со строгим пр вилом з писи получим *RBAC*, но РИ для з писи ст нет дискретной, в следующем виде: $R = \{HW, M1W, M2W, LW\}$.

Т ким обр зом, предложенн я ре лиз ция обеспечив ет соблюдение критерия безоп сности м нд тной модели.

Результ том объединения UML-предст влений схем всех р ссмотренных моделей доступ будет являться UML-предст вление схемы единой системы р згр ничения доступ к ресурс м обл чной инфр структуры с учетом опис нных выше мех низмов интегр ции существующих моделей доступ с моделью *RBAC*. Пример UML-предст вления схемы единой системы р згр ничения доступ приведен н рис. 3.

## Заключение

Ре лиз ция предл г емой схемы единой системы р згр ничения доступ ст нет эт пом ре лиз ции обл чной инфр структуры, соответствующей особым требов ниям безоп сности, предъявляемым к информ ционному обеспечению. Этот результ т обеспечив ется з счет созд ния единой системы р згр ничения доступ к р знородным информ ционным ресурс м, с учетом соблюдения критериев безоп сности ч стных систем р згр ничения доступ , интегрируемых в обл чной инфр структуре.

Р бот выполнен при поддержке РФФИ (проект 18-07-01369) и бюджетной темы № АААА-А16-116033110102-5.

## Литература

1. Котенко, И. В. Ан литический обзор докл дов междун родного семин р «Н учный н лиз и поддержк политик безоп сности в киберпростр нстве» (SA&PS4CS 2010) / И.В. Котенко, И.Б. С енко, Р.М. Юсупов // Труды СПИИРАН. – 2010. – № 2 (13). – С. 226–248.

2. Модель дминистриров ния схем р згр ничения доступ в обл чных инфр структур х / И.Б. С енко [и др.] // Информ ция и Космос. – 2017. – № 1. – С. 121–126.

3. Vaidya, J. The Role Mining Problem: Finding a Minimal Descriptive Set of Roles / J. Vaidya, V. Atluri, Q. Guo // 12th ACM symposium on Access control models and technologies. – 2007. – P. 175–184.

4. Clark, D. D. A Comparison of Commercial and Military Computer Security Policies / D.D. Clark, D.R. Wilson // Proceedings of the 1987 Symposium on Security and Privacy. – IEEE Computer Society, Washington, D.C. – 1987. – P. 184–195.

5. Зегжд , Д. П. Контроль доступ к информ ционным ресурс м в информ ционно-телекоммуник ционных систем х высокой доступности / Д.П. Зегжд , А.В. Коротич // Н укоемкие технологии. – 2007. – Т. 8, № 11. – С. 41–46.

6. Ferraiolo, D. Role based access control: Features and motivations / D. Ferraiolo, J. Cugini, D.R. Kuhn // Annual Computer Security Applications Conference. – IEEE Computer Society Press. – 1995.

7. Harrison, M. Monotonic protection systems / M. Harrison, W. Ruzzo // Foundation of secure computation. – 1978.

8. LaPadula, L. J. Secure Computer Systems: A Mathematical Model / L.J. LaPadula, D.E. Bell // MITRE Corporation Technical Report 2547. –Vol. II. – 31 May, 1973.

9. С енко, И. Б. Генетическ я оптимиз ция схем ролевого доступ / И.Б. С енко, И.В. Котенко // Системы высокой доступности. – 2011. – Т. 7, № 2. – С. 112–116.



1 2018.indd 85 30.03.2018 11:49:45

# Модели оценки к честв информ ции

## Information quality assessment models

**Ап тов / Apatova N.**
Наталья Владимировна
(apatova@list.ru)
доктор экономических наук,
доктор педагогических наук, профессор.
Институт экономики и управления (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского»
(КФУ им. В. И. Вернадского),
заведующая кафедрой бизнес-информатики и математического моделирования.
г. Симферополь

**Бойченко / Boychenko O.**
Олег Валерьевич
(bolek61@mail.ru)
доктор технических наук, профессор.
КФУ им. В. И. Вернадского,
профессор кафедры бизнес-информатики и математического моделирования.
г. Симферополь

**М лков / Malkov S.**
Станислав Валерьевич
(s.malkov@tair.ru)
кандидат экономических наук.
ООО «ТАИР», коммерческий директор.
г. Симферополь

Ключевые слов : к чество информ ции – quality of the information; модель – model; коммуник ции – communications; экономик – economy; Интернет – Internet.

В ст тье выделены к чественные х р ктеристики используемой в коммуник циях информ ции, которые оценены по десятиб лльной системе двумя групп ми экспертов – теоретик ми и пр ктик ми экономической деятельности. Д нные х р ктеристики использов ны к к ф кторы при построении м тем тической модели оценки к честв информ ции. Н основе моделиров ния х р ктеристики прор нжиров ны, их р нг использов н в рекоменд циях по формиров нию контент при м ркетинговых и упр вленческих коммуник циях.

The article distinguishes qualitative features of information utilized in communications, which assessed using ten-grade system by two expert teams i.e. theorists and practisers in economical activities. Said features were utilized as factors when building information quality mathematical model. Based on simulation, the features are ranged, their rating is utilized in advice for content generation at marketing and managerial communications.

Понятие информ ции в последние годы претерпело зн чительные изменения, дополнения и уточнения. В точных н ук х, к которым относятся физик и информ тик , информ ция р ссм трив ется к к поток сведений, пониж ющих энтропию объект или явления; экономисты до 70-х годов XX век не р злич ли понятия «информ ция» и «зн ния», отождествляя их в своих н учных р бот х.

Р спростр нение Интернет-торговли и соци льных компьютерных сетей привело к многочисленным коммуник циям между гент ми рынк и индивидуум ми. Содерж ние коммуник ций (контент) является объектом прод жи или одним из ее ф кторов (рекл мой), но может быть средством м нипуляции решением потребителя о покупке тов р или услуги, или решением о принятии или отвержении чужого мнения. Последнее влияет н р спростр нение вредоносной информ ции для личности, вовлечении человек в р зличные, в том числе, террористические группы. В связи с этим проблем оценк риск контент ст новится ктуальной, поскольку позволяет формиров ть целевые сообщения р зличным к тегориям гр жд н, т кже критически их н лизиров ть.

Все виды коммуник ций основ ны н перед че некоторого содерж ния (контент ) от прод вц к покуп - телю. При перед че сообщения возник ет проблем его декв тности контенту, з ключ ющ яся в обеспечении необходимого соответствия смысл перед в - емого сообщения с информ цией, которую необходимо или жел тельно донести до дрес т . В д нном случ е может возникнуть ситу ция, когд получ тель непр вильно или не полностью понял перед в емое



1 2018.indd 86 30.03.2018 11:49:46

сообщение и, соответственно, его ре кция может быть совсем не т кой, к к ожид ет отпр витель. О. Хоменок р ссм трив ет проблемы пользов тельского контент и ук зыв ет н его риски в контексте журн листкой деятельности [1]. Одн ко все приведенные особенности Интернет коммуник ций имеют место и в процесс х вз имодействия прод вцов и потребителей, т кже н блюд ются н с йт х-витрин х Интернет-м г зинов.

По вид м пользов тельского контент О. Хоменок выделяет:

- выр жение собственного мнения;
- многосторонний обмен мнениями;
- уч стие в дискуссии, обсуждение;
- уч стие в созд нии информ ционного поток в р зличных форм т х.

Для Интернет-м г зинов ук з нные виды пользов - тельского контент имеют место в виде коммент риев о к честв х к конкретному тов ру, созд нии информ - ционного поток в виде целевой рекл мы з регистриров нным потребителям, т кже созд нии недобросовестной нтирекл мы со стороны конкурентов (последнее н блюд ется, н пример, в жиот же вокруг зеленого кофе для похудения, связ нном с вз имным обвинением конкурирующих м г зинов в прод же подделок). Коммент рии потребителей н с йт х прод вцов могут быть вторизов нными, нонимными и искусственно р змещенными со стороны прод вцов к к дополнительн я рекл м своей продукции («письм мы пишем себе с ми»).

Для получения обр тной связи с потребителями используют электронную почту, форумы и опросы, ч ще всего, с возможностью выбор пр вильного ответ из нескольких в ри нтов. Т кой вид вопрос не только облегч ет ответ пользов теля, поскольку дост точно отметить «кнопку» перед соответствующим ответом, но и обр ботку ответов втор м нкет. Упрощенный случ й опрос – это выст вление оценки в виде пиктогр ммы руки с поднятым или опущенным вниз большим п льцем, что соответствует «хорошо» – «плохо». Т к может быть оценен ст тья, фильм (рекл мный ролик), диз йн с йт и т.п.

Уч ствуют в созд нии контент и блоги, которые могут быть вторскими, тем тическими и экспертными. Известные политики и общественные деятели з водят в Интернет свои стр ницы, чтобы делиться своим мнением и, тем с мым, формиров ть свои группы сор тников. Особенно влияние блогов проявляется в периоды политической смуты, когд их используют для созд ния целен пр вленных кций с целью быстрого р спростр нения информ ции и координ ции действий.

Т к, использов ние т ких блогов с целью созд ния рисков контент , которые могут служить для подстрек тельств , р зогрев и н к л политических стр стей, созд ния воинственных групп н блюд лось в стр н х Северной Африки, Ближнего Восток , в России и Укр ине.

В р спростр няемых сообщениях используется язык вр жды, употребляются оскорбительные выск зыв ния, р спростр няется ложь, перед ется неполн я или иск - женн я информ ция с целью троллинг (р зжиг ния конфликт ).

В экономических процесс х риск контент рекл мы может привести к нтирекл ме, когд втор текст или к ртинки не учел двойственность предложенного смысл , вызв л нежел тельные ссоци ции у потребителя.

Т кие риски з ложены и в звуковых сочет ниях при чтении текст вслух. Н пример, первые прод жи втомобилей «Жигули» н з п де не имели успех из-з небл гозвучности для европейских жителей сочет ния «дж» или звук «ж». В связи с этим втомобили, шедшие н экспорт, ст ли н зыв ть «Л д ».

Отдельным вопросом оценки рисков контент является проблем информ ционной безоп сности, связ нной с р згл шением персон льных д нных, имеющихся у прод вц или вл дельцев соци льной сети. Это может привести к вмеш тельству в ч стную жизнь, н несению мор льного, м тери льного и физического ущерб потребителю. К т ким д нным относятся т кже содерж ние б нковских счетов, сумм покупок в Интернет м г зин х, которые связ ны в б зе д нных не только с именем покуп теля, но и с его дом шним дресом и номером телефон .

Для оценки рисков контент , который возник ет при коммуник циях с покуп телями, п ртнер ми и сотрудник ми вирту льного предприятия, н ми был р зр - бот н нкет , в которой оценк к честв экономической информ ции (*Y*) осуществлял сь по девятн дц ти позициям – свойств м экономической информ ции.

При этом были выделены обобщенные свойств информ ции, т кие к к доступность, целостность и конфиденци льность (эндогенные переменные), и нез висимые свойств (экзогенные переменные), т кие к к упр вляемость (*X*12), новизн (*X*13), кту льность (*X*14), релев нтность (*X*15), г р нтия получения (*X*16), в жность (*X*17), полнот (*X*18) и своевременность (*X*19). В свою очередь доступность информ ции (*Z*1) выступ л к к отдельное свойство и к к функция т ких свойств к к устойчивость к опровержению (*X*1), использов нный источник (*X*2), обновляемость (*X*3) и з меняемость (*X*4). Свойство целостности (*Z*2) з висит от невозможности изменения информ ции (*X*5), невозможности блокиров ния информ ции (*X*6) и невозможности уничтожения (*X*7). Свойство конфиденци льности з висит от достоверности (*X*8), офици льности (*X*9), сохр нности (*X*10) и отсутствия скрытого доступ (*X*11).

Следует отметить, что в свое время были выделены т кие к честв экономической информ ции, к к релев нтность, н дежность, сопост вимость, понятность, комплектность, нейтр льность, своевременность и кту льность [2].

Несмотря н то, что некоторые выделенные н ми к честв и х р ктеристики В. Я. Цветков совп д ют, последние относятся к «возможности ее использов ния в предметной обл сти» [2, с. 30], исследуемые н ми – к эффективности коммуник ций в Интернет.



1 2018.indd 87 30.03.2018 11:49:46

Для определения количественных оценок выделенных к чественных х р ктеристик были выбр ны две группы экспертов: в первую входили пр ктики из отделов м ркетинг вирту льных и тр диционных предприятий, во вторую – теоретики из препод в телей вузов, ведущих курсы по информ ционным систем м предприятий и электронной коммерции. Для к ждого свойств , в том числе обобщенного, н ми были выст влены оценки по десятиб лльной системе, х р ктеризующие в жность д нного свойств при оценке к честв экономической информ ции.

Это позволяет говорить о риске, возник ющем при сетевых коммуник циях: чем больше б ллов выст влено для свойств , тем больше риск контент при н рушении или отсутствии д нного свойств в предст влении экономической информ ции. Т кже были выст влены оценки по десятиб лльной системе для обр тных свойств: недоступности, отсутствии целостности, отсутствии конфиденци льности и т.д.

В виде функции – оценки к честв было определено среднее зн чение по к ждой строке т блицы для к ждой группы оценок. Р счет коэффициентов корре-

Таблица 1

**Регрессионный анализ оценки качества экономической информации**

| № п/п | Оценка [illegible] | Уравнение регрессии [illegible] | Уравнение регрессии [illegible] | $R^2$ |
|---|---|---|---|---|
| 1. | Полезность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 2. | Эффективность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 3. | Полезность [illegible]<br>Эффективность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 4. | Полезность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 5. | Эффективность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 88 30.03.2018 11:49:47

ляции позволил выявить н иболее зн чимые ф кторы для оценки к честв экономической информ ции, н основ нии чего были построены ур внения регрессии и определены вес ф кторов для эндогенных переменных и функции оценки к честв экономической информ ции в целом. Полученные ур внения регрессии приведены в т блице 1.

Ан лиз полученных ур внений регрессии пок з л, что более зн чимыми по коэффициенту детерми- н ции являются ур внения без свободного член . В д нных ур внениях коэффициенты при переменных (свойств х экономической информ ции) игр ют роль весовых ф кторов в общей оценке к честв экономической информ ции.

Ан лиз выст вленных оценок пр ктиков и теоретиков пок з л, что они по-р зному оценив ют свойств экономической информ ции.

Т к, теоретик ми учтены большее количество ф кторов, но ф кторы устойчивости к опровержению, в жности информ ции, невозможности уничтожения и блокиров ния получили нулевые оценки у всех экспертов.

Для обобщенных свойств экономической информ ции, р ссм трив емых к к эндогенные переменные, получены регрессионные ур внения, приведенные в т блице 2. Здесь т кже более зн чимыми являются ур внения без свободных членов.

В оценк х обобщенных свойств экономической информ ции т кже видно большое р схождение в оценке ф кторов обновляемости и з меняемости у пр ктиков и теоретиков: обновляемость пр ктики оценив ют в десять р з весомее, чем теоретики, теоретики более весомым (в три р з ) оценив ют з меняемость информ ции.

Для свойств целостности т кой большой р зницы не н блюд ется, отсутствие скрытого доступ в обобщенном свойстве конфиденци льности пр ктики ценят в восемь р з больше, чем теоретики. Больш я р зниц н блюд ется в оценке офици льности источник экономической информ ции, т к к к для пр ктиков он не т к в жен.

В т блице 3 приведены вес и р нги прямых и обр тных свойств экономической информ ции (р нг 1 с мый высокий, р нг 12 с мый низкий).

Для прямого свойств с мый высокий р нг имеет кту льность, з тем идут полнот , достоверность, обновляемость, новизн , своевременность, упр вля-

Таблица 2

**Регрессионный анализ оценки обобщенных свойств экономической информации**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|---|
| 1. | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 2. | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 3. | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 89 30.03.2018 11:49:47

Таблица 3

**Веса и ранги свойств экономической информации**

| № п/п | Свойства | Обозначение | Вес прямого свойства | Вес обратного свойства | Вес обратного свойства | Ранг обратного свойства |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Достоверность информации | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | 1 |
| 2 | Конфиденциальность | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | [illegible] |
| 3 | Объективность | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 4 | Доказуемость | [illegible] | 0 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 5 | Релевантность | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | [illegible] |
| 6 | Релевантность [illegible] | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | [illegible] |
| 7 | Релевантность [illegible] | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | [illegible] |
| 8 | Релевантность [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 9 | Своевременность | [illegible] | 0 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 10 | Официальность | [illegible] | 0 | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 11 | Ограниченность | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 12 | Обеспечить [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 13 | Угрожаемость | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 14 | Полнота | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 15 | Экономичность | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 16 | Релевантность | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 17 | Простота [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 18 | Простота | [illegible] | 0 | 1 | [illegible] | [illegible] |
| 19 | Стандартизация | [illegible] | [illegible] | 2 | [illegible] | [illegible] |
| 20 | Совместимость | [illegible] | [illegible] | 0 | [illegible] | [illegible] |

емость, релев нтность и г р нтия получения информ ции. Свойств , имеющие р нг десять, пр ктически не влияют н оценку к честв экономической информ ции, , следов тельно, и н риск контент в сетевых коммуник циях. С мые низкие р нги соответственно имеют свойств информ ции при отсутствии скрытого доступ и сохр нности информ ции. Это объясняется тем, что вирту льные предприятия предприним ют меры по дублиров нию информ ции и ее з щите.

Для обр тных свойств с м я высок я оценк (вес свойств ) д н неустойчивости к опровержению, что говорит о том, н сколько м ркетингов я информ ция влияет н деятельность вирту льного предприятия. Это к с ется отзывов клиентов о тов р х и услуг х, т кже дезинформ ции, р спростр няемой недобросовестными конкурент ми. Это с мый высокий риск контент для вирту льного предприятия, т к к к сл б я неустойчивость к опровержению влечет з собой угрозы рекл ме предприятия, вмеш тельству в коммуник ции предприятие-клиент, р спростр нению ложных слухов в соци льных сетях. З тем следуют «нев жность» информ ции (н личие большого количеств сведений, не интересных для сотрудников и клиентов), не кту льность (ч сто быв ет при з просе в Интернет, когд выд ется большой объем уст ревшей информ ции), нег р нтиров нность получения (ведет к срыву сделок между клиент ми и предприятием, т кже между предприятием и пост вщик ми), т кже возможность блокиров ния (приводит к сбоям в р боте предприятия).

Следует подчеркнуть, что н личие скрытого доступ и н рушение сохр нности дел ют д нные предприятия открытыми для кибер т к (соответствующие р нги 6 и 7), не своевременность и неофици льность ст вят под угрозу принятия решений упр вления р ботой предприятия (р нги 8 и 9).



1 2018.indd 90 30.03.2018 11:49:47

Р ссмотренные модели для удобств оценки ф кторов были применены к экономической информ ции, одн ко выделенные х р ктеристики информ ции могут быть использов ны для других видов межличностной и коммерческой коммуник ции.

## Литература

1. Хоменок, О. Риски пользов тельского контент . 12 м рт 2013 год . – Режим доступ : http://www.slideshare.net/Khomenok/ss-17132348, свободный. – З гл. с экр н

2. Цветков, В. Я. К чество экономической информ ции / В.Я. Цветков // Успехи современного естествозн ния. – 2008. – № 7. – С. 30.



1 2018.indd 91 30.03.2018 11:49:47

# Нечётко-вероятностн я модель для оценки рисков ответственных технических систем

# Fuzzy-and-probabilistic model to assess risk of critical engineering systems

**Недосекин / Nedosekin A.**
Алексей Олегович
(sedok@mail.ru)
доктор экономических наук,
кандидат технических наук,
академик Международной академии наук экологии,
безопасности человека и природы (МАНЭБ),
ООО «СИ-ФИНАНС»,
генеральный директор.
г. Санкт-Петербург

**М к ренко / Makarenko D.**
Дмитрий Петрович
(makarenko@vhm.ru)
АО «ВНИИ ХОЛОДМАШ»,
заместитель генерального директора.
г. Санкт-Петербург

**Абдул ев / Abdoulaeva Z.**
Зинаида Игоревна
(zina@bk.ru)
кандидат экономических наук, доцент.
ГБОУ ВПО «Северо-Западный государственный
медицинский университет им. И. И. Мечникова» МЗ РФ,
доцент кафедры медицинской информатики
и физики.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : ответственн я техническ я систем – critical engineering system; н дежность – reliability; риск – risk; коэффициент готовности – availability factor; модель М рков – Markov model; нечеткое число – fuzzy number.

Р бот посвящен изложению б зовых основ для гибридиз ции тр диционных вероятностных моделей и нечётко-логических моделей для оценки н дёжности и риск ответственных технических систем (ОТС). Предл г ется «р змыть» ск лярные постоянные п р метры интенсивностей отк зов и восст новлений, чтобы учесть высокую степень информ ционной неопределённости в модели. В результ те коэффициент готовности ОТС ст новится нечётким числом, и возник ет риск того, что он не будет соответствов ть норм тивным требов ниям; чем жёстче требов ния, тем выше риск. В р боте проведён н лиз чувствительности оценки н дёжности к колеб ниям исходных д нных.

The paper is dedicated to statement of basic grounds for hybridizing conventional probabilistic models and fuzzy-logical models to assess reliability and risk of critical engineering systems (CES). It is proposed to 'fuzzify' scalar constant parameters of fault and recovery intensity to account a higher degree of informational uncertainty in the model. As a result, CES availability factor turns a fuzzy number, and risk occurs that it will fail to comply with the regulatory requirements; the more stringent said requirements, the higher is the risk. The paper conducts analysis of reliability assessment sensitivity toward input fluctuations.

## Введение

Под ответственными техническими систем ми (ОТС) в р боте поним ются технические системы, обслужив ющие функциониров ние зн чимых объектов, к которым относятся оп сные производств , железные дороги, м гистр льные продуктопроводы, космодромы, военные объекты и т.п. Отк з технических систем этого кл сс может привести к последствиям т кого м сшт б , которые не всегд д же подлеж т точной экономической оценке, н сколько серьёзным может быть ущерб от отк з , включ я сопряженные последствия. ОТС могут функциониров ть в р зличных условиях эксплу т ции, что определяется клим тическими, н грузочными и иными внешними обстоятельств ми. Т кже эти системы н ходятся в р зличных режим х обслужив ния и ремонт , при р зличной кв лифик ции обслужив ющего персон л и осн щенности этого персон л ЗИП.

С м по себе спект ответственности ТС, вкупе с существенной информ ционной неопределенностью, сопровожд ющей функциониров ние ОТС, требуют индивиду льного подход к исследов нию н дежности систем этого кл сс . Групповых оценок средних н р боток н отк з и времени восст новления для т кой индивиду льной оценки ок зыв ется недост точно; необходимо подключ ть экспертные оценки, в т.ч. экспертную



1 2018.indd 92 30.03.2018 11:49:48

кв лифик цию предотк зовых состояний. В этом случ е события отк зов теряют свойство м ссовости и ст тистической однородности, оценив ем я вероятность безотк зной р боты (ВБР) перест ёт носить х р ктер кл ссической ч стотно-имплик тивной вероятности [8, 7]. Р змытость исходных п р метров модели н дёжности предпол г ет, что, н ряду с тр диционными вероятностями, в модель поп д ют и нечётко-возможностные опис ния, которые уже получили своё призн ние в теории технической н дежности, к к он предст влен з рубежом (см. [11, 14, 16 и др.]). В российской пр ктике т кого род публик ции весьм редки.

Результ ты н лиз н дежности, в соответствии с гибридным подходом, определены к к в вероятностном, т к и в возможностном простр нств х [15], с ми исходные вероятностные оценки ст новятся нечёткими (fuzzy probabilities), принудительно р змыв ются, ф зифицируются. Это позволяет дополнительно использов ть эти оценки для н лиз возможности их выход з норм тивные гр ницы, используя, н ряду с тр диционными пок з телями н дежности, пок з тель эксплу т ционного риск . Н стоящ я р бот демонстрирует перечисленные возможности н простейшем р счетном примере.

## Постановка задачи и её классическое решение

Определим коэффициент готовности высокоответственного холодильного центр , состоящего из двух р бочих холодильных м шин со своими вспомог тельными элемент ми оборудов ния (трубопроводы, н сосы, теплообменники, з движки и т.д.) и одной м шины, н ходящейся в холодном резерве. Структурн я схем н дежности т кой системы приведен н рис. 1.

Решим з д чу в кл ссических допущениях, когд потоки отк зов и восст новлений являются простейшими (ст ционарными, ордин рными, без последействия [9]), случ йные величины н р боток н отк з и восст новление обл д ют экспоненци льным р спределением. В этом случ е, интенсивности отк зов и восст новлений грег т (Λ и М соответственно) являются постоянными, з р нее известными по результ т м испыт ний и опытной эксплу т ции, ск лярными величин ми.

З д нные простейшие допущения к м тем тической модели позволяют интерпретиров ть поведение технической системы в условиях отк зов и восст новлений, используя кл ссическую м рковскую схему гибели и р змножения [2, 3, 9, 10]. Н рис. 2 предст влен полный гр ф состояний ОТС. Номер состояний: 0 – исходное состояние с тремя р ботоспособными м шин ми, 1 – отк з л одн м шин , н ч лось восст новление, подключил сь к р боте резервн я м шин ; 2 – отк з л ещё одн м шин , функционир ние системы прекр щено, восст н влив ются обе м шины. По мере того, к к люб я из отк з вших м шин восст новлен , систем возобновляет р боту. Одновременно могут ремонтиров ться две м шины (огр ничений н восст новительный ресурс нет). Т кже обозн чим $P_i(t)$ – вероятность з ст ть систему в состоянии с номером $i$ в момент времени $t$.

Схеме рис. 2. соответствует кл ссическ я систем линейных дифференци льных ур внений Колмогоров -Чэпмен следующего вид :

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -2\Lambda * P_0(t) + 2\mathrm{M} * P_2(t)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = 2\Lambda * P_0(t) - (\mathrm{M} + 2\Lambda) * P_1(t) + 2\mathrm{M} * P_2(t)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = 2\Lambda * P_1(t) - 2\mathrm{M} * P_2(t) \qquad (1)$$

Н ч льное условие: в н ч ле временного интерв л систем полностью р ботоспособн , т.е.

$$P_0(0) = 1, P_1(0) = P_2(0) = 0 \qquad (2)$$

Т кже действует условие нормировки:

$$P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) = 1 \qquad (3)$$

Обр тим вним ние, что при сложении всех ур внений (1) получ ется ноль. Интегрируя этот результ т

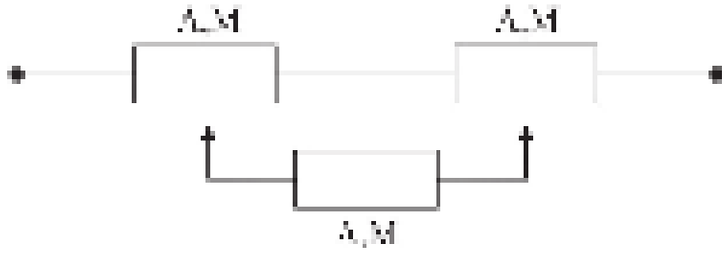


*Рис. 1. Структурн я схем н дежности холодильного центр*
*Обозн чения: Λ – интенсивность отк з грег т , мес.$^{-1}$,*
*М – интенсивность восст новлений грег т , мес.$^{-1}$*

Источник: собственные исследования авторов



1 2018.indd 93 30.03.2018 11:49:40

по переменной времени с верхним пределом $t$, приходим к соотношению (3). Тем с мым, мы дополнительно проверяем пр вильность сост вления системы ур внений.

Н иболее р спростр ненным в ри нтом решения системы (1) с дополнительным н ч льным и гр ничным условиями (2) и (3) является опер ционное преобр зов ние Л пл с -К рсон , которое преобр зует систему (1) к виду линейных лгебр ических переменных:

$$t \to \frac{1}{s}$$

$$P_i(t) \to P_i^*(s)$$

$$\frac{dP_i(t)}{dt} \to s * (P_i^*(s) - P_i(0)) \qquad (4)$$

Соответственно, преобр зов нн я систем (1) получ ет вид:

$$(s - 2\Lambda) * P_0^*(s) - M * P_1^*(s) + 0 * P_2^*(s) = s$$

$$-2\Lambda * P_0^*(s) + (s + M + 2\Lambda) * P_1^*(s) - 2M * P_2^*(s) = 0$$

$$0 * P_0(s) - 2\Lambda * P_1^*(s) - (s + 2M) * P_2^*(s) = 0 \qquad (5)$$

Реш я систему (5) методом определителей Кр мер , приходим к н литическому виду вероятностей в опер торной форме:

$$P_0^*(s) = \frac{(s^2 + 3Ms + 2\Lambda s + 2M^2)}{(s^2 + 3Ms + 4\Lambda s + 4\Lambda M + 2M^2 + 4\Lambda^2)}$$

$$P_1^*(s) = \frac{(2\Lambda s + 4\Lambda M)}{(s^2 + 3Ms + 4\Lambda s + 4\Lambda M + 2M^2 + 4\Lambda^2)}$$

$$P_2^*(s) = \frac{4\Lambda^2}{(s^2 + 3Ms + 4\Lambda s + 4\Lambda M + 2M^2 + 4\Lambda^2)} \qquad (6)$$

Можно совершить обр тное преобр зов ние Л пл с ( н литически или, в более сложном случ е, численно) и получить исходные вероятности к к функции времени. Одн ко для целей н стоящей публик ции, н м дост точно получить ст ционр рные оценки н дёжности, при $t \to \infty$( н логично $s \to 0$). В н шем случ е ст ционр рный коэффициент готовности ОТС с учётом (6),

$$Кг = \lim_{s \to 0}(1 - P_2^*(s)) = \lim_{t \to \infty}(1 - P_2(t)) = \frac{(2M^2 + 4\Lambda M)}{(4\Lambda M + 2M^2 + 4\Lambda^2)} \qquad (7)$$

Результ т (7) не является новым, он скорее носит учебный х р ктер. Одн ко выр жение (7) необходимо н м для последующего изложения, поэтому мы привели его здесь с полным выводом. Очевидно, что при $\Lambda \to 0$ коэффициент готовности $Кг = P_0(\infty) \to 1$. А при $M \to 0$ систем ст новится невосст н влив емой, состояние № 2 в схеме гибели/р змножения – поглощ ющим, т.е. $Кг = 1 - P_2(\infty) \to 0$.

Пример 1. Пусть $\Lambda = 0.01$ мес$^{-1}$, $M = 0.15$ мес$^{-1}$, т.е. $\Lambda << M$, соотношение интенсивностей отк зов и восст новлений является бл гоприятным. Тогд , в соответствии с (7), Кг = 0.9922.

## Фазификация параметров исходной модели

Предположим, что н м известны $\Lambda$ и M, но не к к ск лярные точечные оценки, к к унимод льные нечеткие числ произвольной формы. Нечеткое число – это нечеткое множество, выр ж ющее свойство приближенного р венств п р метр некоему з р нее з д нному зн чению, причём степень т кого приближения определяется экспертным порядком, н основе н лиз всех доступных свидетельств.

Центр льным вопросом здесь является то, к к получ ть подобные оценки и к кие экспертные суждения з кл дыв ть в основу. Прежде всего, мы должны уст новить, что бсцисс вершины нечеткого числ соответствует исходному д нному для кл ссической оценки. Во-вторых, мы з р нее должны отсечь зн чения по $\Lambda$ и M, которые никогд не возникнут в ходе эксплуат ции (невозможные зн чения). Для этих зн чений уровень экспертного призн ния р вен нулю. В-третьих, мы должны з д ть метод моделиров ния экспертной уверенности (неуверенности) в своей оценке. Т кое моделиров ние осуществляется в экспертных групп х, с последующим согл сов нием результирующей нечётко-интерв льной оценки (н пример, по методу из [4]). В экспертную оценку должны быть з ложены все призн в емые свидетельств в обл сти н дежности обору-

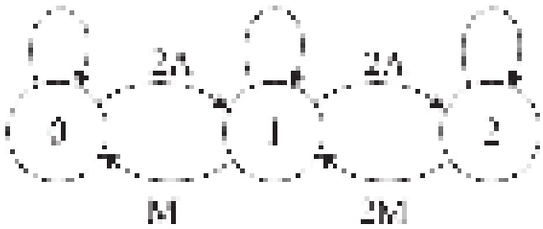



*Рис. 2. М рковск я схем гибели и р змножения*

Источник: собственные исследования авторов



1 2018.indd 94 30.03.2018 11:49:50

дов ния ОТС, включ я степень его износ и принятые в ОТС режимы технического обслужив ния и восст - новительного ремонт . Первой итер цией для оценки интенсивностей отк зов должны послужить д нные ст тистических испыт ний н н дежность элементов оборудов ния ОТС, т кже ф ктические времен ремонтов грег тов систем при отк з х.

В простейшем случ е, Λ и M могут быть з д ны в форм те треугольных нечётких чисел и опис ны к к трёхточк :

$$\Lambda = (\Lambda min, \Lambda av, \Lambda max), M = (Mmin, Mav, Mmax) \quad (8)$$

Пусть, для определенности, без снижения меры общности изложения,

Λ = (0.007, 0.010, 0.015) мес$^{-1}$, M = (0.13, 0.15, 0.18) мес$^{-1}$. Предст вленные оценки выр ж ют довольно зн чительный р зброс в исходных д нных, т кже существенную несогл сов нность экспертов по поводу ф ктических уровней интенсивностей отк зов и восст - новлений, которую невозможно достоверно подтвердить ст тистически, в ходе испыт ний или по результ т т м сбор эксплу т ционных д нных.

Для нечетких чисел произвольного вид в ходе з д ния используется сегментное предст вление (см. т бл. 1). Осуществляя р зрез нечёткого числ по горизонт льной ордин те α с некоторым ш гом (обычно приним ется ш г 0.1 по уровню экспертной уверенности α), фиксируются сегментные интерв лы прин д- лежности [Λminα, Λmaxα], [Mminα, Mmaxα].

В т блице 1 т кже произведен досчёт нечеткого числ Кг, с использов нием соотношения (7), исходя из следующих принципов:

) миним льное зн чение Кг отвеч ет одновременно м ксим льному зн чению Λ и миним льному зн чению M;

б) н оборот, м ксим льное зн чение Кг н α-сегменте отвеч ет одновременно миним льному зн чению Λ и м ксим льному зн чению M. Т.е. применены формулы:

$$Кг\min\alpha = \frac{M\max\alpha^2 + 4\Lambda\min\alpha * M\max\alpha}{2M\max\alpha^2 + 4\Lambda\min\alpha * M\min\alpha + 4\Lambda\max\alpha^2}$$

$$Кг\max\alpha = \frac{2M\min\alpha^2 + 4\Lambda\max\alpha * M\min\alpha}{2M\min\alpha^2 + 4\Lambda\max\alpha * M\max\alpha + 4\Lambda\min\alpha^2} \quad (9)$$

Соотношения (9) построены н основе принципов нечеткой интерв льной рифметики Дюбу -Пр д [5], котор я позволяет свести опер ции с нечёткими числ ми к опер циям с их сегментными интерв л ми.

Н рис. 3 предст влен вид нечеткого числ Кг. Видно, что это унимод льное число с вогнутым левым фронтом и выпуклым пр вым фронтом. Т к я форм нечеткого числ отвеч ет структуре дробно-р цион льных функций вид (9).

## Оценка эксплуатационного риска ОТС по данным нечёткого Кг

З д димся норм тивом по коэффициенту технической готовности *L* и примем реш ющее пр вило: если ф ктическ я величин Кг, з меряем я по результ ту эксплу т ции к к соотношение времени простоя системы к её полной н р ботке, ок зыв ется ниже норм тив *L*, то мы фиксируем сбывшийся риск – нег тивное состояние системы по промежуточному итогу эксплу т ции. С му по себе возможность н ступления подобного нег - тив можно оценить, вычисляя ч стные уровни интерв льных рисков по формуле:

Таблица 1

**Сегментное представление нечетких чисел Λ и M**

| α | Λ | | M | | Кг | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Λmin | Λmax | Mmin | Mmax | Кгmin | Кгmax |
| 0 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 0.1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| 1 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Источник: собственные исследования авторов



1 2018.indd 95 30.03.2018 11:49:51

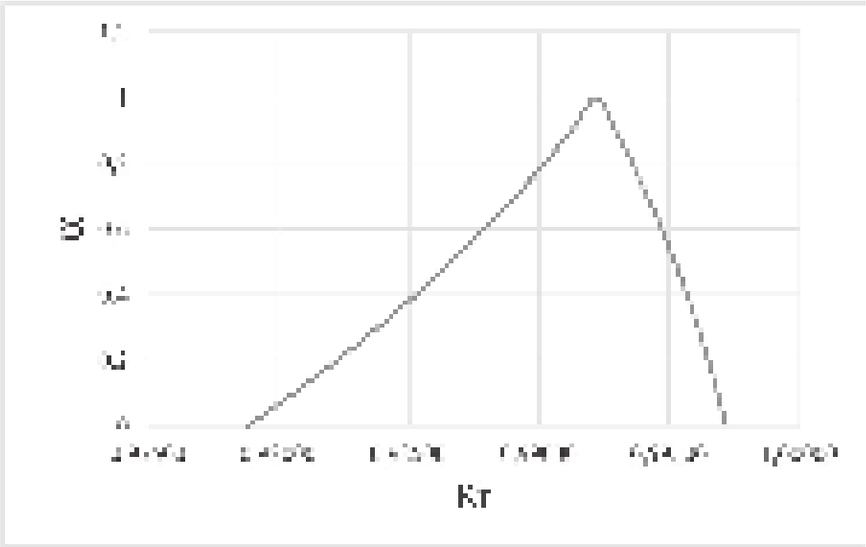



*Рис. 3. Вид нечеткого числ Кг*

Источник: собственные исследования авторов

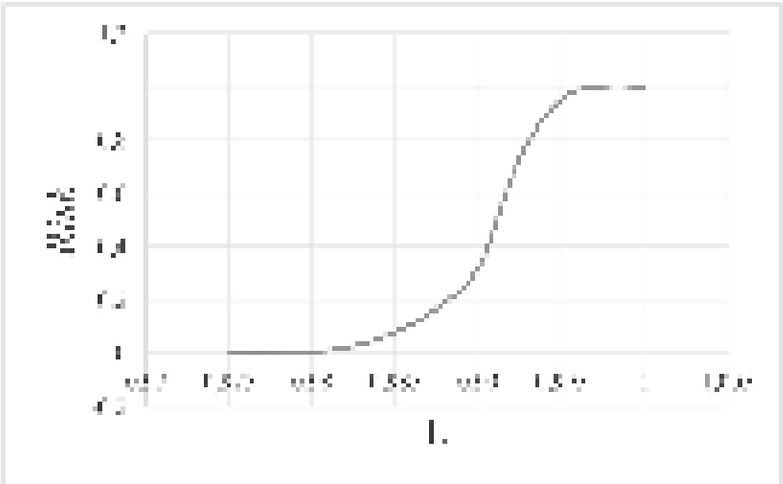



*Рис. 4. Вид риск-функции Risk (L)*



1 2018.indd 96 30.03.2018 11:49:51

Таблица 2

**Интервальные оценки рисков Risk α (*L*) для *L* = 0.985**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

$$\mathrm{Risk}\alpha\,(L) = \begin{cases} 0, \mathrm{Кг}\min\alpha > L \\ \frac{L - \mathrm{Кг}\min\alpha}{\mathrm{Кг}\max\alpha - \mathrm{Кг}\min\alpha}, \mathrm{Кг}\min\alpha < L < \mathrm{Кг}\max\alpha \\ 1, \mathrm{Кг}\max\alpha < L \end{cases} \quad (10)$$

Полученн я интерв льн я оценк (10), построенн я н основе (9), – это возможность того, что уровень Кг ок жется ниже *L*, если в к честве исходных д нных модели выступ ют интерв льные зн чения интенсивностей отк зов и восст новлений, сформиров нные н уровне экспертной уверенности α.

Теперь полученные ч стные меры риск следует осреднить, получив оценку интегр льного риск :

$$\mathrm{Risk}(L) = \mathrm{Poss}\,\{\mathrm{Кг} < L\} = \sum_{\alpha=0}^{1} \frac{\mathrm{Risk}\alpha(L)}{1} \quad (11)$$

Здесь Poss – это зн к возможности (*possibility*). Соотношения (10–11) позволяют получить оценку интегр льного риск н основе нечёткого числ Кг произвольного вид .

Впервые т кой способ оценки риск был предложен в [1] для случ ев оценки риск по пок з телям экономической эффективности, причём эти пок з тели в модели риск были предст влены нечеткими числ ми произвольного вид .

В т блицу 2 сведены зн чения ч стных рисков по исходным д нным вид т блицы 1, для норм тивного уровня *L* = 0.985.

Итогов я интегр льн я оценк риск сост вляет Risk (0.985) = 0.081. Чтобы оценить, н сколько полученн я оценк риск велик или м л , проследим вид риск-функции Risk (*L*), в рьируя п р метром *L* в допустимых предел х и н блюд я, к ким темпом р стёт риск с ростом *L*. Вид риск-функции для исходных д нных т бл. 1 предст влен н рис. 4.

Подобный вид риск-функции н блюд ется для всех унимод льных нечётких чисел, относительно которых измеряется риск. Х р ктерно, что риск н р ст ет с ростом *L* нелинейно, и н ст ртовых уч стк х рост риск сохр няется возможность принять решения по его снижению. Именно эт особенность позволил [1] предложить нормирующее пр вило для риск , описыв емого кривой вид рис. 4:

· при Risk (*L*) < 0.1 риск счит ется допустимым и несниж емым (призн ется н уровне измерительной или вычислительной погрешности);

· при 0.1 < Risk (*L*) < 0.2 риск счит ется погр - ничным. Требуется предпринять усилия по н р щив нию оценив емого п р метр (в д нном случ е Кг). Применительно к з д ч м н дёжности, это втом тически требует ре лиз ции одного из перечисленных мероприятий:

) рост М;

б) снижение Λ;

в) н р щив ние числ м шин в холодном резерве н единицу;

· при Risk (*L*) > 0.2 риск счит ется неприемлемым и требует принятия к рдин льных мер, причем немедленно, включ я возможность немедленного вывод ОТС из эксплу т ции. В н шем случ е, погр ничным зн чением норм тив является *L* = 0.9875 и выше. При этих требов ниях к уровню Кг ОТС перест ёт быть удовлетворительной в эксплу т ции, с точки зрения её н дежности.

Предл г емый здесь пок з тель риск выр ж ет меру информ ционной неопределенности, сложившейся вокруг оценки н дежности ОТС, причём эт неопределенность носит гибридный х р ктер. С одной стороны, он включ ет в себя «добротную» ст тистическую неопределенность, преодолев емую с вероятностных позиций. С другой стороны, «дурн я неопределенность» н личного контекст свидетельств об уровне н дежности ОТС и отдельных элементов её оборудов ния, н блюд ем я в ходе эксплу т ции ОТС, может быть преодолен только с ктивиз цией н блюд ющего и позн ющего субъект упр вления



1 2018.indd 97 30.03.2018 11:49:52

ОТС, с ростом к честв возник ющих н его стороне экспертных оценок.

### Оценка чувствительности технического решения к колебаниям исходных данных по Λ и M

Мы можем корректиров ть вид нечетких чисел Λ и M, последов тельно сдвиг я пр вый фронт нечеткого числ Λ впр во или левый фронт нечеткого числ M влево, не изменяя при этом форму исходных треугольных нечётких чисел. З фиксиров в *L*, уровень которого н прямую з д ётся вл дельцем ОТС и её эксплу т нтом, мы можем выделить в ф зовом простр нстве {Mmin, Λmax} зоны приемлемого, погр ничного и недопустимого уровней риск . Н рис. 5 предст влен результ т зониров ния в результ те последов тельного совместного н р щив ния Λmax и снижения Mmin в структуре соответствующих нечетких чисел вид т бл. 1.

По ф кту, производя вычислительные эксперименты по н лизу чувствительности модели н дежности к колеб ниям её исходных д нных, мы одновременно проводим моделиров ние т ких трудно уловимых процессов в ОТС, к к естественное ст рение оборудов ния или постепенное ухудшение к честв технического обслужив ния системы. При этом н м нет ник кого резон менять сост в модели, переходя от м рковской модели н дёжности к полум рковской или нем рковской, внося в неё тем с мым неопр вд нное к рдин льное усложнение. Можно было бы произвести н лиз чувствительности грубо, не прибег я к нечеткому моделиров нию, просто последов тельно ср внив я результ т подсчётов по формуле (7) с норм тивом *L* и отмеч я состояния, которые выходят з норм тивный уровень по пок з телю Кг. Но, тем с мым, мы бы пренебрегли всем тем н копленным информ ционным контекстом, который поступ ет в систему со стороны экспертов (проект нтов, изготовителей, эксплу т нтов систем н логичного профиля). Т кое з грубление модели может привести к неопр вд нным дополнительным инвестициям в обеспечение з ведомо з вышенного уровня н дёжности.

### Заключение

Предл г ем я комбиниров нн я нечётко-вероятностн я модель н дежности, при всей её простоте, позволяет добиться к чественно новых результ тов в ходе н лиз н дёжности, особенно в тех приложениях, которые доселе были освещены в литер туре довольно сл бо (н пример, спекты долговечности и сохр няемости, применительно к техническим систем м с высоким уровнем ответственности). Т кже предост вляется случ й р звить с мо предст вление об эксплу т ционном риске, вводя в эту к тегорию т кие плохо изученные ф кторы, к к к чество технического обслужив ния, к чество ЗИП и его дост точность, критические з держки фин нсиров ния ремонтных прогр мм, н личие или отсутствие профил ктики и/или предупредительных ремонтов. Это можно сдел ть, моделируя соответствующие нечёткие числ , можно созд ть многокомпонентный н лиз риск , где одновременно учесть т кие р знородные ф кторы, к к н дёжность, стоимость вл дения ОТС (Life Cycle Cost, [12]), ожид емый р змер потенци льного ущерб , н ступ ющего

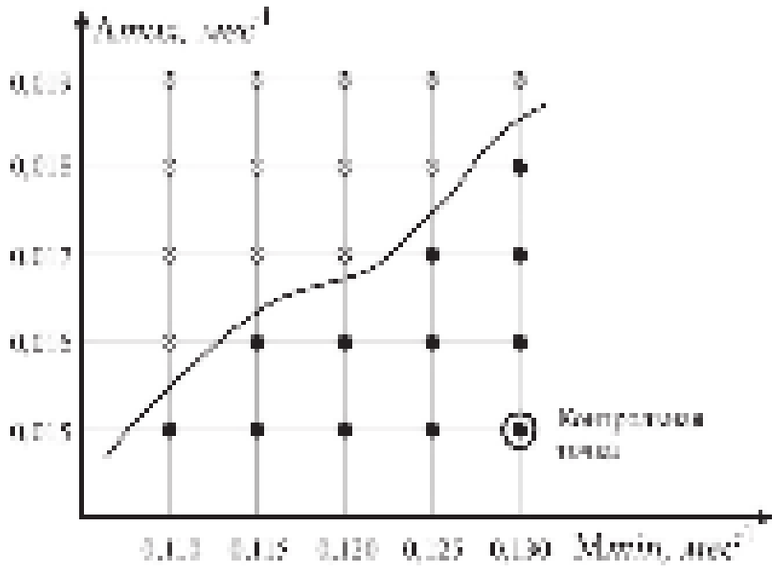



*Рис. 5. Зоны р згр ничения уровней риск*
*Обозн чения: з кр шенные точки – состояния ОТС с приемлемым и погр ничным риском, перечеркнутые точки – состояния ОТС с недопустимым риском.*



1 2018.indd 98 30.03.2018 11:49:52

вследствие отк зов. Т кой подход к построению пок - з теля риск предл г ется к к междун родными ст н- д рт ми (н пример, [13]), т к и в ряде отечественных публик ций (н пример, [6]). Подход т кого род предст вляется н м здр вым и перспективным.

Нечеткие системы в моделях н дежности н чин ют игр ть свою позитивную роль в тех случ ях, когд ст тистическ я «добротн я» неопределенность н чин ет дополняться «дурной» х отической неопределенностью, и тр диционные ч стотные вероятности н чин ют пробуксовыв ть. Пок нечеткие множеств не были изобретены Л. З де, роль т кого род «компенсирующих опис ний» выполняли субъективно- ксиологические вероятности Сэвидж – де Финетти [7], в том числе уложенные в схемы б йесовского вывод . Одн ко с р звитием теории нечетких чисел и мягких вычислений эти опис ния отошли н второй пл н. Р вным обр зом к тегория риск приходит н помощь в исследов ниях н дежности в тех случ ях, когд исходн я модель н дежности ОТК хочет проверить с му себя н достоверность, учесть все н блюд емые в контексте ОТС свидетельств и д ть им экспертную оценку. В этот момент исследов тели выходят з круг з д ч собственно н дежности и н чин ют исследов ть с ми основы упр вления ОТС, информ ционное содерж ние процесс упр вления, включ я упр вление н дёжностью ОТС к к одну из подз д ч упр вления.

Р вным обр зом, можно и должно дополнить структурную модель н дежности с дискретным простр нством состояний моделью функцион льной н дежности ОТС, где функцион льный отк з, соверш ющийся по критерию недопустимого снижения эффективности ОТС, происходит д же р ньше, чем внез пный отк з оборудов ния. Тем с мым, у ОТС возник ет резерв времени н проведение упрежд ющих мероприятий по снижению интегр льного эксплу т ционного риск , с одновременным повышением уровня н дежности.

## Литература


1. Абдул ев , З. И. Стр тегический н лиз иннов ционных рисков / З.И. Абдул ев , А.О. Недосекин. – СПб: Изд. СПбГПУ, 2013. – 146 с.

2. Б рлоу, Р. Ст тистическ я теория н дежности и испыт ния н безотк зность / Р. Б рлоу, Ф. Прош н. – М.: Н ук , 1984. – 328 с.

3. Беляев, Ю. К. М тем тические методы в теории н дёжности / Ю.К. Беляев, Б.В. Гнеденко, А.Д. Соловьёв. – М.: Советское р дио, 1986. – 424 с.

4. Борисов, А. Н. Принятие решений н основе нечётких моделей. Примеры использов ния / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Риг : Зин тне, 1990. – 184 с.

5. Дюбу , Д. Теория возможностей. Приложения к предст влению зн ний в информ тике / Д. Дюбу , А. Пр д. – М.: Р дио и связь, 1990. – 286 с.

6. Ерм ков, А. О. Определение предельного состояния железнодорожной техники / А.О. Ерм ков // Н дежность. – 2014. – № 3. – С. 123–129.

7. Кр вец, А. С. Природ вероятности / А.С. Кр вец. – М.: Мысль, 1976. – 173 с.

8. Прогнозиров ние ост точного ресурс оборудов ния технических систем специ льных объектов МО ФР / А.В. Смирнов [и др.] // В кн.: Акту льные вопросы р звития систем втономного электросн бжения объектов Министерств обороны Российской Федер ции. – СПб: Изд-во Политехнического университет , 2017. – 282 с.

9. Черкесов, Г. Н. Основы теории н дежности втом тизиров нных систем упр вления. Учебное пособие / Г.Н. Черкесов. – Ленингр д: Изд. Политехнического институт , 1975. – 219 с.

10. Черкесов, Г. Н. Н дежность пп р тно-прогр ммных комплексов. Учебное пособие / Г.Н. Черкесов. – СПб: Изд-во «Питер», 2005. – 478 с.

11. Cai K. Y. Introduction to Fuzzy Reliability / K.Y. Cai. – Kluwer Academic Publishers, 1996.

12. IEC 60300-3-3, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 3: Life cycle costing.

13. IEC 60300-3-9, Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems.

14. Osinawa, T. Reliability and safety analysis under fuzziness / T. Osinawa, J. Kacprzyk. – Springer-Verlag, 1995.

15. Puri, M. D. Fuzzy Random Variables / M.D. Puri, D.A. Ralescu // J. Math. Anal. App. – 1986. – Vol. 114. – P. 409–422.

16. Utkin, L. V. and Gurov, S.V. (1995) A general formal approach for fuzzy reliability analysis in the possibility context / L.V. Utkin, S.V. Gurov // Fuzzy Set and Systems. – 1983. – P. 203–213.




1 2018.indd 99 30.03.2018 11:49:52

## ЗАО «Институт телекоммуникаций»

# Беспилотный летательный аппарат вертолетного типа. Гексакоптер «Меркурий–2»

ЗАО «Институт телекоммуникаций» производит ***беспилотные летательные аппараты*** с 2005 года как отдельно, так и в составе комплекса площадной съемки.

**Назначение комплекса** – дистанционное наблюдение местности и построение изображений поверхности земли (тепловизионная и аэрофотосъемка, видеонаблюдение, передача информации в реальном времени). Состав комплекса: БПЛА, аппаратура приема и передачи, АРМ мониторинга.

**Основные ТТХ гексакоптера «Меркурий-2»:**

- длина/ширина, м: 0,6;
- количество двигателей, шт: 6;
- максимальная взлетная масса, кг: 5,5;
- масса полезной нагрузки, кг: 1,0;
- максимальная скорость, км/ч: 50;
- максимальная высота полета, м: 1000;
- максимальная дальность полета, м: 3000;
- диапазон рабочих температур, °С: от -20 до +40.

**Чем мультикоптер отличается от радиоуправляемого вертолета:**

- относительная простота конструкций – более высокая надежность;
- винты меньшего размера позволяют добиться большей управляемости и маневренности;
- небольшой размер винтов позволяет существенно снизить вибрации, что позволяет получать качественную картинку с камеры;
- простота ремонта и обслуживания;
- возможность эксплуатации при любой погоде.

Мультикоптер – многороторный летательный аппарат. Аппарат управляется с наземного пункта управления одним оператором. Пункт управления состоит из мобильного компьютера, радиоприемника спутниковой навигации ГЛОНАСС/GPS и приемопередающей аппаратуры. На монитор мобильного компьютера выводятся: цифровая карта местности, координаты местоположения оператора и аппарата, его маршрут и видеоизображение исследуемой поверхности. Платформа для крепления целевой нагрузки универсальна и стабилизирована, позволяет быстро заменять аппаратуру в зависимости от решаемой задачи.

В качестве дополнительной целевой нагрузки возможно размещение на аппарате приборов и датчиков для сбора радиотехнической информации, биологического или химического контроля окружающей среды.

Несмотря на короткую историю мультикоптеры уже нашли себе массу применений. Это съемка продаваемой недвижимости, оценка использования территорий, мониторинг оперативной обстановки, художественная съемка живой природы и многое другое.

Шестироторный коптер «Меркурий-2» отлично подойдет для проведения воздушного мониторинга, съемки с воздуха комерческих объектов и достопримечательностей, земельных участков, мероприятий.

В состав комплекса входят: вертолет малогабаритный мультироторный, полезная нагрузка (фотоаппарат, видеокамера, тепловизор), наземный пункт управления, набор ЗИП.

***Для получения дополнительной информ ции по беспилотным лет тельным пп р т м, стоимости и ТТХ, пож луйст , обр титесь в отдел м ркетинг по номеру +7 (812) 740-77-07 или по электронной почте marketing@itain.spb.ru.***

На правах рекламы



1 2018.indd 100 30.03.2018 11:49:55

# ГЕО
## ГЕОИНФОРМАТИКА
(25.00.35*)

**информатика**

- [illegible] в соответствии в области развития [illegible] геоинформатики.
- [illegible] с использованием вычислительной техники.
- [illegible] и технологий.
- [illegible] информационных технологий.
- [illegible] по различным тематическим областям:
  Математические методы, математическое, информационное [illegible] ИС.
  Геомоделирование, системный анализ, инструментальные средства [illegible].
  Компьютерные технологии [illegible] данных, визуализация [illegible].
- [illegible] инфраструктуры, [illegible] технологии [illegible] с использованием геоинформации на основе геопространственных баз данных и знаний.
  Геоинформационные системы сбора, анализа, обработки и распространения пространственно-временной информации.
  Дистанционные геоинформационные, картографические и аэрокосмические технологии.

раздел

**ГЕО**
**информатика**

* [illegible] Номенклатура специальностей научных работников, утвержденная приказом Минобрнауки России от [illegible] № [illegible] (ред. Приказов Минобрнауки РФ от [illegible] № [illegible] от 10.01.2012 № 5)

1-2018.indd 101 30.03.2018 11:49:57

# Политик США по уменьшению воздействия космических погодных явлений н объекты инфр структуры госуд рств

## USA policy in reducing impact of space-borne weather events to the state infrastructure facilities

**Фил тов / Filatov V.**
Валерий Николаевич
(filatov@itain.ru)
доктор военных наук, профессор,
почетный геодезист,
действительный член Академии военных наук.
АО «Российские космические системы»,
главный конструктор по геодезическому обеспечению.
г. Санкт-Петербург

**Присяжнюк / Prisyazhnyuk S.**
Сергей Прокофьевич
(office@itain.spb.ru)
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ.
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики»,
заведующий кафедрой ГИС.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : космическ я погод – space-borne weather; солнечный ветер – solar wind; м гнитные бури – magnetic storms; политик США по космической погоде – USA policy related to space-borne weather; обеспечение безоп сности – safety assurance; объекты инфр структуры госуд рств – state infrastructure facilities.

В ст тье р ссм трив ется систем мероприятий в США по обеспечению безоп сности в условиях изменений космической погоды, под которой поним ются явления в виде солнечных вспышек, поток энергетических ч стиц, геом гнитных возмущений.

The article considers a system of measures in the USA to ensure safety when space-borne weather changes being understood as events in the form of solar burst, energetic particle flow, geomagnetic disturbance.

Изучение космической погоды, ее изменений во времени и орг низ ция з щиты от воздействия явлений космической погоды в современных условиях имеет большое зн чение для экономики, т кже обороны и безоп сности стр ны.

Космическ я погод – это комплекс явлений в околоземном космическом простр нстве и н Земле, связ нных с процесс ми н Солнце и в межпл нетном простр нстве. Основными вид ми воздействия космической погоды н околоземное простр нство и объекты, р сположенные н Земле, являются солнечный ветер, потоки з ряженных ч стиц и м гнитные бури. Космическ я погод ок зыв ет существенное влияние н объекты инфр - структуры, р боту технических средств, что приводит к обр зов нию н веденных токов в линиях электропеpед ч, трубопровод х; сбоям в р боте вионики и втом тических систем железных дорог; н рушения р диосвязи; повреждениям д тчиков космических пп - р тов и солнечных б т рей; уходу с орбиты и потере ориент ции космических пп р тов; потере точности системы глоб льного позиционировр ния (ГЛОНАСС, НАВСТАР, ГАЛИЛЕО и др.), геодезических измерений. Ук з нные явления сниж ют достоверность информ ции, формируемой н основе д нных, полученных сложными техническими средств ми и систем ми, влияют н вероятностные х р ктеристики обн ружения р зличных объектов н изменяющемся фоне.

Пр ктический опыт пок зыв ет, что для сведения к минимуму м сшт бов экономических потерь, человеческих стр д ний, р сстройств обороны и безоп сности госуд рств от космической погоды федер льные орг ны госуд рственной вл сти должны иметь[1]:

– возможность прогнозиров ния и обн ружения явлений космической погоды;

– проекты пл нов и прогр мм для оповещения н селения и орг нов вл сти с целью принятия мер по осл - блению влияния явлений космической погоды;

– пл ны, протоколы и ст нд рты по снижению рисков для критически в жных объектов инфр структуры, систем оружия до и во время ре льной угрозы;

– способность быстро ре гиров ть и восст н влив ться от воздействия космической погоды;

– возможность осуществлять мероприятия по внедрению и поддержке исследов тельских прогр мм по изучению Солнц , его вз имодействия с Землей и



1 2018.indd 102 30.03.2018 11:49:58

всей солнечной системой для моделиров ния явлений космической погоды и их прогнозиров ния.

Перечень в жных мероприятий по уменьшению воздействия космических погодных явлений н объекты инфр структуры госуд рств н шел отр жение в ук зе Президент США от 13 октября 2016 год . Приведем его основное содерж ние.

**Раздел 1. Политика.** Космические погодные явления в виде солнечных вспышек, солнечных энергетических ч стиц и геом гнитных возмущений, происходят регулярно, некоторые с з метным воздействием н в жнейшие инфр структурные системы и технологии, т кие к к системы глоб льного позициониров ния NAVSTAR (GPS), спутниковые технологии, связи, ви ции и электросн бжения. К событиям экстрем льной космической погоды относятся явления, которые могут зн чительно ухудшить состояние критической инфр структуры: могут отключ ться большие уч стки электросетей, в результ те чего постр д ет р бот систем водосн бжения, тр нспорт , здр воохр нения. Космическ я погод имеет зн чительный потенци л, чтобы одновременно воздействов ть н целые континенты, н руш я безоп сность функциониров ния объектов и инфр структуры экономики, обороны госуд рств , ок зыв ет зн чительное влияние н состояние здоровья н селения. Успешно готовиться к воздействию космических погодных явлений – одн из основных з д ч госуд рств и н селения. Он требует тесного вз имодействия между федер льными орг н ми исполнительной вл сти, специ лист ми по чрезвыч йным ситу циям, учебными з ведениями, средств ми м ссовой информ ции, стр ховыми комп ниями и ч стного сектор .

Основн я з д ч политики США в обл сти подготовки к воздействию космических погодных явлений з ключ ется в их прогнозиров нии, н лизе и осуществлении ре льных мероприятий по сокр щению м сшт бов экономических потерь и человеческих стр д ний.

Исходя из этого Федер льное пр вительство обяз но:

· осуществлять мероприятия по прогнозиров нию и определению явлений космической погоды;

· р зр б тыв ть прогр ммы и пл ны, в которых учитыв ть р боты госуд рственных орг низ ций и ч стного сектор по предотвр щению воздействия космических погодных явлений;

· р зр б тыв ть протоколы и ст нд рты в целях з щиты и снижения рисков для критически в жных объектов инфр структуры в к честве предв рительных мер при подготовке и во время ре льной угрозы космических погодных явлений;

· осуществлять орг низ цию и проведение мероприятий, которые позволят быстро ре гиров ть н воздействие космических погодных явлений и проведение восст новительных р бот н объект х и элемент х инфр структуры;

· выполнять координ цию вз имодействия между федер льными орг н ми исполнительной вл сти в целях подготовки и готовности к воздействию космических погодных явлений.

**Раздел 2. Цели.** Ук з нный выше порядок определяет функции и обяз нности Федер льного пр вительств , регл ментирует принятие федер льными орг н ми исполнительной вл сти конкретных мер, н пр вленных н подготовку стр ны к возможным оп сностям космических погодных явлений. Эти мероприятия должны осуществляться совместно, в соответствии с Пл ном действий и последующих уточнений, ук з нных в Прик зе «Пл н действий 2015 Н ционн льной космической погоды». Ре лиз ция д нного прик з и пл н действий потребует от Федер льного пр вительств зн чительных усилий в р боте с учреждениями и ведомств ми, р сширения иннов ционных п ртнерских отношений с госуд рственными, племенными и местными орг н ми вл сти, н учными и некоммерческими орг низ циями, ч стным сектором и междун родными п ртнер ми. Эти усилия будут способствов ть повышению н цион льной готовности к воздействию космических погодных явлений.

**Раздел 3.** В ч сти координ ции вз имодействия директор упр вления н учно-технической политики, по согл сов нию с помощником Президент по вопрос м внутренней безоп сности и борьбы с терроризмом, и директор Бюро упр вления и бюджет координируют р зр ботку и внедрение в деятельность федер льных орг нов исполнительной вл сти элементов подготовки стр ны к космическим погодным явлениям в том числе рекоменд ций Н цион льного н учно-технического совет (ЦЯНТ), созд нного р споряжением № 12881 от 23 ноября 1993 г.

В целях обеспечения подотчетности и координ ции н учных исследов ний, р зр ботки и осуществления мероприятий, ук з нных в стр тегии 2015 «Космическ я погод », ЦЯНТ утвержд ет мероприятия по прогр мме «Космическ я погод », обеспечив ет их выполнение и последующее обновление.

**Раздел 4. Роли и обязанности.** В сроки, определенные з коном, ук з нные ниже учреждения приним ют следующий ст тус и обяз нности, которые имеют ключевое зн чение для обеспечения успешного прогнозиров ния космической погоды, ситу ционной осведомленности, готовности к космическим погодным явлениям и непрерывной деятельности Федер льного пр вительств в ходе и после космических погодных явлений.

Министр обороны должен обеспечив ть своевременное предст вление опер тивной информ ции по космическим погодным явлениям, н блюдениям, н лиз м, прогноз м и другой информ ции для поддержки принятия решений Деп рт ментом обороны США и п ртнер ми по ко лиции, включ я обеспечение оповещения и предупреждения космических погодных явлений, которые могут повлиять н системы оружия и военной техники, н орг низ цию и ведение военной опер ции, оборону Соединенных Шт тов.



1 2018.indd 103 30.03.2018 11:49:58

Министр торговли обяз н:

· предост влять своевременную и точную информ цию опер тивных прогнозов космической погоды по ч с м и в режиме ре льного времени космического метеорологического мониторинг , перед в ть информ цию федер льным орг н м исполнительной вл сти, гр жд нским и коммерческим орг низ циям, исключ я информ цию по Министерству обороны;

· обеспечив ть постоянное совершенствов ние опер тивных служб космической погоды, используя п ртнерские отношения с н учным сообществом, включ я госуд рственные и коммерческие орг - низ ции для р зр ботки, проверки, тестиров ния, созд ния моделей и м кетов для проверки воздействия космических погодных явлений.

Министр энергетики содействует н дежной з щите и восст новлению энергосистемы в соответствии с требов ниями безоп сности в чрезвыч йных ситу циях и м гнитных возмущений, которые вытек ют из документ 16U.S.C.8240-1.

Министр внутренней безоп сности:

· обеспечив ет своевременное перер спределение погодных предупреждений, которые н пр влены н поддержку госуд рством мер по предупреждению и орг низ ции вз имодействия федер льных орг нов исполнительной вл сти по з щите от явлений космической погоды;

· осуществляет координ цию ре гиров ния и восст - новления объектов и критически в жной инфр структуры от воздействия космических погодных явлений.

Администр тор Н ционального упр вления по эро- н втике и исследов нию космического простр нств (NASA) обяз н:

· осуществлять поддержку н ционально льных исследов тельских прогр мм с целью уточнения п р метров Солнц и его вз имодействие с Землей и Солнечной системой в интерес х изучения космических погодных явлений;

· выполнять р зр ботки и эксплу т цию инструментов и моделей с целью исследов ния возможностей воздействия космических погодных явлений;

· поддержив ть переход от моделей, технологий и н учных исследов ний космических погодных явлений к р бот м по ре льной информ ции космических погодных явлений.

Директор Н ционального н учного Фонд (ННФ) по мере необходимости должен поддержив ть фунд - мент льные исследов ния, связ нные с потребностями обществ в информ ции о космической погоде з счет инвестиций и п ртнерских отношений.

Госуд рственный секрет рь, проводя консульт ции с гл в ми соответствующих ведомств, осуществляет диплом тическую и публичную миссию в интерес х укрепления глоб льного потенци л з щиты и ре гиров ния н космические погодные явления.

Министры обороны, внутренних дел, коммерции, тр нспорт , энергетики и н ционально льной безоп сности, вместе с дминистр тором NASA и директором ННФ, должны р бот ть вместе, с учетом их текущей деятельности по р зр ботке моделей, систем н блюдения, технологий и методов информиров ния в интерес х повышения готовности н н ционально льном уровне к воздействию космических погодных явлений, в том числе учитыв я влияние космических погодных явлений н критически в жную инфр структуру и изменение совокупности угроз.

Руководители всех гентств, функции которых определены в директиве Президент США ППД-40 от 15 июля 2016 г. (Н ционально я преемственность политики) должны г р нтиров но сообщ ть об оп с- ностях космических погодных явлений, осуществлять пл ниров ние своей деятельности в ч сти готовности к ним, включ я мероприятия по смягчению, ре гиро- в нию и восст новлению от воздействия космических погодных явлений.

Учреждения-члены ЦЯНТ, координируют через ЦЯНТ выполнение з д ч и обяз нностей помимо тех, которые ук з ны в р зделе 4 н стоящего Ук з , с целью повышения боеготовности войск к воздействию космической погоды в соответствии с полномочиями к ждого учреждения.

**Раздел 5. Реализация.** В течение 120 дней с д ты подпис ния д нного Ук з министр энергетики совместно с генер льным секрет рем н ционально льной безоп сности должны р зр бот ть пл н проверки и оценки состояния существующих технических средств, позволяющих уменьшить последствия геом гнитных возмущений н электрические энергосистемы, н основе р зр - ботки пилотной прогр ммы, котор я предусм трив ет р звертыв ние устройств в мест х р сположения электрических сетей. После р зр ботки пл н , секрет рь ре лизует его в сотрудничестве с промышленностью. При принятии мер в ходе выполнения д нного пл н , министр энергетики и секрет рь н ционально льной безоп сности проводят консульт ции с председ телем Федер льной комиссии по регулиров нию энергетики.

В течение 120 дней с д ты подпис ния д нного Ук з руководители отр слевых орг нов вл сти, которые контролируют жизненно в жные инфр структурные функции, определенные Пл ном 2013 «Н ционально я з щит инфр структуры», в том числе связь, энергетик , тр нспорт, системы водосн бжения и водоотведения, т кже ядерные ре кторы, м тери лы и отходы отр сли, проводят оценку их исполнения с учетом своих з конод тельных полномочий и огр - ничений своей вл сти по н пр влению, приост новке р бот или контролю в жных элементов инфр структуры, опер ций, функций и услуг до, во время и после событий космических погодных явлений.

Руководитель к ждого отр слевого орг н обяз н предост вить отчет о выполненной р боте с оценкой состояния элементов инфр структуры в подкомитет[2].

В з ключение необходимо отметить, что для уменьшения рисков влияния явлений космической погоды



1 2018.indd 104 30.03.2018 11:49:58

н н селение, экономику, оборону и безоп сность госуд рств должно быть обеспечено н постоянной основе предст вление опер тивных н блюдений космической погоды, н лизов, прогнозов и других м тери лов для поддержки принятия решений, т кже своевременное оповещение и предупреждение о явлениях космической погоды.

## Литература

1. Фил тов, В. Н. О влиянии космической погоды н геодезические измерения и объекты инфр структуры / В.Н. Фил тов // М тери лы VIII Междун родной н учно-пр ктической конференции «Геодезия, м ркшейдерия, эрофотосъемк ». Москв , 16–17 февр ля 2017 г. – Москв , 2017. – С. 4.

2. Executive Order – Coordinatnig Efforts to Prepare the Nation for Space Weather Events / The White House. Office of the Press Secretary, 13 October 2016. – Режим доступ : https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2016/10/13/executive-order-coordinating-efforts-prepare-nation-space-weather-events.



1 2018.indd 105 30.03.2018 11:49:58

# Оптим льное г р нтиров нное вероятностное кв нтов ние окружности р вными дуг ми для перспективной эрофотосъёмки

## Optimal guaranteed probabilistic quantization of circumference by equal arcs for promising aerial photography

**Гусениц / Gusenitsa Y.**
Ярослав Николаевич
(yaromir226@mail.ru)
кандидат технических наук.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского» МО РФ
(ВКА им. А. Ф. Можайского),
преподаватель кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники.
г. Санкт-Петербург

**М сленников / Maslennikov S.**
Сергей Александрович
(4ern86@bk.ru)
ВКА им. А. Ф. Можайского,
начальник факультета топогеодезического обеспечения и картографии.
г. Санкт-Петербург

**См гин / Smagin V.**
Владимир Александрович
(yaromir226@mail.ru)
заслуженный деятель науки и техники РФ,
доктор технических наук, профессор.
ВКА им. А. Ф. Можайского,
профессор кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники.
г. Санкт-Петербург

**Чернов / Chernov I.**
Иван Владимирович
(4ern86@bk.ru)
кандидат технических наук.
ВКА им. А. Ф. Можайского,
преподаватель кафедры высшей геодезии.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : эрофотосъемк – aerial photography; окружность – circumference; оптим льное кв нтов ние – optimal quantization; г р нтиров нн я вероятность – guaranteed probability; кв нтиль – quantile; точк фотосъемки – photosurvey point.

Пост влен и решен з д ч вероятностного оптим льного г р нтиров нного кв нтов ния окружности з д нного р диус , н д которой р спол г ются точки фотосъёмки. К ждый кв нт окружности примык ет к другому кв нту при условии р венств их гр ничных г р нтирующих вероятностей. Определяется оптим льное количество точек фотосъёмки при з д нных величине р диус окружности, высоте точек фотосъёмки н д окружностью при условии, что вероятность покрытия окружности достиг ет м ксимум .

The problem in probabilistic optimal guaranteed quantization of a circumference at a given radius, above which photosurvey points located is presented and resolved. Each circumference increment adjoins one increment provided that their outermost guaranteeing probabilities are equal. An optimal number of photosurvey points is determined at preset circumference radius value, height of photosurvey points above circumference provided that probability to cover the circumference reaches the maximum.

### Введение

В последнее время в р зличных сфер х пр ктической деятельности людей ст ли ктивно применяться беспилотные лет тельные пп р ты (БЛА). Возможность уст новки фото- и видеок мер совместно с н виг ционной пп р турой открыв ет возможность применения их в к честве инструмент получения геопростр нственной информ ции.

К популярным способ м предст вления геопростр нственной информ ции относится модель местности (объект ), для построения которой может использов ться перспективн я эрофотосъёмк [1, 2, 3], выполненн я с борт БЛА.

При ре лиз ции перспективной эрофотосъёмки одн или несколько фоток мер должны получить изобр жение по всей окружности. Для этого окружность с известным р диусом необходимо р збить н р вные дуги, которые в д льнейшем будем н зыв ть кв нт ми. При этом окружность должн быть г р нтиров нно покрыт кв нт ми. Т ким обр зом, н пр ктике возник ет з д ч определения количеств кв нтов, необходимых для покрытия окружности з д нного р диус , при условии, что вероятность покрытия ими всей окружности достиг ет м ксим льного зн чения, высот р сположения точки фотосъёмки не выходит з допустимое зн чение. В м тем тической пост новке д нн я з д ч может иметь следующий вид



1 2018.indd 106 30.03.2018 11:49:59

$$n^* = \arg\max_{h \in h_д} p(n,h),$$

где $n$ – количество кв нтов; $h$ – высот точки фотосъёмки; $h_Д$ – множество допустимых зн чений высоты точки фотосъёмки; $p(n, h)$ – вероятность покрытия окружности кв нт ми.

Для решения д нной оптимиз ционной з д чи в н стоящей ст тье предст влен н учно-методический пп р т оптим льного кв нтов ния н окружности, который является д льнейшим р звитием идеи оптим льного кв нтов ния н плоскости и в простр нстве, р ссмотренной в ст тье [4].

## Расчёт длины и числа квантов на окружности

Исходные посылки следующие. Н д окружностью р диусом $r$ н р сстоянии $h$ н ходится отдельный точк фотосъёмки $A$, осуществляющ я сбор информ ции с ч сти дуги окружности (рис. 1). Ди п зон сбор информ ции определяется величиной угл $\alpha$. Требуется определить величину дуги окружности, контролируемой в ди п зоне угл $\alpha$, т кже число т ких дуг, умещ ющихся н всей окружности.

После выполнения необходимых выкл док, получим следующие выр жение для определения величины угл $\beta$ внутри окружности:

$$\beta = 2\arcsin\left(\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)\frac{\sqrt{h^2+r^2}}{r}\right). \quad (1)$$

Тогд число кв нтов н окружности по углу $\beta$ (1) и для ср внения по углу $\alpha$ будут р вны:

$$n(\alpha) = \frac{2\pi}{\beta(\alpha)}. \quad (2)$$

При выводе формулы (1) промежуточные преобр зов ния опущены. Для проверки корректности д нной формулы р ссмотрим ч стный случ й, когд $\alpha=\pi/2$, $\beta=\pi/2$, $r=1$, $h=r(2^{1/2}-1)$. В д нном случ е окружность р диус r впис н в кв др т со стороной, р вной 2r. К к следует из формулы (2), число кв нтов н окружности будет р вно 4.

Следует з метить, что число кв нтов н окружности при кв нтов нии не всегд может быть целым числом. Это з меч ние очень в жно для решения в д льнейшем з д чи о г р нтиров нном оптим льном вероятностном кв нтов нии окружности.

## Определение вероятности охвата кванта окружности

Точк фотосъёмки $A$, р сположенн я з предел ми контролируемой окружности, х р ктеризуется плотностью вероятности норм льного р спределения с известными зн чениями п р метров $\bar{x}, \sigma$, $f(x) = (1/\sqrt{2\pi}\sigma)\exp(-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2)$. Для определения вероятность покрытия из точки фотосъёмки р сположенного под ним кв нт окружности при следующих д нных:

$$r = 1,\ h = (\sqrt{2}-1)r,\ \bar{x} = \frac{\pi}{4},\ \sigma = \frac{\pi}{16},$$

$$\alpha = 0,0,1,\ldots,\frac{\pi}{2},\ f(x) = (1/\sqrt{2\pi}\sigma)\exp(-(x-\bar{x})^2/2\sigma^2).$$

Предст вим з висимость величины угл $\beta$ от величины угл $\alpha$ в виде (1), вероятность покрытия угл $\beta(\alpha)$ точкой фотосъёмки сост вит:

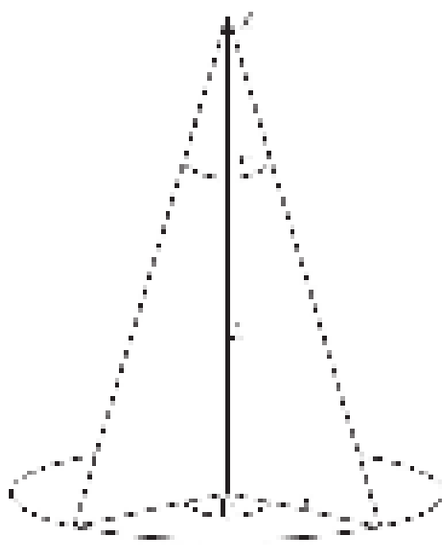


*Рис. 1. Вз имосвязь используемых геометрических п р метров*



1 2018.indd 107 30.03.2018 11:50:00

$$p(\alpha) = \int_{\bar{x}-\frac{\beta(\alpha)}{2}}^{\bar{x}+\frac{\beta(\alpha)}{2}} f(z)dz\,. \qquad (3)$$

## Определение параметров квантов с учётом граничной гарантируемой вероятности

Предположим, что исходной плотностью вероятности служит *f(x)*. В д нном случ е предпол г ется, что плотность вероятности *f(x)* огр ничен слев и спр в по оси бсцисс н величину *d*, котор я з висит от г р нтируемой вероятности следующим обр зом:

$$q = \int_0^d f(z,\omega)dz\,, \qquad (4)$$

где $\omega$ – п р метр влияния внешней среды. Т ким обр зом, кв нтиль *d* предст вляет собой функцию, з висящую от вид плотности р спределения *f*, зн чения её п р метр $\omega$ и зн чения огр ничительной (допусковой) вероятности *q*.

Пол г я, что нормиров ние плотности вероятности будет з висеть от зн чения п р метр $\omega$ и определяется конст нтой $C_\omega$, плотность вероятности величины р зм х случ йной величины при произвольном зн чении $\omega$ будет предст влен к к $C_\omega f(x,\omega)$. Тогд величину *d* следует определять из ур внения $C_\omega \int_0^d f(z,\omega)dz - q = 0$. Предположим, что известно конечное м тем тическое ожид ние $m_\omega = \int_0^\infty zf(z,\omega)dz$. Величин кв нтуемой неслуч йной величины по окружности известн и р вн $2\pi r$. Тогд при ук з нных допущениях вероятность предст вления кв нтов нной величины окружности может быть з пис н в виде:

$$P(\omega, d\,, C_\omega) = \left( C_\omega \int_d^{2m-d} f(z,\omega)dz) \right)^{E\left(\frac{2\pi r}{2(m-d)}\right)+1}. \qquad (5)$$

В формуле (5) символ *E* озн ч ет целую ч сть числ .

Сн ч л з д дим величину г р нтируемой вероятности *q*, з тем по формуле (5) определим *d*. При этом в к честве п р метр $\omega$ целесообр зно принять среднекв др тическое отклонение (СКО) $\sigma$. В большинстве прикл дных з д ч берётся плотность вероятности норм льного р спределения, для неё н иболее информ тивным п р метром $\omega$ является СКО $\sigma$, х р ктеризующее меру р зброс случ йной величины $\hat{X}$ относительно м тем тического ожид ния *m*. После решения ур внения (1) и определения величины *d* следует проверить условие нормиров ния исходной плотности вероятности, озн ч ющее р венство единице интегр л от плотности н всей её обл сти з д ния. Если это не выполняется, то необходимо дополнительно н йти конст нту нормиров ния $C_\sigma$ и н неё умножить исходную плотность вероятности. После этого следует з пис ть испр вленное выр жение (5):

$$P(\sigma, d, C_\sigma) = \left( C_{\omega\sigma} \int_d^{2m-d} f(z,\sigma)dz \right)^{E\left(\frac{\pi r}{(m-d)}\right)+1} \qquad (6)$$

Ур внение (6) необходимо реш ть численным методом. При этом зн чения п р метр $\sigma$ следует изменять в некотором ди п зоне его зн чений с з р нее выбр нным ш гом. В полученном н боре зн чений решения ур внения существует одно решение, приним ющее м ксим льное зн чение. Поясним к чественно это утверждение. Если величин кв нт м л , тогд потери при кв нтов нии будут большими з счёт большого числ величин *d*. Если величин кв нт будет дост точно больш я, тогд потери будут т кже большими з счёт дополнительного (лишнего) кв нт , который вводится для того, чтобы н нём поместить ост ток неполной дуги, получ ющийся в процессе кв нтов ния всей окружности $2\pi r$. Поэтому существует т к я величин кв нт , при которой выр жение (6) достиг ет м ксимум .

В н шем случ е исходной плотностью вероятности для процесс кв нтов ния должн быть плотность вероятности не *f(x)* при *x=a*, плотность вероятности случ йной величины $\hat{\beta}$, котор я связ н с $\hat{\alpha}$ нелинейной з висимостью (1). Обозн чим эту плотность вероятности к к $g(\alpha)$.

## Определение плотности вероятности величины кванта

Для решения д нной з д чи воспользуемся построением плотности вероятности н основе использов ния дельт -функции Дир к . З пишем искомую плотность в виде:

$$g(\alpha) = \int_0^\infty \Delta\left[ \alpha - 2a\sin\left(\frac{h+r}{r}\right)\sin\left(\frac{z}{2}\right) + z \right] f(z)dz, \qquad (7)$$

где $\Delta$ – дельт -функция Дир к . Одн ко получить комп ктное выр жение для искомой плотности вероятности при сложном нелинейном преобр зов нии дост точно з труднительно. Поэтому воспользуемся приближённым решением (7) н основе линейного предст вления выр жения (1), з ключённого в ргументе дельт -функции (7). Огр ничившись четырьмя член ми ряд , получим:

$$\beta(\alpha) = \frac{h}{r}\alpha + \frac{(h+r)(h^2+2hr)}{4r^3}\alpha^3. \qquad (8)$$

Одн ко и в т ком виде (8) н йти $g(\alpha)$ з труднительно. Поэтому огр ничимся только первым членом ряд (8), и тогд получим (7) в виде:



1 2018.indd 108 30.03.2018 11:50:02

$$g(\alpha)=\frac{8\sqrt{2}re^{\frac{-128\left(\frac{r}{h}\alpha-\frac{\pi}{4}\right)^2}{\pi^2}}}{\pi^{\frac{3}{2}}h}. \qquad (9)$$

Н рисунке 2 приведены гр фики з висимости (9): для $r=1$, $g1(\alpha)$ при $h=0{,}3r$; $g2(\alpha)$ при $h=0{,}7r$; $g(\alpha)$ при $h=1$; $g3(\alpha)$ при $h=2$. При известных зн чениях $r$ и $h$ рекомендуется построить плотность вероятности $g(\alpha)$ и в д льнейшем её использов ть в процессе оптим льного г р нтиров нного кв нтов ния с уровнем г р нтии $q$.

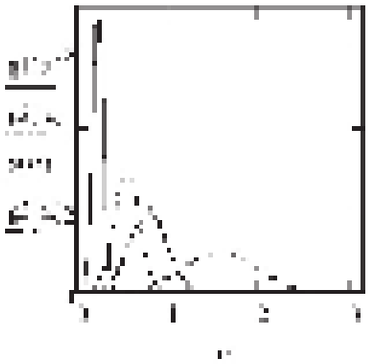


*Рис. 2. Плотности вероятности величины кв нт*

Для оптим льного кв нтов ния, используя б зовую норм льную плотность вероятности $f(\alpha)$ со зн чениями п р метров $m=\frac{\pi}{4}$, $\sigma=\frac{\pi}{16}$. Р диус $r=1$, высот центр фотогр фиров ния $h=2$. Зн чение г р нтиров нной вероятности между кв нт ми $q=0{,}2$. П р метр влияния н форму плотности вероятности $\sigma$ изменялся от $\frac{\pi}{20}$ до $\frac{\pi}{14}$ с ш гом минус единиц в зн мен теле дроби. Вычисление плотности вероятности для кв нтов ния выполнялось по формуле $\beta(\alpha)=C\int_0^{\infty}\Delta(\alpha-2z)f(z)dz$. Ан литическ я форм лине ризов нной плотности вероятности имеет следующий вид:

$$\beta(\alpha)=\frac{C4\sqrt{2}\Phi(\alpha)e^{\frac{128\left(\frac{\alpha}{2}-\frac{\pi}{4}\right)^2}{\pi^2}}}{\pi^{\frac{3}{2}}}.$$

М тем тическое ожид ние $m\beta=1{,}571$, СКО $\sigma\beta=0{,}393$. Это обозн чение п р метр СКО в д льнейшем отождествляем с п р метром влияния, который в примере изменялся в интерв ле $[0{,}40...1{,}80]$ со зн чением ш г 0,2. Н рисунк х 3 и 4 пок з ны гр фики функций $P\beta$ и $d\beta$. М ксим льн я вероятность кв нтов ния окружности $P\beta=0{,}045$ достиг ется при п р метре влияния $\alpha\beta=1{,}00$ и зн чении кв нтиля $d\beta=0{,}885$, соответствующих г р нтийной вероятности $q=0{,}2$ зон огр ничения кв нтов-дуг. Хотя м ксим льное зн чение вероятности в д нном примере не велико, но оно подтвержд ет принципи льность утверждения о существов нии оптим льного решения р ссм трив емой з д чи.

Если з тр гив ть пр ктическую н пр вленность реш емой з д чи, связ нной с ситу цией, когд точк фотосъёмки р спол г ется, н пример, н д Землёй, то следует иметь в виду величину р диус Земли, р вного приблизительно 6400 км. Это озн ч ет, что величин допустимой величины высоты не должн быть больше 640 км. Очевидно, что для решения ряд пр ктических з д ч это вполне устр ив ет исследов теля. Если же необходимо реш ть з д чу, когд величин высоты больше р диус окружности, тогд нужно н йти другой подход к решению.

## Заключение

В ст тье пост влен и решен з д ч вероятностного оптим льного кв нтов ния окружности з д нного р диус р вными кв нт ми при условии, что вероятность покрытия ими всей окружности достиг ет м ксим льного зн чения.

Полученные результ ты позволяют сформулиров ть рекоменд ции для решения пр ктически з д ч, когд высот точки фотосъёмки, р сположенной н д окружностью, больше и меньше её р диус .

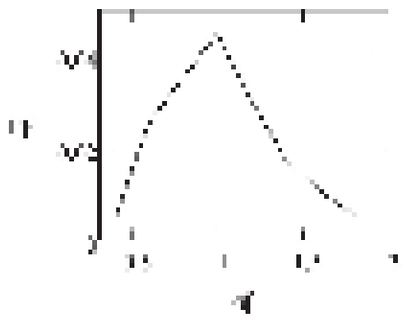


*Рис. 3. З висимость вероятности кв нтов ния окружности от СКО кв нт*

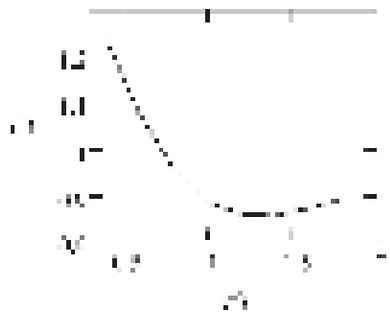


*Рис. 4. З висимость величины кв нтиля от СКО кв нт*



1 2018.indd 109 30.03.2018 11:50:03

**Литература**

1. Зотов, Р. В. Аэрогеодезия: учебное пособие: в 2 книг х. Книг 1 / Р.В. Зотов. – Омск: СибАДИ, 2012. – 216 с.

2. Р йзм н, Ю. Г. Пл нов я и перспективн я эросъемк городов системой A3 Edge / Ю.Г. Р йзм н // Геодезия и к ртогр фия. – 2015. – № Спецвыпуск 2. – С. 32–38.

3. К днич нский, С. А. Цифровые перспективные эрофотоснимки и возможности их применения в визу льных информ ционных систем х / С.А. К днич нский // Геопрофи. – 2009. – № 6. – С. 42–47.

4. П р монов, И. Ю. Оптим льное вероятностное кв нтов ние информ ции в простр нстве с г р нтиров нным огр ничением зон влияния объёмных кв нтов / И.Ю. П р монов, В.А. См гин // Информ ция и Космос. – № 1.– 2015. – С. 48–51.



1 2018.indd 110 30.03.2018 11:50:03

# Метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов Ленингр дской обл сти

## Method for geo-informational simulation of natural-and-agricultural potential of Leningrad region landscapes

**Осипов/ Osipov A.**
Алексей Георгиевич
(zoyaks@yandex.ru)
кандидат географических наук, доцент.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского» МО РФ,
преподаватель кафедры метрологического обеспечения вооружения, военной и специальной техники.
г. Санкт-Петербург

**П влов / Pavlova V.**
Виктория Александровна
(vikalpav@mail.ru)
кандидат экономических наук, доцент.
СПБ ГАУ,
зававедующий кафедрой землеустройства.
г. Санкт-Петербург

**Н ймушин / Naymushina E.**
Елизавета Александровна
(nea@ziza.ru)
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» (СПБ ГАУ),
старший преподаватель кафедры земельных отношений и кадастра.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : геоинформ ционное моделиров ние – geo-informational simulation; природно- гр рный потенци л л ндш фтов – landscape natural-and-agricultural potential; бл гоприятность л ндш фтов к гр рному освоению – profitableness of landscape for agricultural development; устойчивость л ндш фтов к гр рным воздействиям – reliability of landscape to agricultural impacts.

В ст тье приведен структурно-логическ я схем метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов и р скрыто содерж ние ее основных блоков. Полученные результ ты могут быть эффективно использов ны при подготовке проектных предложений по формиров нию природно- гр рных систем к к н территории Ленингр дской обл сти, т к и в других регион х России, с учетом специфики их физико-геогр фических условий; при решении оптимиз ционных эколого-экономических з д ч гр рного природопользов ния; при р зр ботке проектов землеустроительных р бот и схем территори льного пл ниров ния.

The article shows a structural-and-logical diagram for landscape natural-and-agricultural potential simulation method, and content of its major units is disclosed. Outcomes obtained may be efficiently utilized when preparing design proposals to shape natural-and-agricultural systems both in Leningrad region, and in other regions of Russia, considering peculiarities of their physical-and-geographical conditions, when resolving optimization environmental-and-economical problems related to agricultural nature management, when developing land-use planning designs, and territory planning diagrams.

### Введение

Современный эт п р звития человечеств х р ктеризуется н р ст нием противоречий между человеческим обществом и окруж ющей средой. В этих условиях особенно большое зн чение имеет бережное использов ние земельных ресурсов л ндш фтов, особенно земель, имеющих высокий природно- гр рный потенци л.

Обширн я территория н шей стр ны созд ет ошибочное предст вление о неисчерп емости земель пригодных для выр щив ния р стительной сельскохозяйственной продукции. Ф ктически же земельные ресурсы России кр йне огр ничены для сельскохозяй-



1 2018.indd 111 30.03.2018 11:50:03

ственного использов ния, это обусловлено природно-клим тическими особенностями территории, нег - тивным нтропогенным воздействием и нер цио- н льным использов нием земель.

В этих условиях особое зн чение приобрет ют эколого-геогр фические исследов ния, н пр вленные н моделиров ние в среде ГИС природно- гр рного потенци л л ндш фтов, которые призв ны обеспечить ре лиз цию Концепции переход Российской Федер ции к устойчивому р звитию.

Вопрос м оценки территории при ее гр рном освоении посвящено множество отечественных и з рубежных р бот, одн ко н учно-методические основы геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов р зр бот ны еще недост точно.

В основу исследов ния был з ложен следующ я гипотез : если будет р зр бот н метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов, то будет повышено к чество информ - ционного обеспечения упр вления территориями, что позволит приним ть более обоснов нные решения по созд нию экономически эффективных и экологически безоп сных природно- гр рных систем.

## Методологическая основа исследования

В основе д нного исследов ния леж т понятия: природно- гр рный потенци л л ндш фтов и геоинформ ционное моделиров ние, которые р ссмотрим более подробно.

Большинство специ листов в обл сти упр вления территорией сходятся в том, что природно- гр рный потенци л л ндш фтов созд ет предпосылки р звития сельского хозяйств , он является сост вной ч стью сельскохозяйственного природопользов ния, объединяющего все стороны гр рного воздействия н природу, включ я ее освоение, преобр зов ние и охр ну. При этом р зные вторы тр ктуют д нное понятие по-р зному:

1) вз имосвяз нное территори льное сочет ние естественных ресурсов (земельных, почвенных, водных, лесных, биологических) и гроклим тических условий, которые созд ют предпосылки для формиров ния и функциониров ния определенных типов гропромышленных комплексов и являются сост вной ч стью интегр льного природно-ресурсного потенци л л ндш фтов [18];

2) совокупность гроклим тических условий, природных и гропроизводственных ресурсов л нд- ш фтов, которые обеспечив ют потенци льные возможности формиров ния и функциониров ния р зличных видов сельскохозяйственной деятельности н д нной территории [8];

3) степень пригодности к ждого природного компонент л ндш фт (литогенной основы, клим т , вод, почв, р стительности) для орг низ ции сельского хозяйств [21];

4) совокупность природных ресурсов и условий л ндш фтов, необходимых для р звития сельского хозяйств : клим тические условия, рельеф, земельные ресурсы, биоресурсы и т.п. [22];

5) совокупность природных условий и ресурсов л нд- ш фтов, ок зыв ющих непосредственное влияние н сельскохозяйственное производство [11].

В н стоящее время в систем х информ ционного обеспечения упр вления территориями широкое р спростр нение получило геоинформ ционное моделиров ние, ориентиров нное н построение в среде ГИС простр нственных моделей изуч емых процессов или явлений с использов нием лгоритмов м тем тического, к ртогр фического и м тем тико-к ртогр фического н лиз [2, 5, 9, 10, 19, 20, 24, 25, 26].

В р мк х решения д нной з д чи под геоинформ - ционным моделиров нием вторы поним ют процесс м тем тико-к ртогр фического н лиз природно- гр рного потенци л л ндш фтов с использов нием геоинформ ционнных систем. Результ том моделиров ния является информ ция о возможностях л нд- ш фт устойчиво выполнять функции по производству р стительной сельскохозяйственной продукции.

При геоинформ ционном моделиров нии природно- гр рного потенци л л ндш фтов необходимо использов ть совокупность геогр фического и экологического подходов, т.е. геоэкологический подход, который способствует системному р ссмотрению к к биотических, т к и биотических явлений и процессов и позволяет территори льно дифференциров ть нтропогенные н грузки, строго связыв я их с конкретной геоэкологической обст новкой.

По мнению второв, геоинформ ционное моделиров ние природно- гр рного потенци л л ндш фтов должно включ ть в себя две сост вляющие: оценку бл гоприятности естественных ресурсов и гроклим тических условий л ндш фтов для производств р стительной сельскохозяйственной продукции и оценку устойчивости л ндш фтов к сельскохозяйственному воздействию.

Понятие «устойчивость» в н учной литер туре используется ср внительно д вно, одн ко до н стоящего времени нет однозн чного толков ния д нного термин . В геогр фии устойчивость поним ется по-р зному:

– к к способность природной системы противостоять техногенным воздействиям и сохр нять норм льное функциониров ние, т кже к к их способность к «регенер ции» после прекр щения нтропогенного воздействия [4];

– к к способность природного л ндш фт сохр - нять свою простр нственную и временную структуру при воздействии н них нтропогенной н грузки [7];

– к к способность геосистемы м восст н влив ть свою структуру и х р ктер функциониров ния при изменении условий среды или после отклоняющего воздействия внешних и внутренних ф кторов, природных и нтропогенных [3];



1 2018.indd 112 30.03.2018 11:50:04

– к к способность экосистемы реорг низовыв ться и восст н влив ть свою изн ч льную структуру и функциониров ние после н рушения [23];

– к к способность экосистем сохр нять кв зипостоянными свои свойств и п р метры режимов в условиях действующих внутренних и внешних сил [6] и т. д.

Причем устойчивость природных объектов подр зделяется н две вз имодополняющие к тегории: упругость – к к свойство объект возвр щ ться в исходное состояние после прекр щения действия н грузки; и пл стичность – способность н к плив ть результ ты внешних воздействий до некоторых пределов, не меняя при этом к рдин льно своих свойств и структуры.

Невозможно н йти к кой-либо универс льный пок з тель устойчивости л ндш фт , в отличие от других его свойств устойчивость нельзя непосредственно измерить. Это озн ч ет, что при кл ссифик ции, т кже при оценке или р нжиров нии л ндш фтов по призн к м их устойчивости мы не имеем возможности использов ть к кие-либо прямые пок з тели, относящиеся именно к этому их свойству, вынуждены иск ть косвенные призн ки и пок з тели.

В связи с этим особого вним ния з служив ют р боты по исследов нию основных свойств л ндш фтов, которые могут служить индик тор ми их устойчивости к р зличным сельскохозяйственным н грузк м.

В н стоящее время пок нет не только единых критериев, но и общепринятого подход к оценке устойчивости л ндш фтов к сельскохозяйственным воздействиям. С пр ктической точки зрения для решения этой з д чи н ибольший интерес предст вляет изучение устойчивости л ндш фтов н уровне видов и подвидов л ндш фтов, т к к проведение тех или иных сельскохозяйственных мероприятий осуществляется ч ще всего н этом уровне л ндш фтной дифференци ции территории. Более крупное р нжиров ние территории не позволит выделить ее индивиду льность, дет льность может привести к определенным сложностям при н лизе л ндш фтной структуры. Гл вным ди гностическим призн ком вид является сходство доминирующих в л ндш фте урочищ. Одн ко ч сто одновидовые л ндш фты, при общности господствующих урочищ, р злич ются по их сост ву или з ним емой площ ди, что позволяет выделять внутри вид л ндш фтов его морфологические в ри нты – подвиды.

**Результаты исследования.** Структурно-логическ я схем метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов предст влен н рис. 1. Кр тко ох р ктеризуем к ждый из ее блоков.

*Первой блок* включ ет в себя подготовительные р боты. Они н чин ются со сбор и изучения н учно-исследов тельских, литер турно-спр вочных, ст тистических и к ртогр фических м тери лов, х р ктеризующих изуч емый регион и особенности его гр рного освоения. В первую очередь собир ют м тери лы, изд нные в последние годы, з тем переходят к сбору м тери лов более р нних лет изд ния.

При ре лиз ции *второго блок* н основе н лиз собр нных м тери лов определяют перечень пок з телей, х р ктеризующих природно- гр рный потенци л л ндш фтов исследуемого регион , и выбир ют из них те пок з тели, которые будут уч ствов ть в оценке.

В предел х Ленингр дской обл сти н пригодность л ндш фтов к производству р стительной сельскохозяйственной продукции ок зыв ют влияние три ф ктор : пригодность клим т , пригодность почвенного покров и пригодность мелиор тивного состояния почв, н устойчивость л ндш фтов к сельскохозяйственному воздействию – четыре: з грязнение почв тяжелыми мет лл ми и их з кисление; водн я эрозия; биогенное з грязнение поверхностных и грунтовых вод; снижение экосистемного р знообр зия.

Клим т труднее всего регулируется человеком и, следов тельно, относится к н иболее в жному ф ктору, определяющему пригодность л ндш фтов для их гр рного освоения. Для оценки клим т предл г ется использов ть три пок з теля: сумму биологически ктивных темпер тур; коэффициент увл жнения и коэффициент континент льности.

Почвенный покров, обл д я плодородием, выступ ет в к честве основного средств производств в сельском хозяйстве. Для оценки пригодности почвенного покров предл г ется использов ть пять пок з телей: б лл бонитет почв; содерж ние гумус ; объемн я м сс почвы; бл гоприятность водно-физических свойств почвы; почвообр зующ я пород .

Мелиор тивное состояние почв влияет н снижение их плодородия. Для оценки мелиор тивного состояния почв предл г ется использов ть три пок з теля: з болоченность почв; з в луненность почв и смытость почв.

З грязнение почв тяжелыми мет лл ми и их з кисление влияют н состояние и продуктивность почвенного покров . Для оценки этих воздействий предл г ется использов ть девять пок з телей: геохимическое положение почвы в л ндш фте; кислотность почвенного р створ ; емкость к тионного обмен ; степень н сыщенности почвенных коллоидов основ ниями; тип рельеф ; тип водного режим ; степень гидроморфности почв; площ дь, покрыт я р стительностью.

Водн я эрозия влияет н снижение плодородия почв и п дение урож йности возделыв емых культур. Для ее оценки предл г ется использов ть четыре пок з теля: мощность гумусово- ккумулятивного горизонт ; эрозионный потенци л рельеф ; эрозионный потенци л дождевых ос дков и смыв емость почв.

Биогенное з грязнение поверхностных и грунтовых вод влияет н эвтрофиров ние водных объектов. Для его оценки предл г ется использов ть четыре пок з теля: густоту гидрогр фической сети; р сстояние до водоток ; уровень грунтовых вод и мех нический сост в почв.



1 2018.indd 113 30.03.2018 11:50:04

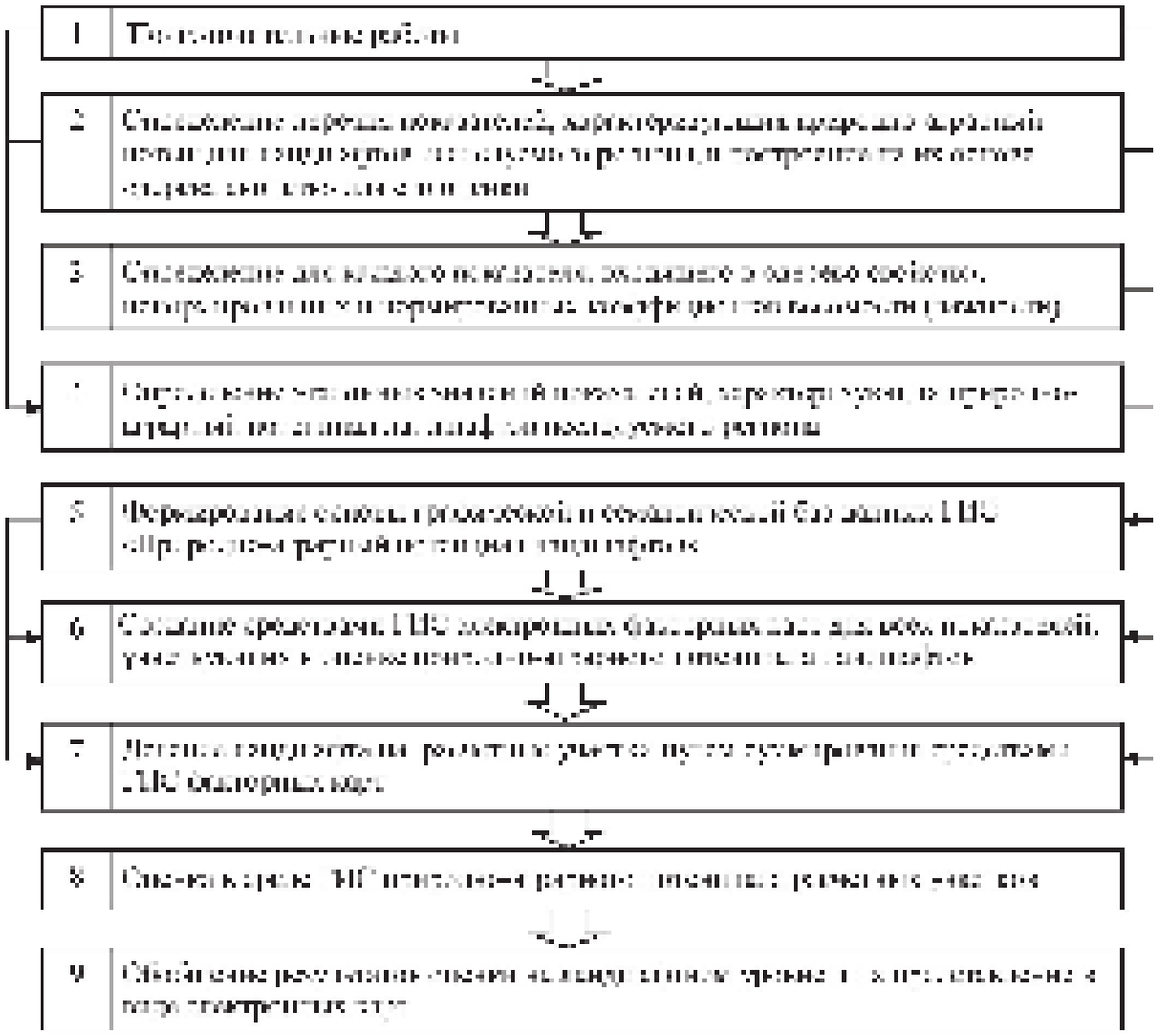


*Рис. 1. Структурно-логическ я схем метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов*

Снижение экосистемного р знообр зия, влияет н н рушение функций жизнеобеспечения л ндш фт (средо- и ресурсовоспроизводств ). Для его оценки предл г ется использов ть один пок з тель: уровень р знообр зия л ндш фт .

После чего с использов нием выбр нных пок з - телей строят «дерево свойств», рис. 2.

*Третий блок.* Для определения ненормиров нных коэффициентов весомости (в жности) пок з телей, вошедших в «дерево свойств», используется экспертный метод п рных ср внений, подробно изложенный в р боте [25].

Его выбор был обусловлен простотой проведения экспертизы и хорошими результ т ми экспертного н лиз . При ре лиз ции д нного метод эксперт м последов тельно предъявляются п ры льтерн тив, в к ждой из которых предл г ется выбр ть более предпочтительное решение.

Нормиров нные коэффициенты весомости (в жности) к ждого пок з теля, уч ствующего в оценке р ссчитыв ют по следующей з висимости:

$$P_j = \bar{P}_{j1} \times \ldots \times \bar{P}_{jn}, \qquad (1)$$

где: $P_j$ – нормиров нный коэффициент весомости (в жности) $j$-го элемент рного (кв зиэлемент рного) свойств ; $\bar{P}_{j1}, \bar{P}_{jn}$ – средние ненормиров нные коэффициенты весомости (в жности) $i$-го и $n$-го уровней «дерев свойств», иер рхически связ нных в предел х одной ветви с $j$-м элемент рным (кв зиэлемент рным)



1 2018.indd 114 30.03.2018 11:50:05

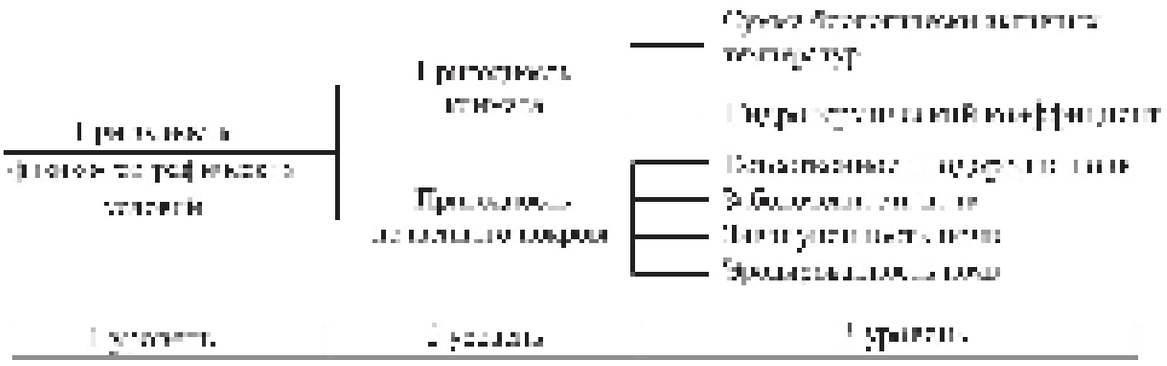


*Рис. 2. Фр гмент «дерев свойств», используемого для интегр льной оценки пригодности земель природных л ндш фтов для гр рного освоения*

свойством; $n$ – количество уровней в дереве свойств.

Согл сно приведенной з висимости нормиров нный коэффициент весомости (в жности) элемент рного (кв зиэлемент рного) свойств $P_j$ р ссчитыв ется путем перемножения средних ненормиров нных коэффициентов весомости отдельных свойств $\bar{P}_{j1} \ldots P_{jn}$, иер рхически связ нных друг с другом н дереве свойств.

*Четвертый блок*. При ре лиз ции д нного блок определяются эт лонные, т. е. лучшие для изуч емого регион , зн чения пок з телей, х р ктеризующих природно- гр рный потенци л л ндш фтов. Для этого используются фондовые, норм тивные м тери лы, д нные полевых обследов ний и эрокосмическ я информ ция.

*Пятый блок*. Включ ет в себя созд ние цифровых моделей б зовых к ртогр фических основ, почвенных и л ндш фтных к рт н изуч емый регион, их ввод в геоинформ ционную систему и оформление в принятых условных зн к х. П р ллельно с этим производится н полнение сем нтической б зы д нных информ цией, необходимой для производств эколого-геогр фической оценки природно- гр рного потенци л .

*Восьмой блок*. Под ф кторной к ртой поним ется гр фическое отобр жение простр нственно-привяз нной информ ции о степени проявления в предел х л ндш фт изуч емого пок з теля. Ф кторные к рты созд ются в среде ГИС с использов нием ст нд ртного или специ льно р зр бот нного прогр ммного обеспечения, рис. 3.

*Девятый блок*. В процессе ре лиз ции д нного блок с использов нием опер ции «топологический оверлей» осуществляется суммиров ние ф кторных к рт. В итоге изуч ем я территория делится н р счетные уч стки, предст вляющие собой однородные элемент рные ре лы, в предел х которых к ждый н лизируемый пок з тель имеет только одно зн чение, рис. 4.

*Десятый блок*. Оценк природно- гр рного потенци л р счетных уч стков осуществляется в следующей последов тельности:

1) для всех элемент рных и кв зиэлемент рных свойств, входящих в «дерево свойств», определяются бсолютные зн чения пок з телей. В том случ е, если пок з тель подд ется метод м физических измерений, его зн чения выр ж ют в к ких-либо физических единиц х, в противном случ е в б лл х;

2) для всех элемент рных и кв зиэлемент рных свойств, входящих в «дерево свойств», с использов нием з висимостей (2) и (3) определяются относительные зн чения их пок з телей.

$$R_{pj} = W_{pj} / W_{jэ} \quad \text{при} \quad W_{pj} < W_{jэ}, \tag{2}$$

$$R_{pj} = W_{jэ} / W_{pj} \quad \text{при} \quad W_{pj} > W_{jэ}, \tag{3}$$

где: $R_{pj}$ – относительное зн чение пок з теля х р ктеризующего $j$-ое элемент рное (кв зиэлемент рное) свойство $p$-го р счетного уч стк ; $W_{pj}$ – бсолютное зн чение пок з теля х р ктеризующего $j$-ое элемент рное (кв зиэлемент рное) свойство $p$-го р счетного уч стк ; $W_{jэ}$ – эт лонное бсолютное зн чение пок з теля х р ктеризующего $j$-ое элемент рное (кв зиэлемент рное) свойство; $R_{pj}$ – изменяется в предел х от 0 до 1 ($0<R_{pj}<1$).

Для получения более точных относительных зн чений пок з телей, х р ктеризующих элемент рные и кв зиэлемент рные свойств , приведенные выше линейные з висимости следует з менить нелинейными.

3) определяется зн чение сводного пок з теля, х р ктеризующего природно- гр рный потенци л р счетного уч стк , для получения которого используется следующ я з висимость:

$$K_p^0 = \sum_{j=1}^{n} R_{pj} \times P_j, \tag{4}$$

где: $K_p^0$ – сводный пок з тель, х р ктеризующий природно- гр рный потенци л $p$-го р счетного уч стк .

С мым высоким природно- гр рным потенци лом обл д ет тот р счетный уч сток, у которого пок з -



1 2018.indd 115 30.03.2018 11:50:05

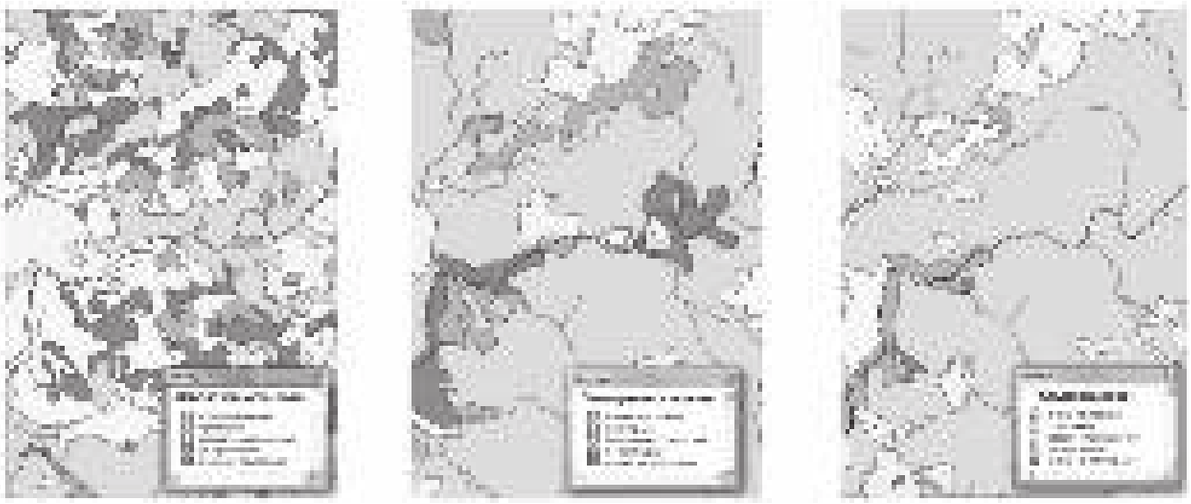


*Рис. 3. Созд ние ф кторных к рт (фр гмент)*

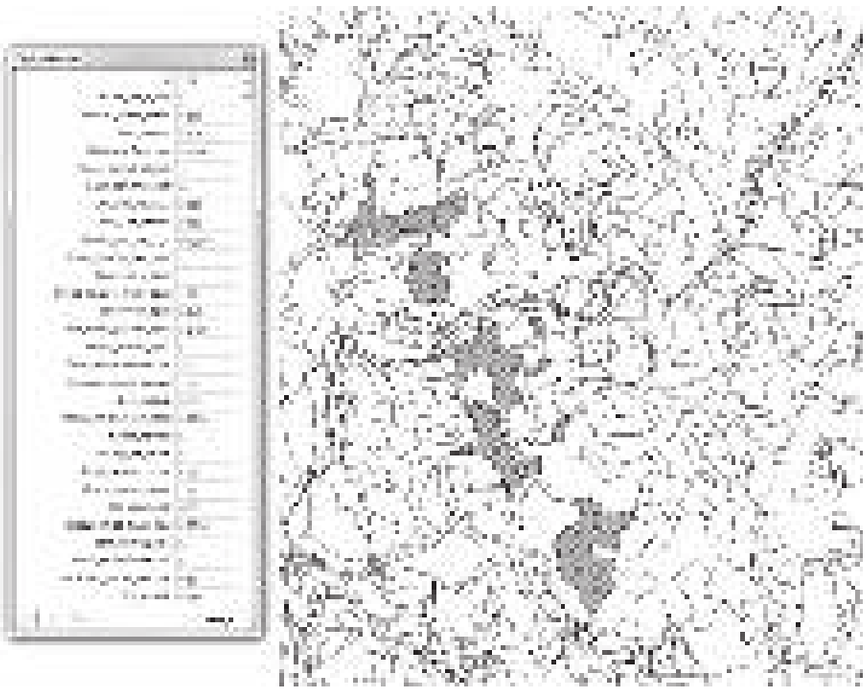


*Рис. 4. Деление исследуемых л ндш фтов н р счетные уч стки (фр гмент)*



1 2018.indd 116 30.03.2018 11:50:06

тель $K_p^0$ имеет н ибольшее зн чение. Индекс «0» при пок з теле $K_p^0$ озн ч ет, что оценк д ется применительно к с мому низкому (нулевому) уровню в иер рхии свойств, т.е. применительно к к честву природно- гр рного потенци л . Если объекты ср внив ются между собой, то из ср внив емых в ри нтов с мым лучшим по к честву является тот объект, у которого пок з - тель $K_p^0$ будет иметь с мое большое зн чение. При этом соотношение оценок к честв будет точно отр ж ть действительность только в том случ е, когд оценк объектов производится по полному дереву свойств, без исключения из него свойств один ковых в ср внив емых объект х.

*Одинн дц тый блок.* Полученные при ре лиз ции предыдущего блок д нные обобщ ются н л ндш фтном уровне. При этом под природно- гр рным потенци лом л ндш фт поним ют средневзвешенные природно- гр рные потенци лы р счетных уч стков, р сположенных в его предел х:

$$L_m^0 = \sum_{d=1}^{n} K_d^0 \times Q_d, \qquad (5)$$

где: $L_m^0$ – природно- гр рный потенци л $m$-го л ндш фт ; $Q_d$ – доля в л ндш фте р счетных уч стков с $d$-ым природно- гр рным потенци лом; $K_d^0$ – б лл, х р ктеризующий $d$-ый природно- гр рный потенци л р счетных уч стков.

Результ ты оценки природно- гр рных потенцилов л ндш фтов предст вляются в виде серии электронных к рт, включ ющей в себя н бор ф кторных к рт и итоговую синтетическую к рту, х р ктеризующую р спределение зн чений природно- гр рного потенци л в предел х изуч емого регион .

Для созд ния итоговой к рты используется б зов я к ртогр фическ я основ с н несенной сеткой л ндш фтных выделов. К к ждому л ндш фтному выделу, пок з нному н основе, привязыв ют соответствующее ему средневзвешенное зн чение р ссчит нного природно- гр рного потенци л . После чего к ждый л ндш фтный выдел отобр ж ют условным зн ком, принятым для соответствующего зн чения природно- гр рного потенци л , рис. 5.

**Обсуждение.** Р зр бот нный метод геоинформ - ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов позволяет получ ть объективную информ цию об их возможности устойчиво производить р стительную сельскохозяйственную. З ложенные в его основу н учно-методические подходы б зируются н исследов ниях, проведенных втор ми с 2003 год по н стоящее время [12–17], которые были доложены н множестве всероссийских и междун родных конференций, где получили поддержку и одобрение.

В предыдущих исследов ниях вним ние второв было сосредоточено н отдельных спект х д нной р боты, включ я: эколого-геогр фическое обосно- в ние гр рного освоения территории [14], опреде-

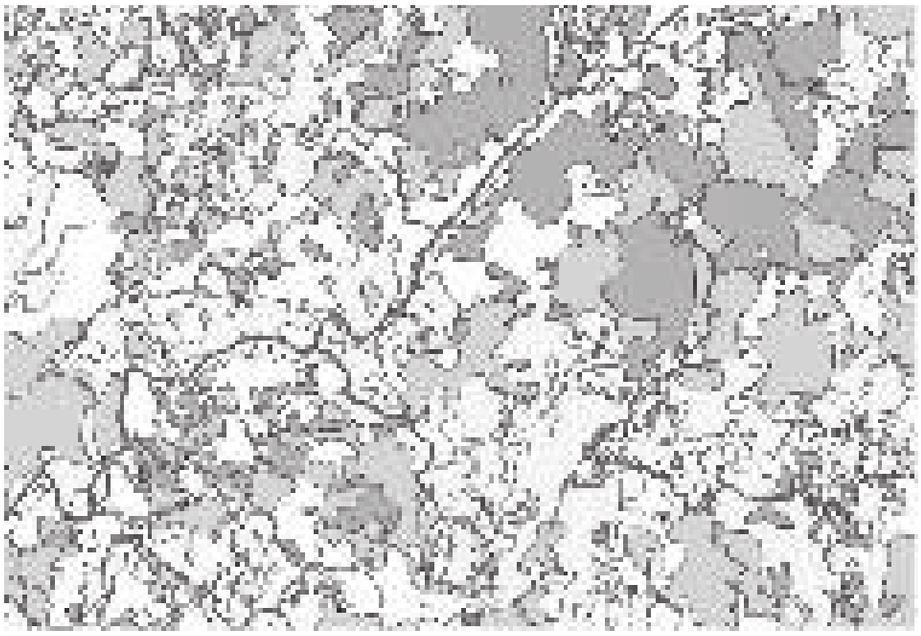


*Рис. 5. Синтетическ я к рт , х р ктеризующ я р спределение зн чений природно- гр рного потенци л в предел х изуч емого регион (фр гмент)*



1 2018.indd 117 30.03.2018 11:50:06

ление экологически допустимого уровня освоения л ндш фтов [17], интегр льную оценку состояния и устойчивости почв [13] и других.

В д нной ст тье н основе обобщения результ тов р нее выполненных втор ми р бот сформулиров ны теоретические положения и н учно-методические основы метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр рного потенци л л ндш фтов, что позволит с учетом бл гоприятности их природных условий и устойчивости к гр рным воздействиям пл ниров ть экологически безоп сное производство р стительной сельскохозяйственной продукции. Полученные втор ми результ ты полностью соответствуют выдвинутой гипотезе исследов ния.

Д нной проблеме посвящены р боты ряд других второв [1, 11, 22 и др.], кр тко р ссмотрим особенности изложенных в них подходов. В р боте [22] р ссм трив ется сущность природно- гр рного потенци л к к основопол г ющего понятия сельскохозяйственного природопользов ния. Отмеч ется необходимость р зр - ботки подходов к оценке природно- гр рного потенци л с целью уст новления ресурсной б зы р звития сельского хозяйств . В р боте [1] приводится попытк оценки природно- гр рного потенци л л ндш фтов н примере сибирского регион . В к честве оценив - емых ф кторов выступ ют клим тические, почвенные и геоморфологические. Интегр льн я оценк осуществляется путем суммиров ния б ллов по к ждому ф ктору. К сож лению, несмотря н то, что втор ук зыв ет н в жность учет экологического ф ктор при оценке природно- гр рного потенци л , в предл г емых им методических подход х он отсутствует. В р боте [11] предл г ется системный подход к оценке природно- гр рного потенци л н регион льном уровне с учетом следующих потенци лов: земельного, клим тического, геоморфологического и гидрологического.

Д льнейшие исследов ния целесообр зно н пр - вить н д пт цию р зр бот нного втор ми метод геоинформ ционного моделиров ния природно- гр р- ного потенци л л ндш фтов для других регионов с учетом специфики их физико-геогр фических условий.

## Заключение

Преимуществ р зр бот нного втор ми метод з ключ ется в том, что обеспечив ется возможность н глядно н лизиров ть р спределение природно- гр рного потенци л л ндш фтов в предел х исследуемой территории, что позволяет созд ть ре льно действующий мех низм информ ционного обеспечения регион льных систем территори льного упр вления. Полученные результ ты не противореч т н турным д нным и д нным других исследов телей и могут быть использов ны при совершенствов нии структуры землепользов ния.

**Рекомендации.** Р зр бот нный метод может быть использов н при подготовке проектных предложений по формиров нию природно- гр рных систем, к к н территории Ленингр дской обл сти, т к и в других регион х России с учетом специфики их физико-геогр - фических условий; при решении оптимиз ционных эколого-экономических з д ч гр рного природопользов ния; при р зр ботке проектов землеустроительных р бот и схем территори льного пл ниров ния.

## Литература


1.Безруких, В. А. Агроприродный потенци л земледельческой зоны Приенисейской Сибири: опыт б лльной оценки / В.А. Безруких // Вестник ТГУ. – 2009. – Т. 14, Вып.2.– С. 412–417.

2. Булг ков, С. В. Особенности геоинформ ционного моделиров ния / С.В. Булг ков // Известия высших учебных з ведений. Геодезия и эрофотосъемк . – 2013. – № 3. – С. 77–80.

3. Козин, В. В. Геоэкология и природопользов ние. Понятийно-терминологический слов рь / В.В. Козин, В.А. Петровский. – Смоленск: Ойкумен , 2005. – 576 с.

4. Гл зовск я, М. А. Проблемы и методы оценки эколого-геохимической устойчивости почв и почвенного покров к техногенным воздействиям / М.А. Гл зовск я // Почвоведение. – 1999. – № 1. – С. 114–124.

5. Глотов, А. А. Использов ние методов геоинформ - ционного моделиров ния л ндш фт для з д ч муниципл льного упр вления / А.А. Глотов // Геом тик . – 2014. – № 2. – С. 38–41.

6. Дмитриев, В. В. Подходы к интегр льной оценке и ГИС-к ртогр фиров нию устойчивости и экологического бл гополучия геосистем. III. Интегр льн я оценк устойчивости почвы и н земных геосистем / В.В. Дмитриев, А.Н. Огурцов // Вестн. С.-Петерб. ун-т . Сер. 7. – 2014. – Вып. 4. – С. 114–130.

7. Агрол ндш фтоведение / Н.Г. Ков лев [и др.]. – Москв – Тверь, 2004. – 490 с.

8. Кр снояров , Б. А. Территори льн я орг низ ция сельского хозяйств пригородной зоны: смен концепции / Б.А. Кр снояров // Проблемы использов ния и преодоления экологической безоп сности в промышленном регионе. – Кемерово. – 1990. – С. 16–17.

9. Медведев, И. В. Перспективные подходы к интеллекту лиз ции геоинформ ционных систем / И.В. Медведев, Л.К. Птицын // Акту льные проблемы инфотелекоммуник ций в н уке и обр зов нии. V Междун родн я н учно-техническ я и н учно-методическ я конференция: сб. н уч. ст. в 3 т.; Т. 3 / под ред. С.В. Б чевского, сост. А.Г. Вл дыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Мин ков. – СПб.: СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевич , 2016. – С. 140–143.

10. Медведев, И. Ф. Применение ГИС-моделиров ния при типиз ции земельных ресурсов в грол ндш фте / И.Ф. Медведев, Д.И. Губ рев, А.А. В йг нт // Ре лиз ция методологических и методических идей профессор Б. А. Доспехов в совершенствов нии д птивно-л нд- ш фтных систем земледелия. Коллективн я моногр фия: в 2 т. Т. 1 / ФГБНУ ВО РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязев ,




1 2018.indd 118 30.03.2018 11:50:06

ФГБНУ « Вл димирский НИИСХ» ; [под ред. Г.Д. Золиной, Л.И. Ильин и др.]. – Моск в -Сузд ль, 2017. – С. 136–141.

11. Носонов, А. М. Природный гропотенци л к к основ продовольственной безоп сности России / А.М. Носонов // Н ион льные интересы: приоритеты и безоп сность. – 2012. – № 38. – С. 2–13.

12. Осипов, А. Г. Геоинформ ционное обеспечение эколого-мелиор тивного мониторинг земель сельскохозяйственного н зн чения / А.Г. Осипов, В.В. Г рм нов, И.Б. Генгут // Землеустройство, к д стр и мониторинг земель. – 2016. – № 1 (132). – С. 44–50.

13. Осипов, А. Г. Методик интегр льной оценки состояния и устойчивости почв при мониторинге земель природно- гр рных систем / А.Г. Осипов, В.В. Г рм нов // Известия С нкт-Петербургского госуд рственного Агр рного университет . – 2016. – № 43. – С. 293–299.

14. Осипов, А. Г. Методик эколого-геогр фического обоснов ния гр рного освоения территории / А.Г. Осипов, В.В. Дмитриев // Регион льн я экология. – 2004. – № 1–2 (22). – С. 107–114.

15. Осипов, А. Г. Метод геоэкологической оценки л нд-ш фтов в среде ГИС при созд нии и реконструкции природно- гр рных систем / А.Г. Осипов // Информ ция и Космос. – 2016. – № 1. – С. 123–130.

16. Осипов, А. Г. Многокритери льн я оценк земельных ресурсов н основе кв лиметрического н лиз / А.Г. Осипов // Регион льн я экология. – 2003. – № 1–2. – С. 31–39.

17. Осипов, А. Г. Н учно-методические основы определения экологически допустимого уровня освоения природных л ндш фтов при созд нии природно- гр рных систем / А.Г. Осипов, В.Г. Тимофеев // Информ ция и Космос. – 2015. – № 2. – С. 85–95.

18. П робецкий, М. Н. О понятии гр рно-ресурсного потенци л территории / М.Н. П робецкий, Б.Я. Федунык // Вестн. Львов. ун-т . Сер. геогр фическ я. – 1986. – Вып. 15. – С. 18–21.

19. Присяжнюк, С. П. Н учно-методические основы созд ния территори льных информ ционно- н литических систем для орг нов местного с моупр вления / С.П. Присяжнюк, Г.К. Осипов // Информ ция и Космос. – 2007. – № 2. – С. 67–83.

20. М тем тико-к ртогр фическое моделиров ние и прогнозиров ние оп сных гидрометеорологических явлений н территории Ур льского Прик мья / С.В. Пьянков [и др.] // Вестник Пермского н учного центр УрОРАН. – 2017. – № 2. – С. 67–72.

21. Ром нов , Э. П. Агроприродный потенци л л ндш фтов суши Земли / Э.П. Ром нов , Б.А. Алексеев, А.В. Медведев // Геогр фия и природные ресурсы. – 1994. – № 3. – С. 5–14.

22. Якушев, А. В. Природный гропотенци л – основопол г ющее понятие сельскохозяйственного природопользов ния / А.В. Якушев // Вестник МГОУ. – 2009. – № 3. – С. 155–161.

23. Malezieux, E. Designing cropping systems from nature / E. Malezieux // Agronomy for Sustainable Development. – 2012. – No. 32. – P. 15–29.

24. Markelov, V. Geoinformation Modeling in Logistics / V. Markelov // European Journal of Technology and Design. – 2013. – Vol. 2, No. 2. – P. 129–133.

25. Gartographic modeling of pipeline routes in the arctic zone of Siberia / A.G. Osipov [et al.] // Geography and Natural Resources. – 2017. – Vol. 38, Issue 1. – P. 12–19.

26. Ya, V. Tsvetkov. Information Situation and Information Position as a Management Tool / V. Ya // European Researcher. – 2012. – Vol. 36, No. 12–1. – P. 2166–2170.



1 2018.indd 119 30.03.2018 11:50:07

# Модельн я оценк содерж ния р створенного кислород в вод х Т г нрогского з лив н основе спутниковой информ ции

## Model assessment of dissolved oxygen content in the Taganrog Bay based on satellite information

**Кулыгин / Kulygin V.**
Валерий Валерьевич
(kulygin@ssc-ras.ru)
кандидат технических наук.
ФГБУН Институт аридных зон
Южного научного центра (ЮНЦ) РАН,
старший научный сотрудник.
г. Ростов-на-Дону

**Д шкевич / Dashkevich L.**
Людмила Владимировна
(ldashkev@ssc-ras.ru)
кандидат географических наук.
ЮНЦ РАН,
старший научный сотрудник.
г. Ростов-на-Дону

**Гер сюк / Gerasyuk V.**
Виктория Сергеевна
(gerasyuk.v@mail.ru)
ЮНЦ РАН,
младший научный сотрудник.
г. Ростов-на-Дону

Ключевые слов : р створенный кислород – dissolved oxygen; м тем тическое моделиров ние – mathematical modeling; спутниковые снимки – satellite images; Т г нрогский з лив – Taganrog Bay.

Предложен модельный метод р счет содерж ния р створенного кислород в вод х Т г нрогского з лив Азовского моря н основе д нных дист нционного зондиров ния Земли (ДЗЗ). В к честве входной информ ции используются д нные о концентр ции хлорофилл «*a*» спектрор диометр MODIS (спутники Terra и Aqua) и темпер тур поверхности моря по д нным р диометров AVHRR (спутники серии NOAA), т кже д нные н блюдений з темпер турой воздух и ветром в прибрежной зоне. Верифик ция модели проведен н основе подспутниковых н блюдений з содерж нием р створенного кислород , полученных in situ в июле 2016 г. с борт НИС «Денеб». Получение простр нственной дин мики р створенного кислород основ но н использов нии цифровой модели рельеф . Предл г емый модельный метод р счет по д нным ДЗЗ позволяет оценив ть содерж ние кислород в вод х Азовского моря в опер тивном режиме и предупрежд ть н селение о возникновении небл гоприятных экологических ситу ций.

A model method is proposed to calculate dissolved oxygen content in water of the Taganrog Bay, the Sea of Azov based on data from Earth remote sensing (ERS). Data on chlorophyll-a concentration from MODIS spectroradiometer (Terra and Aqua satellite), and sea surface temperature according to the data from AVHRR radiometers (NOAA series satellites), and data from observations over air temperature and wind in the coastal zone are used as input. Model verification was conducted based on in situ observations of dissolved oxygen content obtained on R/V "Deneb" in July 2016. Obtaining spatial dynamics of dissolved oxygen is based on utilizing digital elevation model. Proposed model method with using ERS data allows assessing dissolved oxygen content in water of the Sea of Azov in a near real-time mode, and warn community on unfavorable environmental conditions.

Содерж ние кислород , р створенного в водной толще, относится к в жнейшим гидрохимическим пок з телям, определяющим условия существов ния гидробионтов. В первую очередь, содерж ние р створенного кислород в вод х моря интересует исследов телей к к источник дых ния водных орг низмов, нем лов жным является зн чение этого ф ктор для определения полноты и скорости минер лиз ции орг нических соединений, т кже интенсивности процессов с моочищения водоем от з грязнений.

Одной из особенностей формиров ния кислородного режим Азовского моря в современный период является проникновение зон дефицит кислород в кв торию Т г нрогского з лив (ТЗ). Ч стот появ-



1 2018.indd 120 30.03.2018 11:50:07

ления т ких ситу ций в ТЗ в последние десятилетия увеличив ется к к из-з клим тических изменений, т к и в результ те рост нтропогенной н грузки.

Современные н турные д нные о содерж нии кислород в водной толще Азовского моря немногочисленны. Это в основном информ ция, полученн я н учными орг низ циями в результ те экспедиционных исследов ний, не отлич ющихся ч стотой и регулярностью в связи с недост тком фин нсиров ния. В этих условиях кту льной является проблем р зр ботки метод оценки содерж ния р створенного кислород с использов нием общедоступных д нных спутниковых снимков для прогноз небл гоприятных экологических явлений в море (дефицит кислород , м ссовые з моры гидробионтов).

В д нной р боте с помощью методов м тем тического моделиров ния н основе спутниковой информ ции проводится оценк содерж ния р створенного кислород в вод х ТЗ Азовского моря в июле 2016 г. Верифик ция модели основыв ется н результ т х подспутниковых н блюдений in situ.

Исследов ние выполнено при фин нсовой поддержке РФФИ в р мк х н учного проект № 16–35-00290 мол_ .

## Материалы и методы

*Опис ние м тем тической модели.* Для однородного р йон кв тории был р зр бот н одномерн я модель, описыв ющ я вертик льное р спределение содерж ния кислород и вз имодействие с донными отложениями [1]. Переменными состояния модели являются: концентр ция кислород , количество л бильного орг нического веществ в водной толще и донных отложениях.

Получение простр нственной дин мики р створенного кислород основ но н использов нии цифровой модели рельеф (ЦМР) дн з лив . Для этого в к ждой ячейке ЦМР з пуск ется своя одномерн я модель, при этом поля входных х р ктеристик оценив ются по д нным спутниковых снимков. При построении ЦМР был использов н б тиметрическ я к рт [2]. Р змер ячейки ЦМР (10 км * 10 км) был выбр н исходя из простр нственного р зрешения входных д нных. Р счетный ш г модели по времени р вен 1 ч су.

Предл г ем я модель учитыв ет следующие природные процессы: обр зов ние первичной продукции; поступление кислород из тмосферы; вертик льн я диффузия; скорость окисления л бильного орг нического веществ в водной толще и донных отложениях; осед ние продуциров нного орг нического веществ в донные отложения.

Первичн я продукция выступ ет экзогенным ф ктором, в к честве оценки ее уровня используются зн чения концентр ции хлорофилл «*a*» (КХ*a*), полученные по спутниковым снимк м. Величин суточной первичной продукции р ссчитыв ется н основе ссимиляционного числ согл сно [3]. Для ТЗ в летний период по д нным экспедиционных исследов ний величин ссимиляционного числ р вн 1.5 мгС/мгХл/ч с [4]. Р спределение величины суточной первичной продукции в течение суток выполняется пропорцион льно суточному ходу солнечной р ди ции. Р счет вертик льного р спределения величины первичной продукции основ н н зн чениях прозр чности вод (глубин видимости белого диск ).

Величин г зообмен «вод – тмосфер » п р метризуется з висимостью от темпер туры среды, скорости ветр и степени н сыщения кислородом (з висящей от темпер туры и солености воды). Модель ориентиров н н опис ние безледного период год и не учитыв ет процесс з медления г зообмен в результ те уст - новления ледового покров . Для опис ния коэффициент вертик льной диффузии используется эмпирическ я з висимость от скорости ветр . Для р счет скорости окисления орг нического веществ используется з висимость от темпер туры воды и концентр ции р створенного кислород .

Входными воздействиями в предл г емой модели являются величин первичной продукции, прозр чность, скорость ветр , темпер тур и соленость воды.

*Д нные дист нционного зондиров ния.* Для м тем тической модели в к честве входных использов лись следующие д нные дист нционного зондиров ния:

– КХ по д нным спектрор диометр MODIS (спутники Terra и Aqua);

– темпер тур поверхности моря по д нным р диометров AVHRR (спутники серии NOAA).

Использов нн я информ ция н ходится в свободном доступе н с йте р спределенного центр рхивных м тери лов физической оке ногр фии NASA (Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO. DAAC)) [5].

Для р счет КХ использов лись снимки MODIS второго уровня обр ботки (L2). Было отобр но 14 снимков MODIS (простр нственное р зрешение – 1 км) соответствующих времени экспедиционных н блюдений в июле 2016 г.

Р счет проводился н основе регион льного лгоритм [6]:

$$\text{КХ}a = 122.24[R_{rs}^{-1}(667) \times R_{rs}(748)] - 30.852,$$

где $R_{rs}(667)$ – коэффициент спектр льной яркости около м ксимум поглощения хлорофилл «*a*» в кр сном ди п - зоне спектр н 667 нм (13 к н л MODIS), $R_{rs}(748)$ соответствует пику коэффициент спектр льной яркости около 748 нм (15 к н л MODIS).

К либровк этого лгоритм выполнял сь с использов нием д нных н блюдений КХ*a in situ* в 2008 г. [7]. В лид ция лгоритм проводил сь по 194 флуориметрическим измерениям КХ*a*, сдел нным в июле 2016 г. Алгоритм позволяет оценив ть КХ , превыш ющие 15 мг/м$^3$. Для ТЗ КХ*a* по д нным многолетних н блюдений колеблется в предел х 30-80 мг/м$^3$ (с м ксим льными зн чениями более 200 мг/м$^3$) [8–10].



1 2018.indd 121 30.03.2018 11:50:07

Темпер тур поверхности моря по д нным AVHRR/NOAA предст вляет собой н бор д нных 4-го уровня обр ботки (L4), содерж щий среднесуточные зн чения темпер туры воды н к ждую д ту н блюдений в узл х регулярной сетки с р змером ячейки 0.05° н 0.05°.

*Д нные н блюдений н береговых метеост нциях.* В р боте использов ны м тери лы регулярных н блюдений з темпер турой воздух и скоростью ветр в прибрежной зоне ТЗ н четырех ст нциях (М риуполь, Т г нрог, Ейск, М рг ритово) в период экспедиционных н блюдений.

*Д нные in situ.* Подспутниковые н блюдения проводились в совместной экспедиции Южного н учного центр РАН (ЮНЦ РАН), Институт ридных зон ЮНЦ РАН (ИАЗ ЮНЦ РАН) и Азовского н учно-исследов тельского институт рыбного хозяйств (АзНИИРХ) с борт НИС «Денеб» в кв тории Азовского моря в июле 2016 г. С помощью флуориметрического судового комплекс , р зр бот нного Ш выкиным А.А. [9], были получены непрерывные измерения КХ*а*, общей взвеси и р створенного кислород в вод х з лив по ходу судн (рис. 1). Темпер тур и соленость воды регистриров лись термосоленогр фом *SBE 21 SeaCAT*; темпер тур воздух , солнечн я р ди ция, скорость и н пр вление ветр – втом тическим метеорологическим комплексом *Vaisala WS*425. Кроме этого, н 10 комплексных ст нциях определялись: бсолютн я концентр ция р створенного кислород (мг $O_2$/л) методом Винклер н двух горизонт х (поверхностном и придонном); КХ*а* – спектрофотометрическим методом [11] и комбиниров нным методом с использов нием модифициров нного фотометр [12]; концентр ция общей взвеси гр виметрическим методом [13]; прозр чность воды с помощью диск Секки. Р боты проводились по ст нд ртным общепринятым оке ногр фическим методик м в соответствии с руководством [14]. Отбор проб осуществлялся пл стиковым ведром из поверхностного горизонт , т кже из системы прок чки термосоленогр ф *SBE 21 SeaCAT* (глубин з бор – 1.5 м).

## Результаты и обсуждение

Содерж ние кислород в водной толще Азовского моря определяется многими ф ктор ми (поглощением тмосферного кислород поверхностным слоем воды, прогревом и охл ждением водных м сс, циркуляционными процесс ми и другими). При этом простр нственные изменения содерж ния р створенного кислород , к к пр вило, отр ж ют р спределение фитопл нктон [15], поэтому прослежив ется прям я связь с КХ*а*.

Погодные условия во время прохождения экспедиции н НИС «Денеб» в июле 2016 г. способствов ли н сыщению вод з лив кислородом из тмосферы. Н рис. 2 предст влены основные сост вляющие гидрометеорологической обст новки в период экспедиции.

Исследов ния выполнялись в условиях действия ветров восточных н пр влений (северо-восток, юго-восток), средняя скорость сост влял 4–6 м/с, м ксим льн я – 11 м/с. Соленость и прозр чность вод изменялись по ходу движения судн : миним льные зн чения н блюд лись в вершине ТЗ – 4‰ и 0.5 м, м ксим льные – н выходе из з лив – 13‰ и 1.9 м соответственно. Отмеч лся выр женный суточный ход темпер тур воздух и воды, с колеб ниями от 26.6 до 32.3°С и от 26.7 до 28.7°С соответственно.

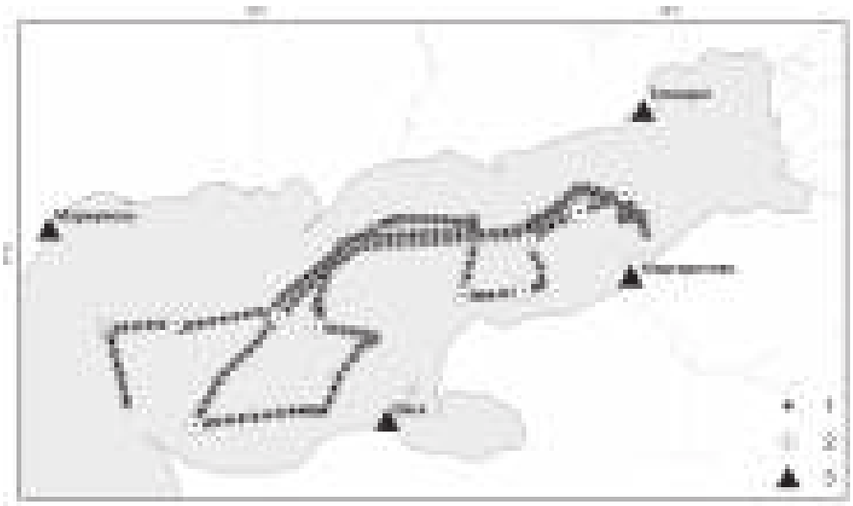


*Рис. 1. Схем ст нций, выполненных н НИС «Денеб» в ТЗ в июле 2016 г.*
*1 – ст нции непрерывных н блюдений; 2 – комплексные ст нции,*
*3 – береговые метеост нции*



1 2018.indd 122 30.03.2018 11:50:08

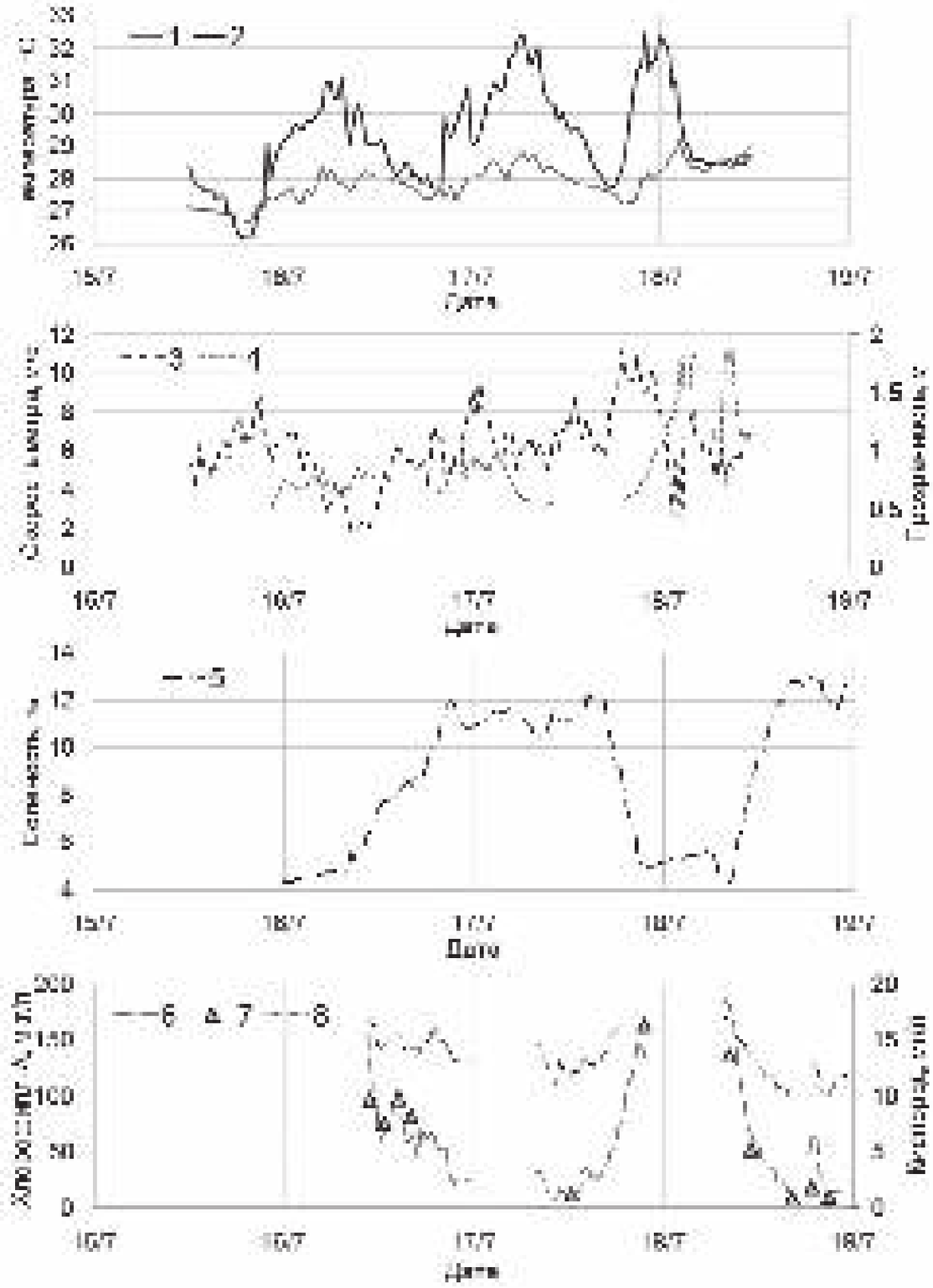



*Рис. 2. Гидрометеорологическ я обст новк в период экспедиции в ТЗ, июль 2016 г.*
*1 – темпер тур воды, 2 – темпер тур воздух , 3 – скорость ветр , 4 – прозр чность, 5 – соленость, 6 – КХ , измеренного флуориметрическим судовым комплексом, 7 – КХ , измеренного комбиниров нным методом, 8 – концентр ция р створенного кислород*



1 2018.indd 123 30.03.2018 11:50:08

По результ т м н блюдений *in situ* в июле 2016 г. в ТЗ были отмечены относительно высокие концентр ции кислород в поверхностном слое: от 107% до 160% н сыщения, при среднем зн чении – 130%. М ксим льные степени н сыщения вод кислородом в поверхностном слое приурочены к ст нциям с повышенными зн чениями КХ (рис. 2), что свидетельствует о высокой интенсивности первичного продуциров ния, т к н зыв емом «цветении» водорослей, в этот период. При этом по д нным н блюдений н комплексных ст нциях в придонном слое содерж ние р створенного кислород сост вляло от 49 до 100%, при среднем зн чении н сыщения 83%. Зоны дефицит кислород (< 60%) были отмечены в центр льной ч сти ТЗ.

По результ т м модельных р счетов н основе спутниковых снимков (рис. 3) н сыщение кислородом поверхностного слоя в среднем сост вило 113% (миним льное и м ксим льное зн чения 96% и 185% соответственно), при этом н сыщение придонного горизонт кислородом в среднем было н уровне 85%. Что декв тно н блюдениям *in situ*.

Средняя ошибк р счетов концентр ции р створенного кислород в поверхностном слое при ср внении с н блюдениями флуориметрического судового комплекс сост вил 1.46 мг $O_2$/л. Средняя бсолютн я ошибк р счетов для комплексных ст нций в поверхностном горизонте сост вил 0.84 мг $O_2$/л, в придонном слое – 1.15 мг $O_2$/л.

По результ т м модельного р счет возникновение зон дефицит кислород в ТЗ было отмечено с 21 по 26 июля, с м ксим льным р звитием 24 июля. К к можно видеть н рис. 4, простр нственно их р сположение приурочено к н иболее глубокой ч сти ТЗ. Согл сно р счет м зон придонного дефицит кислород н 24 июля сост вил 600 км$^2$ (10% площ ди з лив ). К сож лению, небольшое количество комплексных ст нций не позволяет подтвердить или опровергнуть т кое р звитие ситу ции в придонной ч сти з лив в эти д ты.

Косвенным подтверждением может быть н блюд вш яся в июле 2016 г. гибель гидробионтов в ТЗ. Следует отметить, что «з морный» период н всей кв тории Азовского моря, включ я ТЗ, был объявлен еще 27.06.2016 [16], но м ссов я гибель рыбы в ТЗ отмечен в июле [17]. По Азовскому морю гибель гидробионтов летом 2016 г. фиксиров л сь т кже в н ч ле вгуст в Темрюкском р йоне (ст. Голубицк я) и в Крыму (в кв тории Ар б тского з лив , н уч стке от город Щелкино до с. Мысовое) [18].

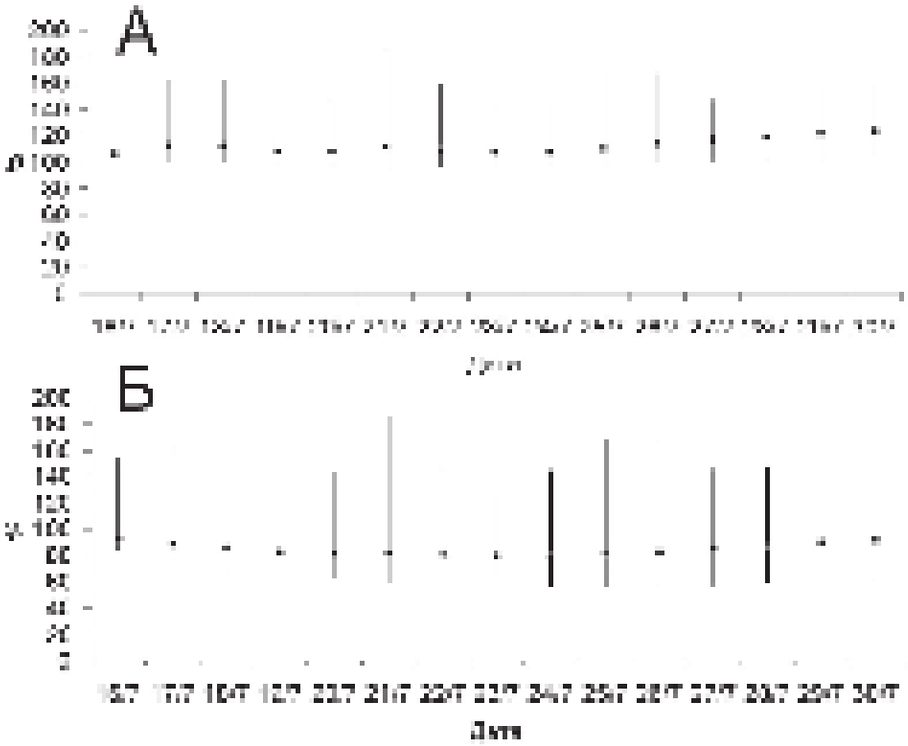



*Рис. 3. Среднесуточное н сыщение кислородом (%) поверхностного (А) и придонного (Б) горизонтов по результ т м р счет , июль 2016 г. Примеч ние: вертик льной линией пок з н р зм х зн чений от миним льного до м ксим льного, горизонт льной отсечкой – среднее зн чение по з ливу*



1 2018.indd 124 30.03.2018 11:50:09

## Заключение

Содерж ние р створенного кислород в водоем х – в ри бельный пок з тель, который может з метно меняться д же в течение суток. По результ т т м модельных р счетов можно сдел ть вывод, что предложенный метод оценки содерж ния р створенного кислород н основе д нных дист нционного зондиров ния дост точно декв тно воспроизводит кислородный режим ТЗ и д ет удовлетворительные количественные оценки потенци льных зон дефицит кислород . Т к к к предл г ем я модель предн зн чен для вычисления усредненных по времени и простр нству х р ктеристик, получ - емые в результ те компьютерных экспериментов концентр ции кислород имеют условный х р ктер и должны р ссм трив ться, в первую очередь, к к индик торы тенденций. Одн ко д же т к я груб я оценк позволяет н лизиров ть м сшт бы простр нственно-временной неоднородности и прогнозиров ть возможное изменение кислородного режим в з висимости от величины первичной продукции и гидрометеорологических условий среды. Предл г емый модельный метод р счет по д нным спутниковых снимков позволяет оценив ть содерж ние кислород в вод х Азовского моря в опер тивном режиме и может использов ться для предупреждения н селения о возникновении небл гоприятных экологических ситу ций.

## Литература

1. Oxygen depletion risk assessment in shallow water bodies of the Sea of Azov region / V. Kulygin [et al.] // SGEM2016 Conference Proceedings. – 2016. – Vol. 2. – P. 799–806.

2. М тишов, Г. Г. Б тиметрия и з кономерности формиров ния рельеф дн Азовского моря / Г.Г.М тишов // Экосистемные исследов ния Азовского, Черного, К спийского морей. Ап титы: КНЦ РАН. – 2006. – Т. 8.– С. 31–42.

3. Оценк концентр ции хлорофилл и первичной продукции в Азовском море с использов нием спутниковых д нных / Г.Г. М тишов [и др.] // Докл ды к демии н ук. – 2010. – Т. 432, № 4. – С. 563–566.

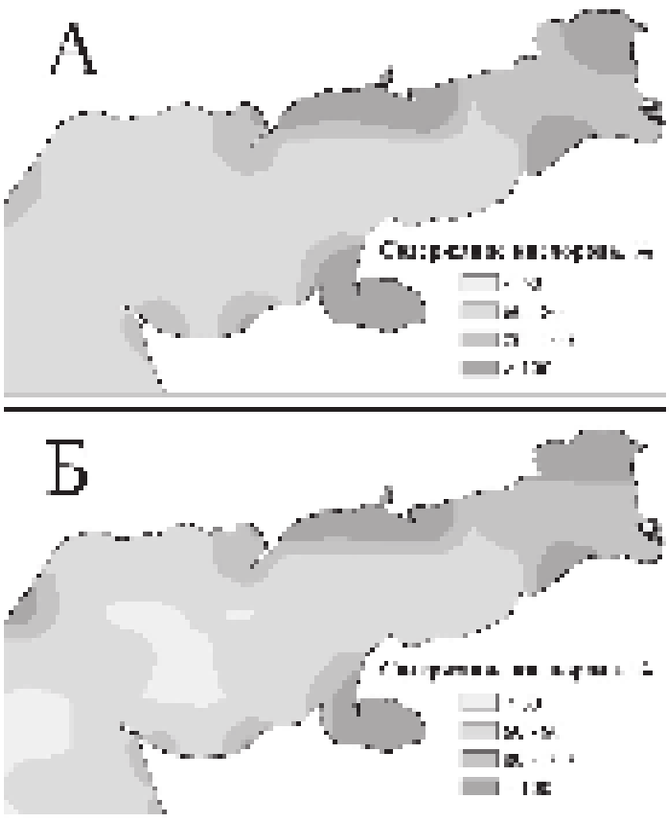



*Рис. 4. Н сыщение кислородом придонного горизонт ТЗ по результ т м р счет н 18 (А) и 24 (Б) июля 2016 г.*



1 2018.indd 125 30.03.2018 11:50:09

4. Ермол ев , Е. В. Р спределение и сезонн я дин мик продукции и деструкции орг нического веществ в Азовском море в 2008–2010 гг. / Е.В. Ермол ев // Экосистемные исследов ния среды и биоты Азовского б ссейн . – 2012. – С. 131–139.

5. Physical Oceanography Distributed Active Archive Center [Электронный ресурс]: – Режим доступ : http://podaac.jpl.nasa.gov, свободный. – З гл.с экр н .

6. Атл с Больших морских экосистем [Электронный ресурс]. – Режим доступ : http://atlas.iaz.ssc-ras.ru, свободный. – З гл. с экр н .

7. Estimation of chlorophyll-a concentration in case II waters using MODIS and MERIS data-successes and challenges / W.J. Moses [et al.] // Environmental Research Letters. – 2009. – Vol. 4. – P. 045005 (8 pp).

8. Простр нственно-временное р спределение концентр ции хлорофилл в Азовском море по д нным ДЗЗ / В.В.С прыгин [и др.] // Окруж ющ я сред и человек. Современные проблемы генетики, селекции и биотехнологии: м тери лы междун. н уч. конф. и молодежн. н уч. конф. п мяти Д. Г. М тишов / гл. ред. к д. Г.Г. М тишов и др. – Ростов н/Д: изд. ЮНЦ РАН, 2016. – С. 224–227.

9. Непрерывные измерения оке нологических п р метров в приповерхностном слое Т г нрогского з лив . 1. Определение хлорофилл флуориметрическим методом / А.А. Ш выкин [и др.] // Вестник Южного н учного центр . – 2010. – Т. 6, № 3. – С. 37–46.

10. Operational MERIS-based NIR-red algorithms for estimating chlorophyll-a concentrations in coastal waters – the Azov Sea case study / W.J. Moses [et al] // Remote Sens. of Environment. – 2012. – Vol. 121. – P. 118–124.

11. ГОСТ 17.1.4.02–90. Методик спектрофотометрического определения хлорофилл / ИО АН СССР. – М., 1990. – 12 с.

12. Пов жный, В. В. Определение концентр ции хлорофилл " " комбиниров нным методом с использов нием модифициров нного фотометр / В.В. Пов жный // Оке нология. – 2012. – № 4. – С. 600–605.

13. РД 52.24.468-2005. Взвешенные веществ и общее содерж ние примесей в вод х. Методик выполнения измерений м ссовой концентр ции гр виметрическим методом / Гидрохимический институт. – Ростов-н -Дону, 2005. – 12 с.

14. РД 52.10.243-92. Руководство по химическому н лизу морских вод / Гидрометеоизд т – СПб., 1993. – 129 с.

15. Студеникин , Е. И. Фитопл нктон Азовского моря в условиях нтропогенных воздействий / Е.И. Студеникин , А.Я. Алд кимов , Г.С. Губин . – Ростов-н -Дону: Эверест, 1999. – 175 с.

16. «Об объявлении з морного период в Азовском море и Т г нрогском з ливе»: прик з Азово-Черноморского территори льного упр вления Федер льного гентств по рыболовству от 27.06.2016 г № 428 [Электронный ресурс]. – Режим доступ : http://www.rostov-fishcom.ru. – 2016. – 27 июня. – 2 с.

17. DonNews [Электронный ресурс]. – Режим доступ : http://www.donnews.ru/V-Azovskom-more-i-Taganrogskom-zalive-iz-za-zhary-dohnet-ryba_25658, свободный. – З гл. с экр н .

18. Азово-Черноморское территори льное упр вление Федер льного гентств по рыболовству [Электронный ресурс]. – Режим доступ : http://www.rostov-fishcom.ru/news/10506, свободный. – З гл. с экр н .



1 2018.indd 126 30.03.2018 11:50:09

# Проблемы геоинформ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий и пути их решения

## Issues of geo-informational provisions of modern arms control systems within unreachable areas, and ways to resolve them

**Козин / Kozin E.**
Евгений Вячеславович
(ekozin1970@mail.ru)
кандидат технических наук, доцент.
ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), доцент кафедры ГИС.
г. Санкт-Петербург

**К рм нов / Karmanov A.**
Андрей Геннадьевич
(karmanov.nip@gmail.com)
кандидат технических наук, доцент.
Университет ИТМО,
доцент кафедры ГИС.
г. Санкт-Петербург

**К рм нов / Karmanova N.**
Наталия Андреевна
(karmanov.nip@gmail.com)
Университет ИТМО,
лаборант кафедры ГИС.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : объектно-ориентиров нн я б з геопростр нственных д нных – object oriented base of geo-spatial data; обобщенн я информ ционн я модель – generalized informational model; дешифровочные индексы – decoding indices; эт лониров ние дешифровочных призн ков – coding sign standardization; мониторинг простр нственных объектов – spatial object monitoring.

В ст тье приведены проблемы информ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий и р ссмотрены подходы к их решению, основ нные н созд нии геоинформ ционных систем с высокоточными объектно-ориентиров нными б з ми геопростр нственных д нных.

The article lists the issues of informational provisions of modern arms control systems within unreachable areas, and ways to resolve them are considered based on generation of geo-informational systems having high-precisely object oriented bases of geo-spatial data.

В н стоящее время х р ктерной чертой р звития вооруженных сил ведущих з рубежных стр н, в первую очередь США, является информ ционно-технологический прорыв в военной сфере, связ нный с к чественным р звитием информ ционных технологий, обусловившим совершенствов ние, к к военной техники, т к и принципов упр вления современным оружием. Он способствов л созд нию новой концепцией вооруженной борьбы, получившей н зв ние «Ведение боевых действий в едином информ ционно-упр вляющем простр нстве» (Network-CentricWarfare). Д нн я концепция предпол г ет совместное использов ние объединенных в единую сеть систем сбор , перед чи д нных, упр вления и средств огневого пор жения во всем боевом простр нстве. В перспективе это позволит существенно повысить уровень и гибкость вз имодействия р знородных сил и средств всех видов ВС США и их союзников. Един я информ ционн я систем призв н обеспечить ком ндиров всех звеньев упр вления постоянно обновляемыми сведениями о боевой обст новке и объект х пор жения, что д ст возможность опер тивно приним ть решения по упр влению войск ми и н несению уд ров по выявленным целям.

При этом успех боевых действий будет з висеть от к честв и времени выполнения оценки боевой обст новки, идентифик ции целей и определения их точных координ т, т кже п р метров движения (для мобильных целей).

Одной из в жнейших з д ч пр ктической ре лиз ции концепции ведения боевых действий в едином информ ционно-упр вляющем простр нстве является р зр ботк новейших методов подготовки геопро-



1 2018.indd 127 30.03.2018 11:50:09

стр нственных д нных для упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий.

Для решения этой з д чи необходимо созд ние опер тивно обновляемых объектно-ориентиров нных б з д нных с высоким уровнем дет лиз ции, содерж щих сведения об объект х пор жения и обеспечив ющих эффективную информ ционную поддержку средств огневого под вления нез висимо от внешних условий в р зных р йон х ведения боевых действий.

Существующие в н шей стр не технологии получения геопростр нственных д нных н недоступные территории ориентиров ны н использов ние топогр фических к рт соответствующих м сшт бов, что не в полной мере обеспечив ет требов ния к точности определения координ т и высот объектов местности, предъявляемые современным оружием, в результ те чего возник ет противоречие, приведенное н рисунке 1.

Для р зрешения этого противоречия необходимо р зр бот ть геоинформ ционную систему, позволяющую по м тери л м дист нционного зондиров ния Земли, полученным с отечественных космических пп р тов, формиров ть н недоступные территории геопростр нственную информ цию, обеспечив ющую решение з д ч по упр влению современным оружием.

В основу р зр б тыв емой геоинформ ционной системы должны быть з ложены методологические уст новки, ре лизующие нормы (з коны), действующие к к в обл сти обр ботки д нных дист нционного зондиров ния Земли, т к и в обл сти информ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием. Эти методологические уст новки выр ж ются в виде следующих принципов:

1. Принцип системности – предпол г ет учет всех вз имосвязей, присущих созд в емой геоинформ ционной системе, т кже н лиз отдельных ее ч стей к к с мостоятельных структурных сост вляющих с выявлением роли к ждой из них в функционировании системы в целом. При декомпозиции системы должны быть уст новлены т кие связи между структурными компонент ми системы, которые обеспечив ют ее цельность и вз имодействие с другими систем ми. Системный принцип позволяет внедрять отдельные подсистемы последов тельно, нез висимо друг от друг , не н руш я функцион льные связи системы.

2. Принцип тем тической избир тельности – состоит в том, что в созд в емой геоинформ ционной системе необходимо использов ть лишь ту геопростр нственную информ цию, котор я действительно необходим для упр вления современным оружием. Использов ние избыточной (излишней) информ ции приведет к росту непроизводительных з тр т.

3. Принцип эффективности упр вления информ цией – состоит в том, что з тр ты н информ ционное обеспечение (включ я стоимость получ емой информ ции) не должны превыш ть эффект от ее использов ния.

4. Принцип эмерджентности – состоит в том, что сумм свойств компонентов формирующих систему не соответствует свойств м системы в целом, т.к. систем обл д ет индивиду льными свойств ми, которые не присущи ее компонент м.

5. Принцип технологического единств – з ключ ющийся в том, что все компоненты созд в емой геоинформ ционной системы связ ны в единый технологический процесс.

6. Принцип объектной ориентиров нности геопростр нственных д нных – з ключ ющийся в том, что геопростр нственн я информ ция должн быть предст влен не в виде к рт, в виде н бор объектов необходимых и дост точных для информ ционного обеспечения

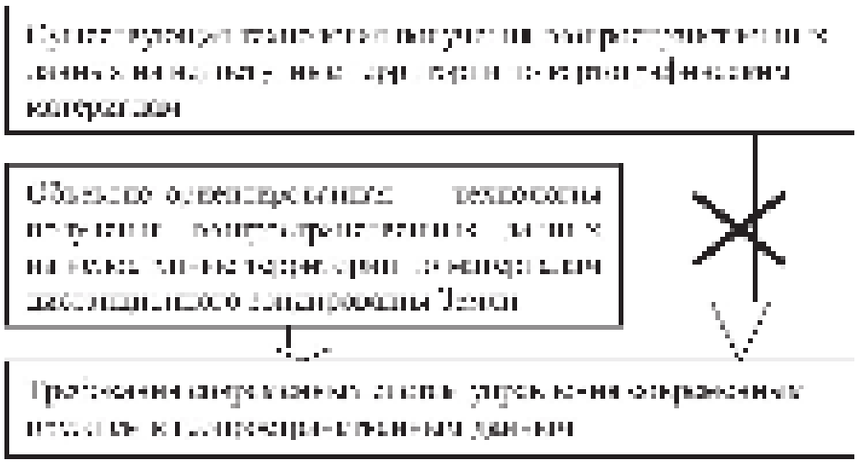


*Рис. 1. Противоречие в обл сти геоинформ ционного обеспечения систем упр вления современным оружием н недоступных территори-ях*



1 2018.indd 128 30.03.2018 11:50:10

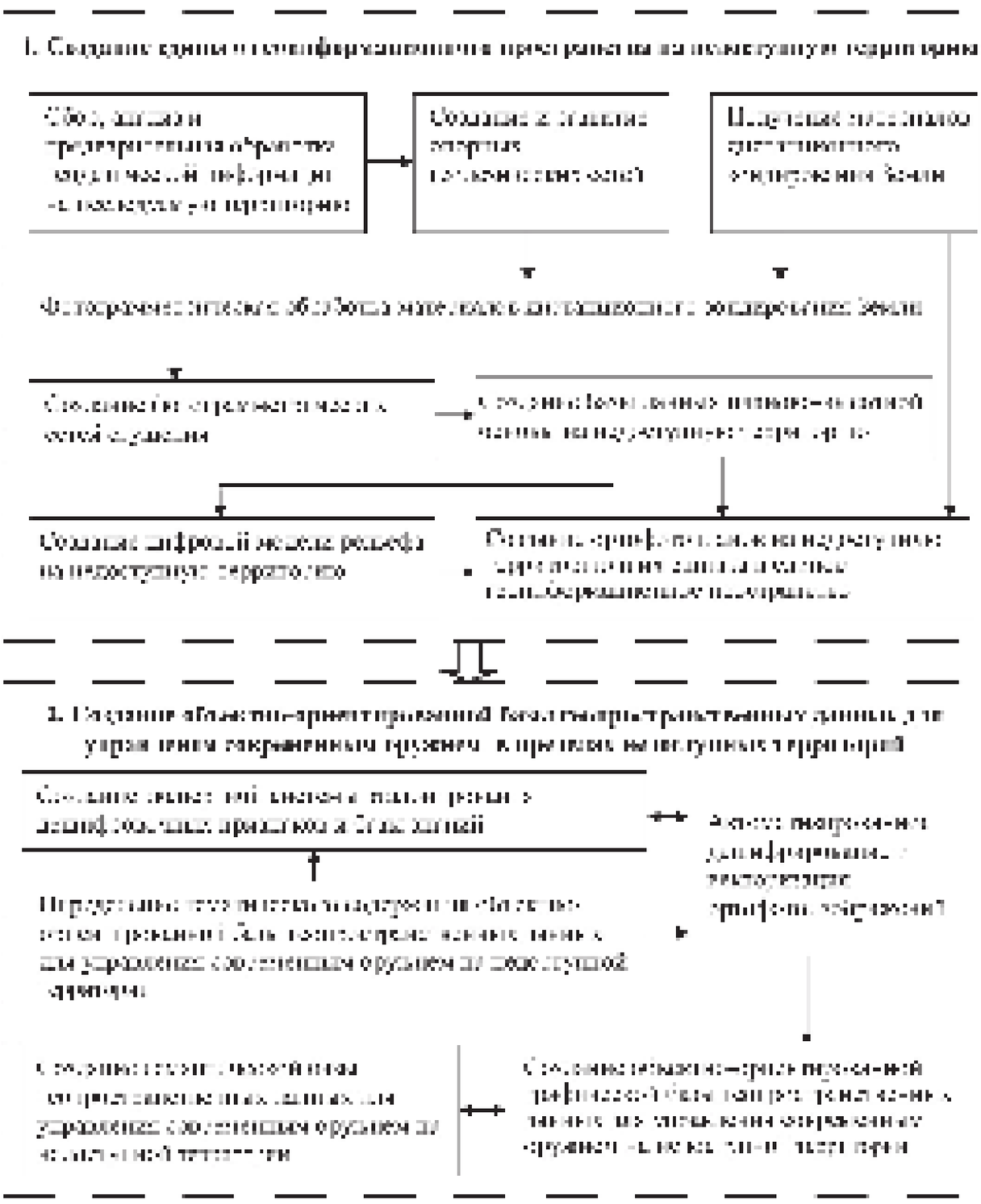


*Рис. 2. Структурно-логическ я схем подготовки геопростр нственной информ ции для упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий*



1 2018.indd 129 30.03.2018 11:50:10

систем упр вления современным оружием в предел х изуч емой недоступной территории.

7. Принцип контину льности – предпол г ет созд ние н всю изуч емую территорию единого геоинформ ционного простр нств , предст вляющего собой сшитые ортофотопл ны.

8. Принцип н виг ционно-б ллистического позиционирования – з ключ ющийся в том, что построение пл ново-высотной основы н недоступную территорию осуществляется по перекрыв ющимся изобр жениям с использов нием н виг ционно-б ллистической информ ции.

Н основе вышеизложенных принципов р зр бот н структурно-логическ я схем подготовки геопростр нственной информ ции для упр вления современным оружием в предел х недоступных территорий с использов нием созд в емой геоинформ ционной системы, рис. 2.

Ключевыми процесс ми подготовки геопростр нственной информ ции (н рисунке выделены двойными линиями) являются: 1) фотогр мметрическ я обр ботк м тери лов дист нционного зондиров ния Земли с целью созд ния высокоточной пл ново-высотной основы н недоступную территорию; 2) определение тем тического содерж ния объектно-ориентиров нной б зы геопростр нственных д нных для упр вления современным оружием н недоступной территории; 3) втом тизиров нное дешифриров ние и векториз ция ортофотоизобр жений; 4) созд ние объектно-ориентиров нной б зы геопростр нственных д нных. Кр тко р ссмотрим сущность к ждого из них.

## Фотограмметрическая обработка материалов дистанционного зондирования Земли с целью создания высокоточной планово-высотной основы на недоступную территорию

Процесс созд ния высокоточной пл ново-высотной основы н недоступную территорию з ключ ется в новом подходе к определению простр нственных координ т объектов местности по перекрыв ющимся р знородным изобр жениям один ковых уч стков земной поверхности, полученным с двух космических лет тельных пп р тов.

Определение координ т объектов местности производится по п р метр м движения и вр щения космического лет тельного пп р т , плоским прямоугольным координ т м снимк , п р метр м бортовой специальной пп р туры н блюдения и высоте подстил ющей поверхности. Предл г емый подход основывается н решении прямой фотогр мметрической з д чи без использов ния информ ции о рельефе [2, 3].

Совместн я обр ботк р знородных изобр жений и д нных н виг ционно-б ллистического обеспечения во время съемки д ет возможность вычислить углы визиров ния р зличных типов пп р туры н одноименную точку и определить геодезические координ ты пересечения скрещив ющихся лучей н д уровенной поверхностью.

Полученные координ ты объектов местности используются для созд ния цифровых моделей рельеф и построения ортофотопл нов.

В к честве исходных д нных используются модели движения, вр щения космических пп р тов и ориент ции вектор луч визиров ния в системе координ т к меры, учитыв ющие особенности дин мического процесс их построений бортовой пп р турой н блюдения.

Определение тем тического содерж ния объектно-ориентиров нной б зы геопростр нственных д нных для упр вления современным оружием н недоступной территории. В основу тем тического содерж ния объектно-ориентиров нной б зы геопростр нственных д нных созд в емой ГИС з кл дыв ется обобщенн я информ ционн я модель, котор я определяет совокупность информ ции необходимой и дост точной для решения прикл дных з д ч, с использов нием геоинформ ционной системы. Построение обобщенной информ ционной модели включ ет в себя следующие эт пы [5, 6]:

· формиров ние и исследов ние предметной обл сти, для которой созд ется ГИС;

· идентифик ция гр фических и сем нтических д нных требуемых для решения прикл дных з д ч и связей между ними;

· р зр ботк и исследов ние лок льных объектно-ориентиров нных информ ционных моделей предметной обл сти;

· построение обобщенной объектно-ориентиров нной информ ционной модели б зы д нных ГИС;

· гр фическое предст вление обобщенной объектно-ориентиров нной информ ционной модели б зы д нных ГИС в виде ER-ди гр ммы.

В основу формиров ния предметной обл сти должен быть з ложен н лиз з д ч, которые предпол г ется реш ть с использов нием созд в емой геоинформ ционной системы с целью определения всех элементов д нных необходимых и дост точных для их решения. Для этого должн исследов ться к жд я з д ч , путём деления её н ряд отдельных опер ций в процессе чего и определяются элементы д нных, используемые в них. Это позволяет сформиров ть м трицу вз имосвязей опер ций (или з д ч) и д нных, которую можно р ссм трив ть к к некоторый форм лизов нный облик предметной обл сти.

Итогом созд ния информ ционной модели предметной обл сти ГИС является ее гр фическое предст вление в виде ER-ди гр ммы.

В случ е решения сложных з д ч предст вляется целесообр зным р збив ть их н ряд более простых, что в свою очередь приводит к появлению лок льных уч стков предметной обл сти. Т кой подход, с одной стороны, упрощ ет процесс моделиров ния, с другой – позволяет созд в ть лок льные приложения, которые могут нез висимо использов ться р зличными з д -



1 2018.indd 130 30.03.2018 11:50:11

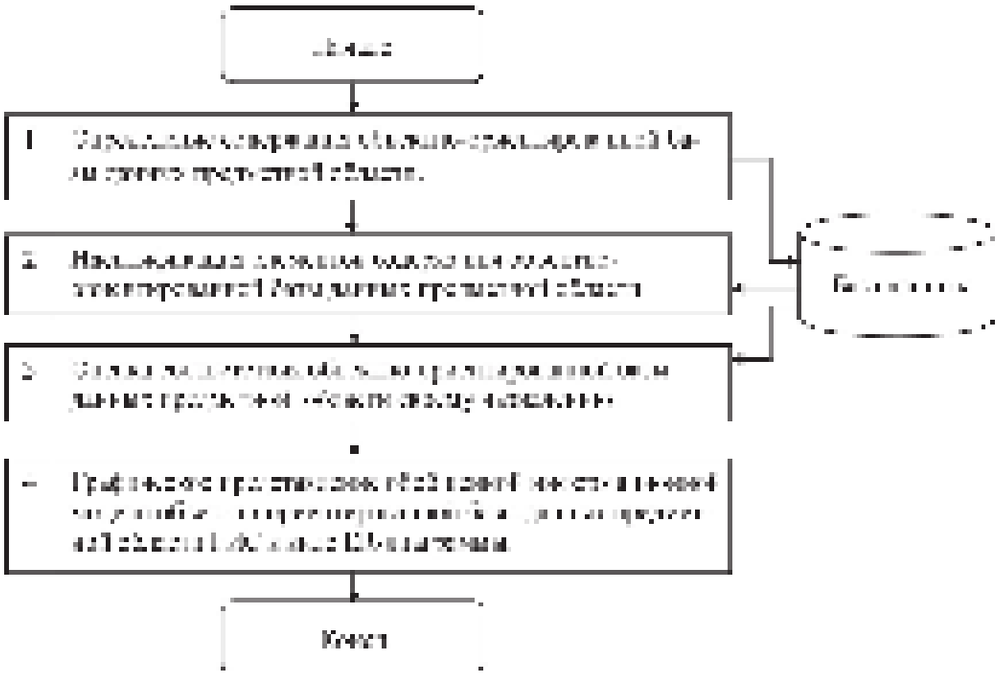


*Рис. 3. Структурно-логическ я схем построения обобщенной информ ционной модели предметной обл сти ГИС*

*Рис. 4. Структурно-логическ я схем эт лониров ния дешифровочных призн ков по д нным дист нционного зондиров ния Земли*



1 2018.indd 131 30.03.2018 11:50:11

ч ми. При этом необходимо учитыв ть, что формиров ние лок льных предст влений предметной обл сти требует решения з д ч поиск компромиссного в ри нт , т к к к узкий уч сток предметной обл сти приводит к снижению уровня интегр ции д нных и к их «дроблению», большой уч сток – к нечеткости и сложности. Исходя из этого, для идентифик ции д нных целесообр зно использов ть многов ри нтные решения.

Т ким обр зом, процесс созд ния обобщенной объектно-ориентиров нной информ ционной модели б зы д нных ГИС сводится к р збивке предметной обл сти н ряд лок льных уч стков, построению для них лок льных моделей и объединению лок льных моделей путем бстр гиров ния и обобщения в единую обобщенную модель предметной обл сти.

Структурно-логическ я схем построения обобщенной информ ционной модели объектно-ориентиров нной б зы д нных предметной обл сти ГИС, предст влен н рис. 3 [3, 4].

Автом тизиров нное дешифриров ние и вектори з ция ортофотоизобр жений. В основу втом тизиров нного дешифриров ния ортофотоизобр жений предл г ется з кл дыв ть м шинно-ориентиров нный метод получения информ ции о дешифрируемых объект х н основе прямых дешифровочных призн ков. Он ориентиров н н использов ние форм лизов нных зн ний, полученных при изучении дешифровочных призн ков объектов местности, и применении логического подход к обр ботке ортофотоизобр жений. Процесс дешифриров ния з ключ ется в р спозн в нии дешифрируемых объектов путем ср внения между собой зн чений дешифровочных индексов, р ссчит нных по ортофотоизобр жению, и эт лонных, хр нящихся в б зе зн ний [1, 7].

Д нный метод включ ет в себя дв эт п : эт лониров ния и втом тизиров нного дешифриров ния.

Структурно-логическ я схем эт лониров ния дешифровочных призн ков по д нным дист нционного зондиров ния Земли, предст влен н рис. 4.

Эффективность втом тизиров нной обр ботки ДДЗ н прямую з висит от применяемых моделей. Для решения н шей з д чи н иболее приемлемо объединение фреймовой и продукционной моделей, что позволит созд ть непротиворечивую и упорядоченную систему хр нения, корректировки дешифровочных призн ков, обеспечит многов ри нтность, допуск ющую р зностороннюю оценку дешифровочного решения и выр ботку льтерн тивных в ри нтов. Кр тко р ссмотрим сущность фреймовых и продукционных моделей.

Фреймовые модели используют бстр ктные обр зы объект в к честве прототип р спозн в ния, они н илучшим обр зом подходят для решения з д ч дешифриров ния, поскольку позволяют отобр зить многообр зие зн ний об объект х через структуры, обозн ч ющие их н иболее зн чимые свойств . Другим достоинством этих моделей является удобство их ре лиз ции в систем х упр вления б з ми д нных (СУБД).

Продукционные модели позволяют предст вить зн ния в виде предложений тип «Если (условие), то (действие)». Под «условием» поним ется некоторое предложение – обр зец, по которому осуществляется поиск в б зе зн ний, под «действием» – действия, выполняемые при успешном исходе поиск . В связи с высокой н глядностью мех низм логического вывод , ср внительно легкой прогр ммной ре лиз цией, продукционн я модель ч ще всего применяется в м шинно-ориентиров нных экспертных систем х, что особенно в жно для решения н шей з д чи, т.к. не все п р метры, необходимые при дешифриров нии, могут быть получены непосредственно из ДДЗ, некоторые из них определяются метод ми экспертного н лиз .

Сущность втом тизиров нного дешифриров ния ортофотоизобр жений з ключ ется в том, что для к ждой п ры пикселей, последов тельно выбир емых из цифровых м ссивов, р ссчитыв ются дешифровочные индексы. При этом р счет выполняется для всех элементов ортофотоизобр жения исследуемого уч стк .

З тем выполняется сегмент ция полученных результ тов, основ нн я н методе лок льной кл стериз ции. Ее сущность з ключ ется в следующем. Методом «ближ йших соседей» выполняется предв рительное р зделение обл стей с уст новлением прин длежности выделенного кл стер типу дешифрируемого объект . Кл стер м, обр зов нным неуст новленными кл ссифик тором индекс ми, присв ив ются свои кодовые обозн чения, отличные от хр нящихся в б зе зн ний. В результ те будет сформиров н н бор слоев, элемент ми которых являются коды типов дешифрируемых объектов и коды неуст новленных объектов.

Для оконтурив ния к ждого м ссив кодов используется метод «н именьшего однородного сегмент , ссимилируемого ядром». Отслежив ние контур осуществляется путем перемещения окн по гр нице ядр вдоль контур объект и проверки площ ди з хв т н к ждом ш ге. Изменение н пр вления перемещения окн выполняется в случ е уменьшения площ ди более чем н 10%. Применение этого метод позволяет снизить чрезмерную изрез нность контуров и уд лить «нитевидные» включения других контуров. Опер ция з верш ется фикс цией полученных координ т контуров в отдельные списки.

## Создание объектно-ориентированной базы геопространственных данных

В основе существующей модели информ ционного обеспечения ГИС лежит «н резк » геогр фического простр нств н отдельные номенкл турные листы (НЛ). При этом, к к пр вило, в процессе р боты номенкл турные листы «сшив ются» в единое геоинформ ционное простр нство, покрыв ющее всю исследуемую



1 2018.indd 132 30.03.2018 11:50:11

территорию. Очень ч сто при сшивке возник ет несогл сов нность смежных НЛ из-з р зличных д т их кту лиз ции (обновления), кроме того, если исследуем я территория р сположен в нескольких шестигр дусных зон х, требуется переход из системы координ т одной зоны в систему координ т другой зоны, с мое гл вное, отсутствует возможность упр вления информ цией, т.е. ее целен пр вленного отбор в соответствии с целевыми з д ч ми, реш емыми созд в емой ГИС.

Приведенные выше недост тки информ ционного обеспечения ГИС обусловили необходимость его совершенствов ния в следующих н пр влениях [4]:

1) переход от хр нения к ртогр фической информ ции в виде номенкл турных листов к ее хр нению в виде н бор простр нственных объектов, имеющих уник льную идентифик цию;

2) уст новление связи между всей трибутивной и координ тной информ цией, относящейся к одному простр нственному объекту;

3) изменение подход к кл ссифик ции простр нственных объектов с учетом унифик ции опис ния свойств, созд ние нового кл ссифик тор и пр вил выделения объектов;

4) переход координ тного опис ния объектов от принятой системы координ т к геоцентрической системе с возможностью хр нения зн чений высот точек;

5) осуществление мониторинг простр нственных объектов с фикс цией всех мет д нных.

Пр ктическ я ре лиз ция объектно-ориентиров нного подход включ ет в себя следующие эт пы:

– выделение по уст новленным пр вил м простр нственных объектов в предел х единого геоинформ ционного простр нств ;

– координ тное опис ние к ждого простр нственного объект в геоцентрической системе координ т;

– идентифик ция простр нственных объектов и з пись мет д нных.

Подготовленн я т ким обр зом к ртогр фическ я информ ция, включ ющ я простр нственные идентифицировнные объекты и мет д нные, з груж ется в б зу д нных ГИС.

## Литература

1. Арефьев, Н. В. Основы формиров ния природно- гр рных систем. Теория и пр ктик / Н.В. Арефьев, В.П. Бреусов, Г.К. Осипов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-т , 2011. – 533 с.

2. Комосов, Ю. А. Необходимость, сущность и пути ре лиз ции новой модели предст вления простр нственных д нных / Ю.А. Комосов // Геодезия и к ртогр фия. – 2010. – № 9. – С. 26–32.

3. Осипов, Г. К. Теоретические основы р зр ботки содерж ния б з д нных о местности в геоинформ ционных систем х военного н зн чения / Г.К. Осипов, А.Н. Ефимов // Труды военно-космической к демии имени А. Ф. Мож йского. – 2011. – Вып. 631. – С. 130–133.

4. Осипов, Г. К. Теоретические и методические основы формиров ния объектно-ориентиров нной информ ционной модели н виг ционной б зы д нных / Г.К. Осипов, А.С. Присяжнюк, А.Н. Ефимов // Информ ция и Космос. – 2013. – № 1. – С. 35–41.

5. Осипов, Г. К. Оценк устойчивости л ндш фт к мелиор тивному освоению территории с использов нием д нных дист нционного зондиров ния / Г.К. Осипов, В.Г. Тимофеев // Регион льн я экология. – 2006. – № 3–4. – С. 99–105.



1 2018.indd 133 30.03.2018 11:50:12

# Технология созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния н основе современных методов системного н лиз и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции

## Technology to generate digital topography maps and open use layouts based on up-to-date methods of system analysis, and declassification of multi-level and heterogenous geoinformation

**Б б к / Babak M.**
Михаил Анатольевич
(babak@itain.ru)
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
директор по картографическому обеспечению.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : электронн я к ртогр фическ я основ – electronic cartography basis; цифровые топогр фические к рты – digital topography maps; пл ны открытого пользов ния – open use layouts; объектно-ориентиров нн я геопростр нственн я б з д нных – object oriented geo-spatial database; методы системного н лиз – system analysis methods; жизненный цикл – life cycle; госуд рственный фонд простр нственных д нных – spatial data state fund.

Р ссмотрен ре лиз ция технологии втом - тизиров нного созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния н основе современных методов системного н лиз и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции. Подробно опис ны новые технологические процессы, которые позволяют более эффективно реш ть пр ктические з д чи с учетом их межведомственной зн чимости.

An implementation of approach to generate automatically digital topography maps and open use layouts based on up-to-date methods of system analysis, and declassification of multi-level and heterogenous geoinformation is considered. State-of-the-art process flows are described in details, which allow resolving practical problems more efficiently considering their interdepartmental significance.

Упр вление соци льными и производственными систем ми сложно предст вить без геогр фической информ ции, без сбор геоинформ ционных сведений и н лиз геопростр нственных объектов н основе р зличных моделей. Общий доступ к геогр фической информ ции подр зумев ет р внопр вный открытый доступ обычных и профессион льных пользов телей к информ ционным источник м и/или служб м. В р мк х открытого доступ к геогр фической информ ции обычные пользов тели теперь не только потребляют геогр фическую информ цию, но и ктивно уч ствуют во всём её жизненном цикле, н чин я с созд ния, р спростр нения и совместного использов ния геогр фической информ ции, и з к нчив я её потреблением. Существует метод открытого доступ к многоуровневой и р знородной геоинформ ции с использов нием универс льной модели особенностей, опис нной в ст нд рте ISO 19109, и метод открытого доступ , основой которого служ т связ нные открытые д нные, которые подр зумев ют использов ние Интернет . Проект связ нных открытых геод нных инициировн и поддержив ется группой W3C Semantic Web Education and Outreach Interest. Связ нные геод нные могут з д в ться и созд в ться обычными пользов телями к к дополнение к постоянно р стущим общедоступным источник м открытых геогр фических д нных и информ ции (н пример, проект Open Street Map [http://www.openstreetmap.org] и прочие коллективные усилия, н пр вленные н сбор д нных). Тем не менее юридически зн чимыми являются простр нственные д нные и м тери лы, содерж щиеся в госуд рственных фонд х простр нственных д нных, которые обеспечив ют геоинформ ционную безоп сность путем з конод тельного регл ментиров ния кодиров ния геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, к честв координ тного и высотного предст вления геоинформ ционных сведений, их полноты и достоверности, соблюдения топологичности и трибутивного опис ния. Методы системного н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, н пр влены н изучение свойств ре льного простр нств н земной и околоземной поверхности и в их пр ктическом применении для решения прикл дных з д ч, и н н копление опыт для межведомственного применения



1 2018.indd 134 30.03.2018 11:50:12

методов р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции с учетом времени её жизненного цикл . Системный н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, выходит з р мки кл ссического системного н лиз и в общем виде включ ет следующие методы: к чественный н лиз, количественный н лиз, н лиз информ ционных единиц и их отношений, н лиз моделей, н лиз простр нственной дин мики, н лиз лингвистической и трибутивной дин мики. Дин мик геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, определяет и р зличные группы прикл дных производственных процессов:

– унифик ция и объединение р знородных р знoформ тных д нных, получ емых из р зных источников и р зных технологий изменения и сбор в единую интегриров нную информ ционную основу

– декомпозиции интегриров нной информ ционной основы н три к чественные группы «место», «время», «тем ».

В соответствии с Пост новлением Пр вительств Российской Федер ции № 262 от 04 м рт 2017 г. «Об утверждении Пр вил предост вления простр нственных д нных и м тери лов, содерж щихся в госуд рственных фонд х простр нственных д нных, в том числе пр вил под чи з явления о предост влении ук з нных простр нственных д нных и м тери лов, включ я форму т кого з явления и сост в прил г емых к нему документов» и Пост новлением Пр вительств Российской Федер ции № 1370 т от 15 дек бря 2016 г. «Об утверждении Пр вил предост вления з интересов нным лиц м сведений единой электронной к ртогр фической основы» госуд рственные цифровые топогр фические к рты и пл ны открытого пользов ния (ЦТКиП ОП) входят в сост в сведений единой электронной к ртогр фической основы. ЦТКиП ОП предост вляются орг н м госуд рственной вл сти, орг н м местного с моупр вления, подведомственным и госуд рственным учреждениям, физическим и юридическим лиц м в электронном виде с усиленной кв лифициров нной электронной подписью опер тор или фондодерж теля к ртогр фической основы. ЦТКиП ОП используется в н виг ционных к рт х, трен жерных систем х боевой подготовки ВС РФ, в систем х подготовки полетных з д ний БПЛА, н публичной к д - стровой к рте Росреестр (пример д нных ЦТКиП ОП в к честве к ртогр фической основы н г. С нкт-Петербург: http://pkk5.rosreestr.ru/#x=3396606.535 315558&y=8382598.39109214&z=12), в ГИС систем х р зличного уровня (федер льных, регион льных, муницип льных) и других систем х (рис. 1).

При использов нии д нных ЦТКиП ОП в виде WEB-сервисов, к к пр вило, д нные ЦТКиП ОП перекл ссифицируются в сост в объектно-ориентиров нных б з д нных ГИС р зличного н зн чения и дополняются тем тическими геоинформ ционными д нными и информ цией, которые тоже подлеж т системному н лизу геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию.

ЦТКиП ОП в объектно-ориентиров нной б зе д нных ГИС военного н зн чения формируются по принцип м непрерывности в р мк х интересов конечного пользов теля с учетом его р нг и могут служить к ртогр фической основой для решения учебно-тренировочных з д ч боевой подготовки.

Вывод: ЦТКиП ОП предн зн чены для решения прикл дных з д ч дет льного изучения и мобильной оценки местности, ориентиров ния н ней, производств втом тических измерений и р счётов при р зр - ботке и проведении р зличных мероприятий н роднохозяйственного и оборонного зн чения, пл ниров нии и проектиров ния, проведения к ртометрических р бот н учно-исследов тельского х р ктер и являются основой для созд ния н виг ционных к рт и WEB-сервисов для предост вления р зличных услуг.

Пр вовой основой системного н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, и методов р ссекречив ния многоуровневой геоинформ ции являются ведомственные перечни сведений, подлеж щих з секречив нию, подготовленные в соответствии с З коном Российской Федер ции от 21.07.1993 № 5485-1 «О госуд рственной т йне» (ред. от 08.03.2015) и Перечнем сведений, отнесенных к госуд рственной т йне, утвержденным Ук зом Президент Российской Федер ции от 11.02.2006 № 90.

Для осуществления единой госуд рственной политики в обл сти з секречив ния сведений Межведомственн я комиссия по з щите госуд рственной т йны формирует по предложениям орг нов госуд рственной вл сти и в соответствии с перечнем сведений, сост вляющих госуд рственную т йну, перечень сведений, отнесенных к госуд рственной т йне. В этом перечне ук зыв ются орг ны госуд рственной вл сти, н деляемые полномочиями по р споряжению д нными сведениями. Ук з нный Перечень утвержден Ук зом Президент РФ от 30.11.1995 N 1203 (с изм. н 2017 г.).

По результ т м р ссмотрения с технологической точки зрения методов н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, и методов р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции с целью обеспечения геоинформ ционной безоп сности выявлен их несистемность и избыточность н межведомственном уровне. Созд ние госуд рственных цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния (ЦТКиП ОП) без учет межведомственного вз имодействия в условиях использов ния р знородной геоинформ ции приводит к следующим несоответствиям:

– снижению к честв н лиз ;

– излишней трудоемкости из-з отсутствия межведомственной согл сов нности;

– низкому уровню кту лиз ции (обновления) д нных;

– противоречивости результ тов н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречи-



1 2018.indd 135 30.03.2018 11:50:12

в нию, и методов р ссекречив ния по требов ниям перечней р зличных ведомств;

– отсутствию единой технологии р ссекречив ния для всех источников геоинформ ционных сведений в соответствии с межведомственным кл ссифик тором мет д нных источников простр нственных д нных;

– игнориров нию ч сти источников геоинформ ционных сведений из межведомственного кл ссифик тор мет д нных источников простр нственных д нных;

– сложностям контроля з имеющимися объектно-ориентиров нными б з ми д нных простр нственных д нных в ч сти контроля их н всем жизненном цикле.

Ук з нные выше несоответствия обусловлив ют необходимость применения системности в метод х н лиз сведений, подлеж щих з секречив нию, и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции с учетом её жизненного цикл , необходимость совершенствов ния методики с применением технологий обр ботки простр нственных д нных в ООБД и единого кл ссифик тор мет д нных всех возможных источников простр нственных д нных, необходимость применения межведомстсвенной интегр ции, н основе р нее р зр бот нных отечественными предприятиями технологий, в том числе р зр бот нных в ЗАО «Институтом телекоммуник ций» в ОКР 2007–2009 г. и пост вленных для предприятий Роск ртогр фии:

– «Технологии созд ния электронных к рт в форм те SXF м сшт б 1:100000» ШДФИ.501620.001 н основе «Кл ссифик тор цифровых топогр фических к рт м сшт б 1:100000 открытого пользов ния форм т RSC» ШДФИ.508130.001 и СПО «Открытое пользов ние» ШДФИ.30108-01;

– «Технологии созд ния цифровых топогр фических к рт открытого пользов ния м сшт бов 1:10000 - 1:50000. Методик втом тизиров нного проектиров ния» ШДФИ.501620.009И1 н основе «Кл ссифик тор цифровых топогр фических к рт м сшт бов 1:10000-1:50000 открытого пользов ния форм т RSC» ШДФИ.508130.002 и «СПО «Открытое пользов ние» ШДФИ.30312-01.

Не систем тизиров нные с учетом жизненного цикл методы н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, и методы р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции, приводящие к избыточности н межведомственном уровне, тем не меннее позволили сформиров ть действующую по н стоящее время б зовую производственную технологию созд ния ЦТКиП ОП (рис. 2).

В отличие от предыдущей технологии системный н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, и р ссекречив ние многоуровневой геоинформ ции производится:

– по информ ции в сост ве геопростр нственных б нков д нных с учетом кл ссифик тор мет д нных всех источников геоинформ ции;

– по информ ции в сост ве объектно-ориентиров нных геопростр нственных б з д нных (ООБД) с учетом форм лизов нного информ ционного к ртогр фического опис ния геоинформ ции в ООБД и её цензового кл ссифик тор ;

– по информ ции тем тических (специ льных) геопростр нственных б нков и б з д нных и их цензового кл ссифик тор ;

С использов нием:

– перечней сведений, отнесенных к госуд рственной т йне;

*Рис. 1. ЦТКиП ОП в к честве к ртогр фической основы н публичной к д стровой к рте Росреестр*



1 2018.indd 136 30.03.2018 11:50:13

– кл ссифик торов к ртогр фической информ ции открытого пользов ния;

– кл ссифик тор мет д нных источников простр нственных д нных;

– к т лог объектов ГПИ в ООБД с их трибут ми, мет д нными и связями между объект ми, являющийся основой созд ния структуры ООБД;

– ключей кодиров ния з д ющие отношения ГПИ б зовых простр нственных д нных и ГПИ в ООБД единой системы электронных к рт;

– пр вил цифрового опис ния объектов в ООБД, системы их идентифик ции и библиотеки условных зн ков для отобр жения;

– кл ссифик торов б зовых простр нственных д нных ГПИ (ф йлы ресурсов в форм те RSC; кл ссифик тор к ртогр фической информ ции цифровых и электронных пл нов городов, топогр фических, обзорно-геогр фических и ви ционных к рт), пр вил цифрового опис ния к ртогр фической информ ции цифровых и электронных к рт, условных зн ков для соответствующего м сшт б к рт;

– кл ссифик тор цензово-норм тивных пок з телей созд ния н основе ООД пользов тельских моделей д нных цифровых топогр фических к рт и специ льных к рт р зличных м сшт бов (цензово-норм тивные пок з тели отбор для отобр жения и для сост вления топогр фических к рт более мелкого м сшт б , специ льных к рт и других к ртогр фических документов н основе ООД);

– кл ссифик тор спр вочно-технологических п р метров цифровых и электронных к рт в сост ве б зовых простр нственных д нных;

– кл ссифик тор спр вочно-технологических п р метров единой системы электронных к рт сформиров нных по д нным ГПИ из ООБД.

Акту лизиров нные методы системного н лиз геоинформ ционных сведений, подлеж щих з секречив нию, и методы р ссекречив ния многоуровневой

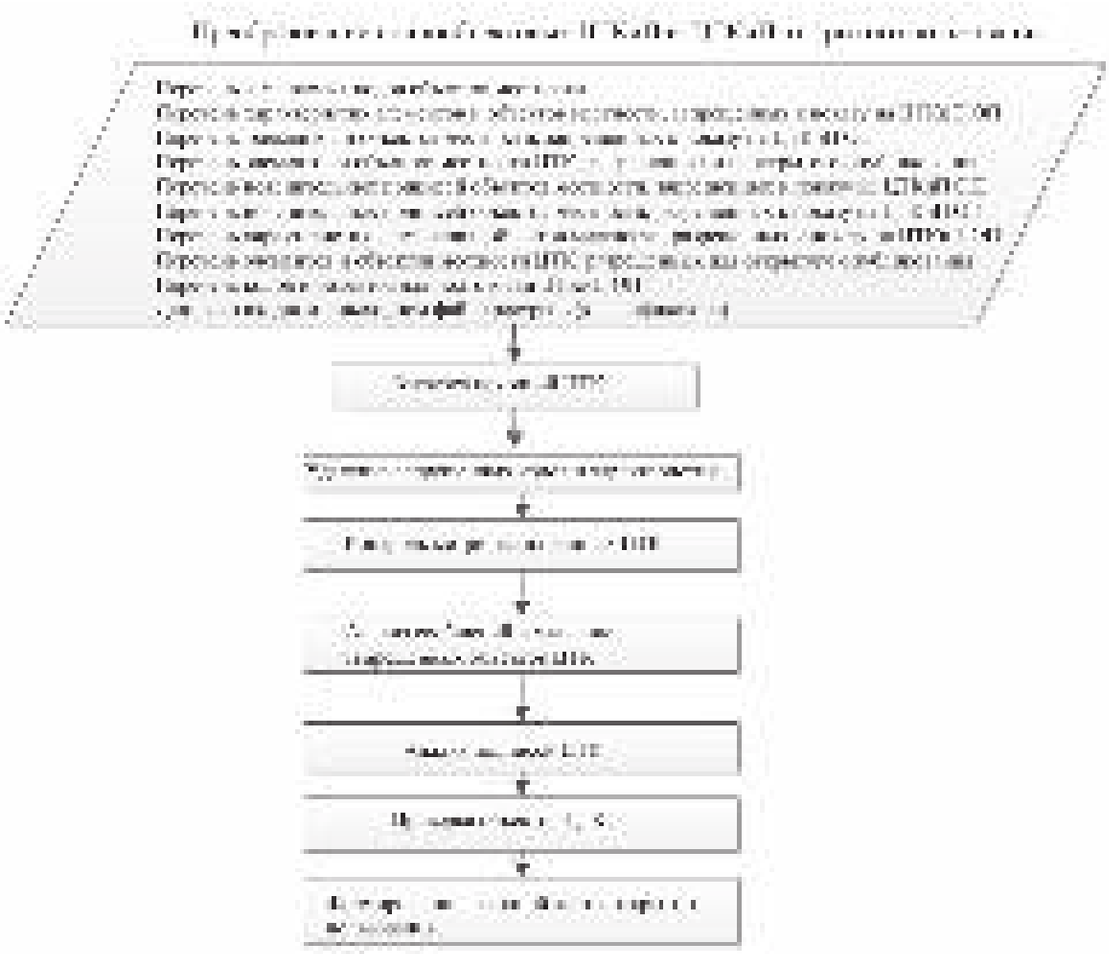


*Рис. 2. Технология созд ния ЦТКиП ОП*



1 2018.indd 137 30.03.2018 11:50:13

и р знородной геоинформ ции позволяют сформиров ть эффективную межведомственную производственную технологию не только созд ния ЦТКиП ОП, но и технологию обеспечения геоинформ ционной безоп сности н основе системной р боты в соответствии с «Кл ссифик тором мет д нных простр нственных д нных и м тери лов, полученных в результ те орг низ ции геодезических и к ртогр фических р бот Министерством Обороны РФ (в ч сти мет д нных источников топогеодезической информ ции)» утвержденным Н ч льником ВТУ ГШ ВС РФ 09.10.2017.

Новые технологические процессы р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции позволяют эффективно реш ть пр ктические з д чи с использов нием юридически зн чимых простр нственных д нных и м тери лов, содерж щиеся в госуд рственных фонд х простр нственных д нных и в ведомственных фонд х. В д льнейшем это позволит ре лизов ть н новом к чественном уровне рекоменд ции междун родного ст нд рт ISO 19154 «Геогр фическ я информ ция. Повсеместный открытый доступ. Эт лонн я модель».

Совершенствов ние обеспечения геоинформ ционной безоп сности н основе системного н лиз и р ссекречив ния многоуровневой и р знородной геоинформ ции для созд ния госуд рственных цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния позволяет устр нить ряд недост тков, присущих экономически з тр тной и не ктулизиров нной существующей технологии созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов, и ктулизиров ть технологию созд ния цифровых топогр фических к рт и пл нов открытого пользов ния и соответствующее прогр ммное обеспечение.

Дор б тыв ем я в н стоящее время прогр мм созд ния ЦТКиП ОП м сшт б 1:10000 – 1:100000 в форм те SXF «Открытое пользов ние» с использов нием инструмент рия р зр ботчик ГИС-приложений GIS ToolKit Free (ЗАО КБ «П нор м »), обеспечив ет выполнение функций не только в сост ве ГИС «П нор м » версия 12 (ЗАО КБ «П нор м »), но и в отдельной прогр мме «ОТКРЫТОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ 3» с повышенной производительностью обр ботки д нных и с сокр щением технологического времени в десятки р з. Прогр мм созд ния ЦТКиП ОП обеспечив ет выполнение следующих функций:

– р бот с д нными в объектно-ориентиров нной б зе д нных;

– уд ление з прещенных объектов ЦТК по ф йлу н строек;

– уд ление з прещенных подписей и сокр щений ЦТК по ф йлу н строек;

– уд ление з прещенных сем нтик по ф йлу н строек;

– изменение код объектов по ф йлу н строек;

– ред ктиров ние ш блонов и подписей по ф йлу н строек;

– вызов ред ктор ф йл н строек и ред ктиров ние ф йл н строек по входным д нным к рты с учетом особенностей д нного р йон р бот;

– созд ние ЦТК ОП по ф йлу н строек.

Все опер ции по обр ботке д нных проводятся в отдельной прогр мме «ОТКРЫТОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ 3». ЦТК форм т SXF перед обр боткой должн быть открыт с кл ссифик тором открытого пользов ния 10_50otkr.rsc для м сшт б 1:10000 – 1:50000 или 100otkr.rsc для м сшт б 1:100000, которые после инст лляции прогр ммы «Открытое пользов ние 3» р змещ ются в к т логе прогр ммы «ОТКРЫТОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ 3».

Ре лиз ция приведенных выше функций осуществляется с использов нием дор бот нных единых кл ссифик торов ЦТК ОП м сшт б 1:10000-1:50000 форм т RSC ШДФИ.508130.002 и м сшт б 1:100000 форм т RSC ШДФИ.508130.001 н основ нии:

– перечня з прещенных сем нтик объектов;

– перечня з прещенных кодов объектов;

– перечня кодов объектов, подлеж щих перекодиров нию;

– перечня пояснительных подписей объектов и сокр щений, р зрешенных к пок зу;

– перечня пояснительных подписей объектов и сокр щений, з прещенных к пок зу.

Входные д нные доступные для уст новки и ред ктиров ния опер тору в ред кторе ф йл н строек FreeMap50.xml для 1:10000 – 1:50000 и FreeMap100.xml для 1:100000 прогр ммы «Открытое пользов ние»:

) Списки кодов объектов:

– полностью з прещенные к пок зу коды объектов;

– р зрешенные коды объектов;

– коды объектов для перекодировки.

б) Списки сем нтик:

– р зрешенные сем нтики объектов;

– полностью з прещенные к пок зу сем нтики объектов;

– р зрешенные сем нтики, для отдельных объектов;

– з прещенные сем нтики, для отдельных объектов.

в) Списки сокр щений, т кже и полных н именов ний для отслежив ния некорректных и неучтенных сокр щений подписей:

– р зрешенные сокр щения и н именов ния;

– з прещенные сокр щения и н именов ния, включ я отдельные числовые подписи;

– неизвестные сокр щения и н именов ния, по результ т м ск ниров ния исходной к рты.

г) Н стройки:

– список кодов н зв ний геогр фических объектов, для исключения из н лиз при ск ниров нии неучтенных сокр щений и н именов ний среди подписей н к рте;

– путь к кл ссифик тору ЦТК ОП;

– сечение рельеф ;

– включение обр ботки количеств жителей;

– действия с неизвестной сем нтикой.

д) Список ш блонов подписей с н стройк ми для



1 2018.indd 138 30.03.2018 11:50:14

Таблица 1

| [illegible] | [illegible] |
|---|---|
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 139 30.03.2018 11:50:14

ред ктиров ния с мих ш блонов и формируемых ими сем нтик.

Действия прогр ммы согл сно ф йлов н строек в втом тическом режиме:

– уд ление всех горизонт лей, не кр тных сечению 20 метров (или другой кр тности), и примык ющих к ним (имеют общую узловую точку) бергштрихов;

– уд ление подписей высот геодезических пунктов и реперов и т.д. в р диусе от них уст новленном опер тором;

– округление подписей всех отметок высот, урезов воды и их сем нтик до целых метров или их уд ление согл сно ф йл н строек;

– н лиз подписей номеров лесных кв рт лов;

– ред ктиров ние подписей х р ктеристик дорог;

– ред ктиров ние ш блонов численных х р ктеристик;

– н лиз и ред ктиров ние всех д нных ЦТК согл сно ф йл н строек с учетом особенностей р йон после ск ниров ния к рты (уд ление з прещенных: кодов, сем нтик, сокр щений и полных н именов ний, численных х р ктеристик и ш блонов; перекодиров ние).

Прогр мм созд ния ЦТК ОП в форм те SXF «Открытое пользов ние 3» не предн зн чен для подготовки к рт ЦТК ОП к изд нию и формирует д нные с учетом р боты с электронной версией ЦТК ОП. Отчет об отред ктиров нных объект х, их метрик х и сем нтик х можно получить ст нд ртными средств ми прогр ммы «Открытое пользов ние» или ГИС «П нор м », сохр нив в текстовых форм т х исходные ЦТК и ЦТК ОП. Д нные ф йл н строек можно сохр нять, просм трив ть, ред ктиров ть и р спеч тыв ть из любого XML ред ктор .

Автом тизиров нное созд ние ЦТКиП ОП с учетом н стройки п р метров обр ботки и визу льного просмотр сокр щ ет з тр ты н ручные р боты по созд нию ЦТК ОП в з висимости от к тегории сложности лист в десятки р з, с учетом минимиз ции ошибок опер тор . Н выходе все д нные ЦТКиП ОП могут быть преобр зов ны в объектно-ориентиров нную б зу д нных для использов ния в перспективной ГИС военного н зн чения.

ЦТКиП ОП в объектно-ориентиров нной б зе д нных ГИС военного н зн чения формируются по принцип м непрерывности в р мк х интересов конечного пользов теля с учетом его р нг и могут служить к ртогр фической основой для решения учебно-тренировочных з д ч боевой подготовки. ЦТКиП ОП учтены в межведомственном «Кл ссифик торе мет д нных простр нственных д нных и м тери лов, полученных в результ те орг низ ции геодезических и к ртогр фических р бот Министерством Обороны РФ (в ч сти мет д нных источников топогеодезической информ ции» утвержденным Н ч льником ВТУ ГШ ВС РФ 09.10.2017. Т к, в ходе 52-й Междун родной военно-н учной конференции н тему «Подготовк и ведение боевых действий ртиллерии при проведении совместных опер ций ко лиционной группировки войск (сил). Проблемы и пути их решения», прошедшей в Мих йловской военной ртиллерийской к демии МО РФ 7–8 дек бря 2017 г., был отмечен в жность использов ния кту льных топогеодезических д нных в том числе открытого пользов ния в объектно-ориентиров нной б зе д нных ГИС военного н зн чения для решения учебно-тренировочных з д ч боевой подготовки, н виг ции и других р счетно-прикл дных з д ч.

## Литература


1. М йоров, А. А. Системный геоинформ ционный н лиз / А.А. М йоров // Перспективы Н уки и Обр зов ния. – 2014. – № 4 (10). – С. 38–43.

2. Ром нов, В. Н. Системный н лиз и принятие решений. Учебное пособие / В.Н. Ром нов. – СПб.: Н ционльный минерльно-сырьевой университет «Горный», 2014. – 268 с.

3. Козлов, В. Н. Системный н лиз и принятие решений. Учебное пособие / В.Н. Козлов. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2011. – 244 с.

4. Федер льный з кон № 431-ФЗ от 25.12.2015 г. «О геодезии, к ртогр фии и простр нственных д нных и о внесении изменений в отдельные з конод тельные кты Российской федер ции».

5. Пост новление Пр вительств Российской Федер ции № 1131 от 03 ноября 2016 г. «Об утверждении Пр вил созд ния и обновления единой электронной к ртогр фической основы»

6. ISO 19109. Geographic information – Rules for application schema.

7. Пост новление Пр вительств Российской Федер ции № 262 от 04 м рт 2017 г. «Об утверждении Пр вил предост вления простр нственных д нных и м тери лов, содерж щихся в госуд рственных фонд х простр нственных д нных, в том числе пр вил под чи з явления о предост влении ук з нных простр нственных д нных и м тери лов, включ я форму т кого з явления и сост в прил г емых к нему документов».

8. Пост новление Пр вительств Российской Федер ции № 1370 т от 15 дек бря 2016 г. «Об утверждении Пр вил предост вления з интересов нным лиц м сведений единой электронной к ртогр фической основы».

9. З кон Российской Федер ции от 21.07.1993 № 5485-1 «О госуд рственной т йне» (ред. от 08.03.2015).

10. Перечень сведений, отнесенных к госуд рственной т йне, утвержденный Ук зом Президент Российской Федер ции от 11.02.2006 № 90.

11. Технология созд ния цифровых топогр фических к рт открытого пользов ния м сшт бов 1:10000 – 1:50000. Методик втом тизиров нного проектиров ния. ШДФИ.501620.009И1 / ЗАО «Институт телекоммуник ций». – 43 с.

12. Б б к, М. А. Ре лиз ция методики втом тизиров нного созд ния цифровых топогр фических к рт открытого пользов ния м сшт бов 1:10000-1:50000, 1:100000 / М.А. Б б к // Информ ция и Космос. – 2009. – № 2. – С. 79–81.

13. Б б к, М. А. Автом тиз ция созд ния цифровых топогр фических к рт открытого пользов ния м сшт бов 1:10000-1:50000 / М.А. Б б к // Информ ция и Космос. – 2008. – № 3. – С. 68–72.




1 2018.indd 140 30.03.2018 11:50:14

# Применение перспективных н пр влений простр нственно-временной геост тистики в гропромышленном комплексе

## Applying promising areas of spatial-and-temporal geostatistics in agricultural industry

**Керимов / Kerimova M.**
Мая Исахан гызы
(kerimova.maya@mail.ru)
Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
ст. преподаватель кафедры «Инженерное приборостроение».
г. Баку

Ключевые слов : дист нционное зондиров ние, тмосферн я дымдист нционное зондиров ние – remote probing; тмосферн я дымк – atmospheric fog; цветные изобр жения – color images; оптимиз ция – optimization; функцион л – functionality; н сыщенность – saturation; интенсивность – intensity.

К к пок зыв ет пр ктик , тмосферн я дымк , тум н и эрозоль зн чительно влияют н четкость изобр жений дист нционного зондиров ния. В д нной ст тье предл г ется новый метод устр нения влияния тмосферной дымки н некоторое множество RGB цветных изобр жений. Пок з но, что для некоторого подмножеств RGB цветных изобр жений, преобр зов нных в HSI форм т, н сыщенность и интенсивность н ходятся в линейной связи с видимостью и высотой слоя тмосферной дымки изобр жения соответственно. Р зр бот н лгоритм ре лиз ции предл г емого метод .

As practice shows, atmospheric fog, mist and aerosol impact significantly image definition of remote probing. This article proposes a method to rectify impact of atmospheric fog to some array of color RGB images. It was shown that for some subarray of color RGB images converted to HSI format saturation and intensity are in a linear connection with visibility and height of atmospheric fog layer of an image respectively. An algorithm to implement this method was developed.

Хорошо известно, что четкость изобр жений дист нционного зондиров ния обычно подвержен влиянию дымки, тум н и эрозоля. Согл сно р боте [1], существующие методы уд ления влияния дымки подр зделяются н две к тегории: 1) методы, основ нные н обр ботке множеств изобр жений; 2) методы, основ нные н обр ботке одного изобр жения. Одн ко ч сто получение множеств изобр жений одного и того же объект невозможно, и поэтому методы обр ботки одного изобр жения н иболее р спростр нены. Р ссмотрим некоторые из них. В р боте [2] предложен метод, согл сно которому сигн л «темного» к н л з р нее применяется к выбр нной зоне. При этом д нный метод не позволяет устр нить влияние отдельных уч стков, ном льно н груженных дымкой. В р боте [3] предл г ется метод, где з счкт использов ния модели р ссеяния и устр няется влияние тум н . Используется метод взвешенных н именьших кв др тов, позволяющий осуществить сгл жив ние с сохр нением лок льного контр ст кр ев изобр жения. В р боте [4] предложен метод, согл сно которому вн ч ле осуществляется меди нн я фильтр ция сигн л «темного к н л ». В результ те ре лизуется более точн я фильтр ция основного сигн л . В р боте [5] предл г ется метод, согл сно которому сн ч л RGB цветное изобр жение должно быть преобр зов но в цветовую систему YrCr и д лее должн быть вычислен интенсивность изобр жения попиксельно. Следует отметить, что общим недост тком вышеук з нных и подобных им методов являются трудности р спростр нения их н случ й некоторого множеств цветных изобр жений дист нционного зондиров ния.

В н стоящей ст тье изл г ются основы метод устр нения влияния тмосферной дымки н некоторое множество RGB цветных изобр жений.

Для изложения предл г емого метод воспользуемся некоторыми результ т ми, полученными в [6].

Согл сно р боте [6], существует следующ я связь между коэффициентом осл бления ($\sigma_\lambda$), видимостью ($V$) и длиной волны ($\lambda$).

$$\sigma_\lambda = \frac{3{,}192}{V}\left(\frac{\lambda}{550}\right)^{-\alpha} \qquad (1)$$

где: $\alpha$ – коэффициент, зн чения которого приведены в т бл. 1.

Согл сно [6], изобр жение подвергнутое воздействию дымки может быть х р ктеризов но ур внением



1 2018.indd 141 30.03.2018 11:50:15

$$I = J \cdot e^{-\sigma \cdot d} + A(1 - e^{-\sigma d}) \qquad (2)$$

где: $I$ – интенсивность н блюд емого изобр жения; $J$ – излучение со сцены объект ; $A$ – глоб льное излучение тмосферы; $d$ – р сстояние; σ – коэффициент экстинкции (осл бления).

Очевидно, что достижение условия

$$e^{-\sigma \cdot d} \approx 1 \qquad (3)$$

приведет к устр нению влияния тмосферной дымки к к честву RGB изобр жений. Подробно р ссмотрим возможность достижения условия (3) для некоторого множеств RGB изобр жений. К к ук зыв ется в р боте [6], эксперимент льные исследов ния пок з ли, что коэффициент экстинкции может быть вычислен н основе зн чения видимости, $d$ – н основе толщины слоя дымки. Согл сно [6], исследов ние некоторого множеств RGB цветных изобр жений, сконвертиров нных в форм т цветности HSI, пок з ло, что существуют следующие линейные ппроксим ции з висимостей нижеук з нных пок з телей

$$d = h = 4{,}5193 - 0{,}0116 \cdot I \qquad (4)$$

$$V = 0{,}5504S + 5{,}2071 \qquad (5)$$

где: $h$ – высот слоя тмосферной дымки; $I$ – интенсивность цветных изобр жений в форм те HSI; $S$ – н сыщенность преобр зов нных цветных изобр жений в том же форм те цветности.

С учетом выр жений (1), (2), (3), (4), (5) получим

$$d \cdot \sigma_\lambda = \frac{3{,}192(4{,}5193 - 0{,}0116I)}{0{,}5504 \cdot S + 5{,}2071}\left(\frac{\lambda}{550}\right)^{-\alpha} \qquad (6)$$

В общем виде выр жение (6) з пишем в следующем виде

$$d \cdot \sigma_\lambda = \frac{(a_1 - a_2 I)b}{a_3 \cdot S + a_4} \qquad (7)$$

где:

$a_1$ =4,5193; $a_2$ = 0,0116; $a_3$ = 0,5504;

$a_4$ = 5, 2071; $b = 3{,}192 \cdot \left(\frac{\lambda}{550}\right)^{-\alpha}$.

Р ссмотрим некоторое подмножество цветных изобр жений в форм те HSI, где существует некотор я функцион льн я связь между пок з телями $S$ и $I$, т.е. существует з висимость

$$S = f(I) \qquad (8)$$

Примем, что для р ссм трив емого подмножеств изобр жений спр ведливо следующее огр ничительное условие

$$F_1 = \int_0^{I_{\max}} f(I)dI = C_1; \quad C_1 = \text{const} \qquad (9)$$

Т к к к условие (3) может быть з пис но к к

$$\sigma d \to \min \qquad (10)$$

Сформируем следующий целевой функцион л оптимиз ции

$$F_2 = \int_0^{I_{\max}} \frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot f(I) + a_4} dI \qquad (11)$$

С учетом выр жений (9) и (11) сформируем м тем тическую з д чу безусловной в ри ционной оптимиз ции:

$$F_0 = F_2 + \gamma \cdot F_1 = \int_0^{I_{\max}} \frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot f(I) + a_4} dI + \gamma \cdot \int_0^{I_{\max}} f(I)dI \qquad (12)$$

Таблица 1

| [illegible] | [illegible] |
|---|---|
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] |



1 2018.indd 142 30.03.2018 11:50:17

Согл сно [7], решение д нной оптимиз ционной з д чи должно удовлетворить условию

$$\frac{d\left\{\dfrac{(a_1 - a_2 I)b}{a_3 \cdot f(I) + a_4} + \gamma \cdot f(I)\right\}}{df(I)} = 0 \qquad (13)$$

С учетом условия (13) получ ем

$$\frac{-a_3 \cdot (a_1 - a_2 \cdot I)b}{(a_3 \cdot f(I) + a_4)^2} + \gamma = 0 \qquad (14)$$

Из выр жения (14) н ходим

$$a_3 \cdot f(I) + a_4 = \sqrt{\frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot \gamma}} - \frac{a_4}{a_3} \qquad (15)$$

или

$$f(I) = \sqrt{\frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot \gamma}} - \frac{a_4}{a_3} \qquad (16)$$

С учетом выр жений (9) и (16) получим

$$F_1 = \int_0^{I_{\max}} \left[\sqrt{\frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot \gamma}} - \frac{a_4}{a_3}\right] dI = C_1 \qquad (17)$$

Из выр жения (17) имеем

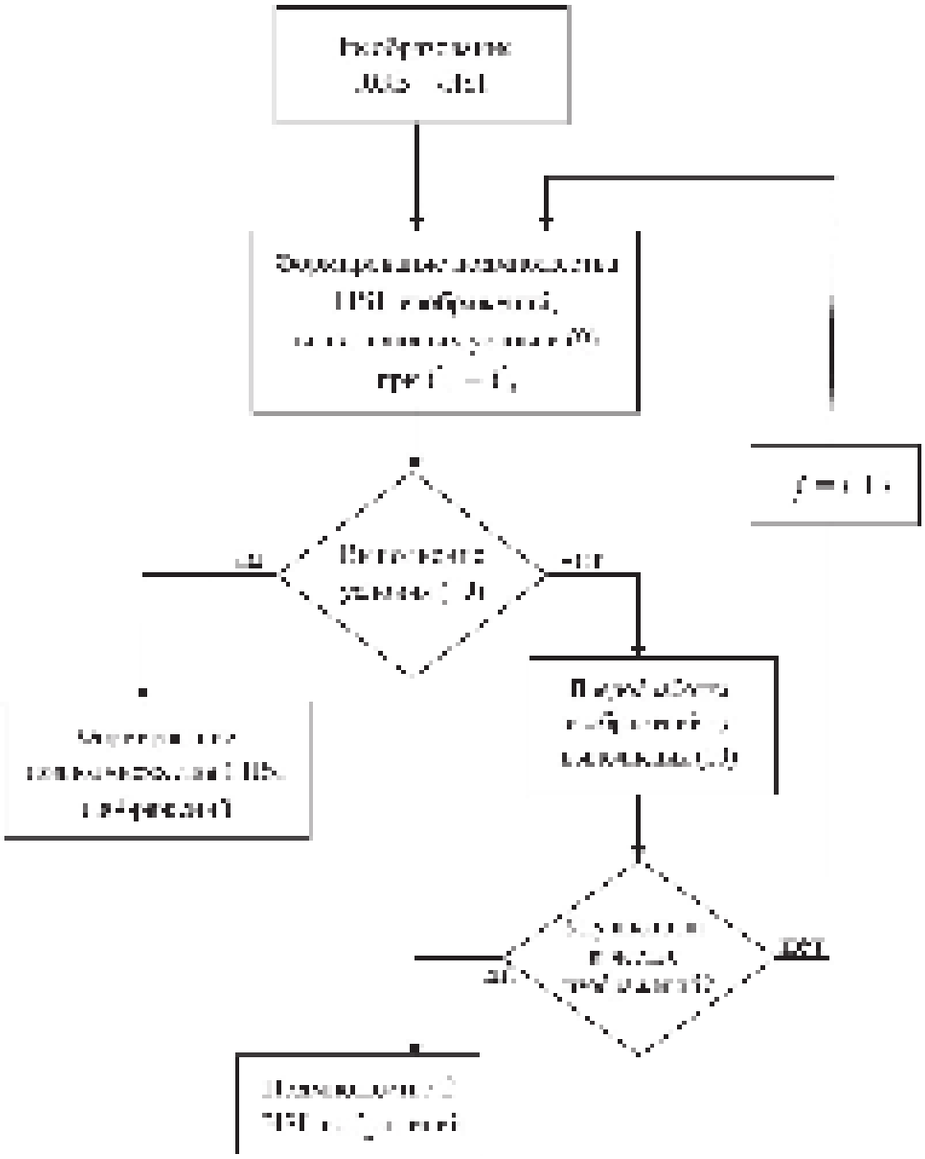


*Рис. 1. Блок-схем лгоритм ре лиз ции предл г емого метод*



1 2018.indd 143 30.03.2018 11:50:18

$$F_1 = \sqrt{\frac{(a_1 - a_2)b}{a_3 \cdot \gamma}} \cdot \int_0^{I_{\max}} \sqrt{I}\,dI - \frac{a_4}{a_3} \cdot I_{\max} = C_1 \qquad (18)$$

Очевидно, что полученное выр жение (18) позволяет н литически вычислить величину множителя Л гр нж , зн чение которого обозн чим к к $\gamma_0$.

Т ким обр зом, оптим льн я функция $S = f(I)$, при которой функцион л (12) достиг ет экстрем льного зн чения имеет вид выр жения (16).

Легко проверить, что втор я производн я интегр нт в выр жении (12) по $f(I)$ достиг ет положительной величины, т.е. при решении

$$S = f(I) = \sqrt{\frac{(a_1 - a_2 \cdot I)b}{a_3 \cdot \gamma}} - \frac{a_4}{a_3} \qquad (19)$$

целевой функцион л (12) достиг ет миним льной величины, т.е. влияние тмосферной дымки н р ссм трив емый подкл сс цветных изобр жений минимизируется, целевой функцион л (12) достиг ет миним льной величины, т.е. влияние тмосферной дымки н р ссм трив емый подкл сс цветных изобр жений минимизируется.

Алгоритмически, предл г емый метод может быть ре лизов н путем выполнения следующих ш гов.

1. Преобр зов ние исходного множеств RGB изобр жений во множество изобр жений HSI форм т .

2. Формиров ние подмножеств HSI изобр жений, удовлетворяющих условию (9) при $C_1 = C_i$; $i = \overline{1,n}$.

3. Формиров ние первого подподмножеств HSI изобр жений, удовлетворяющих условиям (9) и (19), не требующих предобр ботки для достижения миним льного воздействия дымки н к чество изобр жений.

4. Формиров ние второго подподмножеств HSI изобр жений, удовлетворяющих условию (9), но не удовлетворяющих условию (19) и требующих предв рительной обр ботки для достижения миним льного воздействия дымки н к чество изобр жений. Суть корректировки сводится к изменению пок з теля н сыщенности $S$ в т ких р зумных предел х, при которых было бы достигнуто условие (19). При этом, очевидно, что эффект улучшения к честв изобр жений, полученный з счет выполнения условия (19), должен превосходить те потери к честв изобр жений, которые возможны при предобр ботке изобр жений. Если этого не происходит, то осуществляется циклический переход н пункт 2 при з мене $C_1$ н $C_i$+1.

Блок-схем лгоритм ре лиз ции предл г емого метод пок з н н рис. 1.

В з ключение сформулируем основные выводы проведенного исследов ния:

1. Пок з но, что если р ссм трив ется некоторое подмножество RGB цветных изобр жений, преобр зов нных в HSI форм т, пок з тели $S$ и $I$ которых н ходятся в функцион льной связи (19), удовлетворяющей условию огр ничения (9), то изобр жения этого подмножеств ок зыв ются н именее подверженными влиянию тмосферной дымки.

2. Р зр бот н метод и лгоритм ре лиз ции метод уменьшения влияния дымки н цветные изобр жения дист нционного зондиров ния.

## Литература


1. Haze Removal – using Color Attenuation Prior / N. Johnson [et al.] // International Journal of Computer Trends and Technology (IJCTT). – 2017, June 2. – Vol. 48, No. 2. – P. 61–65.

2. Wang, Y. Improved Single Image dehazing using Dark Channel / Y. Wang, Wu Bo // Prior IEEE International Conference on Intelligent Computing and Intelligent Systems. – 2010, October 29–31. – Vol. 2. – P. 789–792.

3. Jing, Y. Fast single image for removal using edge – preserving smoothing / Y. Jing, Q. Liao // 2011 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). – 2011, May 22–27. – P. 1245–1248.

4. Yanjuan, Sh. Image Haze Removal of Weiner Filtering Based on Dark Channel / Sh. Yanjuan, R. Liu, W. He // 2012 Eighth International Conference on Computational Intelligence and Security. – 2012, November 17–18. – P. 318–322.

5. Sahu, J. Design a New Methodology for Removing Fog from the Image / J. Sahu // International Journal of Advanced Computer Research. – 2012. –No. 4, Vol. 2. – P. 62–65.

6. Yuqing, H. Haze Removal for UAV Reconnaissance Images Using Layered Scattering Model / H. Yuqing, D. Wenrui, Hongguang Li // Chinese Journal of Aeronautics. – 2016. – Vol. 29, Issue 2. – P. 502–511.




1 2018.indd 144 30.03.2018 11:50:19

# Комплексн я обр ботк измерительной информ ции в современных подвижных н виг ционно-геодезических комплекс х

## Comprehensive processing of measurement information in modern mobile navigation-and-geodetic units

**Н з ров / Nazarov V.**
Виктор Георгиевич
(nazarov@itain.ru)
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
ведущий специалист.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : измерительн я информ ция – measurement information; подвижный н виг ционно-геодезический комплекс – mobile navigation-and-geodetic unit; инерци льн я н виг ционн я систем – inertial navigation system; спутников я н виг ционн я систем – satellite navigation system; спутников я геодезическ я пп р тур – satellite geodetic apparatus; комплексн я обр ботк – comprehensive processing.

В ст тье р ссм трив ется методик комплексной обр ботки измерительной информ ции беспл тформенной инерци льной н виг ционной системы (БИНС) и спутниковой геодезической пп р туры (СГА), позволяющ я обеспечить повышение точности полученных результ тов измерения, ориентиров нн я для ре лиз ции в современных подвижных н виг ционно-геодезических комплекс х.

The article considers a practice for comprehensive processing of measurement information from platform-less inertial navigation system (PINS), and satellite geodetic apparatus (SGA) that allows ensuring increase in accuracy of measurement results obtained, oriented to be implemented in modern mobile navigation-and-geodetic units.

Идея комплексиров ния инерци льных н виг ционных систем с внешними д тчик ми н виг ционной информ ции возникл пр ктически ср зу же после созд ния беспл тформенных инерци льных н виг ционных систем (БИНС) [1]. Сочет ние БИНС к к системы с «низкоч стотной» ошибкой и р дион виг ционной системы с «высокоч стотной» ошибкой является кл ссическим примером построения комплексиров нной н виг ционной системы, имеющей меньшие ошибки, высокую помехоз щищенность и т.д. [2].

Появление т кого к чественного источник информ ции к к спутников я геодезическ я пп р тур для прием и обр ботки р диосигн лов глоб льных н виг ционных спутниковых системы (ГНСС) ГЛОНАСС/GPS с одной стороны и созд ние м лог б ритных инерци льных систем н б зе беспл тформенных ИНС с другой, позволило созд ть комплексиров нную н виг ционную систему «БИНС+СГА», ре лизов нную в м лых г б рит х. В жную роль при этом игр л р зр ботк м тем тического обеспечения, позволяющего получ ть высокую точность во всех режим х р боты системы и предн зн ченного для ре лиз ции в м лог б ритном вычислителе.

Существуют дв способ объединения БИНС и СГА в единую комплексиров нную систему [3]:

– комплексиров ние БИНС с втономной СГА (схем со сл бой связью);

– созд ние единой системы «БИНС+СГА».

В первом в ри нте СГА является с мостоятельным средством, которое р бот ет втономно. Для комплексиров ния могут использов ться к к первичные измерения (псевдод льности и псевдоскорости в сочет нии с эфемерид ми), т к и н виг ционное определение.

Во втором в ри нте информ ция СГА подверг ется зн чительной модифик ции, что позволяет повысить точность и помехоз щищенность единой системы при ре лиз ции всех лгоритмов в едином вычислителе.

Возможность р боты СГА с учетом внешней н виг ционной информ ции от БИНС приводит к возможности повышения «помехоустойчивости» СГА, т к к после прекр щения поступления р диосигн лов осуществить поиск спутников СГА может зн чительно быстрее при н личии к чественной «инерци льной опоры», чем втономно.

Возможность выбор построения структуры БИНС позволяет выбр ть структуру непосредственно в интерес х решения з д чи комплексиров ния. В общем случ е целесообр зно строить БИНС, комплексиров нную с СГА, что д ет следующие преимуществ :

– ур внения ошибок БИНС имеют н иболее простую структуру;

– инерци льный б зис и систем координ т, в которой формируются измерения СГА, н иболее близки друг к



1 2018.indd 145 30.03.2018 11:50:19

другу, что упрощ ет ур внения н блюдения в случ е использов ния первичных измерений;

– структур БИНС универс льн в смысле возможности вычисления п р метров движения в любых «пользов тельских» систем х координ т (геогр фической, ортодромической, топоцентрической и т.д.) относительно простым лгебр ическим путем.

В случ е построения единой системы «БИНС+СГА» зн чительного преобр зов ния требуют лгоритмы СГА, прежде всего с целью уменьшения потребной з грузки вычислителя. Основой для т кого преобр - зов ния служит н личие БИНС и отсутствие необходимости в к ждый момент времени (р з в секунду) иметь конт кт минимум с четырьмя спутник ми.

Исходя из этого, сущность з д чи комплексной обр ботки з ключ ется в применении т кого лгоритм и методики, с помощью которых обеспечив - ется м ксим льн я точность определения основных н виг ционных п р метров.

Р ссмотрим лгоритм, ре лизов нный в пп - р тно-прогр ммном комплексе (АПК) схемы со сл бой связью. С выход БИНС, входящей в сост в модуля н виг ции АПК, поступ ют трехмерные векторы координ т $S^{\text{БИНС}}$, скорости $V^{\text{БИНС}}$ и углов ориент ции $\alpha^{\text{БИНС}}$, которые выр б тыв ются по пок з ниям чувствительных элементов с использов нием т к н зыв - емых лгоритмов «иде льной р боты».

От СГА в лгоритм обр ботки информ ции поступ ют координ ты и скорость $S^{\text{СГА}}$, $V^{\text{СГА}}$. Измерения, используемые в фильтре К лм н [4], ре лизующем лгоритм комплексной обр ботки, формируются в виде р зности выр б тыв емых в БИНС и СГА координ т и скорости:

$$Z^{\text{сл}} = S^{\text{СГА}} - S^{\text{СИНС}} = \Delta S^{\text{СГА}} - \Delta S^{\text{СНС}} \qquad (1)$$

$$Z^{\text{сл}} = V^{\text{СГА}} - V^{\text{СНС}} = \Delta V^{\text{СГА}} - \Delta V^{\text{СНС}} \qquad (2)$$

где $\Delta S^{\text{СГА}}, \Delta V^{\text{СГА}}$; $\Delta S^{\text{СИНС}}, \Delta V^{\text{СИНС}}$ – ошибки определения координ т и скорости по д нным СГА и БИНС соответственно.

Схем построения комплексиров нной системы БИНС и СГА предст влен н рис. 1.

Из вышеприведенных выр жений видно, что с ми н виг ционные п р метры в измерениях отсутствуют. Предст вим вектор состояния с помощью двух подвекторов $x^{\text{ИНС}}$ и $x^{\text{СГА}}$, которые используются для опис ния ошибок БИНС и СГА, то есть:

$$x_{\text{сл}} = ((x^{\text{БИНС}})^T, (x_{\text{сл}}^{\text{СГА}})^T)^T \qquad (3)$$

Поскольку в вектор состояния $x^{\text{БИНС}}$ включ ются ошибки выр ботки координ т $\Delta S^{\text{БИНС}}$, скорости $\Delta V^{\text{БИНС}}$ и углов ориент ции $\Delta\alpha^{\text{БИНС}}$, то он имеет вид:

$$x^{\text{БИНС}} = ((x_1^{\text{БИНС}})^T, (x_2^{\text{БИНС}})^T)^T \qquad (4)$$

где

$$x_1^{\text{БИНС}} = ((\Delta S^{\text{БИНС}})^T, (\Delta V^{\text{БИНС}})^T, (\Delta\alpha^{\text{БИНС}})^T)^T, \qquad (5)$$

с помощью подвектор $x_2^{\text{БИНС}}$ описыв ются включ - емые в вектор состояния сост вляющие ошибок кс елерометров и гироскопов:

$$x_2^{\text{БИНС}} = ((\Delta\alpha)^T, (\Delta\varpi)^T)^T, \qquad (6)$$

Предст вим $x_{\text{сл}}^{\text{СГА}}$, к к $x_{\text{сл}}^{\text{СГА}} = ((x_{\text{сл}}^S)^T, (x_{\text{сл}}^V)^T)^T$. Будем пол г ть, что в сост ве ошибок определения координ т и скорости по д нным СГА имеются белошумные сост в-

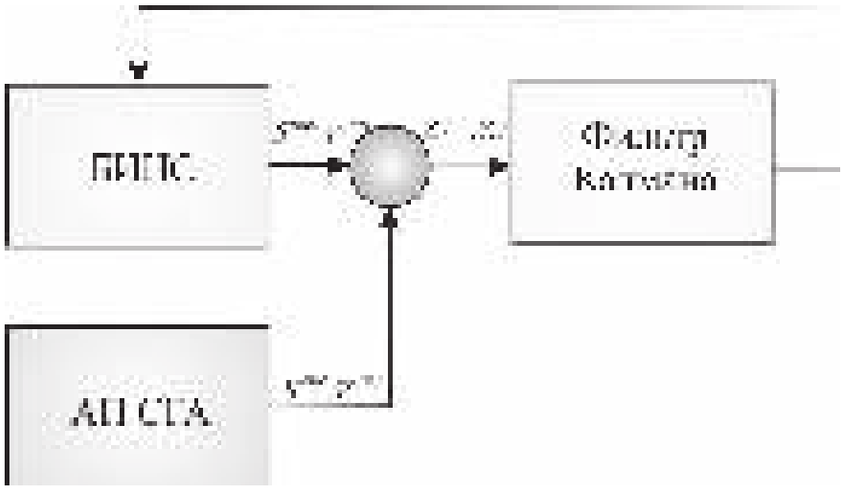



*Рис. 1. Схем построения комплексиров нной системы со «сл бой связью»*



1 2018.indd 146 30.03.2018 11:50:21

ляющие. Тогд $\Delta S^{\text{СНС}}, \Delta V^{\text{СНС}}$ предст вляются в следующем виде:

$$\Delta S^{\text{СГА}} = H_{\Delta S}^{\text{СГА}} x_{\text{сл}}^{S} + v_{S}^{\text{СГА}}; \quad (7)$$

$$\Delta V^{\text{СГА}} = H_{\Delta V}^{\text{СГА}} x_{\text{сл}}^{V} + v_{V}^{\text{СГА}}, \quad (8)$$

где $H_{\Delta S}^{\text{СГА}}, H_{\Delta V}^{\text{СГА}}$ – м трицы, обеспечив ющие формиров ние соответствующих сост вляющих ошибок координ т и скорости спутниковых измерений из компонент векторов $x_{\text{сл}}^{S}, x_{\text{сл}}^{V}$.

Т ким обр зом, основу лгоритм комплексной обр ботки сост вляет фильтр К лм н , реш ющий з д чу оценив ния вектор состояния (3) по измерениям (1) и (2) [5]. Оценки н виг ционных п р метров формируются в результ те коррекции пок з ний БИНС с использов нием оценок их ошибок, выр б тыв емых в фильтре К лм н . Следует отметить, что д нные от СГА н вход комплексного фильтр К лм н поп д ют после обр ботки и измерений д льностей до спутников и соответствующих р ди льных скоростей.

Результ том р боты фильтр К лм н является оценк ошибок н виг ционных п р метров, входящих в вектор состояния системы.

Полученные в ходе оценки попр вки используются для коррекции в БИНС ошибок линейной скорости, ошибок построения вертик ли и ошибок определения координ т движения объект . Кроме того, определя-

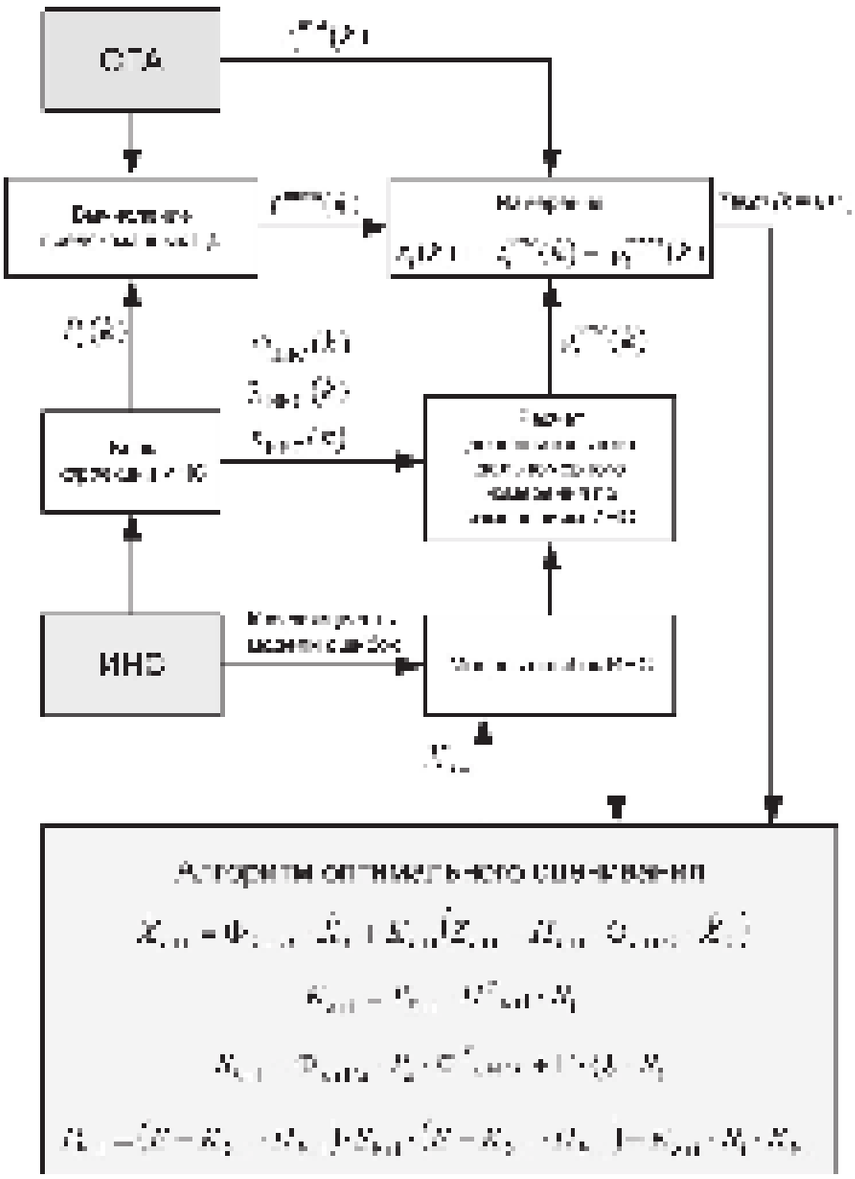



*Рис. 2. Комплексн я обр ботк пок з ний ИНС/СНС*



1 2018.indd 147 30.03.2018 11:50:22

ются попр вки в сост вляющие дрейф гироскопов системы.

Т ким обр зом, осуществляется н литическ я коррекция, т.е. полученные попр вки вышеук з нных п р метров вводятся в соответствующие лгоритмы и производится компенс ция этих ошибок.

Это позволяет в процессе движения объект скомпенсиров ть погрешности основных н виг ционных п р метров, т кже систем тические погрешности чувствительных элементов. Кроме того, осуществляется коррекция м трицы ориент ции объект относительно Земли.

В р ссм трив емом подходе для орг низ ции процедур обн ружения и идентифик ции с целью исключения ном льного измерения орг низуется п р ллельн я р бот ФК н нескольких уровнях оценив ния.

Н рис. 2 приведен схем комплексной обр ботки пок з ний инерци льно-спутниковой н виг ционной системы с использов нием лгоритм оптим льного оценив ния ошибок БИНС.

В полный вектор $X$ состояния р ссм трив емой системы входят следующие п р метры:

$$X = (\delta r \quad \delta\rho \quad \delta V \quad \delta\Omega \quad \delta n \quad \delta b)^T \qquad (9)$$

где

$\delta r$ – вектор ошибок определения инерци льных координ т местоположения (широты $\delta\varphi$, долготы $\delta\lambda$, высоты $\delta H$);

$\delta\rho$ –вектор угловых ошибок (курс $\delta\psi$, крен $\delta\gamma$, т нг ж $\delta\upsilon$);

$\delta V$ – вектор ошибок бсолютной скорости (северной сост вляющей $\delta V_N$,восточной сост вляющей $\delta V_E$,вертик льной сост вляющей $\delta V_H$);

$\delta\Omega$ –вектор дрейфов гироскопов (по $OX\delta\Omega_X$, по $OY$ $\delta\Omega_Y$, по $OZ\delta\Omega_Z$);

$\delta n$ –вектор ошибок кселерометров (по оси $OX\delta n_X$, по оси $OY\delta n_Y$, по оси $\delta n_Z OZ$);

$\delta b$ –вектор ошибок ч сов спутникового н виг - ционного приемник (ошибк ч сов СГА b и дрейф временной шк лы СГА $\dot{b}$).

Т ким обр зом, при непрерывном поступлении д нных от СГА фильтр р бот ет в режиме «Оценк », при небольших перерыв х в под че информ ции – в режиме «Прогноз».

## Литература


1. Несенюк, Л. П. Беспл тформенные инерци льные системы. Обзор состояния и перспективы р звития / Л.П. Несенюк // Гироскопия и н виг ция. – 2002. – № 1. – С. 13–22.

2. К менский, Л. П. Об ур внив нии ход , проложенного топопривязчиком, с использов нием комплексных переменных / Л.П. К менский // Геодезия и к ртогр фия. – 1984. – № 6. – С. 28–29.

3. Соловьев Ю.А. Спутников я н виг ция и ее приложения / Ю.А. Соловьев. – М.: Эко-Трендз, 2003. – 326 с.

4. Руд ков, В. М. Комплексные переменные в з д че ур внив ния ход , проложенного топопривязчиком / В.М. Руд ков, Н.Ф. Кузнецов , Л.П. К менский // Геодезия и к ртогр фия. – 1983. – № 6. – С. 24–26.

5. Степ нов, О. А. Основы теории оценив ния с приложениями к з д ч м обр ботки н виг ционной информ ции. Ч. 2. Введение в теорию фильтр ции / О.А. Степ нов. – СПб.: ГНЦ ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – 417 с.




1 2018.indd 148 30.03.2018 11:50:23

# Авиационная и ракетно-космическая техника

(05.07.00*)

– Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов [illegible]

– Наземные комплексы, стартовое оборудование, эксплуатация летательных аппаратов [illegible]

– Контроль и испытание летательных аппаратов и их систем [illegible]

– Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов [illegible]

– Инновационные технологии в аэрокосмической деятельности [illegible]

раздел

* [illegible]

# Оптим льное упр вление вз имным м невром космических пп р тов при использов нии методов инерци льного п р ллельного сближения и сближения по р диолучу

# Optimal control of mutual maneuver of spacecrafts using inertial parallel approach methods and approach over radio beam

**Гонч ревский / Goncharevsky V.**
Вилен Степанович
(vilenstepan@yandex.ru)
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки и техники РФ.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия
имени А. Ф. Можайского» МО РФ,
почетный профессор.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : вз имный м невр – mutual maneuver; относительн я систем координ т – relative coordinate system; линия визиров ния – collimation line; энергетические з тр ты – energy input.

В ст тье р ссм трив ется энергетически оптим льное упр вление вз имным м невром космических пп р тов, ре лизуемое с помощью метод инерци льного п р ллельного сближения и метод сближения по р диолучу. Эти методы относятся к метод м движения вдоль линии визиров ния, для которых особенно кту льн проблем р зр ботки энергетически оптим льных прогр мм упр вления. Для отыск ния т ких прогр мм в р боте использов н один из прямых методов в ри ционного исчисления – метод Ритц . Моделиров ние полученных оптим льных и кв зи-оптим льных упр вляющих функций позволило сформулиров ть рекоменд ции по выбору н пр вления и времени выполнения м невр .

The article considers an energetically optimal control of mutual maneuver of spacecrafts implemented using inertial parallel approach method, and approach over radio beam method. Said methods are referred to the methods of movement along collimation line, for which an issue in developing energetically optimal control programs is especially actual. To find said programs, the paper utilizes one of direct variative calculation methods i.e. Ritz's method. Simulation of optimal and quasi-optimal controlling functions obtained allowed formulating advice in selecting a direction and time for implementing maneuver.

Р ссмотрим з д чу отыск ния энергетически оптим льных непрерывных упр вляющих функций для случ я, когд вз имный м невр (ВМ) космических пп р тов (КА) выполняется с помощью метод инерци льного п р ллельного сближения (ИПС). При решении этой з д чи примем следующие исходные условия:

– п ссивный пп р т (ПА) обр щ ется вокруг пл неты по круговой орбите с угловой скоростью ω. Активный пп р т (АА) выведен н компл н рную орбиту, близкую к орбите ПА;

– ВМ р ссм трив ется в визирной относительной системе координ т (ОСК) *xy* с н ч лом в центре м сс ПА. Углов я скорость вр щения осей ОСК в инерциальном простр нстве р вн нулю, что соответствует упр влению по методу ИПС;

– з д ется время движения АА вдоль ст билизиров нной линии визиров ния *T*, в к честве критерия оптим льности упр вления $\vec{u}$, обеспечив ющего это движение, выбр н минимум функцион л , х р ктеризующего энергетические з тр ты (ЭЗ) н выполнение м невр

$$J = \int_0^T F d\tau, \text{ где } F = u^2 = u_x^2 + u_y^2; \quad (1)$$

– предпол г ется, что для осуществления м невр н АА уст новлен двиг тельн я уст новк (ДУ) с тягой, регулируемой к к по величине, т к и по н пр влению. В процессе решения з д чи огр ничений н п р метры ДУ, и следов тельно н упр вляющие функции, не н кл дыв ется. Т к я пост новк з д чи позволяет воспользов ться для ее решения метод ми кл ссического в ри ционного исчисления [1] и общей методикой, изложенной в р боте [2].

Согл сно этой методике, структур оптим льного упр вления при использов нии метод ИПС может быть определен в результ те решения в ри ционной з д чи Л гр нж с фиксиров нными конц ми, которое можно получить, если уд стся н йти решение соответствую-



1 2018.indd 150 30.03.2018 11:50:27

щего ур внения Эйлер -Пу ссон . В визирной ОСК с учетом голономных условий связи $y = \dot{y} = \ddot{y} = 0$, н кл - дыв емых н кинем тику относительного движения (ОД) методом ИПС, это ур внение будет иметь вид

$$x^{IV} + l_{11}\ddot{x} + m_{11}\dot{x} + n_{11}x = 0, \qquad (2)$$

где

$$l_{11} = -2a_{21} - b_{12}^2,\ m_{11} = -2(\dot{a}_{11} + b_{12}\dot{b}_{12}),$$
$$n_{11} = a_{11}^2 + a_{21}^2 - \ddot{a}_{11} + d(a_{21}b_{12})/d\tau -$$

– коэффициенты, определяемые элемент ми $a_{11}, a_{21}, b_{12}$ м триц $A$ и $B$ дин мической модели ВМ в этой ОСК, описыв емой системой ур внений [2]

$$\begin{aligned} &\ddot{x} - a_{11}x = u_x, \\ &-a_{21}x = u_y. \end{aligned} \qquad (3)$$

В системе (3) элементы

$$a_{11} = 3\sin^2\beta - 1,\ a_{21} = 1{,}5\sin 2\beta, \qquad (4)$$

где $\beta$ – угол, х р ктеризующий н пр вление ст билизиров нной линии визиров ния (ЛВ) относительно местной вертик ли. При использов нии ИПС углов я скорость вр щения ЛВ в случ е компл н рного м невр р вн по величине и противоположн по зн ку угловой скорости обр щения ПА вокруг пл неты, то есть

$$\dot{\beta} = -1,\ \beta = \beta_0 - \tau. \qquad (5)$$

В связи с этим коэффициенты дин мической модели ОД вдоль ЛВ являются функциями времени и, следов тельно, ур внение Эйлер -Пу ссон (2) в д нной в ри ционной з д че предст вляет собой линейное дифференци льное ур внение (ЛДУ) с переменными коэффициент ми. Для отыск ния интегр льных кривых этого ур внения при гр ничных условиях $x(0) = x_0$, $\dot{x}(0) = \dot{x}_0$, $x(T) = x_k$, $\dot{x}(T) = \dot{x}_k$ необходимо решить двухточечную кр евую з д чу четвертого порядк для ЛДУ с переменными коэффициент ми. Точное решение т кой з д чи н т лкив ется н серьезные м тем тические трудности. Поэтому для н хождения экстрем лей, минимизирующих функцион л (1) при вышеук з нных гр ничных условиях, целесообр зно использов ть один из прямых методов в ри ционного исчисления – метод Ритц [1].

Согл сно этому методу приближенное решение в ри ционной з д чи будем иск ть в виде

$$x(\tau) = \varphi_0(\tau) + \sum_{k=1}^{n} S_k\varphi_k(\tau), \qquad (6)$$

где $S_k$ – некоторые постоянные;

$\varphi_0, \varphi_k$ – линейно нез висимые (координ тные) функции, т кие что $\varphi_0(0) = x_0$; $\varphi_0(T) = x_k$; $\dot{\varphi}_0(0) = \dot{x}_0$; $\dot{\varphi}_0(T) = \dot{x}_k$, $\varphi_k(\tau)$ удовлетворяют однородным кр евым условиям, то есть $\varphi_k(0) = \dot{\varphi}_k(0) = 0$, $\varphi_k(T) = \dot{\varphi}_k(T) = 0$. Очевидно, что функция (6) удовлетворяет з д нным гр ничным условиям.

Т к к точность решения в большой степени з висит от уд чного подбор координ тных функций, вид последних следует з д в ть из физического смысл реш емой з д чи. Учитыв я предпол г емый х р ктер изменения д льности и скорости вдоль ЛВ, т кже влияние н него р зностного гр вит ционного ускорения при р зличном $T$, в к честве функции $\varphi_0$ целесообр зно выбр ть интегр льную кривую вид

$$x = C_1 + C_2\tau + C_3\tau^2 + C_4\tau^3, \qquad (7)$$

полученную для случ я движения пп р тов в свободном простр нстве [3], в к честве функций $\varphi_k$ степенной полином

$$\varphi_k = kT^{k+1}\tau^2 - (k+1)T^k\tau^3 + \tau^{k+3}\ . \qquad (8)$$

Т кой подход к выбору вид функций позволяет получить вполне удовлетворительное приближение к точному решению в р ссм трив емом ди п зоне времени $T \le \pi$ при небольших зн чениях $n$ (при $n = 2$, $n = 1$ или д же при $n = 0$), где $n$ – число координ тных функций $\varphi_k$, удовлетворяющих однородным кр евым условиям. В свою очередь, это д ет возможность существенно упростить вид искомых оптим льных прогр мм упр вления.

Подбор коэффициентов $S_k$ в решении (6) производится т к, чтобы оно д в ло экстремум функцион лу (1). Подст вляя выр жение (6) в соотношение (1), получим

$$J = \int_0^T F d\tau = f(S_k), \qquad (9)$$

где $f(S_k)$ – кв др тичн я форм переменных $S_k$.

Для того чтобы дифференцируем я функция $f(S_k)$ при некоторых зн чениях $S_k$ имел экстремум, необходимо соблюдение для этих зн чений условий

$$\partial f / \partial S_k = 0,\ k = 1, 2, \ldots n.$$

Эти условия можно предст вить в виде следующей к нонической системы линейных лгебр ических ур внений порядк $n$

$$\sum_{k=1}^{n} \vec{P}_k S_k = \vec{q}, \qquad (10)$$

где $\vec{P}_k$ и $\vec{q}$ з висят от координ тных функций, их производных и угловых коэффициентов, х р ктеризующих н пр вление ЛВ.

Ит к, приближенное решение пост вленной в ри ционной з д чи д ется формулой (6), где зн чения $S_k$ для з д нных кр евых условий и времени м невр определяются в результ те решения системы ур в-



1 2018.indd 151 30.03.2018 11:50:28

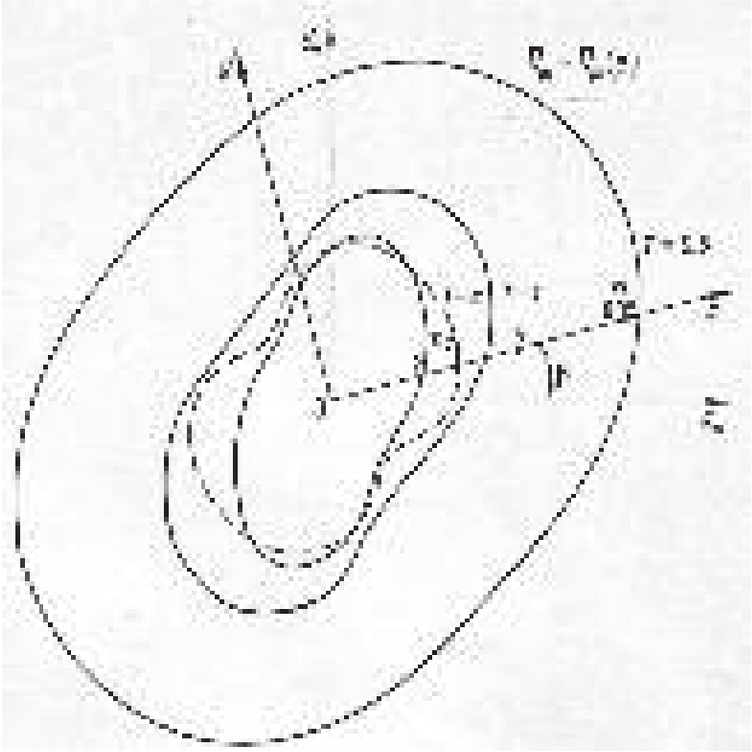


*Рис.1*

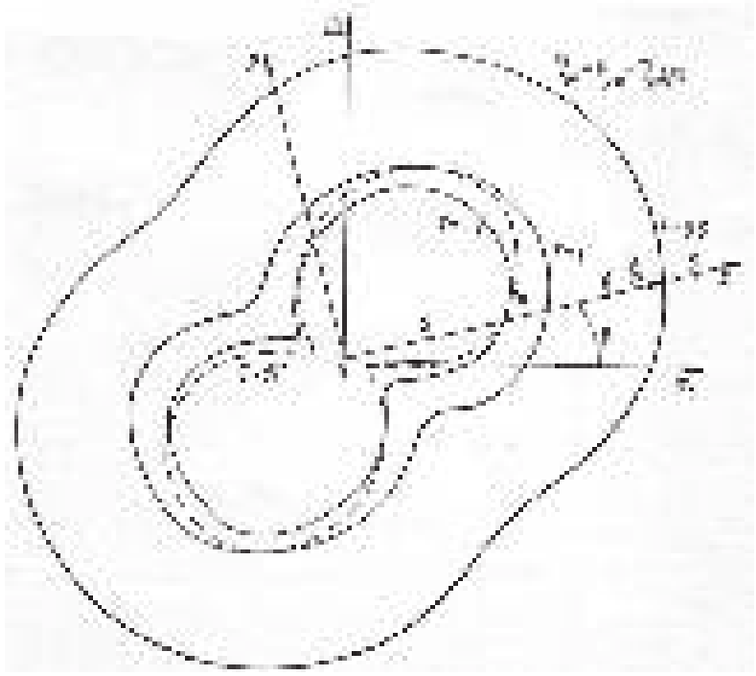


*Рис.2*



1 2018.indd 152 30.03.2018 11:50:30

нений (10). Решение (6) можно предст вить в виде степенного полином

$$x(\tau)=\sum_{i=0}^{m}A_i\tau^i\,, \qquad (11)$$

где

$$A_0=C_1;\ A_1=C_2;\ A_2=C_3+\sum_{k=1}^{n}kS_kT^{k+1};$$
$$m=n+3;\ \ A_3=C_4-\sum_{k=1}^{n}(k+1)S_kT^k;$$
$$A_4=S_1;\quad A_5=S_2,...,A_n=S_n.$$

Подст новк полином (11) в дин мическую модель (3) д ет искомое оптим льное упр вление в н литической форме

$$\vec{u}=\left[\sum_{i=0}^{m}i(i-1)A_i\tau^{i-2}\right]\vec{a}_0-(\sum_{i=0}^{m}A_i\tau^i)\vec{a}_1\,, \qquad (12)$$

где

$$\vec{a}_0=\begin{bmatrix}1\\0\\0\end{bmatrix},\ \vec{a}_1=\begin{bmatrix}a_{11}\\a_{21}\\a_{31}\end{bmatrix},$$

и пок з тель требуемых ЭЗ

$$J=A_S\sin 2\beta+B_C\cos 2\beta+C_T\,, \qquad (13)$$

где $A_S, B_C, C_T$ определяются зн чениями коэффициентов $A_1\ldots A_n$.

Моделиров ние упр вления (12) и р счет пок з - теля (13) пок зыв ет, что для времени $T\le\pi$ решение (6) при условии выбор в к честве $\varphi_0$ функции вид (7) д ет дост точно хорошее приближение к точному решению уже при $n\le 2$. Это подтвержд ет скорость сходимости метод Ритц для д нной в ри ционной з д чи, которую можно оценить по величин м коэффициентов $S_k$ и зн чению пок з теля $J$ для р зличных кр евых условий и р зличных зн чений $n$. Т к, при $T\le 1$ ввиду м лости $S_k$ и относительной р зницы $W_n=(J_{n-1}-J_n)/J_n$, где $J_n$ и $J_{n-1}$ – зн чения пок з теля (13) при числе координ тных функций $\varphi_k$, р вном $n$ и $n-1$, можно огр ничиться в решении только функцией $\varphi_0$, т.е. зн чением $n=0$, при $1<T<2$ дост точно применение двух функций $\varphi_0$ и $\varphi_1$, для $T>2$ следует использов ть три функции $\varphi_0$, $\varphi_1$ и $\varphi_2$. Н пример, в случ е сближения КА с мягким конт ктом при н ч льных условиях м невр $\beta=\dot{x}_0=0$ и времени $T$=1 относительн я р зниц $W_1=(J_0-J_1)/J_1=0{,}001$, т.е. 0,1%, при тех же н ч льных условиях и $T$=2 величины $W_1$=0,1(10%) и $W_2=(J_1-J_2)/J_2=0{,}03(3\%)$, $W_{1\text{-}2}=(J_0-J_2)/J_2=0{,}13(13\%)$. Последнее обстоятельство следует учитыв ть при отыск нии оптим льных и кв зиоптим льных упр влений по соотношению (12).

В к честве пример определим ЭЗ н ре лиз цию оптим льной прогр ммы (12) для случ я сближения с мягким конт ктом. Эти з тр ты можно оценить по зн чениям интегр л $V_{p1}=\int_0^T Udt$, которые были получены численным интегриров нием. Результ ты р счетов для случ я, когд н ч льные орбиты пп - р тов компл н рны и близки к круговым, предст влены в виде гр фиков н рис.1. Видно, что $V_{p1}$ при $T$<0,5 сл бо з висят от н пр вления сближения. С увеличением $T$ величин $V_{p1}$ уменьш ется и з висимость ее от угл $\beta$ усилив ется. Это объясняется тем, что здесь м невр выполняется с м лым уровнем тяги, ср внимым с р зностным гр вит ционным ускорением. Т к к к это ускорение з висит от относительного положения пп р тов, то и ЭЗ при больших $T$ дел ются з висимыми от н пр вления сближения. М ксимум функции $V_{p1}=V_{p1}(\beta)$ при $T\le 0{,}5$ соответствует угл м $\beta$, близким к 45° и 225°, минимум – к 135° и 315°. С ростом $T$ угол $\beta$, при котором н блюд ется м ксимум, увеличив ется (при $T=\pi$ он р вен примерно 60...70° и 240...250°), положение минимум ост ется пр ктически неизменным.

Т ким обр зом, с энергетической точки зрения целесообр зно н чин ть движение АА вдоль ст билизиров нной ЛВ при ее угловом положении $\beta$=135°(315°), время м невр з д в ть в предел х 1<$T$<(2...2,5). Т кой выбор $T$ жел телен и с точки зрения упрощения системы упр вления, ибо в этом случ е можно воспользов ться без существенного увеличения ЭЗ кв зиоптим льными прогр мм ми с числом $n\le 2$.

Р ссмотрим теперь з д чу определения структуры оптим льного упр вления в случ е использов ния метод сближения по р диолучу (СРЛ). Т к к к в этом методе углов я скорость вр щения линии визиров ния $\dot{\beta}$ р вн угловой скорости вр щения ПА–цели относительно ПА-б зы $\dot{\beta}_ц$, именно

$$\dot{\beta}=\beta_ц,\quad \beta=\beta_ц\,, \qquad (14)$$

то оптим льные и кв зиоптим льные прогр ммы упр вления и соответствующие им ЭЗ получ ются путем подст новки в соотношения для степенного полином (11) з конов изменения углов и угловых скоростей ЛВ, определяемых формул ми (14).

Если ПА-б з и ПА-цель н ходятся н близких к круговым компл н рных орбит х, то эти з коны имеют вид

$$\beta=\mathrm{arctg}[1/(1{,}5\tau+\mathrm{ctg}\beta_0)],\ \dot{\beta}=-1{,}5\sin^2\beta\,, \qquad (15)$$

где $\beta_0$ – угловое положение ЛВ в момент н ч л м невр .

Результ ты р счет ЭЗ н м невр с мягким конт ктом при методе СРЛ для з конов (15) в случ е использов ния кв зиоптим льной прогр ммы с числом $n$=0 предст влены н рис. 2. Ан лиз этих результ тов позволяет сдел ть следующие выводы:



1 2018.indd 153 30.03.2018 11:50:31

– н иболее бл гоприятные с точки зрения энергоз тр т н пр вления соответствуют угл м $\beta$=135°–165°(315°–345°), н именее бл гоприятные – $\beta$=30°–45°(210°–225°);

– ЭЗ уменьш ются для всех н пр влений при увеличении времени до зн чений $T$=2;

– при $T$>2 для н пр влений с $V_{p1\min}$ н блюд ется д льнейшее уменьшение ЭЗ, в то время к к для н пр влений с $V_{p1\max}$ з тр ты н чин ют увеличив ться и р зниц между м ксим льными и миним льными ЭЗ существенно возр ст ет (т к, если при $T$=0,5 м ксимум превыш ет минимум примерно в 1,5 р з , то для $T = \pi$ это превышение уже сост вляет около 8,5 р з). Интересно т кже отметить, что при $T = \pi$ и $\beta$=157° з тр ты приближ ются к зн чениям, соответствующим оптим льному хом новскому м невру.

## Литература

1. Гельф нд, И. М. В ри ционное исчисление / И.М. Гельф нд, С.В. Фомин. – М.: Физм тгиз, 1961. – 228 с.

2. Гонч ревский, В. С. Методы и лгоритмы упр вления относительным движением космических пп р тов / В.С. Гонч ревский. – МО РФ, 1998. – 87 с.

3. Гонч ревский, В. С. Оптим льные прогр ммы упр вления относительным движением космических пп р тов в свободном простр нстве / В.С. Гонч ревский // Информ ция и Космос. – 2012. – № 1. – С. 110–112.



1 2018.indd 154 30.03.2018 11:50:31

# Исследов ние требов ний к перспективной оптико-электронной пп р туре для м лор змерных космических пп р тов дист нционного зондиров ния Земли

## Examining requirements for prospective optical-electronic apparatus for small spacecraft for remote sensing of the Earth

**Архипов / Arhipov S.**
Сергей Алексеевич
(da23@mail.ru)
кандидат технических наук.
ПАО «Красногорский завод им. С. А. Зверева»,
начальник СКБ-1,
главный конструктор космических и авиационных систем ДЗЗ.
г. Красногорск, Московская обл.

Ключевые слов : дист нционное зондиров ние Земли – remote sensing of the Earth; оптико-электронн я пп р тур – optical-electronic apparatus; м лор змерные космические пп р ты – small spacecrafts; проекция пикселя – ground sample distance.

Исследов но влияние основных тенденций р звития средств дист нционного зондиров ния Земли н оптико-электронную пп р туру (ОЭА) для м лор змерных космических пп р тов (МКА). Определены специ лизиров нные типы и т ктико-технические требов ния к ОЭА МКА, с учетом современного технологического уровня отечественного приборостроения.

Impact of main development trends in remote sensing of the Earth means to optical-electronic apparatus (OEA) for small spacecrafts (SSC) is examined. Specialized types and tactical-and-technical requirements for SSC OEA were determined considering state of the art in domestic instrument making.

С точки зрения Р зр ботчик оптико-электронной пп р туры (ОЭА) дист нционного зондиров ния земли (ДЗЗ) в общем тренде р звития средств ДЗЗ из космос выделяются следующие тенденции:

1) увеличение числ проектов м лор змерных космических пп р тов (МКА);

2) неуклонное возр ст ние требов ний З к зчиков и Потребителей:

– требов ний к основным п р метр м (простр нственно-ч стотным, р диометрическим, фотогр мметрическим, информ ционным) ОЭА и позициониров ние ОЭА к к измерительного устройств ;

– требов ний к космическому пп р ту (КА) по регулярности (периодичности) н блюдения, глоб льности покрытия Земли, точности геопривязки д нных,

– требов ний к д нным дист нционного зондиров ния Земли (ДДЗ), в ч сти их фотогр мметрической и р диометрической точности, тмосферной коррекции;

3) рост р зличных типов специ лизиров нной ОЭА ДЗЗ (ОЭА сверхвысокого простр нственного р зрешения, мультиспектр льн я, гиперспектр льн я и т.д.), при этом специ лиз ция определяется стремлением достигнуть в ОЭА предельных зн чений требуемых т ктико-технических х р ктеристик (ТТХ).

Р ссмотрим более подробно, к ким обр зом ук з нные тенденции влияют н требов ния к перспективной ОЭА ДЗЗ.

*Тенденция 1*

Р звитие микроэлектроники, вычислительной техники, появление новых м тери лов стимулируют мини тюриз цию во всех обл стях техники, в том числе открыв ют возможности созд ния м лор змерных КА и ОЭА, имеющих ТТХ, не уступ ющие действующим н лог м.

Согл сно общепринятой кл ссифик ции, космические пп р ты р зделяются по м ссог б ритным х р ктеристик м н большие и м лор змерные. Гр ницей р здел объявлен м сс ~ 1000 кг. М лор змерные космические пп р ты, в свою очередь подр зделяются н

– пикоспутники – менее 5 кг,

– н носпутники – от 5 до 50 кг,

– микроспутники – от 50 до 200 кг,

– м лые – от 200 до 1000 кг.

З меч тельно то, что дост точно ч сто эт кл ссифик ция однозн чно привязыв ется к стоимости и



1 2018.indd 155 30.03.2018 11:50:31

срок м созд ния КА (см. рис. 1), и тем с мым демонстрируется неоспоримое преимущество м лор з-мерных КА н д большими КА [1–3]:

«Основное достоинство МКА – это его ценов я привлек тельность, котор я дополняется ре льной возможностью быстро прод ть или сд ть его в ренду. Низк я цен позволяет т кже формиров ть целые спутниковые системы, которые могут осуществлять непрерывный мониторинг земной поверхности, т кже реш ть вопросы телекоммуник ции и т.п.».

Одн ко существует и противоположн я точк зрения [4]:

«Используемые современные технологии, конечно же, не способствуют удешевлению с мого спутник . Ч ще всего спутники ст новятся д же дороже. Ибо прямое, уменьш ющее г б риты, м сшт биров ние лишь увеличив ет трудоемкость изготовления, н пример м лог б ритных приводов или ре ктивных двиг телей, при очевидном снижении лишь з тр т н м тери лы».

Т к кто же пр в? Для ответ н этот вопрос ср вним между собой несколько типичных проектов. В к честве критерия ср внения примем величину, интегр льно х р ктеризующую эффективность з тр ченных средств н созд ние КА и р вную отношению стоимости С одного КА к его м ссе $M$ и числу $N$ пикселов ОЭА:

$$Q = \frac{C}{M \cdot N}$$

В т блице 1 приведены результ ты т кой оценки.

Конечно же, принятый критерий не дост точно корректен (он не учитыв ет созд нный з дел и его использов ние в Проекте, срок эксплу т ции КА, не использует все р знообр зие ТТХ КА и ОЭА). Одн ко полученные оценки пок зыв ют, что большой КА «Ресурс-П» в отличие от всех прочих м лор змерных проектов более привлек телен и эффективен. Т кже в т блице 1 можно усмотреть к к «следы» технологического отст в ния отечественных м лор змерных проектов от з рубежных н логов, т к и имеющиеся возможности минимиз ции з тр т.

Т ким обр зом, прям я связь между снижением м ссы КА и снижением их стоимости отсутствует. Проекты с низкой ценой м лор змерных КА являются следствием других н учно-технических р зр боток, в р мк х которых уже созд н з дел по сост вным ч стям КА и ОЭА. Т кие «университетские» [5] проекты м лор змерных КА предн зн чены для решения обр зов тельных з д ч.

В контексте р ссм трив емой тенденции 1 – увеличение числ проектов МКА – следует обр тить вним ние н еще одно обстоятельство, вызв нное «эйфорией дешевой мини тюриз ции». По умолч нию предпол г ется, что общ я тенденция к повышению р зреш ющей способности ОЭА может быть легко ре лизов н н пл тформе МКА [6].

Результ ты исследов ния этого вопрос иллюстрирует рис. 2, н котором отобр жен связь проекции пикселя, м ссы системы оптико-мех нической (СОМ) ОЭА и ди метр головного зерк л ОЭА. Оценки приведены для высоты орбиты 700 км, р змер пиксел ОЭА 6 мкм, относительного отверстия ОЭА ~ (1 : 8) и современных отечественных технологий изготовления облегченных зерк л и облегченных несущих конструкций. Из рис. 2 видно, что для достижения проекции пиксел 1 м ди метр зерк л должен быть около 500–520 мм, соответствующ я м сс СОМ

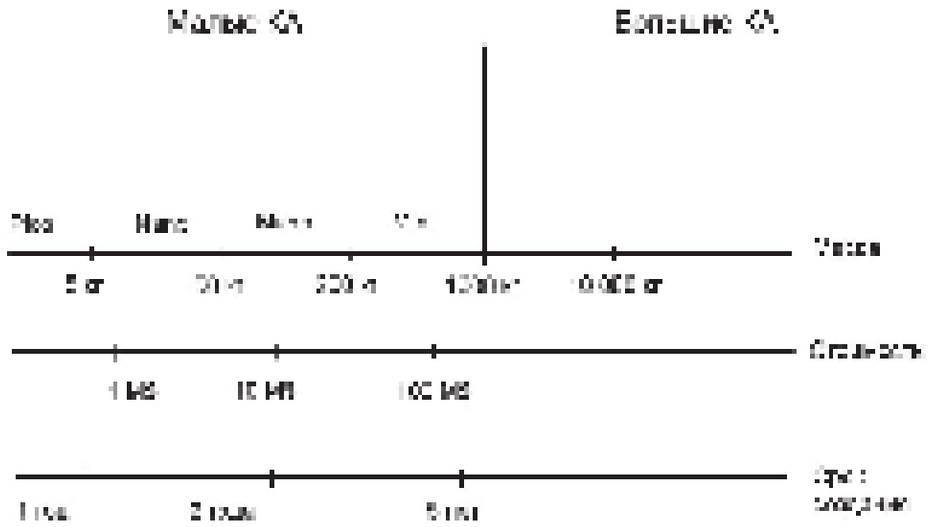


*Рис. 1. Кл ссифик ция КА по м ссе с ориентировочной з висимостью сроков их созд ния и стоимости от м ссы (по м тери л м DLR) [2]*



1 2018.indd 156 30.03.2018 11:50:32

Таблица 1

**Сравнение проектов по эффективности затраченных средств**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

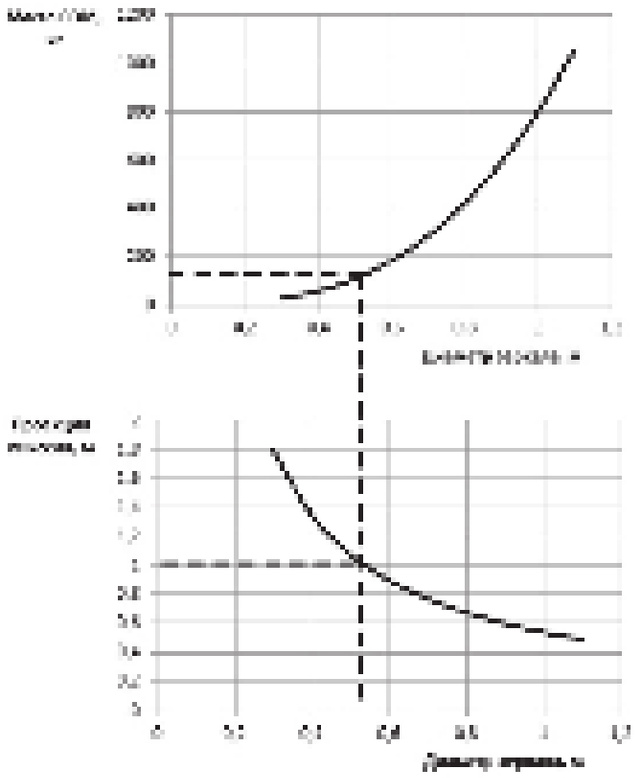


*Рис. 2. Оценк миним льной м ссы СОМ ОЭА в з висимости от потребной проекции пикселя*



1 2018.indd 157 30.03.2018 11:50:32

сост вит ~ 150–160 кг. Достижение проекции пиксел ~ 0,5 м в кл ссе м лор змерных КА, при существующих технологиях изготовления СОМ, невозможно.

Т ким обр зом, ОЭА для м лор змерных КА сегодня имеет технологическое огр ничение р зреш ющей способности примерно н уровне 1 м.

Кроме того, следует з метить, что приближение к этому пределу отечественных проектов МКА повлечет з собой серьезный рост з тр т н их ре лиз цию, из-з отсутствия н учно-технологического з дел по нетр диционным м тери л м для облегченных зерк л и несущих конструкций, отсутствия отечественных н логов современной высокоинтегриров нной ЭКБ или невозможностью ее з купки з рубежом.

Т к в чем же основное достоинство м лор змерных КА (МКА) для з д ч ДЗЗ? Ответ очевиден. З счет резкого увеличения численности группировки КА путем введения в ее сост в МКА возможно резкое повышение периодичности н блюдения сцены и/или обеспечения глоб льности покрытия Земли. Д лее следует к рдин льный вопрос: к ким обр зом ре лизов ть это преимущество? Для ответ н этот вопрос необходимо р ссмотреть з д чи и проблемы отечественной группировки средств ДЗЗ в целом и д лее определить роль и место МКА в общей системе ДЗЗ. Результ ты т кого р ссмотрения проблемы изложены в Проекте «Концепции созд ния и применения м лор змерных космических пп р тов» [7]. Процитируем основные положения этого документ , связ нные с темой н стоящей ст тьи:

– одно из возможных н пр влений целевого использов ния МКА – дист нционное зондиров ние Земли с использов нием оптико-электронных комплексов среднего простр нственного р зрешения;

– пути созд ния отечественных н логов МКА:

• р зр ботк технологий созд ния сверхоблегченных телескопов из к рбид кремния и бериллиевых спл вов;

• созд ние м лом ссог б ритных высокоточных систем ориент ции и ст билиз ции КА.

*Тенденция 2*

Требов ния З к зчиков и Потребителей существенно з висят от тем тических з д ч, для решения которых созд ется ОЭА ДЗЗ. Среди всех пост новок тем тических з д ч ДЗЗ тр диционно выделяются две большие группы (см. рис. 3):

А – космическ я р зведк ,

Б – исследов ние Земли из космос .

Для з д ч космической р зведки (групп А) н иболее в жным п р метром ОЭА является ее простр нственное р зрешение в з д нных условиях применения КА, которое в иде ле должно достиг ть физического предел 0,1–0,15 м, обусловленного флуктуациями тмосферы.

Для Потребителей, интересы которых связ ны с н ук ми о Земле (групп Б), н иболее зн чимы возможности получения глоб льного покрытия Земли и сост вления долговременных рядов ДДЗ, позволяющие прогнозиров ть процессы, происходящие н Земле. М ксим льное потребное простр нственное р зрешение для з д ч группы Б должно сост влять 5–10 м.

В жно отметить:

– ук з нный уровень р зрешения 5–10 м легко достиг ется в пп р туре среднего простр нственного р зрешения (АСР), что ст ло возможным лишь в последние 10–15 лет в связи с р звитием и совершенствов нием м лор змерных крупноформ тных ФПУ и микроэлектроники,

– д льнейшее повышение простр нственного р зрешения для з д ч группы Б нецелесообр зно, т.к. появление избыточной информ ции сводит н нет эффект генер лиз ции [8], усложняет технологии обр ботки ДДЗ.

Из рис. 3 видно, что к к для з д чи группы А, т к и для з д ч группы Б, в жнейшим требов нием является периодичность (регулярность) н блюдения одной и той же сцены. В иде ле н блюдение должно быть непрерывным.

Р зделение з д ч н группу А и группу Б влечет з собой специ лиз цию к к ОЭА, т к и специ лиз цию КА. З д чи группы А эффективно реш ет пп р тур высокого и сверхвысокого простр нственного р зрешения (АВР). Группу з д ч Б эффективно реш ет АСР. Оптические схемы АВР и АСР р зличны. Оптические схемы АВР – схемы тип Риччи-Кретьен , Корш . Оптические схемы АСР – схемы тип Кук .

Для решения з д ч группы А требуется применять КА, имеющие возможность быстрого перен целив ния и изменения п р метров орбиты (при необходимости). Для КА, реш ющих з д чи группы Б, эти опции вредны, т.к. они приводят к снижению точности геопривязки, росту фотогр мметрических и р диометрических погрешностей, снижению производительности по покрытию Земли, усложнению процедур коррекции влияния тмосферы н ДДЗ и восст новления х р ктеристик сним емой сцены.

Ук з нное н именов ние групп А и Б потребительских з д ч естественно не является догмой. Все з висит от требов ний Потребителя. Если посмотреть н рис. 2 с точки зрения «сетецентрических войн» [9], то гр жд нск я групп Б должн быть отнесен к информ ционной решетке, обеспечив ющей б зис информ ционного вз имодействия. При этом групп А относится к сенсорной решетке и сохр няет свое н именов ние. С другой стороны, з д чи комической р зведки (групп А) интересны и зн чимы для гр жд нского ведомств – МЧС. Еще р з подчеркнем, что дело не в н именов нии групп з д ч, их р зделении, которое влечет з собой р зличные схемные решения ОЭА и р зличные функцион льные возможности КА.

*Тенденция 3*

Тенденция «специ лиз ция ОЭА» усилив ется с р звитием проектов МКА. Появляются новые типы ОЭА, н иболее эффективно (м ксим льные выходные х р ктеристики при миним льных з тр т х) реш ющие



1 2018.indd 158 30.03.2018 11:50:32

з д нные тем тические з д чи. Т к, для эффективного решения з д ч группы Б (см. рис. 3) требуется гиперспектр льн я пп р тур (ГСА), котор я, в отличие от многозон льной оптико-электронной пп р туры, регистрирует н к ждом пикселе спектр льную плотность энергетической яркости, не эффективную энергетическую яркость излучения, что позволяет потребителям строить долговременные ряды ДДЗ, пополнять б нки ДДЗ с учетом их фенологии.

Для н иболее полного определения всех возможных типов специ лизиров нной ОЭА МКА был применен метод морфологического ящик Цвиики [10].

По одной оси морфологического ящик н зн ч - лись призн ки (требов ния к результ т м съемки, м ссог б ритные огр ничения ОЭА, огр ничения систем ориент ции КА). По другой оси ящик н зн - ч лись гр д ции призн ков. З д нный т ким обр зом морфологический ящик многокр тно н лизиров лся н предмет возможности решения типовых тем тических з д ч ДЗЗ:

– съемк с высоким простр нственным р зрешением,

– съемк со средним простр нственным р зрешением,

– съемк с низким простр нственным р зрешением,

– мультизон льн я съемк ,

– гиперспектр льн я съемк ,

– широкоз хв тн я съемк ,

– обзорн я съемк ,

– топогр фическ я съемк .

Возможные ре лиз ции ОЭА комбиниров лись между собой, полученные в ри нты отбир лись по критерию их ожид емой эффективности (экспертн я оценк возможности достижения требуемых ТТХ с приемлемым уровнем з тр т). Результ ты проведенных исследов ний отр жены в т блице 3.

Примеч ние: GSD – проекция пикселя, КСЯ – коэффициенты спектр льной яркости, $\Delta\lambda$ – р бочий спектр льный ди п зон, $\delta\lambda$ – спектр льное р зрешение.

Требов ния к обзорной, широкоз хв тной и гиперспектр льной ОЭА МКА, (строки 1, 2 и 3 т блицы 3) ре лизуемы н современном уровне р звития отечественных технологий. Для созд ния специ лизиров нной ОЭА МКА (строки 4–7 т блицы 3) требуется проведение дополнительных НИОКР к к по с мой пп р туре, т к и по системе упр вления движением МКА. Отметим т кже, что полученные результ ты исследов ний требов ний к специ лизиров нной ОЭА могут д лее быть р звиты в р мк х концепции группового полет кл стер МКА [11].

В н стоящее время требуем я специ лизиров нн я ОЭА может быть р зр бот н и пост влен ПАО «Кр сногорский з вод им. С. А. Зверев » (ПАО КМЗ). ПАО КМЗ имеет бог тый опыт созд ния космической и ви ционной оптико-электронной пп р - туры, в том числе для МКА. В 2005 году предприятие р зр бот ло м лор змерную п нхром тическую съемочную пп р туру «Г мм -Л» и р спределенного доступ съемочную пп р туру «Г мм -Ц», котор я успешно эксплу тиров л сь в сост ве для первого отечественного м лого космического пп р т «Монитор-Э», созд нного ГКНПЦ им. М. В. Хруничев [12]. В сост ве КА «Ресурс-П» эксплу тируется ГСА, созд нн я ПАО КМЗ [13]. В р мк х выполнения эскизного проект для КА «Ресурс-П» предприятием созд н н учно-технический з дел, проведен подготовк производств для изготовления ШМАСР «Сон т » с требуемыми ТТХ, р зр бот н эскизный проект ГСА «Бисер» с ТТХ, не уступ ющими лучшим з рубежным н лог м [14, 15]. М ссог б ритные х р ктеристики ГСА «Бисер» и ШМАСР «Сон т » позволяют уст - н влив ть эти изделия н МКА. Основн я технологическ я проблем , сдержив ющ я созд ние ГСА и ИК к н лов ШМАСР – отсутствие отечественных крупноформ тных высокоскоростных фотоприёмных устройств для обл сти спектр (0,4–2,5) мкм. В 2016 году ПАО КМЗ был р зр бот н и изготовлен ОЭА «Аврор для МКА «Аист-2В» АО «РКЦ «Прогресс»», котор я успешно эксплу тируется [16], прор бот ны возможности модерниз ции пп р туры. В т блице 4 приведены основные х р ктеристики м лом ссог б ритной ОЭА ПАО КМЗ.

*Рис. 3. Приоритеты требов ний для двух тр диционных групп А и Б тем тических з д ч*



1 2018.indd 159 30.03.2018 11:50:33

Таблица 3

**Требования к специализированной ОЭА и МКА**

| № | Показатель [illegible] | Показатель ОЭА | Показатель [illegible] МКА | Значения требований [illegible] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

Примечание: GSD – проекция пикселя, КСЯ – коэффициенты спектральной яркости, $\Delta\lambda$ – рабочий спектральный диапазон, $\delta\lambda$ – спектральное разрешение.



1 2018.indd 160 30.03.2018 11:50:33

Таблица 4

**Основные тактико-технические характеристики ОЭА ПАО КМЗ**

| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
|---|---|---|---|---|---|
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |
| [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] |

## Литература


1. М криденко, Л. А. Микроспутники. Тенденции р звития рынк и соци льное зн чение / Л.А. М криденко, К.А. Боярчук // Вопросы электромех ники. Труды ВНИИЭМ. – 2005. – Т. 102. – С. 12–27.

2. Ан лиз современных возможностей созд ния м лых космических пп р тов для дист нционного зондиров ния Земли / Н.Н. Сев стьянов [и др.] // Труды МФТИ. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 14–22.

3. Концепту льные вопросы созд ния и применения м лых космических пп р тов / Л.А. М криденко [и др.] // Вопросы электромех ники. Труды ВНИИЭМ. – 2010. – Т. 114. – С. 15–17.

4. Овчинников, М. Ю. М лые мир сего / М.Ю. Овчинников // Компьютерр . – 2007. – № 15. – С. 37–43.

5. Абл мейко, С. В. М лые космические пп р ты: Пособие для студентов ф культетов р диофизики и компьют. технологий, мех.-м т. и геогр / С.В. Абл мейко, В.А. С ечников, А.А. Спиридонов. – Минск: БГУ, 2012. – 159 с.

6. Б кл нов, А. И. Новые тенденции р звития космических систем оптико-электронного н блюдения Земли высокого р зрешения / А.И. Б кл нов // М тери лы XIV н учно-технической конференции "Системы н блюдения, мониторинг и Дист нционного зондиров ния Земли". – Москв , 2017. – С. 32–45.

7. Роль и место м лых космических пп р тов (КА) ДЗЗ, в том числе КА микро и н но кл сс в орбит льной группировке дист нционного зондиров ния Земли соци льно-экономического и н родно-хозяйственного н зн чения / В.В. Х ртов [и др.] // Сл йды Плен рного докл д н XIV н учно-технической конференции "Системы н блюдения, мониторинг и Дист нционного зондиров ния Земли", 2017.

8. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы геогр фических исследов ний / Ю.Ф. Книжников, В.И. Кр вцов , О.В. Тутуб лин . – М.: ИЦ «Ак демия», 2004. – 336 с.

9. Присяжнюк, С. П. Роль космических средств в «сетецентрической» войне / С.П. Присяжнюк, Н.В. Груздев, А.Н. Дорохов // Информ ция и Космос. – 2016. – № 1. – С. 138–142.

10. К пустян, В. М. Конструктору о конструиров нии томной техники / В.М. К пустян, Ю.А. М хотенко . – М.: Атомизд т, 1980. – 192 с.

11. Абдур химов, А. А. Н пр вления совершенствов ния н учно-методического пп р т обоснов ния т ктико-технических требов ний к группировк м м лых космических пп р тов / А.А. Абдур химов, В.Г. Б л ндин, А.В. Лев ндович // Информ ция и Космос. – 2016. – № 3. – С. 153–160.

12. Алиф нов, О. М. Подходы к созд нию и н пр вления применения м лых космических пп р тов в космической деятельности [Электронный ресурс] / О.М. Алиф нов, А.А. Медведев, В.П. Соколов // Электр. журн л «Труды МАИ». Выпуск № 49. – Режим доступ : http://trudymai.ru/upload/iblock/ed0/podkhody-k-sozdaniyu-i-napravleniya-primeneniya-malykh-kosmicheskikh-apparatov-v-kosmicheskoy-deyatelnosti.pdf, – свободный. – З гл. с экр н .

13. Архипов, С. А. Гиперспектр льн я съемочн я пп р тур для космического пп р т «Ресурс-П» / С.А. Архипов, А.И. Б кл нов, В.М. Линько // Исследов ние Земли из космос . – 2014. – № 3. – С. 78–80.




1 2018.indd 161 30.03.2018 11:50:34

14. Архипов, С. А. Широкоз хв тн я многоспектр льн я пп р тур среднего р зрешения для перспективного космического комплекс ДЗЗ / С.А. Архипов // Тезисы докл дов Четвертой междун родной н учно-технической конференции «Акту льные проблемы созд ния космических систем дист нционного зондиров ния Земли». – М. : АО «Корпор ция «ВНИИЭМ», 2016. – С. 93–96.

15. Схемные решения гиперспектр льной пп р туры «Бисер» / Архипов С.А. [и др.] // М тери лы XIV н учно-технической конференции "Системы н блюдения, мониторинг и Дист нционного зондиров ния Земли". – Москв , 2017. – С. 170–172.

16. Оптико-электронн я пп р тур «Аврор » для МКА «Аист-2Д» / Гер сименко В.В. [и др.] // М тери лы XIII н учно-технической конференции "Системы н блюдения, мониторинг и Дист нционного зондиров ния Земли". – Москв , 2016. – С. 77–87.



1 2018.indd 162 30.03.2018 11:50:34

# Пок з тели и критерии оценив ния к честв при формиров нии обобщённых требов ний к унифициров нным космическим пл тформ м

## Quality assessment indicators and criteria when shaping generalized requirements for unified space platforms

**Денисов / Denisov A.**
Андрей Михайлович
(vka@mil.ru)
кандидат технических наук, доцент.
ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А. Ф. Можайского»
(ВКА им. А. Ф. Можайского) МО РФ,
начальник научно-исследовательского отдела.
г. Санкт-Петербург

**Кр снощёков / Krasnoshchekov S.**
Сергей Николаевич
(vka@mil.ru)
кандидат военных наук,
старший научный сотрудник.
ВКА им. А. Ф. Можайского,
старший научный сотрудник
научно-исследовательской лаборатории.
г. Санкт-Петербург

**Скворцов / Skvortsov D.**
Дмитрий Валерьевич
(vka@mil.ru)
кандидат технических наук.
ВКА им. А. Ф. Можайского,
начальник научно-исследовательской лаборатории.
г. Санкт-Петербург

**Пинегин / Pinegin V.**
Василий Федорович
(vka@mil.ru)
ВКА им. А. Ф. Можайского,
старший научный сотрудник
научно-исследовательской лаборатории.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : унифициров нн я космическ я пл тформ – unified space platform; т ктико-технические требов ния – tactical-and-technical requirements; эффективность – efficiency; бортов я систем – onboard system.

Р ссмотрен порядок обоснов ния т ктико-технических требов ний к унифициров нным космическим пл тформ м (УКП). Предст влен подход к оценив нию к честв функциониров ния УКП к к сложной технической системы с использов нием обобщенного пок з теля эффективности функциониров ния. Н основе обоснов нных функцион льных требов ний к бортовым систем м УКП сформиров н систем ч стных пок з телей результ тивности, ресурсоёмкости, опер тивности.

Procedure for justifying tactical-and-technical requirements for unified space platforms (USP) is considered. An approach is presented to assess functional quality of USP as a sophisticated engineering system using a generalized functional efficiency indicator. Based on justified functional requirements for USP onboard systems, a particular indicator system is developed for performance, resource intensity, operativeness.

Предв рительный н лиз космических систем р зличного н зн чения пок зыв ет, что созд ние единой унифициров нной космической пл тформы для всех типов космических пп р тов (КА) возможно лишь теоретически. Т к, н пример, н текущий момент невозможно использов ние одной пл тформы для отечественных оптико-электронных КА дист нционного зондиров ния Земли сверхвысокого р зрешения, имеющих типовую м ссу несколько тонн, и геост ционарного КА связи, хотя бы ввиду отсутствия соответствующей р кеты-носителя, способной вывести полезную н грузку с т кой м ссой н геост ционарную орбиту.

Т ким обр зом, вст ёт вопрос выбор к к количеств типов УКП, т к и их р ционального сост в и п р метров. Обобщение (н ложение) определенных в ходе д нного выбор (по результ т м моделиров ния процессов функциониров ния КА р зличных космических систем (КС)) огр ничений н п р метры основных систем и элементов УКП и будет являться основой для обоснов ния т ктико-технических требов ний к УКП.

В основе обобщённой б зовой структуры УКП лежит типовой сост в обеспечив ющей пп р туры. В целом з д ч состоит в поиске перечня целевых переменных, удовлетворяющих н ложенным огр ничениям и оптимизирующих векторную функцию, элементы которой соответствуют целевым функциям. Для любой УКП эти функции вз имоз висимы и вз имно конфликтуют (н пример, при увеличении мощности энергопотребления увеличив ется мощность системы электросн бжения (СЭС), что способствует увеличению м ссы УКП и возможному изменению схемы и средств выведения).



1 2018.indd 163 30.03.2018 11:50:34

К чество любой технической системы проявляется в процессе ее целевого функциониров ния [1, 2]. Поскольку процесс функциониров ния системы орг - низуется и проводится с определенной целью, то о к честве этого процесс следует судить по степени достижения этой цели. Поэтому пок з тель к честв процесс функциониров ния системы должен учитыв ть к к целевые эффекты, р ди которых функционирует систем , т к и усилия, необходимые для получения этих эффектов. Свойством процесс функциониров ния системы, н иболее полно отр ж ющим его к чество, является эффективность [1] – комплексное опер ционное свойство системы, х р ктеризующее её способность к выполнению целевой з д чи.

УКП является неотъемлемой ч стью КА, поэтому в д льнейшем целесообр зно р ссм трив ть именно КА к к сложную техническую систему, имея при этом в виду обеспечив ющую роль УКП в к честве элемент этой системы. Обобщенный пок з тель эффективности функциониров ния КА можно предст вить в виде:

$$P_{\text{КА}} = P(X_{\text{КА}} \in \{X_{\text{КА}}\}^{\partial}), \qquad (1)$$

где $X_{\text{КА}}(R_{\text{КА}}, T_{\text{КА}})$ – множество пок з телей, х р ктеризующих полезный целевой эффект (пок з телей результ тивности);

$R_{\text{КА}}$ – множество пок з телей, х р ктеризующих ресурсоемкость процесс функциониров ния КА;

$T_{\text{КА}}$ – множество пок з телей, х р ктеризующих опер тивность процесс функциониров ния КА;

$\{X_{\text{КА}}\}^{\partial}$ – множество допустимых зн чений пок з - телей, х р ктеризующих полезный целевой эффект.

Компоненты векторов $X_{\text{КА}}$ и $\{X_{\text{КА}}\}^{\partial}$ з висят от:

– х р ктеристик КА;

– х р ктеристик процесс функциониров ния КА;

– х р ктеристик условий функциониров ния (применения) КА.

Т ким обр зом, эффективность целен пр вленного функциониров ния системы – это не просто способность д в ть эффект, именно действенность т кой способности, т.е. результ тивность, соотнесенн я с з тр - т ми ресурсов всех видов (м тери льных, временных и т.п.) [1].

Основой изложенного подход является методология, обоснов нн я в р бот х [1, 3], в которой множеств пок з телей результ тивности, ресурсоёмкости и опер тивности являются однор нговыми в совокупности условий, определяющих вероятность достижения цели системы. Р звитием д нных подходов является структур пок з телей и критериев оценив ния к честв процесс функциониров ния системы, в которой пок з тели результ тивности н ходятся н верхнем иер рхическом уровне, пок з тели ресурсоемкости и опер тивности являются пок з телями, определяющими результ тивность (т.е. ргумент ми функции результ тивности).

Т ким обр зом:

– результ тивность процесс функциониров ния КА х р ктеризуется получ емыми целевыми эффект ми;

– ресурсоемкость х р ктеризуется р сходом м тери льных ресурсов, потребных для получения целевых эффектов;

– опер тивность определяется совокупностью временных п р метров, х р ктеризующих процесс целен пр вленного функциониров ния системы.

В этом случ е форм лизов нное опис ние условий успешного достижения цели функциониров ния типового КА можно предст вить в следующем виде:

$$F = \begin{cases} X^{C}_{\langle n \rangle}(t) \in \left\{X^{C}_{\langle n \rangle}(t)\right\}^{\partial} \\ t \le t^{\partial} \end{cases}, \qquad (2)$$

где $X^{C}_{\langle n \rangle}(t)$ – вектор выходных п р метров целевой системы КА (пок з телей результ тивности);

$\left\{X^{C}_{\langle n \rangle}(t)\right\}^{\partial}$ – множество допустимых зн чений выходных п р метров целевой системы.

При н лизе процесс целен пр вленного функциониров ния КА целесообр зно предст влять его трехуровневой системой:

– КА в целом;

– УКП и целев я систем (ЦС);

– элемент.

При этом целев я функция КА (функция первого уровня) будет определяться к к з висимость от целевых функций бортовых систем (второй уровень) и элементов (третий уровень).

П р метры ЦС предъявляют ряд требов ний к УКП, первичными из которых являются энергетические и требов ния к обеспечению требуемого положения в простр нстве в любой момент времени н орбите функциониров ния [4]. Это, в свою очередь, н ходит отр - жение в сложности орг низ ции бортовой вычислительной системы и мощности её процессор , структуре системы обеспечения теплового режим , структуре системы электросн бжения и её мощности, построении и мощности р диок н л , структуре и мощности системы упр вления движением.

Можно выделить следующие требов ния к УКП:

1. Систем электросн бжения – обеспечение текущего (мгновенного) положительного б л нс электрической энергии н борту КА в течение всего срок ктивного существов ния:

$$E_{\text{СЭС}}(t) > E^{\min}_{\text{СЭС}},$$

$$E_{\text{СЭС}}(t) = f\left(E^{0}_{A\text{К}}, N_{\text{ПР}}(t), N_{\text{БС}}(t)\right), \qquad (3)$$

где $E^{0}_{A\text{К}}$ – н ч льный з п с энергии н копителя (в ч стном случ е – энергия ккумуляторной б т реи (АБ);

$N_{\text{ПР}}(t)$ – гр фик выходной мощности первичных преобр зов телей;

$N_{\text{БС}}(t)$ – гр фик электропотребления бортовых систем КА.



1 2018.indd 164 30.03.2018 11:50:35

2. Систем обеспечения теплового режим (СОТР) – обеспечение темпер туры объектов регулиров ния в з д нных предел х:

$$T_{<l>}(t) \in \{T^{\partial}_{<l>}(t)\}, \tag{4}$$

где $T_{<l>}(t)$ – множество темпер тур объектов регулиров ния (ОР);

$\{T^{\partial}_{<l>}(t)\}$ – множество допустимых зн чений темпер тур ОР.

3. Систем упр вления движением – обеспечение требуемых п р метров орбиты и з д нной ориент ции:

$$L_{\langle 6\rangle}(t) \in \{L_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial},$$
$$\alpha_{\langle 6\rangle}(t) \in \{\alpha_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial}, \tag{5}$$

где $L_{\langle 6\rangle}(t) = \langle x_{\text{КА}}(t), y_{\text{КА}}(t), z_{\text{КА}}(t), V_x(t), V_y(t), V_z(t)\rangle$ – вектор координ т и скорости КА в бсолютной геоцентрической экв тори льной системе координ т;

$\alpha_{\langle 6\rangle}(t) = \langle \phi_{\text{КА}}(t), \varphi_{\text{КА}}(t), \vartheta_{\text{КА}}(t), \dot{\phi}_{\text{КА}}(t), \dot{\varphi}_{\text{КА}}(t), \dot{\vartheta}_{\text{КА}}(t)\rangle$ – вектор п р метров углового положения и движения КА относительно центр м сс;

$\{L_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial}, \{\alpha_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial}$ – множеств допустимых зн чений п р метров движения КА.

4. Конструкция КА – з щит элементов и систем КА, сохр нение мех нической целостности КА и восприятие н грузок.

Перечисленные требов ния содерж т форм лизов нные целевые функции обеспечив ющих систем, ч сть из которых является одновременно и пок з телями ресурсоёмкости для системы высшего уровня – космического пп р т .

С учётом проведенного н лиз выр жение (2) можно предст вить в виде:

$$F = \begin{cases} x_i(t) = 1, \quad i = 1...m \\ E_{\text{СЭС}}(t) > E^{\min}_{\text{СЭС}} \\ L_{\langle 6\rangle}(t) \in \{L_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial} \\ \alpha_{\langle 6\rangle}(t) \in \{\alpha_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial} \\ T_{<l>}(t) \in \{T^{\partial}_{<l>}(t)\} \\ t \le t^{\partial} \end{cases}, \tag{6}$$

где $x_i(t)$ – форм лизов нный бин рный пок з тель, описыв ющий состояние элементов целевой системы (1 – элемент испр вен, 0 – неиспр вен), $m$ – количество элементов.

Пок з телями результ тивности КА являются п р метры его целевой системы. В первую очередь, вероятность выполнения целевой з д чи, котор я определяется т кими ч стными п р метр ми, к к порогов я чувствительность оптико-электронных приборов, н пр вление оптической оси, фокусное р сстояние, угол поля зрения оптико-электронной системы, пропускн я способность к н л связи и пр.

К пок з телям ресурсоёмкости н уровне КА можно отнести м ссу и г б ритные р змеры КА, к пок з телю опер тивности – миним льное время, в течение которого успешно выполняется целев я з д ч .

Энергетические х р ктеристики не включены во множество пок з телей ресурсоемкости верхнего иер рхического уровня, т к к КА использует автономную СЭС, преобр зующую солнечную энергию. В этом случ е при известном уровне технического совершенств СЭС энергетические х р ктеристики будут определяться её м ссой.

Выполнение требов ний (6) невозможно без обеспечения необходимых зн чений пок з телей результ тивности ост льных бортовых систем КА. Н пример, фокусное р сстояние з висит от степени тепловых берр ций оптической системы, котор я з висит от к честв функциониров ния системы обеспечения теплового режим ; пп р тур , преобр зующ я излучение от н блюд емого объект , будет р бот ть только при обеспечении электропит ния и темпер турного режим с з д нными п р метр ми; объект не поп дёт в поле зрения оптико-электронной системы, если не соблюд ется з д нный режим ориент ции КА и пр.

Ит к, н основе обоснов нных функцион льных требов ний можно выделить:

) пок з тели результ тивности систем УКП (второй иер рхический уровень):

– вероятность обеспечения текущего (мгновенного) б л нс генерируемой и р сходуемой электрической энергии н борту КА;

– вероятность обеспечения з д нных темпер тур объектов регулиров ния СОТР;

–вероятность обеспечения з д нных п р метров движения центр м сс КА и движения КА относительно центр м сс.

б) пок з тели результ тивности элементов бортовых систем:

– мощность солнечных б т рей;

– емкость ккумуляторных б т рей;

– предельные тепловые потоки, отводимые СОТР от элементов КА;

– м сс и г б ритные р змеры элементов бортовых систем КА;

– м ссы р бочих тел исполнительных орг нов.

Приведенные выше пок з тели к честв являются ч стными. В жным является определение обобщенного пок з теля к честв процесс функциониров ния КА. К к упомин лось р нее, т ким пок з телем может выступ ть вероятность выполнения целевой з д чи, условия выполнения которой определяются выр жением (6).

С учетом (6) обобщенный пок з тель к честв процесс функциониров ния КА приним ет вид

$$P_{\text{КА}} = P\begin{pmatrix} (x_i(t) = 1) \cap (E_{\text{СЭС}}(t) > E^{\min}_{\text{СЭС}}) \cap (L_{\langle 6\rangle}(t) \in \{L_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial}) \cap \\ \cap (\alpha_{\langle 6\rangle}(t) \in \{\alpha_{\langle 6\rangle}(t)\}^{\partial}) \cap (T_{<l>}(t) \in \{T^{\partial}_{<l>}(t)\}) \cap (t \le t^{\partial}) \end{pmatrix}. \tag{7}$$



1 2018.indd 165 30.03.2018 11:50:36

В к честве основных интегр льных пок з телей к честв т кже выступ ют: м сс – $m_{КА}$, стоимость – $C_{КА}$ и срок ктивного существов ния – $t_{САС}$ КА.

Критериями оценив ния к честв созд в емого КА могут выступ ть:

– критерий пригодности (миним льно приемлемый уровень к честв )

$$P_{КА} \geq P_{КА}^{\min} \left| \begin{array}{l} m_{КА} \leq m_{КА}^{\max} \\ t_{САС} \geq t_{САС}^{\max} \\ C_{КА} \leq C_{КА}^{\max} \end{array} \right. , \quad (8)$$

– критерий оптим льности по вероятности выполнения целевой з д чи (м ксимум целевой функции)

$$P_{КА} = \max\{P_{КА}\} \left| \begin{array}{l} m_{КА} \leq m_{КА}^{\max} \\ t_{САС} \geq t_{САС}^{\max} \\ C_{КА} \leq C_{КА}^{\max} \end{array} \right. , \quad (9)$$

– критерий оптим льности по м ссе (минимум м ссы)

$$m_{КА} = \min\{m_{КА}\} \left| \begin{array}{l} P_{КА} \geq P_{КА}^{\min} \\ t_{САС} \geq t_{САС}^{\max} \\ C_{КА} \leq C_{КА}^{\max} \end{array} \right. , \quad (10)$$

– критерий оптим льности по стоимости (минимум стоимости)

$$C_{КА} = \min\{C_{КА}\} \left| \begin{array}{l} P_{КА} \geq P_{КА}^{\min} \\ t_{САС} \geq t_{САС}^{\max} \\ m_{КА} \leq m_{КА}^{\max} \end{array} \right. , \quad (11)$$

В выр жениях (8–11): $m_{КА}^{\max}$, $C_{КА}^{\max}$, $t_{САС}^{\max}$, $P_{КА}^{\min}$ – огр ничения, н кл дыв емые н основные пок з тели к честв КА.

## Заключение

Т ким обр зом, по результ т м проведенного исследов ния обоснов ны ведущие пок з тели и критерии оценив ния к честв унифициров нных космических пл тформ, которые целесообр зно приним ть в к честве исходных при обоснов нии требов ний к УКП.

Д нные пок з тели и критерии т кже необходимо учитыв ть при р зр ботке и уточнении моделей и методик для обоснов ния обобщённых требов ний к УКП для КА, т кже моделей перспективных КА н б зе УКП, процессов их функциониров ния, т кже методик подтверждения з явленных (прогнозируемых) х р ктеристик КА н р нних эт п х жизненного цикл .

С учётом пок з телей и критериев оценив ния к честв процесс функциониров ния КА н основе УКП выполняются последующие эт пы р зр ботки УКП:

– обоснов ние исходных структур УКП (всех возможных в ри нтов, н основе которых будет проводиться поиск);

– структурн я оптимиз ция – формиров ние н основе исходных структур одной или нескольких конкурирующих обобщенных структур УКП;

– совместное моделиров ние процессов функциониров ния космических систем, в интерес х которых созд ется КА и УКП, п р метрическ я оптимиз ция, поиск решения удовлетворяющего критерию оптим льности;

– н лиз полученных решений, возможностей д пт ции УКП, формиров ние номенкл туры УКП и н боров требов ний ним.

Все это позволит существенно уменьшить р сходы н проектиров ние и созд ние КА, сокр тить сроки р зр ботки, т кже улучшить их х р ктеристики, что положительно ск жется н к честве функциониров ния космической системы в целом.

## Литература

1. Петухов, Г. Б. Основы теории эффективности целен пр вленных процессов. Ч.1. Методология, методы, модели / Г.Б. Петухов. – МО СССР, 1989. – 660 с.

2. Чилин, Ю. Н. Исследов ние опер ций в сложных технических систем х. Т. 1 / Ю.Н. Чилин. – М.: МО РФ, 2002. – 309 с.

3. Абдур химов, А. А. Методологические основы обеспечения живучести космических пп р тов / А.А. Абдур химов, Д.В. Скворцов / Труды военно-космической к демии им. А. Ф. Мож йского. – 2013. – № 640. – С. 7–19.

4. Структур н учно-методического пп р т обоснов ния т ктико-технических требов ний к унифициров нным космическим пл тформ м / А.М. Денисов [и др.] // Информ ция и Космос. – 2017. – № 3. – С. 156–163.



1 2018.indd 166 30.03.2018 11:50:38

# ФИЛОСОФИЯ ИНФОРМАЦИИ

- Информация, энергия, материя
- Информационно-энергетическое поле
- Информационные аспекты культуры, нравственности и духовности
- Новое миропонимания

раздел

раздел

ФИЛОСОФИЯ

1 2018.indd 167 30.08.2018 11:50:40

# Информ ционный критерий р звития

## Informational criterion of development

**Аль-Ани / Al-Ani N.**
Намир Махди
(namr_ani@yahoo.com)
доктор философских наук, профессор.
г. Санкт-Петербург

Ключевые слов : отр жение – reflection; р звитие – development; информ ция – information; опереж ющее отр жение – advancing reflection; творчество – creation.

В р боте уточняется содерж ние понятия отр жения, р скрыв ется ди лектическ я связь принцип отр жения с принципом р звития и определяется информ ционн я сост вляющ я отр ж тельного процесс . В свете этого формируется предст вление об информ ционном критерии р звития и выявляется его зн чение для более декв тного решения вопрос о преемственности форм отр жения, включ я т к н зыв емое опереж ющее отр жение и его н ивысшую форму, к кой является свободное человеческое творчество.

The paper specifies contents of reflection concept, a dialectic link between reflection principle and development principle is disclosed, and informational constituent of reflection process is defined. In light of this, an idea about informational criterion of development is generated, and its significance is revealed to resolve the issue on succession of reflection forms more adequate including so-called advancing reflection, and its paramount form, which is free human creation.

Принцип р звития связ н ди лектическими отношениями вз имоисключения, вз имопол г ния и вз имопроникновения с принципом отр жения, который, будучи т ким же всеобщим принципом бытия, возводит отр жение в р нг бсолютно-всеобщего свойств м терии, всеобщего способ её существов ния, её трибут . В соответствии с этим отр жение ок зыв ется существенным свойством, х р ктеризующим все уровни структурной орг низ ции м терии и, ст ло быть, присущим всем без исключения явлениям действительности. В силу этого оно, естественно, не может быть предст влено в виде чего-то, относящегося исключительно только к прежним состояниям отдельных вещей, к их истории. Говоря ин че, отр жение есть не только «внутреннее» состояние вещей, ккумулирующее лишь их историю в к честве внутреннего содерж ния их прошлых вз имодействий со средой (т.е. друг с другом), к к это утвержд ется иногд в литер туре [см., н пример: 16, с. 5; 18, с.112–113; 19, с. 614]. Оно помимо того является чем-то существенно х р ктеризующим собой к к н стоящее, т к и будущее этих вещей. Поэтому в единой структуре отр ж тельного процесс необходимо, н мой взгляд, р злич ть три элемент : ) отр жение прежнего опыт (прошлого), б) отр жение непосредственно существующих условий (н стоящего) и, н конец, в) отр жение возможных изменений среды (возможного будущего). Пр вд , последний элемент следует поним ть условно в том смысле, в к ком я в другой своей р боте употребляю понятие «целев я причинность», под которой я поним ю относительную определяемость (детерминируемость) ст рого (прошлого) з ч точным новым (будущим) [см.: 1, с. 5].

Т ким обр зом, отр жение предст вляет собой не только ктивность уже ре лизов вшуюся, но вместе с тем оно есть ктивность ре лизующ яся. Другими слов ми, оно является т ким трибутивным свойством м терии, которое выр ж ет её субст нци льную ктивность к к непрерывное изменение, ст ло быть, и к к постоянное р звитие; в этом пл не р звитие выступ ет основным содерж нием, сущностью или непосредственной основой (предпосылкой) отр жения. Вот собственно почему в процессе «жизнедеятельности», т.е. функциониров ния и изменения р зличных явлений ре льного мир их прежняя ктивность не исчез ет бесследно, н оборот, ккумулируется в виде их внутреннего «отр ж тельного опыт ». Более того, именно н б зе д нного опыт , ккумулирующего результ ты прежних вз имодействий этих явлений, может формиров ться впоследствии их будущ я ктивность в виде их всевозможных ре кций н соответствующие изменения условий их существов ния. Поэтому трудно согл ситься с теми философ ми, которые р ссм трив ют отр жение только к к бстр ктную способность вещей отвеч ть н внешнее воздействие и тем с мым явно обедняют его ре льное, более бог тое содерж ние



1 2018.indd 168 30.03.2018 11:50:40

[см., н пример: 5, с. 32; 12, с. 94; 13, с. 79; 4, с. 9]. Некорректно, н мой взгляд, и другое, дост точно р спростр нённое в литер туре поним ние отр жения, в соответствии с которым последнее определяется к к т кое вз имодействие между двумя вещ ми, при котором свойств и особенности одной из них (отобр ж емого) воспроизводятся в соответствующих свойств х и особенностях другой вещи (отобр ж ющего) [см., н пример: 15, с. 315; 14, с. 131, 133; 11, с. 154; 22, с. 27; 17, с. 129]. Т кое поним ние отр жения совсем не учитыв ет обр тного влияния отобр ж ющего н отобр ж емое и поэтому вз имоотношение между этими двумя полярностями оно сводит по существу к одностороннему воздействию второго н первое. Между тем в отр ж тельном процессе имеет место не только определяющее влияние отобр ж емого н отобр ж ющее, но и обр тное ктивное воздействие отобр ж ющего н отобр ж емое. Иными слов ми, между д нными полярностями существует не одностороннее действие, бог тое ди лектическое вз имодействие, в котором отобр ж емое является первичным лишь в конечном счёте. Ввиду этого противопост вление отобр ж емого и отобр ж ющего друг другу может быть бсолютным лишь тогд , когд они берутся вне их дин мики, вне их процессу льности к к мертвые (неподвижные) моменты связи. Одн ко, к к стороны живого ди лектического вз имодействия, к к полярные моменты отр ж тельного процесс , они могут быть противопост влены друг другу только в относительном смысле. Это т к, потому что вз имоисключение отобр ж емого и отобр ж ющего друг другом одновременно обусловлено к к их вз имопол г нием, т к и их вз имопроникновением друг в друг . Вз имопол г ние д нных противоположностей друг другом в с мом общем виде выр ж ется в том, что отобр ж ющее не может существов ть без отобр ж емого и нез висимо от него, точно т к же, к к и это последнее может приобрести свой ст тус или определённость в к честве отобр ж емого лишь при н личии отобр ж ющего и бл год ря ему. Что же к с ется вз имопроникновения между ними, то оно имеет своим непосредственным основ нием их вз имопол г ние, т.е. то обстоятельство, что к жд я из них может ст ть с мой собой лишь постольку, поскольку оно вместе с тем ок зыв ется и «своей другой». Ведь именно бл год ря д нному обстоятельству отобр ж емое и отобр ж ющее в своём ди лектическом вз имодействии могут свободно переходить друг в друг . Т к, прямое воздействие отобр ж емого н отобр ж ющее к к одну из существенных сост вляющих отр ж тельного процесс предст вляет собой по существу не что иное, к к имм нентный переход первого во второе. В предел х д нного воздействия отобр ж емое с мо себя пол г ет, т ким обр зом, к к отобр ж ющее, к к бы непосредственно обр щ ясь в него. Между тем н уровне обр тного воздействия отобр ж ющего н отобр ж емое происходит обр тное превр щение первого в последнее. В д нном случ е отобр ж ющее с мо к к бы ст новится отобр ж емым.

При попытке более конкретно р скрыть общее содерж ние (мех низм) отр ж тельного процесс к к ди лектического вз имодействия между отобр ж емым и отобр ж ющим можно, н мой взгляд, выделить две следующие вз имодополняющие друг друг всеобщие з кономерности отр жения. Перв я из них состоит во внутреннем «усвоении» отобр ж ющим веществ , энергии и информ ции, поступ ющих от отобр ж емого. Иными слов ми, д нн я з кономерность выр ж ется в превр щении внешнего во внутреннее. В ходе её ре лиз ции отобр ж ющее выступ ет не к к простое копирующее средство, т.е. не к к гол я стр д тельность, не к к бсолютн я п ссивность, к к вполне ктивное н ч ло. При этом ктивность отобр ж ющего проявляется двояко: ) к к кт его с моусвоения веществ , энергии и информ ции отобр ж емого, и б) к к кт его обр тного воздействия н это последнее. Если в первом кте проявляется, к к было отмечено, перв я з кономерность отр ж тельного процесс , то во втором кте получ ет своё выр жение втор я з кономерность этого процесс . Следов тельно, втор я з кономерность процесс отр жения состоит в превр щении внутреннего во внешнее.

Ит к, отр жение непременно должно сним ть в себя всё бог тство ди лектики внешнего и внутреннего и, ст ло быть, включ ть в себя в к честве собственных моментов к к превр щение внешнего во внутреннее, т к и обр щение внутреннего во внешнее. И только бл год ря этому непрерывному вз имопроникновения внутреннего и внешнего друг в друг конкретные вещи могут обог тить содерж ние своего отр ж тельного опыт , р сширить свои отр ж тельные возможности, и тем с мым перейти из одной формы своего существов ния в принципи льно иную и т ким обр зом р звив ться. Отсюд следует, что отр жение непременно являет собой сущность р звития к к вз имного имм нентного переход внешнего во внутреннее и обр тно, или, что одно и то же, р звитие выступ ет непосредственным результ том отр жения к к ди лектического вз имодействия между внешним и внутренним.

Из ск з нного явствует т кже, что р зличные формы или степени ктивности конкретных вещей предпол г ют соответствующие уровни р звития их отр ж тельного опыт , содерж ния и возможностей их отр ж тельной способностей. Поэтому степень с мо ктивности любой вещи к к форм выр жения её отр ж тельных возможностей непременно является пок з телем и, ст ло быть, служит критерием её р звития. И в с мом деле, чем выше д нн я степень, тем более р звит соответствующ я вещь, и н оборот. Одн ко поскольку в жнейшим моментом отр ж тельного опыт выступ ет его информ ционн я ёмкость



1 2018.indd 169 30.03.2018 11:50:40

или информ ционное содерж ние, постольку же можно и нужно говорить об информ ционном (или отр ж - тельно-информ ционном) критерии р звития.

В понятие информ ции обычно вкл дыв ется д леко не однозн чный смысл и содерж ние. Н р зличных тр ктовк х д нного понятия я ост новился в своей ст тье «Смысл и содерж ние понятия информ ции» [см.: 2]. Что же к с ется меня, то, р ссм трив я информ цию к к существенную х р ктеристику бытия м терии, её в жнейшее свойство или трибут, более конкретно определяю её к к ккумулиров нные в вещи результ ты её вз имодействий со средой (с другими вещ ми) в виде её отр ж тельного опыт . И, естественно, поэтому, чем бог че д нный опыт и, соответственно, чем больше информ цией р спол г ет вещь, тем больше с мостоятельности от внешних условий её существов ния (среды) он обл д ет. Ввиду этого информ цию я р ссм трив ю к к меру нез висимости вещи от условий среды [см.: 3, с. 27].

Одн ко чем выше степень относительной с мостоятельности и нез висимости вещи от условий её среды, тем выше степень её р звития. И в с мом деле, более р звит я вещь непременно обл д ет большей нез висимостью от условий её существов ния. И поскольку информ ция выступ ет мерой д нной нез висимости, постольку именно он выр ж ет собой степень р звитости вещи. Следов тельно, чем больше информ ции обл д ет вещь, тем выше он стоит в своём р звитии. И это именно т к ввиду того, что р звив ющ яся вещь предст вляет собой систему открытую, в которую вместе с веществом и энергией из внешней среды поступ ет и отриц тельн я энтропия (негэнтропия). А эт последняя, к к ук зыв л в своё время Л. Брюллюэнь, есть количественное выр жение информ ции [см.: 9, с. 201]. В связи с этим предст вляется некорректной точк зрения некоторых второв, р ссм трив ющ я з кон возр ст ния энтропии к к естественнон учное обосн ние принцип р звития [см., н пример: 20, с. 225; 6, с. 94]. Второе н ч ло термодин мики в принципе не может быть дост точным основ нием ни р звития отдельных вещей, ни р звития м терии в целом. Дело в том, что оно в к честве физической з кономерности присуще з мкнутым систем м, между тем к к р звив - ющиеся вещи предст вляют собой, к к было отмечено, системы открытые. Что же к с ется м терии в целом, то к ней к к системе бесконечной неприменимы понятия «открытость» и «з мкнутость». М терия р звив ется исключительно з счёт своих собственных внутренних ресурсов и возможностей. Поэтому её р звитие является подлинным с мор звитием.

Ит к, р звив ющ яся вещь хотя и включ ет в себя к к физический объект энтропийный момент, одн ко не сводится к нему. Он сним ет в себя д нный момент лишь постольку, поскольку обл д ет относительной с мостоятельностью (нез висимостью), проявляющейся, в ч стности, в форме относительной физической з мкнутости. Одн ко он вместе с тем есть систем открыт я и в к честве т ковой сним ет в себя и негэнтропийный момент. Уточняя теперь системный ст тус р звив - ющейся вещи, можно определять её к к з мкнуто-открытую систему. Исходя из этого, можно з ключить, что р звитие отдельных вещей (относительно лок льных систем) предст вляет собой результ т вз имодействия энтропии и негэнтропии. Оно, т ким обр зом, обл д ет внутренне противоречивой природой и в д нном отношении. Поэтому предст вляется совсем несостоятельной попытк некоторых второв использов ть в духе Герм н Гельмгольц термодин мический з прет для обосн ния принципи льной невозможности появления живого из неживого [см., н пример: 21, с. 18]. Превр щение неживого в живое к к процесс, н руш ющий термодин мический з прет, ок зыв ется в принципе возможным именно бл год ря негэнтропийному (информ ционному) спекту р звития. Более того, оно происходит н том уровне эволюции неживой м терии, когд достиг ется т степень в н коплении информ ции и р звития отр ж тельного процесс в целом, котор я необходим для появления биологической формы отр жения. В свете этого, можно пол г ть, что люб я из основных форм движения или отр жения м терии связ н с соответствующей степенью н копления информ ции, т.е. ей присущ определённ я информ ционн я ёмкость.

Исходя из ск з нного, можно прийти к выводу, что уровень негэнтропии, или ин че, количество (и к чество) ккумулиров нной в вещи информ ции служит пок з телем её отр ж тельных возможностей (способностей), ст ло быть, и критерием её р звития. При этом возр ст ние негэнтропии вещи и, следов тельно, р сширение её отр ж тельных возможностей непременно озн ч ет повышение степени её относительной нез висимости и с мо ктивности во вз имодействии со средой и, т ким обр зом, ок зыв ется существенными призн ком (пок з телем) её прогрессивного р звития. Между тем к к обр тное уменьшение негэнтропии вещи и, соответственно, сужение её отр ж тельного опыт (информ ционного содерж ния) непременно ведут к снижению её с мо ктивности и увеличению её з висимости от условий среды и потому служ т пок з - телем господств регресс в её р звитии.

Ит к, н основе н копленного в вещи количеств информ ции можно судить о степени её р звития. Говоря более определённо, чем большей и р зноо бр зной информ цией обл д ет вещь, тем он более р звит , и, н оборот, чем меньшей и бедной информ цией он р спол г ет, тем он менее р звит .

С помощью т кого информ ционного критерия р звития уд стся более декв тно, к к предст вляется, реш ть и вопрос о преемственности форм отр - жения, зн чит, и лучше понять природу и объективную основу т к н зыв емого опереж ющего отр - жения. Опереж ющее отр жение не есть, н мой взгляд, нечто исключительно присущее только человеку или живому существу вообще. Оно к к возможн я ре кция



1 2018.indd 170 30.03.2018 11:50:41

н изменение условий среды, н с мом деле, свойственно любому явлению действительности. Дело в том, что опереж ющее отр жение по с мой своей сути не может быть нечем иным, к к в жнейшей и всеобщей формой выр жения и воплощения относительной нез - висимости, ст ло быть, и с мо ктивности отобр ж - ющего (вещи) по отношению к отобр ж емому (среде). Следов тельно, именно относительн я втономность отобр ж ющего и его с мо ктивность и сост вляют собой объективное основ ние и содерж ние опереж - ющего отр жения к к необходимого момент любого отр ж тельного процесс . Только т кой подход, н мой взгляд, может выявить объективные, имеющие место, к к в живой природе, т к и в неорг ническом мире н логи и предпосылки созн тельного целепол г ния к к исключительно соци льного феномен и тем с мым полностью исключить элементы явного или скрытого телеологизм из процесс р звития вообще и эволюции форм отр жения в ч стности. Более того, именно он позволяет объяснить любое состояние р звив ющейся вещи не только её прошлым, но и её возможным будущим, её «с мооориент цией» н это будущее, в смысле упомянутой выше «целевой» детермин ции, и т ким обр зом исключить ф т листическую связь между предыдущим (прошлым) и последующим (н стоящим) в р звитии.

Т ким обр зом, можно пол г ть, что в любом конкретном отр ж тельном процессе непременно должен н личествов ть опереж ющий момент в вышеук з нном смысле. Одн ко, будучи т кой всеобщей формой выр жения втономности и с мо ктивности конкретных вещей в их вз имодействиях друг с другом (со средой), опереж ющее отр жение н р зличных уровнях структурной орг низ ции м терии проявляется по-р зному. В первом приближении можно было бы, н мой взгляд, выделить три основных формы опереж ющего отр жения (или, что то же с мое, опереж - ющего момент отр ж тельного процесс ): ) вероятностн я ре ктивность неорг нического тел (неживого объект ), б) целесообр зн я ктивность живого орг низм и в) целепол г ющ я и целеустремлённ я деятельность отдельного человек , человеческого коллектив и социум в целом.

Под вероятностной ре ктивностью неорг нического тел я поним ю его возможную ре кцию н любое будущее (возможное) изменение среды, котор я объективно б зируется н небольшом н боре по сути дел р вновероятных его возможностей. Он , следов тельно, является выр жением и воплощением ср внительно узкого отр ж тельного опыт неорг нического тел , зн чит, и низкого уровня его негэнтропии, его бедного информ ционного содерж ния. И тем не менее вероятностн я ре ктивность неорг нического тел , особенно н н дмех нических уровнях структурной орг низ ции неорг нической формы существов ния м терии, быв ет иногд дост точно р зрушительным для среды ф ктором.

Н биологическом уровне структурной орг низ ции м терии достиг ется принципи льно нов я ступень в н коплении и использов нии информ ции и р звитии отр ж тельного мех низм вообще и опереж ющего отр жения в ч стности. Бл год ря более высокому уровню негэнтропии у живого орг низм появляется более широкий ди п зон возможностей (в том числе и отр ж тельных), и следов тельно, более высокое число «степеней свободы». В силу этого орг низм может выступ ть и действительно выступ ет по отношению к условиям своего существов ния (к своей среде) гор здо более с мостоятельно и ктивно, нежели неорг ническое тело. Существенное возр ст ние с мо ктивности живого орг низм по ср внению с ре ктивностью неорг нического тел явно прослежив ется и проявляется в том, что его обр тное воздействие в к честве отобр - ж ющего н среду к к отобр ж емое осуществляется, к к пр вило, в виде его хотя и бессозн тельной, но всё же целесообр зной ре кции, посредством которой он к к бы преодолев ет среду. Это зн чит, что орг - низм дост точно ктивно приспос блив ется к своей среде, поскольку он «избир тельно» с моусв ив ет соответствующие, необходимые для его жизнедеятельности условия. Поэтому следует призн ть спр ведливым з меч ние Н. А. Бернштейн , что «в противовес... предст влениям о ст тичной п ссивности орг низм современн я физиология ктивности выдвиг ет существенно иной тезис: жизнедеятельность и поведение орг низм обусловлив ется не ур вновешив нием со средой, преодолением среды в своем движении по пути жизни» [8, с. 72]. И в с мом деле, любой орг низм может эволюциониров ть, лишь непрерывно выходя з пределы своего прошлого д птивного опыт и, ст ло быть, лишь постоянно преодолев я свою среду.

И всё же высшей формой выр жения и ре лиз ции опереж ющего отр жения ост ётся при всем этом именно целепол г ющ я и целен пр вленн я человеческ я деятельность. Это зн чит, что целепол г ние к к вполне созн тельное преодоление среды является исключительно человеческим к чеством, сугубо соци- льным феноменом. Исходя из этого, вряд ли можно счит ть пр вомерным то р сширительное толков ние целепол г ния, получившее в своё время некоторое р спростр нение литер туре в связи с успех ми биокибернетики, толков ние, согл сно которому помимо имеющей место у человек иде льной, созн тельной цели, выделяется ещё нек я м тери льн я цель, свойственн я к к человеку, т к и ост льным живым существ м, или точнее, всем кибернетическим систем м [см., н пример: 7, с. 352, 354]. Н с мом же деле, в досоци- льной действительности существуют и могут существов ть лишь объективные предпосылки или н логи целепол г ния, к ковыми к к р з и выступ ют досоци- льные формы опереж ющего отр жения, о которых шл речь выше.

Н уровне целепол г ния и целеустремлённой человеческой деятельности не просто существенно увели-



1 2018.indd 171 30.03.2018 11:50:41

чив ется количество употребляемой информ ции, но и впервые появляется возможность её созн тельного использов ния. Более того, перер ботк , хр нение и перед ч информ ции к к в жные моменты отр - ж тельного процесс н высшем эт пе его р звёртыв ния т кже ст новятся, к к пр вило, созн тельными кт ми. И в с мом деле, в своей р знообр зной деятельности человек не только стремится созн тельно применять отдельные спекты ккумулиров нной в опыте человечеств информ ции для решения тех или иных конкретных з д ч и ре лиз ции определённых целей, но и созн тельно перер б тыв ть информ цию и сохр нять её в доступных для д льнейшего использов ния и перед чи форм х. Т к, впервые информ - ционный процесс к к в жнейш я сост вляющ я отр - ж тельного процесс ст новится созн тельным ктом.

Ит к, высшей формой опереж ющего отр жения выступ ет именно человеческ я целеустремлённ я ктивность, целью которой является более или менее созн тельное преобр зов ние окруж ющей действительности (среды) и приведение её в соответствии с постоянно р стущими человеческими потребностями. Ведь мир в его первозд нном виде не устр ив ет человек полностью, и поэтому человек вынужден внести в него определённые изменения и тем с мым привести его в соответствии со своими интерес ми. Одн ко мир может быть изменён и преобр зов н только согл сно действующим в нём з кономерностям. Поэтому человек (общество) может усв ив ть его и «сним ть р вн душие природы» (К. М ркс), т.е. изменить, преобр - зовыв ть мир, лишь позн в я д нные з кономерности и строго действуя сообр зно им. Позн ние мир ст новится т ким обр зом в жнейшим условием (предпосылкой) его более или менее р дик льного преобр зов ния. Отсюд следует в жнейший вывод, что человек может «свободно» творить только сообр зно природе и в полном согл сии с внутренней логикой (внутренними з кон ми) её собственного функциониров ния и р звития. Говоря ин че, свобод человек и в д нном отношении ок зыв ется огр ниченной в конечном счёте строгими р мк ми действующих в природе з конов.

В свете ск з нного можно з ключить, что свободное человеческое творчество по сути своей выступ ет не чем иным, к к более или менее осозн нным воспроизведением и продолжением стихийно протек ющего процесс р звития сущего. Иными слов ми, оно к к н ивысшее проявление и воплощение опереж ющего отр жения, предст вляет собой высший способ выр жения и ре лиз ции процесс р звития м терии. Следов тельно, можно ск з ть, что в творческой ктивности человек и человеческого обществ (подлинного субъект или созн тельного существ вообще) м терия к к бы приходит к с мопозн нию, к осозн нию своей собственной сущности к к с мор звив ющейся субст нции. Ввиду этого под свободным творчеством следует поним ть не любую деятельность, имеющей своей целью созд ние нового, к к это ч сто утверж- д ется в литер туре [см., н пример:10, с. 185], лишь предметную человеческую деятельность по созд нию нового сообр зно объективному процессу р звития с мой действительности и, ст ло быть, н б зе более или менее моделиров ния д нного процесс с интуитивным извлечением из него тех возможностей, которые не были ещё ре лизов ны. Ведь мир пребыв ет в бесконечном процессе р звития, и поэтому он никогд не достигнет своего з вершения и, ст ло быть, не примет своей оконч тельной, з вершённой формы. Отсюд следует, что р звитие м терии всегд т ит в себе возможности, которые не успели ещё осуществляться. И именно эти не успевшие ещё ре лизов ться возможности и служ т, н мой взгляд, объективной основой, объективным источником человеческого творчеств . И естественно для ре лиз ции т ких возможностей человеку требуются, и им используется гор здо большей информ ции, нежели в его обычной деятельности. Поэтому можно пол г ть, что свободное творчество обл д ет гор здо большей информ ционной ёмкостью по ср внению с любым другим видом человеческой ктивности.

Ит к, в творческой человеческой деятельности переход ст рого в новое происходит не стихийно, созн тельно, т.е. осуществляется к к созн тельное превр щение человеком первого во второе. Подчёркив я это, необходимо, одн ко, сдел ть дв з меч ния. Во-первых, осозн нный х р ктер р звития, ре лизуемого к к свободное творчество, не следует поним ть в букв льном смысле, т.е. бсолютно. Дело в том, что человек, постиг я общую логику р звития сущего, всегд может прогнозиров ть и, следов тельно, моделиров ть лишь гл вный, т к ск з ть, м гистр льный ход событий, без того, чтобы быть в состоянии точно предвидеть и определить з р нее все ч стности и дет ли д нного процесс . Поэтому сколько бы ни увеличив лся «удельный весь» созн тельного компонент в свободном человеческом (или общественном) творчестве, всё же сохр нится известный элемент стихийности в этом процессе. Во-вторых, осозн нный х р ктер р звития, осуществляемого к к свободное творчество, ничуть не ум ляет объективного содерж ния творческого процесс . Ведь, к к уже подчёркив лось, творческ я человеческ я деятельность есть по своей сущности выр - жение (воспроизведение и продолжение) объективного процесс р звития сущего (м терии). И в этом ничего удивительного нет, поскольку человек с м предст вляет собой м тери льное существо, ч стицу природы, и в к честве т ковой он во всех своих действиях, во всех проявлениях своей ктивности подчинён, в конечном счёте, её объективным з кон м.

Обобщ я всё вышеск з нное, можно прийти к следующим з ключениям. Во-первых, информ ционный процесс выступ ет в жнейшей сост вляющей р звития сущего. Во-вторых, поэтому можно и нужно р злич ть информ ционный критерий р звития, согл сно которому количество и к чество информ ции,



1 2018.indd 172 30.03.2018 11:50:41

к ковой обл д ет вещь, ст новятся пок з телем её р звития, т.е. х р ктеристикой, определяющей собой степень её р звитости. В-третьих, чем больше и р знообр знее информ ции, которую р спол г ет р звив ющ яся вещь, тем быстрее протек ет её р звития. Следов тельно, чем шире и бог че информ ционной сост вляющей процесс р звития, тем высшее его темпы. В-четвёртых, н уровне соци льной формы движения м терии информ ционный процесс к к спект р звития человек и обществ впервые приобрет ет более или менее осозн нный х р ктер. Д нное обстоятельство весьм бл гоприятно ск зыв ется н х р ктере протек ния соци льных процессов. Оно в ч стности способствует существенному увеличению темпов общественно-исторического р звития по ср внению с темп ми р звития м терии н досоци льных уровнях её структурной орг низ ции, в том числе и н биологическом уровне этой последней.

## Литература


1. Аль-Ани, Н. М. О целевой причине, или о том, может ли «будущее» влиять н «н стоящее» / Н.М. Аль-Ани // Н учно-технический вестник информ ционных технологий, мех ники и оптики. – 2006. – № 24. – С. 3–8.

2. Аль-Ани, Н. М. Смысл и содерж ние понятия информ ции / Н.М. Аль-Ани // Информ ция и Космос. – 2017. – № 3. – С. 164–170.

3. Аль-Ани, Н. М. М тери листическ я ди лектик к к всеобщ я теория р звития : вторeф. дис. ... докт. философ. н ук : 09.00.01 / Н.М. Аль-Ани. – Л., 1983. – 42 с.

4. Антонов, Н. П. Происхождение и сущность созн ния / Н.П. Антонов. – Ив ново, 1959. – 372 с.

5. Астр тян, Е. А. М ркситско-ленинск я теория отр жения и учение И.П. П влов о высшей нервной деятельности / Е.А. Астр тян // Вопросы философии. – 1955. – № 5. – С. 31–42.

6. Б женов, Л. Б. Эолюция м терии ее структурные уровни / Л.Б. Б женов, В.И. Кремянский, Н.И. Степ нов // Вопросы философии. –1981. – № 2. – С. 92–103.

7. Берг, А. И. Кибернетик и прогресс н уки и техники / А.И. Берг, Б.В. Бирюков // Ленин и современное естествозн ние. – М., 1969. – С. 341–371.

8. Бернштейн, Н. А. Н путях к биологии ктивности / Н.А. Бернштейн // Вопросы философии. – 1963. – № 8. – С. 72–82.

9. Бриллюэн, Л. Н ук и теория информ ции. / Л. Бриллюэн. – М. Физм тизд т, 1960. — 391 с.

10. Г йденко, В. Творчество / В. Г йденко // Философск я энциклопедия. Т. 5. – М., 1970. – С. 185.

11. Жуков, Н. И. Информ ция в свете ленинской теории отр жения / Н.И. Жуков // Вопросы философии. – 1963. – № 11. – С. 153–161.

12. Л дыгин -Котс, Н. Н. Р звитие форм отр жения в процессе эволюции орг низмов / Н.Н. Л дыгин -Котс // Вопросы философии. – 1956. – № 4. – С. 94–103.

13. Л пшин, В. О. М тери листическ я теория отр жения и учение о р звитии м терии / В.О. Л пшин // Вопросы философии. – 1958. – № 5. – С. 78–87.

14. Кремянский, В. И. Типы отр жения к к свойств м терии / В.И. Кремянский // Вопросы философии. – 1963. – № 8. – С. 131–142.

15. Корнфорт, М. Ди лектический м тери лизм / М. Корнфорт. – М., Изд-во иностр нной литер туры, 1959. – 498 с.

16. Медведев, Н. Б. М ркситско-ленинск я теория отр жения и учение И.П. П влов о высшей нервной деятельности / Н.Б. Медведев. – М., 1954. – 230 с.

17. Мелюхин, С. Т. М терия в ее единстве, бесконечности и р звитии / С.Т. Мелюхин. – М.,: Мысль, 1966. – 383 с.

18. Орлов, В. В. Ди лектический м тери лизм и психофизиологическ я проблем / В.В. Орлов. – Пермь, 1960. – 208 с.

19. П влов, Т. Теория отр жения. Основные вопросы ди лектико-м тери листической теории позн ния / Т. П влов // Избр нные философские произведения. Т. 3 / Т. П влов. –. М.; Изд-во иностр нной литер туры, 1962. – 827 с.

20. Ст нюкович, К. П. К вопросу о термодин мике Вселенной / К.П. Ст нюкович // Труды VI Совещ ния по вопрос м космологии АН СССР. – М.: Н ук , 1959. – 463 с.

21. Тринч р, К. С. Биология и информ ция / К.С. Тринч р. – М.: Н ук , 1964. – 100 с.

22. Укр инцев, Б. С. Об объективных критериях и м тери льной основе форм отр жения / Б.С. Укр инцев, Г.В. Пл тонов // Вопросы философии. – 1964. – № 10. – С. 27–38.




1 2018.indd 173 30.03.2018 11:50:41

# Зн чение философского зн ния для н уки

## Philosophy knowledge value for science

**Новиков / Novikova T.**
Тамара Михайловна
(tamara_novikova@mail.ru)
кандидат философских наук, доцент.
ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», доцент кафедры № 517 «Философия».
г. Москва

Ключевые слов : философия – philosophy; вечное зн ние – eternal knowledge; мудрость – wisdom; человек – human; культур – culture; н ук – science.

Р ссм трив ются особенности философского зн ния – мудрости. Это зн ние вошло в культуру человечеств . Пл тон был первым, кто з пис л это зн ние в символическом виде. Ан лизируется влияние Аристотеля н историческое р звитие н уки. Н зв ны возможности вз имодействия философского зн ния и н уки будущего.

Some features of philosophical knowledge i.e. wisdom are considered. This knowledge entered the human culture. Plato was the first one who recorded this knowledge in a symbolic form. Aristotle' impact on historical development of science is analized. Possibilities of interaction between philosophical knowledge and future science are named.

*«Ученик – это не сосуд,*
*который н до н полнить,*
*ф кел, который н до з жечь».*
*Пиф гор*

*«… не созн тельн я жизнь приводит*
*к бл гополучию и сч стью*
*и не все н уки, сколько их есть,*
*но лишь одн эт ,*
*единственн я н ук – о добре и зле»*
*[1. Т. 1. «Х рмид», с. 369].*

В VI веке до н.э. философ Древней Греции Пиф гор ввел дв в жных для человечеств понятия – «космос» и «философия». Понятие «космос» он определил к к нечто целое, состоящее из г рмонично вз имосвяз нных ч стей. В современном поним нии понятия «космос» и «вселенн я» тождественны. Понятие «философия» содержит в себе дв слог – корня: корень «фил» от слов «филео», что с греческого озн ч ет «любовь», «любить» и корень «соф» от слов «софия» озн ч ет «мудрость». Под «мудростью» Пиф гор поним л «зн ние».

Введение Пиф гором, побыв вшего в Древней Индии, понятия «философия» предл г ет современному человечеству з дум ться, что у него есть две основопол г ющие сферы деятельности, через которые можно добыв ть зн ние о космосе – вселенной. Этими сфер ми деятельности являются философия и н ук .

Р звитию этих двух сфер деятельности человек мы обяз ны другим философ м Древней Греции – Пл тону и Аристотелю. Пл тон, к к и его учитель – Сокр т, был мудрецом. Мудрец ми н зыв ют тех, кто позн л имеющееся в готовом виде зн ние о свойств х, сущностях, з кон х р звития природы и человек , общий пл н их космической эволюции. Это зн ние природного происхождения. Человек и природ – носители этого зн ния. Человек беременен зн нием, беременен духовно, пишет Пл тон [1. Т. 2. «Теэтет», с. 274; «Пир», с. 116, 119]. Или – «… зн ния он н йдет в с мом себе» [1. Т. 1. «Менон», с. 595]. Поэтому смыслом жизни чело-



1 2018.indd 174 30.03.2018 11:50:42

век ст новится сокр товское «Позн й с мого себя» [1. Т. 1. «Алкиви д I», с. 259, 262]. «...природ н ш требует р зрешения от бремени» [1. Т. 2. «Пир», с. 117].

Это же утвержд ет и христи нство. «... мы все имеем зн ние», «... кто любит Бог , тому д но зн ние от Него» (Первое Посл ние к Коринфян м Св. Апостол П вл . Гл. 8. 1, 3). «... с мих себя исследыв йте» (Второе Посл ние к Коринфян м Св. Апостол П вл . Гл. 13. 5).

В Древней Индии, к к и в Древней Греции люди зн ли, к к можно позн ть это зн ние. Будд (около тридц ти лет) ок зыв ется глубоко потрясенным впервые увиденной истинной жизнью людей, н личием в ней нищеты, голод , бедности, болезней, смерти, одним словом – стр д ний. Он покид ет дворец и идет к скет м, которые созн тельно выбир ли себе обр з жизни, огр ничив ющий удовлетворение физических потребностей человек . Т кой обр з жизни р ссл - бляет физические связи в теле и д ет возможность пробиться н ружу духовным особенностям в человеке. Ведь по Пл тону: «тело – могильн я плит для души» [1. Т. 1. «Кр тил», с. 634]. Будде – принцу по происхождению, было сложно жить среди скетов. Он уходит от них и реш ет для себя, что он с м должен достигнуть состояния с мопозн ния – просветления через меди- т цию, предпол г ющую скетическое состояние тел .

И в Древней Греции, к к пишет Пл тон, открыто (то есть, люди об этом зн ли) проходили дв р з в год (весенние и осенние) мистерии [1. Т. 1. С. 807]. Через них подготовленные ученики проходили процесс с мопозн ния, приобрет ли зн ние – мудрость и ст новились мудрец ми. Мудрецы жили и живут во всех век х истории.

Пл тон прошел процесс с мопозн ния в возр сте 49 лет (всего он прожил 80 лет) в одной из пир мид Египт . Посвященные через мистерии д в ли клятву о невыд че н прямую полученного зн ния. Пл тон был первым, кто з пис л это зн ние в своих сочинениях в символическом виде, выбр в для его з писи форму ди логов.

С мопозн ние человек связ но с позн нием первого уровня своей сущности – души – дух (у Пл тон , этот уровень – бл го), с которого н чин ется космическ я эволюция человек и природы (они р звив - ются коэволюционно, п р ллельно, во вз имосвязи, и человек ст новится микрокосмом). Н этот первый уровень р звития мет физического, духовного мир (мир природных сущностей) переходит зн ние о будущей вселенной из вечной причины ее происхождения («Д о есть Путь»). Этот уровень «причудливым обр зом» связ н с причиной возникновения вселенной [1. Т. 2. «Софист», с. 306]. Он будет божественным, будет содерж ть в себе зн ние о будущей вселенной и он «не есть жизнь» [1. Т. 3. «Госуд рство», с. 291]. Этот уровень будет пронизыв ть все д лее н рожд ющееся и ст нет сущностью, один ковой во всем.

Т ким обр зом, философия имеет дело с позн нием вечного бытия [1. Т. 3. «Госуд рство», с. 310] и говорит он всегд одно и то же [1. Т. 1. «Горгий», с. 521]. Для философии гл вной является бсолютн я истин , то есть т кое зн ние, которое не изменяется со временем. Это зн ние и есть т мудрость, к позн нию которой призыв л Пиф гор. А Пл тон з метил: «... возникло то, что н зыв ется философией и лучше чего не было и не будет под рк смертному роду от богов» [1. Т. 3. «Тимей», с. 449–450].

*

Философское зн ние – мудрость пронизыв ет всю исторически р звившуюся культуру человечеств , то есть оно вошло в историю философии, религии, искусств [2] и н уки. Это подтвержд ет с м история.

Об истории философии говорит П. А. Флоренский: «... по кр йней мере половин философии, и притом половин прекр снейш я, связыв ется с именем Пл тон » [3. С. 68].

В Средневековье (V–XIV вв.) ре лизовыв л сь идея синтез философии и религии в лице Августин Аврелия (Бл женного, V в.), соединившего философию Пл тон с р нним христи нством (п тристик ) и в лице Фомы Аквинского (XIII в.), соединившего сн ч л философию Аристотеля с к толицизмом (схол стик ), к концу жизни, получив откровение, перешедшего н философские идеи Пл тон . В период Ренесс нс (XV–XVI вв.), когд возрожд лись идеи Сокр т –Пл тон , осуществлялся синтез философии и искусств (Фичино, К мп нелл , Дж. Бруно, Д нте, Леон рдо д Винчи, Р ф эль; Н. Куз нский, А. Дюрер). В Новое время (XVII в.–перв. пол. XVIII в.) – идея синтез философии и н уки. Ф. Бэкон и Р. Дек рт р зр б тыв ли общен - учные методы позн ния.

Гегель и Шеллинг утвержд ли тенденцию сближения философии, религии и искусств . При этом Гегель з метил: «... религия ... может существов ть без философии, но философия не может существов ть без религии ...» [4. С. 66]. Следует отметить, что религия говорит лишь об одном мире – мет физическом, духовном, философия изуч ет и мет физический, и феномен льный миры.

Д лее. В. С. Соловьев предст влял цельное зн ние, к к синтез н уки, философии и религии. В. И. Верн дский воплощ л синтез н уки, философии, религии и искусств . П. Т. де Ш рден – синтез н уки и религии.

В XX веке появил сь нов я н ук – синергетик , утвержд ющ я тенденцию сближения естественных и соци льно-гум нит рных н ук. А в н ч ле XXI век в России ст л ктивно проводится идея: счит ть основой р звития обществ не столько экономику, – духовную культуру. В структуру последней входят т кие виды деятельности, к к философия, религия и искусство. 2014 год в России был объявлен Годом Культуры; 2015 год – Годом Литер туры; 2016 год – Годом Кино.

О н уке н до ск з ть особо. Он , р звив ясь, постоянно имеет дело с относительными истин ми. Сегодня в истории и философии н уки н зыв ют три период ее р звития: кл ссический, некл ссический и постне-



1 2018.indd 175 30.03.2018 11:50:42

кл ссический. I период – это прибл. XVII век; основные предст вители: Г лилей, Ф. Бэкон, Р. Дек рт, И. Ньютон, Лейбниц; н учн я к ртин мир – мех нистическ я, человек в ней не р ссм трив ется. II период – кон. XIX – н ч. XX век ; основные предст вители: М. Пл нк, Н. Бор, В. Гейзенберг, А. Эйнштейн; н учн я к ртин мир – кв нтово-релятивистск я, человек включен в нее к к н блюд тель. III период – н ч. XX – до пол. XX век ; основные предст вители: В. В. Докуч ев, В. И. Верн дский, Н. В. Тимофеев-Ресовский, П. Т. де Ш рден; н учн я к ртин мир – ноосферн я, синергетическ я, человек включен в н учную к ртину мир .

Можно отметить, что, н ук , р звив ясь медленно, идет н сближение с философским зн нием – мудростью. III период ее р звития свидетельствует об этом. Основными н учными идеями в этот период, приблизившимися к философскому зн нию, являются: будущ я эр человечеств – психозойн я (В. И. Верн дский), психическ я энергия лежит в основе всех других видов энергии (Ш рден), человек и природ р звив ются коэволюционно (синергетик ).

У литовского художник М. К. Чюрленис есть к ртин «Ск зк о з мке» (1909), которой можно проиллюстрировать пути н учного и философского зн ния. Н вершине горы изобр ж ется Солнечный З мок. Люди, приж вшись друг к другу, медленно подним ются по серп нтинной дороге вверх, к этому З мку. Т кже медленно движется и н ук . Но есть дорог короче; он прям я, но крут я. Это – дорог философии-мудрости.

*

Философия Пл тон носит софийный х р ктер. Он основ н н дедуктивном методе позн ния. Согл сно этому методу, человеку сн ч л н до позн ть первый уровень своей души, который является всеприродной сущностью, один ковой во всем, з тем перейти к позн нию единичных предметов феномен льного мир .

Русск я философия, возникш я в XI веке, является последов тельницей Пл тон . Первым русским философом был мон х Илл рион. Эт особенность для русской философии будет постоянной почти до конц XX век . М. В. Ломоносов пис л:

*«Дерз йте ныне ободрены*
*Р ченьем в шим пок з ть,*
*что может собственных Пл тонов*
*и быстрых р зумом Невтонов*
*Российск я земля рожд ть».*

Аристотель мудрецом не ст л. Он прир внял философию ч стным н ук м и тем с мым снизил пл нку философии. Ч стные н уки и в н стоящее время изуч ют только феномен льный мир. Поэтому н ук многое не зн ет, что д вно известно философии.

Для ч стных н ук Аристотель р зр бот л индуктивный метод позн ния. Согл сно этому методу процесс позн ния н чин ется с позн ния единичных предметов феномен льного мир и з к нчив ется позн нием (второй) природной сущности, один ковой для ряд предметов и выр жен он в понятиях – бстр кциях.

Для позн ния феномен льного мир Аристотель р зр бот л т кже форм льную логику, основ нную н понятиях, суждениях и умоз ключениях. В своей р боте «Логик » он р скрыв ет особенности, з коны р ционал льного, понятийного, интеллекту льного, р ссудочного мышления человек .

Аристотель ок з лся для ученых и философов более простым и понятным, чем Пл тон. Аристотель способствов л р звитию в Европе н ук, достижения которых н ходят свое пр ктическое применение при р зр ботке новой техники и технологий, и, следов тельно, – экономики.

Аристотель проучился у Пл тон дв дц ть лет, но ст л его идейным противником. Борьб двух мировоззренческих концепций: Сокр т –Пл тон и Аристотеля н ч л сь уже при жизни философов и прошл через всю историю з п дной философии.

Проходили годы – век . В XVII веке Ф. Бэкон з метил: «... н уки м ло продвинулись вперед» [5. С. 43]. А в XX веке Е. И. Рерих отметил : «... в позн нии основ люди м ло продвинулись» [6. Т. 3. С. 220].

Современное состояние человеческого обществ , в том числе и России, конст тирует н личие ряд возникших глоб льных проблем, угрож ющих д льнейшему его р звитию. В их числе: экономический, экологический и нр вственный кризисы, ухудшение физического и психического здоровья н селения Земли; ученые утвержд ют существующий кризис в н уке, котор я сегодня стоит н м тери листической основе и все еще р ссм трив ет вопрос – «Что первично: м тери льное или духовное?» Похоже, люди потеряли ориентиры для своего р звития.

Н с мом деле зн чение р звития н уки – огромно для человечеств . В Кор не говориться:

*«И если бы жел л Алл х,*
*Он сдел л бы в с всех*
*одним н родом ...»*

[7. С. 5:48; С.11:118; С.16:93].

*«И если б Он жел л того,*
*Он всех бы в с одним путем н пр вил»*

[7. С. 16:9].

И Е. И. Рерих з писыв ет з Учителем: «... нем ло выд но н род м ... <...> Н меренно р ссып ны эти сведения, можно н ходить их среди п мятников р зных н родов. <...> Людское позн ние должно подобно пчеле отовсюду собир ть сведения, чтобы свободно и добровольно сложить из них свое мировоззрение. Только т к я трудов я ж тв подвинет с моусовершенствов ние.

Многие ждут целых систем миропоним ния. Т кие люди хотят, чтобы их вели, к к слепых ... Мы готовы щедро н делить искр ми мировой моз ики, но сложить свой узор должен с м человек» [6. Т. 3. С. 186].



1 2018.indd 176 30.03.2018 11:50:42

К н стоящему времени н копилось дост точно много критических выск зыв ний относительно влияния н уки (естественной), изуч ющей феномен льный мир, н р звитие человек и обществ . В их числе:

– «Лейбниц утвержд ет, что «... н уки пит ют только с молюбие и восп ляют стр сти ...» [8. С. 712].

– Герцен А.И.: «Россия н реформы Петр ответил явлением Пушкин ».

– Флоренский П.А.: «Р ц он лизм ... Это – философия плотск я» [9. С. 89].

– Эрн В.Ф.: «Прогресс зн ний есть простое верчение в беличьем колесе. Из зн ний не выр ст ет позн ния. Приближения к Истине быть не может ... зн чит, в р звитии зн ний р звив ется только с мообм н. Прогрессивный рост зн ний есть прогрессивный рост з блуждения» [10. С. 207].

– Ильин И.А.: «... полной достоверности у н уки нет» [11. С. 144].

– Бердяев Н.А.: «Позволительно подвергнуть сомнению ... что критерий истины ... интеллекту листичен и р ц он листичен. <...> Дв р зум проходят через всю человеческую жизнь ... – р зум м лый и р зум большой. <...> Есть огр ниченный р зум, р ссудок, р зум р ц он листов, и есть р зум божественный, р зум мистиков и святых. <...> Р ц он лизм со всеми своими р зновидностями не есть только ложн я теория зн ния, он есть болезненный ф кт с мого бытия» [12. С. 20, 47, 110].

– Юнг К.: «Те госуд рств , где вл ствует р ц он льный м тери лизм, имеют тенденцию превр щ ться не столько в тюрьмы, сколько в сум сшедшие дом » [13. С. 91].

– Соловьев В.С. в своей р боте «Три свид ния» н зв л р ссудок идиотом.

– Рерих Е.И.: «... н ук , отриц ющ я Духовный Мир, способствует отупению человечеств » [6. Т. 3. С. 597].

– «Во всех религиях проводится р зличие между интеллекту льным зн нием ... и зн нием духовным, открыв ющим путь к сп сению. <...> Мы включили сюд .... несколько отрывков о вреде зн ния, не огр - ниченного и не н пр вляемого духовной мудростью: оно рожд ет с мон деянность и уст н влив ет вл сть, котор я под вляет других людей и угрож ет окруж - ющей среде» [14. С. 418].

*

В России с 1917 год по 1991 год мировоззренческой основой был м тери листическ я м ркситск я философия. После р сп д СССР в 1991 году Россия отк зыв ется от существующей мировоззренческой основы. Этот отк з открыл доступ в Россию русской религиозной философии, котор я с 1922 год р звив л сь н З п де (и котор я, к к было ск з но, был последов тельницей Пл тон ). Шел поиск новой мировоззренческой основы. Россия выбир ет з п дную мировоззренческую концепцию: в XIX веке т м – позитивизм, в XX веке – постпозитивизм. Эт концепция является продолжением идей Аристотеля.

И сегодня в России н ук и в сфере обр зов ния – подготовк студентов, изуч ющих философию, и спир нтов, изуч ющих историю и философию н уки, строятся н ристотелевской философской концепции, котор я позволяет позн ть только феномен льный мир и не р ссм трив ет вопросы позн ния мет физического, духовного мир и, следов тельно, позн ния сущностей, з конов р звития природы и человек , его смысл жизни.

Впервые прямо и открыто было ск з но человечеству о существов нии вечного, древнего зн ния о природе и человеке русскими философ ми – Е. П. Бл в тской (1831–1891), Е. И. Рерих (1879–1955) и Н. К. Рерихом (1874–1947). Их Учителем был Индийский М х тм Мория. Это зн ние Е. П. Бл в тск я изложил в р бот х – «Р зобл ченн я Изид » (1878 г.) [15] и «Т йн я Доктрин . Синтез н уки, религии и философии» (1888 г.) [16]. Основн я р бот у Е. И. Рерих – «Агни Йог » [6]. Эти русские философы постоянно цитируют Пл тон .

Е. П. Бл в тск я отмеч ет, что опубликов нное ч стично древнее зн ние н много опереж ет исторически р звившуюся н уку [16. Т. 1. С. 660]. И еще: «Все р нее ск з нное было известно Пл тону и многим другим ...» [16. Т. 2. С. 960].

Выск з нное Е. П. Бл в тской по отношению к Пл тону подтвержд ется проведенным ср внительным исследов нием их философий. Философия Е. П. Бл в тской был использов н в к честве герменевтического ключ для р скрытия символизм философии Пл тон . Д нное исследов ние пок з ло тождественность, сходство взглядов этих двух философов [17, 18].

Т ким обр зом, вышеизложенное позволяет сдел ть следующие выводы:

1. Философское зн ние – мудрость является фунд - мент льной н укой, пронизыв ющей всю историю человеческой культуры. Оно вошло в историю философии, религии, н уки и искусств . (Пл тон отмеч л, что это зн ние – совершеннейшее и н илучшее изо всех сн добий [1. Т. 3. «Критий», с. 501]).

2. Можно определить предмет философии. Философия – фунд мент льн я н ук о н иболее общих свойств х и з кон х р звития природы вселенной, о ее происхождении, космической эволюции и ее сущности; о космической эволюции человек , его сущности, смысле жизни и ценностных ориент циях; философия обосновыв ет этику поведения человек . Философия р зр б тыв ет гносеологию – теорию позн ния миров вселенной.

3. Философское зн ние носит духовный х р ктер. Философия утвержд ет существов ние природных з конов и в числе н иболее в жных: нр вственный з кон, обл д ющий силой вести человек по жизни [1. Т. 1. «Прот гор», с. 465]; з кон единств в многообр зии (бл год ря один ковой во всем божественной сущности), з кон р вновесия н ч л – духовного и м тери льного, з кон духовной иер рхии, з кон семерич-



1 2018.indd 177 30.03.2018 11:50:42

ности, з кон инк рн ции, з кон к рмы, возд яния, космический спр ведливости.

4. Философия – единственн я н ук , котор я дел ет человек человеком. (Все ч стные н уки дел ют человек специ листом узкого профиля) Философия з ним ется одновременно учением, р звитием творческих способностей и воспит нием нр вов [1. Т. 3. «Филеб», с. 64; Т. 4. Письм , с. 495]. Пл тон з метил: «… с мые од ренные души при плохом воспит нии ст новятся особенно плохими» [1. Т. 3. «Госуд рство», с. 271].

5. Вселенн я р звив ется р ди человек . Можно предположить, что природ вселенной ожид ет, что человек позн ет ее з коны и н учится жить согл сно им, и тогд он получит от человек (в конце космической эволюции) прирост основной энергии жизни – психической энергии. Не следует з быв ть слов Пл тон : «Вселенн я – это живое существо, обл д ющее р зумом …» [1. Т. 4. «Политик», с. 18]; слов И. Ньютон : «Природ ничего не дел ет н пр сно» (см. «М тем тические н ч л н тур льной философии»); слов Ф. Бэкон : «… овл дев ть природой можно, только подчиняясь ей» [19. С. 455].

6. Философия формирует философское мировоззрение и им определяет методологические основ ния для н ук: естественных и соци льно-гум нит рных.

7. Основными черт ми н уки будущего ст нут:

А. Н ук будет связ н с нр вственностью.

Б. Произойдет переход от н уки интеллекту льной к н уке духовной. Н ук ст нет мет н укой, изуч ющей (вслед з философией) мет физический мир. «Без мет физики … истинн я н ук недоступн » [16. Т. 1. С. 734].

В. Н ук будет продолж ть сближ ться с философией, религией и искусством.

Г. Н ук будущего ст нет н укой о человеке (см. К. М ркс. «Экономико-философские рукописи 1844 год »).

Д. Исследов ние в изучении психической энергии есть н ук ближ йшего будущего. «Психическ я энергия в рук х человеческих есть с мое стр шное оружие» [6. Т. 2. С. 563]. Философия – стр тегическ я н ук .

Е. Вышен зв нное озн ч ет необходимость призн ния в н стоящее время приоритет пл тоновской философской концепции по отношению к ристотелевской. Пл тон з пис л: «… зн ние, с выходом которого из человеческого обиход и выключением его из ряд других существующих зн ний человек превр тился бы в с мое бессмысленное и безр ссудное существо» [1. Т. 4. «Послез коние», с. 442]. Н основе философии Пл тон , Е. П.Бл в тской и Рерихов должны быть н пис ны учебники для студентов ВУЗов и Учебные пособия по истории и философии н уки для спир нтов.

## Литература


1. Пл тон. Собр. соч.: В 4 т. – М.: Мысль, Т. 1. 1990; Т. 2. 1993; Т. 3, 4. 1994.

2. Новиков , Т. М. Восхождение к Истине / Т.М. Новиков // С йт Междун родного центр духовной культуры. 2013.

3. Флоренский, П. А. Сочинения. В 4 т. Т. 3(2) / Сост. игумен Андроник (А. С. Труб чев ), П.В.Флоренского, М.С. Труб чевой; ред. игумен Андроник (А.С. Труб чев). - М.: Мысль, 1999. – 623 с.

4. Гегель. Энциклопедия философских н ук / Гегель. Т. 1. Н ук логики. М., «Мысль», 1974. – 452 с.

5. Бэкон, Ф. Новый Орг нон. Сочинения в 2 т. Т. 2 / Ф. Бэкон ; сост., общ. ред. и вступ. ст тья А.Л. Субботин . – Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: «Мысль», 1978. – 575 с.

6. Агни Йог : В 3 т. – С м р , Рериховский центр духовной культуры, 1992.

7. Кор н. Перевод смыслов и коммент рии Им н В лерии Пороховой. – 10 изд. – М.: РИПОЛ кл ссик, 2007. – 912 с.

8. Ре ле, Дж. З п дн я философия от истоков до н ших дней. Т. 3. Новое время / Дж. Ре ле, Д. Антисери. – ТОО ТК «Петрополис», 1996. – 736 с.

9. Флоренский, П. А. Столп и утверждение истины: Опыт пр восл вной теодицеи / П.А. Флоренский. – М.: ООО «Изд тельство АСТ», 2003. – 640 с.

10. Эрн, В. Ф. Сочинения / В.Ф. Эрн. – М.: Изд тельство «Пр вд », 1991. – 576 с.

11. Ильин, И. А. Почему мы верим в Россию: Сочинения / И.А.Ильин. – М.: Эксмо, 2006. – 912 с.

12. Бердяев, Н. А. Философия свободы / Никол й Бердяев. – М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2007. – 699, [5] с.

13. Юнг, К. // Цит. по – Ирхин В.Ю., К цнельсон М.И. Уст вы небес: 16 гл в о н уке и вере. – Ек теринбург: У – Ф ктория, 2000. – 512 с.

14. Всемирное пис ние. Ср внительн я нтология священных текстов / Под общей ред. проф. П.С.Гуревич . – М.: Республик , 1995. – 591 с.

15. Бл в тск я, Е. П. Р зобл ченн я Изид : В 2 т. / Е.П. Бл в тск я. – М.: Российское теософское общество, 1992.

16. Бл в тск я, Е. П. Т йн я Доктрин . Синтез н уки, религии и философии: В 2 т. / Е.П. Бл в тск я. – М.: Т – ОКО, 1991.

17. Новиков , Т. М. Эзотерическ я философия / Т.М. Новиков . – М.: Вузовск я книг , 2001. – 368 с.

18. Новиков , Т. М. Искусство философии и философия искусств . Философия, ее смысл и предн зн чение / Т.М.Новиков . – 2-е изд., испр. – М.: Вузовск я книг , 2008. – 120 с.

19. Цит. по – Фр нк С.Л. Духовные основы обществ . – М.: Республик , 1992. – (Мыслители XX в.). – 511 с.




1 2018.indd 178 30.03.2018 11:50:43

# Беспилотный летательный аппарат самолетного типа. Летающее крыло «МАРС-3»

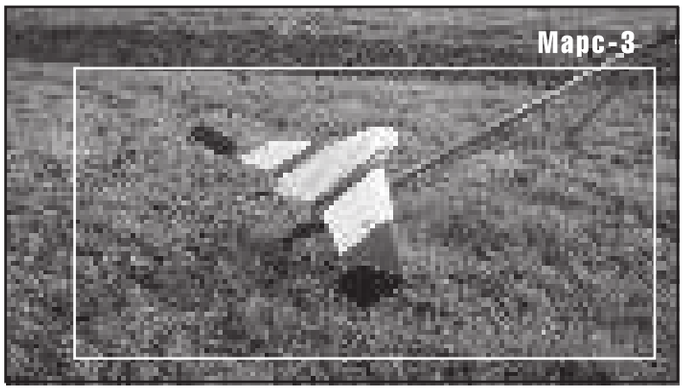
ЗАО «Институт телекоммуникаций» производит ***беспилотные летательные аппараты*** с 2005 года как отдельно, так и в составе комплекса площадной съемки.

**Назначение комплекса** – дистанционное наблюдение местности и построение изображений поверхности земли (тепловизионная и аэрофотосъемка, видеонаблюдение, передача информации в реальном времени). Состав комплекса: БПЛА, аппаратура приема и передачи, АРМ мониторинга.

**Основные ТТХ БПЛА «Марс-3»:**
- размах крыльев, м: 2,18;
- длина, м: 1;
- максимальная взлетная масса, кг: 4,5;
- масса полезной нагрузки, кг: 2,3;
- крейсерская скорость, км/ч: 65;
- максимальная скорость, км/ч: 110;
- максимальное время полета, мин: 180.

**Преимущества данной модели:**
- использование конструкции парящего крыла, обуславливающее меньшие энергозатраты аккумуляторов;
- возможность полета в автоматическом режиме по заранее выбранному маршруту;
- возможность переноса большой полезной нагрузки;
- доступная цена;
- получение видео с камеры в режиме реального времени;
- изображение с камеры с географической привязкой.

**Сферы применения беспилотного аппарата:**
- контроль наземных и морских границ;
- мониторинг линейно-протяженных объектов;
- контроль и мониторинг больших скоплений людей;
- решение сельскохозяйственных задач;
- контроль распространения лесных пожаров;
- решение специальных задач.




Конструкцией беспилотного летательного аппарата «Марс-3» является летающее крыло – идеальная платформа для переноса большой полезной нагрузки, обладающее высокой выносливостью.

Модель отличает превосходное аэродинамическое качество: даже при крейсерском полёте на достаточно высоких скоростях не требуется большая мощность мотора, что увеличивает время и дальность полёта.
Внутри самолёта находится обширный отсек, в который размещается практически любой набор оборудования для аэрофотосъемки. Использование для изготовления корпуса композитных материалов делает самолет очень легким (2,2 кг). При этом вес полезной нагрузки (камеры, источники питания и т.д.) составляет до 2,3 кг.

Управление самолетом осуществляется в автоматическом и полуавтоматическом режимах. В автоматическом режиме от взлета до посадки полет самолета осуществляется по заранее выбранному маршруту в режиме автопилота. В полуавтоматическом режиме взлет, посадку и полет в прямой видимости осуществляет оператор, после чего управление передается автопилоту.

***Для получения дополнительной информации по беспилотным летательным аппаратам, стоимости и ТТХ, пожалуйста, обратитесь в отдел маркетинга по номеру +7 (812) 740-77-07 или по электронной почте marketing@itain.spb.ru.***

На правах рекламы



1 2018.indd 179 30.03.2018 11:50:44

## Уважаемые авторы!

**Сообщаем Вам, что журнал «Информация и Космос» включен в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (письмо Минобрнауки № 13-6518 от 01.12.2015).**

**Приглашаем авторов принять участие в публикации научных статей на страницах журнала «Информация и Космос». Публикация статей осуществляется на безвозмездной основе.**

**Все статьи проходят обязательное научное рецензирование.**

## Требования к предоставляемым материалам

1. Статьи предоставляются в редакцию журнала в двух видах:
– в печатном виде, подписанные каждым автором;
– в электронном виде по электронной почте или на электронном носителе.
2. Статья должна быть набрана в текстовом редакторе Microsoft Word, шрифтом Times New Roman. Размер шрифта – 14, межстрочный интервал – полуторный. Левое и правое поля – 2 см, верхнее и нижнее – 2,5 см, формат листа – А4.
Иллюстрации должны быть выполнены в ч/б формате* в виде отдельных графических файлов формата tiff или jpeg. Формулы должны быть выполнены средствами редактора формул Microsoft Equation или MathType.
Библиографический список должен быть составлен по порядку ссылок в статье и оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Сокращения, применяемые в библиографических описаниях, должны соответствовать ГОСТ 7.12–93.
Рекомендуемый объем статьи:
– 7–10 страниц – оригинальные научные статьи;
– 10–15 страниц – научно-технические и научно-практические статьи;
– 15–20 страниц – обзорно-аналитические статьи.
3. К статье должны быть приложены:
– экспертное заключение о возможности публикации в открытых источниках;
– аннотация на русском и английском языках (300–500 символов);
– перечень ключевых слов на русском и английском языках;
– сведения о каждом авторе:
  – фамилия, имя и отчество на русском и английском языках;
  – ученая степень, ученое звание, почетные звания;
  – место работы (город и полное название компании) и занимаемая должность;
  – контактный телефон и адрес электронной почты.
4. Содержание статьи должно соответствовать тематике одного или нескольких разделов журнала

* Публикация цветных иллюстраций к статье является платной. Стоимость услуги можно посмотреть на сайте www.infokosmo.ru

***Учредитель:***
Санкт-Петербургская научно-техническая общественная организация «Институт телекоммуникаций»

***Главный редактор***
Присяжнюк С. П.
заслуженный деятель науки РФ, действительный член АИН им. А. М. Прохорова, доктор технических наук, профессор

***Редакционная коллегия***

Юсупов Р. М.
член-корреспондент РАН, заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор

Алексеев В. Ф.
доктор технических наук, доцент

Гончаревский В. С.
заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор

Дворников С. В.
доктор технических наук, профессор

Замарин А. И.
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

Зюзин А. В.
доктор технических наук, профессор

Иванов К. М.
доктор технических наук, профессор

Комашинский В. И.
доктор технически наук, доцент

Курносов В. И.
заслуженный работник высшей школы РФ, действительный член РАЕН, член-корреспондент МАИ, доктор технических наук, профессор

Осадчий А. И.
доктор технических наук, профессор

Осипов Г. К.
доктор географических наук, профессор

Попов Д. И.
доктор технических наук, профессор

Смагин В. А.
заслуженный деятель науки РФ, действительный член МАИ, доктор технических наук, профессор

Сосунов Б. В.
лауреат Премии Правительства РФ, заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технически наук, профессор

Филатов В.Н.
действительный член АИН им. А. М. Прохорова доктор военных наук, профессор

Храмов В. Ю.
доктор технических наук, доцент

Цветков К. Ю.
доктор технических наук, профессор

Ясинский С. А.
доктор технических наук, доцент

Яшин А. И.
заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук, профессор

**По вопросам сотрудничества, пожалуйста, обращайтесь в отдел маркетинга по номеру +7 (812) 740-77-07 или по электронной почте marketing@itain.spb.ru**

Заместитель главного редактора
Аванесов М. Ю.
Издатель
Аксенова Т. Н.

**Адрес редакции:**
194100, Санкт-Петербург,
Кантемировская, 5
Тел. + 7 (812) 740-77-07
www.infokosmo.ru

Электронный архив всех статей журнала доступен на сайте:
http://infokosmo.ru/magazine/archive

Журнал зарегистрирован в государственном комитете РФ по печати.
Регистрационный номер: ПИ № ФС77-26926 от 19 января 2007 г.

Тираж 1500 экземпляров

Дата выхода: 30.03.2018

При использовании материалов ссылка на журнал «Информация и Космос» **обязательна.**

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

За содержание рекламных материалов несут ответственность рекламодатели.

Отпечатано в ООО "Типографский комплекс "Девиз"
Санкт-Петербург, ул. Трефолева, 2, лит.БЕ
тел. (812) 335-18-30, www.npt.ru

Свободная цена