



АЛЬМАНАХ

Пермского военного
института
войск национальной
гвардии

Выпуск 2 (10)

Пермь
2023

ПЕРМСКИЙ ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**АЛЬМАНАХ
ПЕРМСКОГО ВОЕННОГО ИНСТИТУТА
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ**

№ 2 (10)

Пермь
2023

ISSN 2782-6058

УДК 623/621

ББК 30/32

Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. Серия: вооружение и военная техника: научный журнал; Пермский военный институт войск национальной гвардии / Научно-исследовательский и редакционно-издательский отдел. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2023. – № 2 (10). – 179 с.

В журнале опубликованы научные статьи, освещающие актуальные вопросы в области технических наук и военного дела, имеющие научно-техническую направленность. Материалы статей могут быть использованы научным сообществом, а также военнослужащими и сотрудниками войск национальной гвардии в образовательной деятельности, курсантами военных институтов при подготовке научных докладов и проведении исследований.

Издание постатейно размещено в научной электронной библиотеке elibrary.ru и зарегистрировано в наукометрической базе РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) по договору № 312-07/2020 от 27 июля 2020 г.

*Издаётся по решению редакционно-издательского совета
Пермского военного института войск национальной гвардии*

ISSN 2782-6058

УДК 623/621

ББК 30/32

© ПВИ войск национальной гвардии, 2023

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Русанов Евгений Михайлович генерал-майор

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Гладков Алексей Николаевич кандидат технических наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бердников Алексей Анатольевич	доктор технических наук, доцент
Кузьмицкий Геннадий Эдуардович	доктор технических наук
Пушкарёв Александр Михайлович	кандидат технических наук, профессор
Вольф Илья Григорьевич	кандидат технических наук, доцент
Тарутин Анатолий Владимирович	кандидат технических наук, доцент
Козлов Алексей Николаевич	кандидат технических наук, доцент
Зарубский Владимир Георгиевич	кандидат технических наук, доцент
Пензин Сергей Александрович	кандидат технических наук, доцент
Гараев Айвар Загирович	кандидат технических наук
Плотникова Евгения Григорьевна	доктор педагогических наук, кандидат технических наук, профессор
Дубровский Александр Владимирович	доктор педагогических наук, профессор
Косолапова Лариса Александровна	доктор педагогических наук, профессор
Рогожникова Раиса Анатольевна	доктор педагогических наук, профессор
Долинина Ирина Геннадьевна	доктор педагогических наук, профессор
Уварина Наталья Викторовна	доктор педагогических наук, профессор
Андруник Андрей Петрович	доктор педагогических наук, доцент
Курочкин Евгений Александрович	кандидат педагогических наук, доцент
Пузиков Олег Петрович	кандидат педагогических наук, доцент
Стрельцов Роман Вячеславович	кандидат педагогических наук, доцент
Киевский Андрей Валерьевич	кандидат педагогических наук, доцент
Емельянов Олег Анатольевич	кандидат педагогических наук, доцент
Помазной Роман Викторович	кандидат педагогических наук
Тукачева Татьяна Павловна	кандидат педагогических наук
Загоруйко Игорь Юрьевич	доктор экономических наук, доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

Бибик А.В., Первозников В.В.ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ
ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ВОЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ 6**Болотов А.М.**МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ПЕРЕВОЗКИ ВОЕННЫХ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ 11**Гимашев В.И.**ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ БЛИЖНЕГО ИЛИ СРЕДНЕГО РАДИУСА
ДЕЙСТВИЯ 17**Ериков А.П.**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ
ПОДВИЖНОСТИ ВООРУЖЕНИЯ В ВОЙСКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ
ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ 24**Кобяков Н.С.**ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВРЕДНОСНЫХ ПРОГРАММ КЛАССОВ
«ТРОЯНСКИЕ ПРОГРАММЫ» 31**Ковалев С.В.**ВАРИАНТ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СРЕДСТВ МАСКИРОВКИ В
ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛУЖЕБНО-БОЕВЫХ ЗАДАЧ 39**Кондаков Г.А., Маликовский О.И.**ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА
РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ 44**Корепанова Т.О., Гуляев И.Ю.**ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ
И ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ АУКСЕТИКОВ 51**Корноухов А.Ю., Ибрагимов Э.Н.**ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ (LOVA) ПОРОХОВ ЗА
РУБЕЖОМ 58**Костарев С.Н., Чирков А.Е., Яшкин С.Ю.**РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УЗЛОВ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА 63**Кустов В.Г.**ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНУЛ СФЕРИЧЕСКОГО
ПОРОХА 69**Ладанов В.И.**О ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА ЛЕГКОБРОНИРОВАННОЙ
АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ 75**Михайлов А.А.**ПРИМЕНЕНИЕ КИНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В
ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ 86

Мормуль Р.В., Ханмагомедов Р.Х.

ПОВЫШЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ РАЗРЕШИМОСТИ ВИДЕОПОТОКА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА И ВЕЙВЛЕТ-
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КАДРОВ

95

Оборина И.А.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКРЕПЛЕННЫХ СТВОЛОВ

100

Пензин С.А.

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ
ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАННОЙ
СИГНАЛИЗАЦИИ

106

Рыбаков А.П., Ильин В.В., Кузьмин Н.Н., Исаев М.Б.

МОДЕЛИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
МАТЕРИАЛОВ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

112

Сотников И.Б., Сотников Н.Б.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И
ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ БРИГАДЫ
ОПЕРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

127

Суслов А.А.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ
ВОЗДУШНЫМ СУДАМ

132

Суходоева А.А.

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ЭКСТРУЗИИ

146

Сьянов С.Л.

АНАЛИЗ ЭЖЕКТОРНОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ
СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

152

Ташков Д.Ю., Саидов М.Г.

ОСОБЕННОСТИ ТАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ
БЫСТРОРАЗВЕРТЫВАЕМЫХ ТСО В ПУНКТАХ ВРЕМЕННОЙ
ДИСЛОКАЦИИ

158

Чурсин А.А.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ЮСТИРОВОЧНОЙ АППАРАТУРЫ
ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

164

Шилоносов А.В., Бердников А.А., Шангутов А.О.

ПОСТРОЕНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО
ДАТЧИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ИСКУССТВЕННЫХ
НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

169

УДК 355

ТЕХНОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ВОЕННЫХ ОПЕРАЦИЙ

Бибик А.В., старший преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем факультета связи.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: alex_bibik@mail.ru

Перевозников В.В., преподаватель кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем факультета связи.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: perevozvv@mail.ru

Применение искусственного интеллекта в современном мире представляет практически необозримый потенциал и возможности. Особенно эта проблематика актуальна в военной среде, в том числе при планировании и реализации военных операций различного уровня, как тактических, так и стратегического масштаба. В данной статье рассмотрены этапы развития искусственного интеллекта в военной сфере, проведён сравнительный анализ применения искусственного интеллекта при решении задач различной степени сложности и многозадачности проектов как в России, так и за рубежом.

Ключевые слова: искусственный интеллект; компьютерные технологии; информационное пространство.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES USED IN PLANNING MILITARY OPERATIONS

Bibik A.V., senior Lecturer at the Department of Computer Engineering Software and Automated Systems of the Faculty of Communications.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: alex_bibik@mail.ru

Perevoznikov V.V., Lecturer at the Department of Computer Engineering Software and Automated Systems of the Faculty of Communications.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: perevozvv@mail.ru

The use of artificial intelligence in the modern world represents an almost boundless potential and opportunity. This issue is especially relevant in the military environment, including the planning and implementation of military operations at various levels, both tactical and strategic. This article discusses the stages of development of artificial intelligence in the military sphere, carried out a comparative analysis of the use of artificial intelligence in solving problems of varying degrees of complexity and multitasking projects, both in Russia and abroad.

Keywords: artificial intelligence; computer technologies; information space.

Определение того, что такое искусственный интеллект, выходит далеко за рамки этой статьи. Существует несколько подходов к пониманию самой сути искусственного интеллекта с разных точек зрения, таких как рассуждение, поведение, решение проблем и принятие решений. Таким образом, искусственный интеллект может быть задуман только в цифровой среде.

Само происхождение искусственного интеллекта может быть связано с военными действиями. На ранних этапах исследования подпитывались военным финансированием в надежде на создание передовых технологий для сохранения превосходства над врагом. Полуавтономные и автономные системы — это области исследований искусственного интеллекта с высокой наглядностью, их результаты можно блестяще демонстрировать. Алгоритмы, которые поддерживают планирование операций, могут быть очень похожи на алгоритмы автономных систем, но они менее эффективны и менее известны. Большинство областей исследований искусственного интеллекта могут быть связаны с военным применением [4].

Первоначальные исследовательские проекты по искусственному интеллекту проводились в исследовательских лабораториях и университетах, частично финансировались различными государственными учреждениями. Финансирование в основном было доступно для проектов, которые обещали реальное применение в достаточно короткие сроки. Появились экспертные системы, которые представляли собой специальные приложения, предназначенные для решения одной конкретной проблемы, поэтому ее компонент искусственного интеллекта был ограничен четко определенным набором задач, а в некоторых случаях даже аппаратный компонент был разработан специально для этой проблемы. Это могло принести потенциальную финансовую выгоду в долгосрочной перспективе. По мере того как требования к аппаратному обеспечению будущего универсального искусственного интеллекта стали очевидными, были предприняты усилия по созданию компьютеров нового поколения, способных работать параллельно над различными задачами [3]. Эти новые многопроцессорные рабочие станции были созданы специально для применения искусственного интеллекта и внесли большой вклад в исследования. Это, а также прорывы в компьютерных технологиях, казалось, приблизили создание настоящего искусственного интеллекта, конечной целью которого является система, которая могла бы действовать и думать не хуже человека.

По мере того, как в наши дни наступает новая эра соперничества великих держав, Соединенные Штаты, Китай и Европейский союз вкладывают миллиарды долларов в исследования искусственного интеллекта, в том числе разработанных для гражданского использования.

Планирование военных операций нуждается в информации, необходимой для составления логичного, точного и осуществимого плана. Таким образом, основными областями использования искусственного интеллекта являются деятельность по сбору информации, так называемая разведка, наблюдение и рекогносцировка, (ISR) и обнаружение целей (TA). Экспертные системы широко используются в логистическом планировании. При рассмотрении действий, необходимых для достижения желаемых результатов, необходимо учитывать использование системы, поддерживаемой искусственным интеллектом, в области операций в киберпространстве и информационных операций. Когда начинается выполнение плана или подготовка к его выполнению, системы управления и контроля с поддержкой искусственного интеллекта могут внести неоценимый вклад в успешную операцию.

Укрепление частного сектора стало новым импульсом, в котором нуждался искусственный интеллект. В Соединенных Штатах и западном мире влиятельные игроки отрасли достигли нового уровня в исследованиях и прогрессе, который пытались использовать военные. Помимо этических соображений, некоторые частные компании сотрудничали с военными США, в частности с Google, чей опыт имел первостепенное значение при создании в 2017 году так называемой Межфункциональной группы по

алгоритмическим войнам Министерства обороны, или, сокращенно, Project MAVEN. Цель проекта MAVEN заключалась в разработке системы, управляемой искусственным интеллектом, которая может помочь военной разведке в борьбе с террористическими и повстанческими группировками. Основное внимание уделялось обработке, использованию и распространению тактических кадров и полнометражных видеороликов, сделанных беспилотными авиационными системами. Он был способен обнаруживать и классифицировать объекты, а также выдавать предупреждения в определенных случаях.

Проект MAVEN имел успех, поскольку помог выявить потенциальных повстанцев и террористов во время кампании «разгром ИГИЛ» в Ираке и Сирии. Google вскоре отказался от проекта из-за опасений своих сотрудников относительно этичности использования искусственного интеллекта в военных целях. Несколько крупных частных компаний США последовали их примеру и заявили, что воздерживаются от продвижения военного применения искусственного интеллекта. Известно, что компании в соперничающих с США державах, например в Китае, не давали таких обещаний. Вполне вероятно, что страна, которая меньше заботится об этике применения искусственного интеллекта, выиграет больше, по крайней мере, в военной области. Алгоритмы распознавания лиц, используемые Китаем для контроля над населением, достаточно сомнительны с этической точки зрения. С другой стороны, распознавание лиц для идентификации потенциальных вражеских бойцов имеет неопределимые преимущества.

Поскольку новая волна исследований искусственного интеллекта началась в 1980-х годах с введением концепции рабочих станций, десятилетний проект Стратегической вычислительной программы США внес большой вклад в исследования искусственного интеллекта. В качестве побочного проекта была апробирована обработка естественного языка, в результате чего появилось удобное программное обеспечение для распознавания речи. Обработка естественного языка развивалась с помощью нейронных сетей и достигла некоторых результатов. В 2015 году китайская, а год спустя частная компания из США добилась эффективного распознавания речи. К настоящему времени стали доступны достаточно хорошие машинные переводы для различных языков, и даже смартфоны могут управляться голосовыми командами. Анализ большого количества радиопереговоров и телефонных разговоров противника для получения важной оперативной информации или выявления важных лиц уже не вымысел, а реальность. Все эти приложения могут быть использованы военной разведкой любого государства, которое может себе это позволить.

Что касается планирования логистики, то в вооруженных силах уже есть системы, которые могут помочь в планировании периодов технического обслуживания и потребностей в индивидуальном оборудовании. Армия и ВВС США используют такие экспертные системы для оптимизации затрат и времени на техническое обслуживание. Говоря о передвижении войск и операциях, в 1980-х годах Программа стратегических вычислений стала источником инструмента динамического анализа и перепланирования (DART), который представлял собой приложение для поддержки принятия решений для планирования логистики с использованием алгоритмов искусственного интеллекта в своей основе. Он применялся на этапе планирования операции «Буря в пустыне» в 1990 году и был способен определять логистические потребности перемещения военной техники из разных мест на театр военных действий [2]. Это приложение имело успех и сэкономило большое количество денег и времени. На основе этого успеха было разработано новое приложение под названием Joint Assistant for Development and Execution (JADE). Его целью было разработать план развертывания сил для обычных конфликтов, включая сроки развертывания. Его аналог, Survivable Adaptive Planning Expert (SAPE), был приложением, предназначенным для планирования ядерной войны, хотя разработка системы была остановлена после распада Советского Союза.

Параллельно с этими усилиями осуществлялся новый проект по созданию системы помощников по принятию решений для планирования оперативного уровня. Это называлось Project ARES и преследовало несколько оптимистичных целей, таких как автоматический

анализ местности, ситуационный анализ и выработка плана действий. Из-за ограничений компьютерной базы 1980-х годов этот проект не оправдал ожиданий и вскоре был отменен. Это напоминало судьбу ранних алгоритмов планирования. В течение 1970-х годов было разработано несколько алгоритмов, способных разрабатывать планы достижения целей с помощью предопределенных действий. Хотя они были применимы только к четко определенным проблемам, увеличение сложности уменьшало их выполнимость. С тех пор стало очевидно, что текущий уровень искусственного интеллекта не способен генерировать варианты, способные справиться со сложностью реального мира.

В операциях в киберпространстве человеческое познание слишком медленное, необходима поддержка искусственного интеллекта. В 2016 году военные США профинансировали так называемый «Cyber Grand Challenge» для проверки возможностей киберинструментов с поддержкой искусственного интеллекта. Демонстрация показала, что алгоритмы искусственного интеллекта могут автономно обнаруживать, оценивать и исправлять уязвимости, прежде чем они могут быть использованы противником с невероятной скоростью [1]. Помимо скорости, демонстрация доказала, что один и тот же инструмент может быть одновременно и защитным, и наступательным активом. Искусственный интеллект способен не только обрабатывать видео, фото и аудио, но и манипулировать ими, создавая поддельные отчеты, которые могут быть мощным инструментом в информационных операциях и глобальных сетцентрических войнах. Обнаружение и противодействие этим дипфейкам становится все труднее по мере совершенствования алгоритмов, поэтому для проверки достоверности любого источника необходимо задействовать искусственный интеллект [5].

Российские и китайские военные также совершенствуют свои возможности, особенно в управлении войсками. Ускорение процесса от идентификации цели до начала стрельбы является приоритетной задачей для российской армии, что продемонстрировано в операции по принуждению к миру с Грузией в 2008 году и при проведении специальной военной операции. Применяя даже примитивный искусственного интеллекта в процессе наведения, можно увеличить и ускорить эффективность огня с закрытых позиций в немыслимых ранее масштабах. Такого рода экспертные системы используются в российской армии. Китайские военные также активно развивают свои возможности искусственного интеллекта. Китайская концепция «интеллектуальной войны будущего» требует быстрых решений и точных действий, которые должны быть достигнуты за счет применения средств искусственного интеллекта. В Китае реализуется несколько проектов по улучшению командования и управления вооруженными силами, но подробности в основном держатся в секрете. Одним из общеизвестных примеров является модернизация системы атомных подводных лодок с помощью искусственного интеллекта, что повышает способность командира принимать решения и снижает когнитивную нагрузку экипажа.

Подводя итоги можно сказать, что используя искусственный интеллект, появляется возможность автоматизации сложных процессов и повышается эффективность при планировании военных операций. Он также может использоваться для создания интеллектуальных приложений, роботов-ассистентов, анализа больших объемов данных и многого другого. Использование искусственного интеллекта позволяет войскам сократить человеческий фактор и увеличить качество и скорость планирования операций.

Библиографический список

1. Здоровцов, А.Г. Система противоракетной обороны и ядерный потенциал США в контексте современной концепции формирования вооружённых сил / А.Г. Здоровцов // Иностранный язык как средство профессиональной коммуникации: Сборник статей межвуз. научно-практич. конф., 28 мая 2020 года. - Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, - 2020. - С. 11-18. - EDN WMPKSW.

2. Организация, вооружение и тактика действий подразделений сухопутных войск вооруженных сил США: учебное пособие / под ред. Д.А. Попова. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2019.

3. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 03 ноября 2022 года № 390 «Об управлении проектами цифровой трансформации федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации».

4. Стратегия национальной безопасности Российской Федерации (утверждена Президентом Российской Федерации 02.07.2021, Указ № 400).

5. Нигаматулин В.Р. Использование телекоммуникационных систем в образовательной деятельности различных образовательных организаций российской Федерации // Научно-практический журнал «Аллея науки». 2018. № 5 (21).

УДК 519.852.33

МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ПЕРЕВОЗКИ ВОЕННЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Болотов А.М., профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: bamrgteu@mail.ru

Предложен вариант транспортной задачи перевозки военных подразделений из мест дислокаций в места сосредоточения. В отличие от имеющихся решений рассмотрена возможность смена вида транспорта и использование пунктов дислокации в качестве транзитных пунктов. Рассмотренный подход продемонстрирован с помощью модельной задачи.

Ключевые слова: транспортная задача; военные подразделения; виды транспорта.

MODEL OF TRANSPORT TASK OF TRANSPORTATION OF MILITARY UNITS

Bolotov A.M., Professor of the Department of Computer Software and Automated Systems (Ph.D. Engineering).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: bamrgteu@mail.ru

A variant of the transport task of transporting military units from places of deployment to places of concentration is proposed. In contrast to the existing solutions, the possibility of changing the mode of transport and using the locations as transit points is considered. The considered approach is demonstrated using a model problem.

Keywords: transport task; military units; types of transport.

В современных условиях принятие решения командиром должно базироваться не только на интуиции и предыдущем опыте, но и на основе расчетов. Недостаточно провести всего лишь расчеты. Нужно сделать такие расчеты, которые бы привели к наилучшему решению. В настоящее время существует большая группа математических методов позволяющие принимать оптимальные решения. Данные методы широко используются в экономике, науке, промышленности, в том числе и в военной области [3].

Одним из первых примеров применения математических методов в военном деле является использование линейного программирования [2]. В настоящее время с использованием данного метода решается широкий круг задач. Приведем примеры некоторых задач. Получение максимальной прибыли при выпуске продукции при ограничении на ресурсы, транспортная задача, задача о назначениях, задача о рюкзаке, задача о смесях.

Рассмотрим более подробно транспортную задачу. Наиболее часто рассматривают доставку однородных товаров из m складов, которых нужно привезти в n магазинов. При этом общий запас товаров равен суммарной потребности магазинов (случай закрытой задачи). Кроме этой задачи рассматривают варианты:

- различные осложнения транспортной задачи;
- перевозка товара различными видами транспорта;
- поставки товара при наличии транзитных пунктов;
- в электроэнергетике решается задача с транзитом мощности.

В военном деле линейное программирование применяется для решения различных транспортных задач, а также распределения сил и средств поражения по целям. Вариантами транспортной задачи является задачи переброски воинских подразделений, перевозки горюче-смазочных материалов, военной техники, боеприпасов и т. д. из условия минимума суммарной стоимости перевозки. Данные задачи имеют смысл, когда время не является лимитирующим фактором. Если время будет определяющим фактором, то наиболее часто рассматриваются задачи из условия минимума суммарного затраченного времени и минимаксная задача (минимум времени из всех максимально возможных временных затрат).

Автор предлагает новый вариант закрытой транспортной задачи, который может использоваться в военном деле. Изложим словесную формулировку задачи. В m пунктах дислокации размещаются воинские подразделения. Требуется передислоцировать подразделения в новые n пункты сосредоточения. При этом любое из m пунктов дислокации может использоваться в качестве промежуточного (транзитного) пункта.

В классической формулировке транспортной задачи используется термин «однородный товар». В рассматриваемой задаче под этим термином будем понимать следующее. Военные подразделения, находящиеся в местах дислокации имеют одинаковые боевые возможности. В тоже время требования, предъявляемые к транспорту для конкретных подразделений, в случае их перемещения мало отличаются друг от друга. Тогда этими отличиями можно пренебречь. Следовательно, никаких дополнительных ограничений, что какое-то конкретное подразделение должно прибыть в определенное место сосредоточения, нет.

Время перемещения из любого пункта дислокации в любой пункт дислокации и в пункт сосредоточения известно. Любое подразделение может перебрасываться несколькими видами транспорта. Общее количество возможных видов транспорта, которые применяются при перевозке подразделений равно w . В случае использования транзитного пункта возможна замена используемого вида транспорта, т. е. пересадка с одного вида транспорта на другой. Время, затрачиваемое на замену транспорта в каждом пункте дислокации известно. Требуется найти такой план передислокации подразделений, обеспечивающий минимальное суммарное время перевозки всех подразделений

Запишем математическую формулировку рассматриваемой задачи.

Будем использовать следующие обозначения:

i – номер пункта дислокации, $i=1,m$;

A_i – количество подразделений, которые необходимо вывести из i – го пункта;

j – номер пункта сосредоточения, $j=1,n$;

B_j – количество подразделений, которые должны прибыть в j – ый пункт сосредоточения;

k – номер вида транспорта, $k=1,w$;

t_{ijk} – время перевозки одного подразделения из i – ого пункта дислокации в j – й пункт сосредоточения при использовании k – го вида транспорта, $i=1,m$, $j=1,m+n$, $k=1,w$. В данном случае пунктом сосредоточения может быть и пункт дислокации, если он используется как транзитный пункт;

$\tilde{t}_{irkz}$ – время, затрачиваемое подразделением прибывшего из i -го пункта k -ым видом транспорта на смену вида транспорта в пункте дислокации с номером r , где подразделение перегружается на z – вый вид транспорта;

x_{ijk} – количество подразделений перевозимого из i -го пункта дислокации в j -й пункт дислокации или пункт сосредоточения при использовании k -го вида транспорта, $i=1,m$, $j=1,m+n$, $k=1,w$. Элементы x_{ijk} образуют план (матрицу) перевозок и являются переменными управления в задаче;

Целевая функция – суммарное время передислокации всех подразделений равно

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m+n} \sum_{k=1}^w t_{ijk} * x_{ijk} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m+n} \sum_{k=1}^w \sum_{z=1}^w \tilde{t}_{ijkz} * x_{ijk} \rightarrow \min \quad (1)$$

Первое слагаемое равно времени затрачиваемое на перевозку всеми видами транспорта из пунктов дислокации в другие пункты дислокации и сосредоточения. Второе слагаемое учитывает время на смену вида транспорта в пунктах дислокации, в случае их использования как транзитных пунктов. При этом во втором слагаемом $x_{ijk} = 0$ и $\tilde{t}_{irkz} = 0$, что соответствует случаю, который в задаче не имеет смысла, т.е. в i – ом пункте дислокации подразделений, которые там первоначально дислоцировались, не осуществляется смена вида транспорта в том же i – м пункте дислокации.

Запишем ограничения в рассматриваемой задаче:

Решается закрытая (сбалансированная) транспортная задача, т. е. все подразделения, выехавшие из мест дислокации, прибывают в места сосредоточения. Тогда уравнение баланса запишется в виде:

$$\sum_{i=1}^m A_i = \sum_{j=1}^n B_j \quad (2)$$

Все подразделения, которые должны убыть из любого пункта дислокации после окончания операции действительно покинули пункты дислокации.

$$\sum_{j=1}^{m+n} \sum_{k=1}^w x_{ijk} - \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^w x_{jik} = A_i \quad (3)$$

В равенстве (3) вычитаемое равно количеству подразделений, которые прибыли в A_i пункт дислокации из других пунктов дислокации.

Все подразделения, которые должны прибыть в намеченные пункты сосредоточения выполнили поставленную задачу

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^w x_{ijk} = B_j, \quad (4)$$

$x_{ijk} \geq 0$, количество перевозимых подразделений не может быть отрицательной величиной;

x_{ijk} – целые величины.

Предлагаемый случай транспортной задачи проверим с помощью модельной задачи. В двух местах дислокации находятся по пять подразделений. Они должны прибыть в два места сосредоточения. В первое место должно прибыть четыре подразделения, во второе шесть подразделений. При выполнении поставленной задачи могут применяться два вида транспорта. Время перевозки из мест дислокации в другие места дислокации или в места сосредоточения первым видом транспорта даны в таблице 1. Аналогичные данные для

второго вида транспорта приведены в таблице 2. Время, затрачиваемое на смену первого вида транспорта на второй вид транспорта, дано в таблице 3. Соответствующие данные на замену второго вида транспорта на первый вид транспорта представлены в таблице 4. Рассматривая значения в таблицах 3 и 4, как элементы матрицы назовем таблицы матрицами затрат на смену видов транспорта. Во всех приведенных таблицах в первом столбце записан номер места дислокации, а в первой горизонтальной строке номер другого места дислокации, где возможно произойдет смена вида транспорта или номер пункта сосредоточения. При решении конкретных задач время может быть выражено в часах или минутах.

Таблица 1 — Время перевозки одного подразделения первым видом транспорта

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
A ₁	0	3	20	20
A ₂	3	0	20	15

Таблица 2 — Время перевозки одного подразделения вторым видом транспорта

	A ₁	A ₂	B ₁	B ₂
A ₁	0	20	9	9
A ₂	15	0	3	3

Таблица 3 — Время необходимое для пересадки с первого вида транспорта на второй

	A ₁	A ₂
A ₁	0	1
A ₂	1	0

Таблица 4 — Время необходимое для пересадки со второго вида транспорта на первый

	A ₁	A ₂
A ₁	0	3
A ₂	3	0

В предложенной задаче данные для расчета взяты из следующих рассуждений. Время перевозки подразделений из первого пункта дислокации во второй пункт дислокации первым видом транспорта меньше времени непосредственной перевозки из первого пункта дислокации в любой пункт сосредоточения. При этом время перемещения из второго пункта дислокации в места сосредоточения вторым видом транспорта меньше, чем соответствующее время перемещения из первого пункта дислокации в пункты сосредоточения.

Второй особенностью данной задачи является то, что время пересадки с первого вида транспорта на второй вид транспорта мала по сравнению со временем передислокации. Поэтому, скорее всего для приведенных данных будет оптимальна следующая последовательность перемещения подразделений. Все подразделения, дислоцирующиеся в первом пункте дислокации, перемещаются во второй пункт дислокации с помощью первого вида транспорта. Затем происходит смена вида транспорта. Используя второй вид транспорта, все подразделения прибывают в запланированные места сосредоточения.

Решение модельной задачи получено с помощью надстройки «Поиск решения» табличного процессора Excel пакета Microsoft Office 2010. Результаты расчета приведены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 — План перевозок для первого вида транспорта

	A_1	A_2	B_1	B_2
A_1	0	5	0	0
A_2	0	0	0	0

Таблица 6 — План перевозок для второго вида транспорта

	A_1	A_2	B_1	B_2
A_1	0	0	0	0
A_2	0	0	4	6

Значение целевой функции равно 50 условных единиц времени. Из решения следует, что подразделения которые дислоцируются в первом пункте дислокации (A_1) сначала перемещаются первым видом транспорта во второй пункт дислокации (A_2). После пересадки на второй вид транспорта доставляются в пункты сосредоточения. Таким образом, предположения о возможном решении модельной задачи нашло свое строгое математическое подтверждение.

Сравним найденное решение с двумя решениями в классической постановке. В каждом решении подразделения из мест дислокации сразу перемещаются до пунктов сосредоточения только одним видом транспорта. В случае применения первого вида транспорта значение целевой функции равно 175 условных единиц времени, для второго вида транспорта 80 условных единиц. Следовательно, возможность использовать пункты дислокации, как транзитные пункты и при этом менять в них вид транспорта может существенно уменьшить суммарное время для передислокации воинских подразделений.

В заключении обратим внимание на следующие особенности рассмотренного варианта транспортной задачи:

1) В общем случае матрицы смены видов транспорта может быть несимметричной. Время, затраченное на смену транспорта, во многом зависит от конкретного вида транспорта. При этом время высадки и посадки у одного и того же вида транспорта может отличаться;

2) Если рассматривать часть таблиц времени перевозок (таблицы 1 и 2) образованной пересечением строк и столбцов, относящихся к местам дислокации как квадратную матрицу, то она не обязательно будет симметричной. Например, при движении на водном транспорте по течению реки и против течения реки, получим разное время;

3) Разные виды транспорта нужно интерпретировать более широко, а именно как разные возможности по доставке подразделений. Например, максимально возможная скорость у разных видов самолетов существенно отличается. Тогда возможность использовать два различных вида самолетов следует рассматривать как два разных вида транспорта;

4) Количество матриц времени затрат смены транспорта быстро возрастает при увеличении числа видов транспорта. Количество матриц равняется числу размещений из w элементов по два ($w^*(w-1)$), где w число видов транспорта;

5) Отметим отличие транспортной задачи с транзитом мощности от предлагаемого варианта [1, с. 46]. В задаче с транзитом мощности транзит может проводиться не только поставщиками, роль которых в рассмотренной задаче выполняют места дислокаций, но и потребителями, которым соответствуют места сосредоточения. В предлагаемом варианте задачи места сосредоточения не являются транзитными пунктами.

Применяя предложенную модель транспортной задачи можно существенно минимизировать суммарное время переброски воинских подразделений с учетом

возможностей и особенностей (смена вида транспорта и использование пунктов дислокации в качестве транзитных пунктов), которые отсутствуют в известных вариантах транспортной задачи.

Библиографический список

1. Костин В. Н. Оптимизационные задачи электроэнергетики: Учеб. пособие. СПб. : СЗТУ, 2003. – 120 с.
2. Раскин Л. Г. Многоиндексные задачи линейного программирования (теория, методы, приложения) / Л. Г. Раскин, И. О. Кириченко. – М. : Радио и связь, 1982. – 240 с.
3. Тарутин А.В. Применение методов теории игр для решения прикладных задач//Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. - 2022. - № 2 (6). - С. 130-134.

УДК 621.39

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРХШИРОКОПОЛОСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В БЕСПРОВОДНОЙ СВЯЗИ БЛИЖНЕГО ИЛИ СРЕДНЕГО РАДИУСА ДЕЙСТВИЯ

Гимашев В.И., доцент кафедры математики и физики.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: gimashev2@mail.ru

В статье рассматриваются особенности применения сверхширокополосных технологий для обеспечения беспроводной связи ближнего и среднего радиуса действия. Рассмотрены некоторые области, демонстрирующие перспективность сверхширокополосных технологий (далее - СШП технологии) для использования в высокоскоростных коммуникациях, их преимущества по сравнению с узкополосными системами связи.

Ключевые слова: сверхширокополосные технологии; беспроводная связь; связь; локальная сеть; структурная схема.

APPLICATION OF ULTRA WIDEBAND TECHNOLOGIES IN SHORT OR MEDIUM-RANGE WIRELESS COMMUNICATIONS

Gimashev V.I., Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: gimashev2@mail.ru.

The article discusses the features of the use of ultra-wideband technologies to provide short- and medium-range wireless communications. Some areas demonstrating the prospects of UWB technologies for use in high-speed communications, their advantages in comparison with narrow-band communication systems are considered.

Keywords: UWB; wireless communication; communication; local area network; block diagram.

Сверхширокополосная (СШП) технология в широком смысле определяется как любая схема беспроводной передачи, которая занимает полосу пропускания более 25 % от центральной частоты или более 1,5 ГГц.

СШП-технологии находят широкое применение в различных технических областях – в радиолокации [1], в охране объектов [2] и др. В настоящее время проводятся активные исследования технологии СШП для того, чтобы лучше понять ее преимущества, ограничения и технические проблемы при использовании для высокоскоростной связи. Последние разработки дают уникальную возможность создать оборудование, которое потенциально могло бы использовать преимущества огромного объема неиспользуемого спектра, существующего в беспроводном пространстве, и которое могло бы обеспечить

основу для будущих высокоскоростных приложений, разрабатываемых во всей этой отрасли.

СШП технология существует с 1980-х годов, но до сих пор она использовалась в основном для приложений на базе радаров [3] из-за широкополосной природы сигнала, что приводит к очень точной информации о времени. Однако, благодаря недавним разработкам в области технологии высокоскоростной коммутации, технология СШП становится все более привлекательным для недорогих потребительских коммуникационных приложений. Хотя термин «сверхширокополосный» не очень информативен, он помогает отделить эту технологию от более традиционных «узкополосных» систем, а также от более новых «широкополосных» систем, обычно упоминаемых в литературе, описывающей технологии сотовой связи 3G, 4G, 5G. Существует два основных различия между СШП и другими «узкополосными» или «широкополосными» системами. Во-первых, пропускная способность систем СШП, составляет более 25 % от центральной частоты или более 1,5 ГГц [4]. Очевидно, что эта полоса пропускания намного превышает полосу пропускания, используемую любой современной технологией для связи. Во-вторых, с помощью технологии СШП обычно реализуется способом без носителей. Обычные «узкополосные» и «широкополосные» системы используют радиочастотные несущие для перемещения сигнала в частотной области из основной полосы на фактическую несущую частоту, на которой системе разрешено работать. И наоборот, СШП реализации могут напрямую модулировать «импульс», который имеет очень резкое время нарастания и спада, что приводит к форме сигнала, занимающей полосу пропускания в несколько ГГц. Хотя существуют и другие методы генерации сверхширокополосного сигнала (например, с использованием chirpированного сигнала).

Чтобы понять, как СШП технологии вписывается в современные тенденции в области беспроводной связи, необходимо рассмотреть общую проблему, которую пытаются решить системы связи. В частности, если бы беспроводная связь была идеальным средством связи, ее можно было бы использовать для отправки:

- большого объема данных;
- на большие расстояния;
- с очень большой скоростью;
- для многих пользователей;
- все сразу.

К сожалению, невозможно достичь всех пяти атрибутов одновременно для систем, поддерживающих уникальные, частные, двусторонние потоки связи; от одного или нескольких приходится отказаться, чтобы другие работали хорошо. Оригинальные беспроводные системы были созданы для преодоления больших расстояний, чтобы связать две стороны вместе. Однако последние достижения радиотехники и радиоэлектроники демонстрируют четкую тенденцию к улучшению остальных четырех атрибутов за счет расстояния. Наиболее очевидным примером является сотовая телефония, охватывающая расстояния от 300 метров до 30 километров. Более короткие расстояния позволяют повторно использовать спектр, тем самым обслуживая больше пользователей, и системы практичны, поскольку они поддерживаются базовой проводной инфраструктурой – телефонной сетью в случае сотовой связи. В дальнейшем начали появляться системы еще меньшей дальности действия, от 10 до 100 метров, используемые в первую очередь приложениями для передачи данных. Здесь Интернет является базовой проводной инфраструктурой, а не телефонной сетью. Многие ожидают сочетания беспроводной связи ближнего действия и проводного Интернета, который станет быстрорастущим дополнением к сотовым системам следующего поколения для передачи данных, голоса, аудио и видео. Четыре тенденции определяют развитие беспроводной связи малой дальности в целом и СШП в частности:

1. Растущий спрос на возможности беспроводной передачи данных в портативных устройствах с более высокой пропускной способностью, но меньшей стоимостью и энергопотреблением, чем доступно в настоящее время.

2. Перенасыщенность спектра, который сегментирован и лицензирован регулируемыми органами традиционными способами.

3. Рост высокоскоростного проводного доступа к Интернету на предприятиях, в домах и общественных местах.

4. Снижение стоимости полупроводников и энергопотребления для обработки сигналов.

Тенденции 1 и 2 благоприятствуют системам, которые предлагают не только высокие пиковые скорости передачи данных, но и высокую пространственную емкость, которая определяется как бит/с/м². Так же, как телефонная сеть сделала возможной сотовую телефонию, тенденция 3 делает возможным предоставление услуг с высокой пропускной способностью с помощью портативного устройства с низким энергопотреблением, использующим стандарты беспроводной связи короткого действия, такие как Bluetooth и IEEE 802.11. Наконец, тенденция 4 делает возможным использование методов обработки сигналов, которые были бы непрактичны всего несколько лет назад. Именно эта последняя тенденция делает СШП технологии практичными. При использовании по назначению появляющиеся стандарты беспроводной связи ближнего и среднего радиуса действия сильно различаются по своим предполагаемым пространственным возможностям. Например:

стандарт IEEE 802.11b имеет номинальный рабочий диапазон 100 метров. В диапазоне ISM 2,4 ГГц имеется около 80 МГц пригодного для использования спектра. Следовательно, в окружности радиусом 100 метров три системы IEEE 802.11b с частотой 22 МГц могут работать без помех, каждая из которых обеспечивает максимальную скорость передачи по воздуху 11 Мбит/с. Общая совокупная скорость 33 Мбит/с, деленная на площадь круга, дает пространственную пропускную способность приблизительно 1000 бит/с/м²;

Bluetooth в режиме низкого энергопотребления имеет номинальный радиус действия 10 метров и максимальную скорость передачи по воздуху 1 Мбит/с. Исследования показали, что примерно 10 Bluetooth-«пикосетей» могут работать одновременно в одном и том же 10-метровом круге с минимальной деградацией, обеспечивающей совокупную скорость 10 Мбит/с. Деление этой скорости на площадь окружности дает пространственную пропускную способность примерно в 30 000 бит/с/м²;

рабочий диапазон стандарта IEEE 802.11a составляет 50 метров, а пиковая скорость – 54 Мбит/с. Учитывая 200 МГц доступного спектра в нижней части из диапазона U-NII 5 ГГц 12 таких систем могут работать одновременно в пределах 50-метрового круга с минимальным ухудшением качества при общей скорости 648 Мбит/с. Таким образом, пространственная пропускная способность этой системы составляет приблизительно 83 000 бит/с/м²;

системы СШП сильно различаются по своим прогнозируемым возможностям, но один разработчик технологии СШП измерил пиковые скорости более 50 Мбит/с на расстоянии 10 метров и прогнозирует, что шесть таких систем могут работать в пределах одного и того же круга радиусом 10 метров с минимальным ухудшением качества. Следуя той же процедуре, прогнозируемая пространственная пропускная способность для этой системы составит более 1 000 000 бит/с/м².

Как показано на рисунке 1, другие стандарты, разрабатываемые в настоящее время Группой по особым интересам Bluetooth и рабочими группами IEEE 802, еще больше увеличили бы пиковые скорости и пространственные возможности их соответствующих систем, но, похоже, ни один из них не способен достичь уровня СШП. Вероятная причина заключается в том, что все системы связаны теоремой о пропускной способности канала [5]:

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

где C – максимальная пропускная способность канала (бит/сек);

B – полоса пропускания канала (Гц);

S – мощность сигнала (Вт);

N – Мощность шума (Вт).

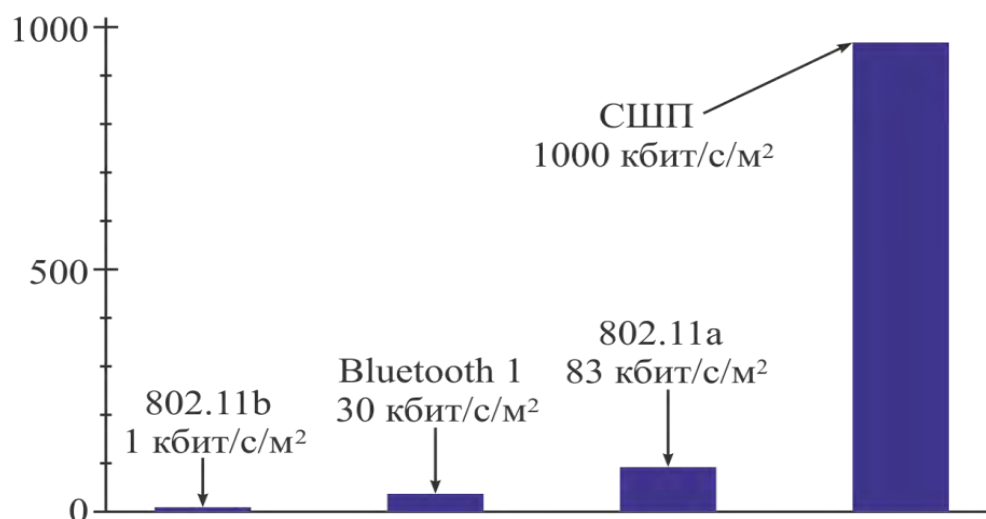


Рисунок 1 – Сравнение пространственной емкости между IEEE 802.11, Bluetooth и СШП

Поскольку верхняя граница пропускной способности канала линейно растет с общей доступной полосой пропускания, системы СШП, занимающие 2 ГГц или более, имеют больше возможностей для расширения, чем системы, которые в большей степени ограничены пропускной способностью. Таким образом, системы СШП обладают большим потенциалом для поддержки будущих беспроводных систем с высокой пропускной способностью.

По сравнению с традиционными архитектурами радиопередатчиков относительная простота сверхширокополосных (СШП) приемопередатчики могут принести важные преимущества. Чтобы изучить эти преимущества, рассмотрим следующую традиционную архитектуру радиосвязи, которая будет сравниваться с примером архитектуры СШП. В 1918 году Говард Армстронг изобрел почтенную супергетеродинную схему, которая и по сей день является доминирующей радиоархитектурой. Современным примером недорогой беспроводной архитектуры малой дальности действия является радиоприемник Bluetooth, пример которого показан на рисунке 2.

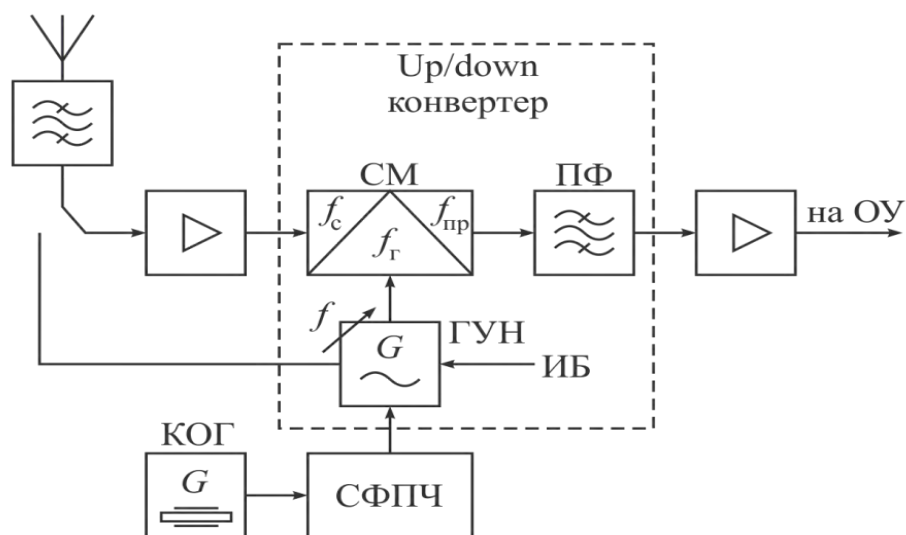


Рисунок 2 – Пример приемопередатчика Bluetooth

Bluetooth использует форму частотной манипуляции (ЧМн), при которой информация передается путем увеличения или уменьшения частоты несущей. На рис. 2 это достигается путем подачи информационных битов (ИБ) к генератору, управляемому напряжением (ГУН). А синтезатор с фазовой автоподстройкой (СФПЧ) с кварцевым опорным генератором (КОГ) необходим для поддержания средней частоты этого генератора в заданных пределах. Этот сигнал шириной 1 МГц затем расширяется до 79 МГц с помощью метода скачкообразной перестройки частоты, при котором синтезатор настраивается на псевдослучайные каналы с интервалом в 1 МГц. Результирующий излучаемый сигнал имеет несущую частоту 2,45 ГГц с полосой пропускания 79 МГц.

В режиме приема чрезвычайно слабый сигнал от антенны сначала усиливается, а затем преобразуется в сигнал промежуточной частоты ($f_{пр}$). В этом примере, $f_{пр} = 120$ МГц. Понижающий преобразователь использует гетеродинный метод [5], в котором на нелинейный смеситель (СМ) поступает как полезный сигнал с несущей частотой $\sim 2,45$ ГГц, так и сигнал, синтезированный гетеродином (f_r), частота которого на 120 МГц либо выше, либо ниже частоты полезного сигнала. Смеситель создает множество «копий» полезного сигнала, спектры которого образуются как сумма и разность полезного сигнала и сигнала гетеродина (а также их гармоник). Сигнал со смесителя поступает на полосовой фильтр (ПФ), который из всей совокупности сигналов выделяет тот, частота несущей которого совпадает с несущей полезного сигнала $f_{пр}$. На этой низкой частоте относительно легко обеспечить стабильные схемы с высоким коэффициентом усиления (~ 90 дБ), необходимые для демодуляции сигнала и восстановления исходной информации.

Большинство конструкций Bluetooth основаны на вариантах этой супергетеродинной архитектуры с акцентом на интеграции как можно большего количества функций на одном чипе. В некоторых конструкциях это включает в себя фильтры ПФ, которые делают даже относительно мягкие требования Bluetooth к селективности канала очень сложными для реализации при рабочей температуре.

Теперь рассмотрим прототип СШП приемопередатчика, как показано на рисунке 3. Этот приемопередатчик можно использовать для тех же приложений, которые предназначены для использования с Bluetooth, но с более высокой скоростью передачи данных и более низкой излучаемой радиочастотой. Информация может быть модулирована с использованием нескольких различных методов: амплитуда импульса может быть модулирована с вариациями ± 1 (биполярная сигнализация) или с вариациями $\pm M$ (M – амплитудная импульсная модуляция АИМ), включение и выключение импульса (известное как включение / выключение клавиатуры или ООК), или изменение положения импульса

(известное как время импульсная модуляция или ВИМ). Импульс имеет длительность порядка 200 пс, и в этом примере его форма предназначена для концентрации энергии в широком диапазоне 2–6 ГГц. В этом случае усилитель мощности может не потребоваться, поскольку генератор импульсов должен генерировать только колебания напряжения амплитудой порядка 100 мВ. Как и в супергетеродинном радиоприемнике, полосовой фильтр используется перед антенной для ограничения излучения в пределах желаемой полосы частот, за исключением того, что в этом случае фильтр будет иметь полосу пропускания порядка 4 ГГц.

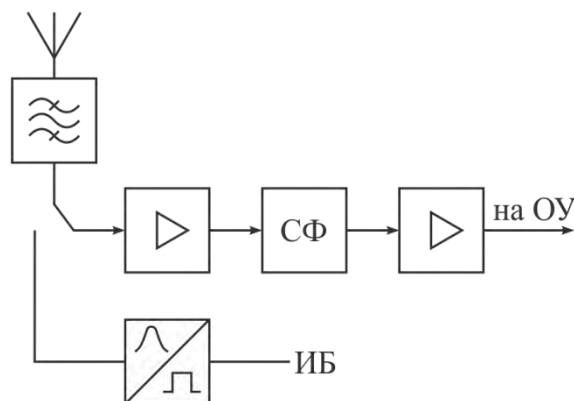


Рисунок 3 – Пример архитектуры сверхширокополосного приемопередатчика

Во время непрерывной передачи Bluetooth передатчик рассчитан на передачу около 1 Мбит/с при средней радиочастотной мощности 1 мВт на антенну, и он обеспечивает рабочий диапазон около 10 метров. Имея широкий диапазон 2,5 ГГц, сверхширокополосный передатчик, работающий со средней мощностью < 10 мкВт, может обеспечить ту же пропускную способность и предполагаемый диапазон покрытия. Это может привести к значительному увеличению срока службы батареи портативных устройств. В качестве альтернативы, для увеличения дальности действия или скорости передачи данных можно было бы использовать большую мощность сверхширокополосного сигнала.

В режиме приема энергия, собираемая антенной, усиливается и пропускается либо через согласованный фильтр (СФ), либо через приемник корреляционного типа. Согласованный фильтр имеет импульсную характеристику, согласованную с формой принятого импульса, и будет генерировать импульс на своем выходе при подаче радиочастотной энергии, которая имеет правильную (согласованную) форму импульса. Затем исходная информация восстанавливается с помощью регулируемой схемы с высоким порогом усиления.

Обратите внимание на относительную простоту этой реализации по сравнению с супергетеродинной архитектурой. Этот приемопередатчик не имеет опорного генератора, контура фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) синтезатора, ГУН, микшера или усилителя мощности. Такая простота приводит к снижению материальных затрат и снижению затрат на сборку. Например, недорогие опорные генераторы, используемые в типичном радиоприемнике Bluetooth, требуют регулировки центральной частоты, что увеличивает время тестирования и, следовательно, увеличивает стоимость продаваемых товаров.

Недорогое оборудование цифровой обработки сигналов часто используется в современных цифровых радиоприемниках для генерации нескольких методов модуляции. Эти системы могут снизить информационную плотность в своем сигнале, чтобы обслуживать пользователей на большие расстояния (дальность действия). Преимущество СШП заключается в том, что даже простые реализации могут обеспечить такую адаптацию.

Например, по мере увеличения дальности радиосвязь СШП может использовать несколько импульсов для передачи одного информационного бита, тем самым увеличивая отношение сигнал/шум в приемнике. Поскольку средняя потребляемая мощность сверхширокополосного передатчика линейно растет с увеличением частоты повторения импульсов, легко представить себе относительно простой сверхширокополосный радиоприемник, который под управлением программного обеспечения может динамически изменять скорость передачи данных, энергопотребление и дальность действия. Такая гибкость – это то, что необходимо для создания мощных портативных вычислительных приложений будущего.

Тем не менее, все еще существуют некоторые проблемы при проектировании систем СШП. Существует опасение, что такой широкополосный приемник будет подвержен непреднамеренным помехам от традиционных узкополосных передатчиков, которые работают в полосе пропускания сверхширокополосного приемника. Также еще предстоит решить такие проблемы, как точность согласования фильтров и экстремальные требования к полосе пропускания антенны, которые часто бывает трудно достичь. Кроме того, по-видимому, в компонентах многолучевого распространения присутствует значительное количество энергии, вызванное отражениями в канале, что позволяет предположить, что приемник грабельного типа [6] значительно улучшил бы производительность. Наконец, проблемой может быть шум от встроенного микроконтроллера. Распространенный способ в узкополосных радиосистемах заключается в том, чтобы вывести шум за пределы полосы пропускания, а не подавлять его. Этот способ может оказаться невыполнимым, учитывая полосу пропускания СШП-приемника.

Таким образом, в статье было определено несколько областей, которые демонстрируют перспективность СШП для использования в высокоскоростных коммуникациях на коротких и средних расстояниях. К ним относятся потенциальные недорогие реализации, низкое энергопотребление из-за ограничений на спектральную плотность мощности передачи, высокая пропускная способность, обеспечиваемая широкой полосой пропускания.

Библиографический список

1. Пушкарев А.М., Гимашев В.И. Основы широкополосной радиолокации // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения в войсках национальной гвардии Российской Федерации во взаимодействии с другими видами обеспечения: межвузовский сборник научно-практических материалов. Выпуск 5 / под редакцией: Г.М. Гончаренко (глава 1, 2), В.В. Армяншина (глава 3). – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2021. – С. 355-361.
2. Гимашев В.И. К вопросу применения СШП радара для охраны складов артиллерийского вооружения // Перспективные направления развития артиллерийского вооружения, методов его эксплуатации и ремонта: сб. трудов XV Всерос. науч-практ. конф. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2021. – С. 23-29.
3. J. D. Taylor, Introduction to Ultra-wideband Radar Systems, CRC Press, Boca Raton, Florida, 1995.
4. FCC Notice of Proposed Rule Making, “Revision of Part 15 of the Commission’s Rules Regarding Ultrawideband Transmission Systems,” ET-Docket 98-153.
5. T. M. Cover, J. A. Thomas, Elements of Information Theory, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1991.
6. J. Proakis, Digital Communications, 2nd Edition, McGraw-Hill, 1989.

УДК 623.4.011

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ПОДВИЖНОСТИ ВООРУЖЕНИЯ В ВОЙСКАХ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ериков А.П., доцент кафедры эксплуатации автобронетанковой техники (доцент).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: yerikov@andex.ru

Рассмотрены вопросы проработки и оценка возможности создания роботизированных средств подвижности вооружения, обеспечивающих эффективное управление и применение специальных подразделений войск национальной гвардии за счет функционирования в едином информационном поле в реальном масштабе времени. Данные роботизированные комплексы будут способствовать снижению потерь личного состава за счет исключения непосредственного его пребывания в зоне поражения противником и дистанционного управления средствами огневого поражения.

Ключевые слова: роботизированное средство подвижности вооружения; малогабаритный стрелковый модуль; вооружение; военная и специальная техника; средства управления войсками; средства огневой поддержки; лазерный дальномер-целеуказатель; служебно-боевые задачи; дистанционное управление; оператор.

PROSPECTS FOR THE USE OF ROBOTIC MEANS OF MOBILITY OF WEAPONS IN THE TROOPS OF THE NATIONAL GUARD OF THE RUSSIAN FEDERATION

Erikov A.P., Associate Professor of the Department of Operation of Armored Vehicles (Associate Professor).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: yerikov@yandex.ru

The issues of elaboration and evaluation of the possibility of creating robotic means of mobility of weapons that ensure effective management and use of special units of the National Guard troops due to functioning in a single information field in real time are considered. These robotic complexes will contribute to reducing the losses of personnel by eliminating their direct presence in the enemy's defeat zone and remote control of fire damage means.

Keywords: robotic means of mobility of weapons; small-sized shooting module; armament; military and special equipment; means of command and control of troops; means of fire support; laser rangefinder-designator; service and combat tasks; remote control; operator.

С углублением процессов информатизации общества расширились возможности по повышению эффективности управленческих процессов в различных сферах жизнедеятельности людей. Военная область не стала исключением. Вопросам повышения эффективности управления специальными подразделениями войск национальной гвардии в настоящее время уделяется первоочередное внимание.

Другим немаловажным фактором интенсификации процессов управления является стремление достичь всеобъемлющего превосходства в ходе выполнения служебно-боевых задач над незаконными вооруженными формированиями через упреждение его действий. Этот подход базируется не только на необходимости достижения информационного превосходства, но и на технической оснащенности частей и подразделений.

По мнению ряда специалистов, модернизация войск национальной гвардии должна осуществляться не на базе имеющихся сегодня систем вооружения, а на основе, прежде всего, информационно технического взаимодействия сил и средств привлекаемых для выполнения служебно-боевых задач (далее - СБЗ). В этом случае информация о складывающейся обстановке становится основанием для интеграции различных автоматизированных и роботизированных систем, что позволяет добиться принятия оптимальных решений и максимального эффекта от их применения [1, 3, 9].

Оснащение и модернизация вооружения, военной и специальной техники войск национальной гвардии должны осуществляться на основе, прежде всего информационно технического взаимодействия сил и средств предназначенных для выполнения СБЗ. Эта задача является наиболее актуальной в данный момент, когда подразделения войск национальной гвардии совместно с вооруженными силами Российской Федерации участвуют в специальной военной операции по демилитаризации и денацификации на Украине.

С целью снижения потерь личного состава предлагается оснастить специальные подразделения войск национальной гвардии до уровня, позволяющего повысить эффективность боевого управления и исключить пребывание личного состава в зоне возможного поражения. Такой уровень, может быть, достигнут, за счет оснащения этих подразделений роботизированными средствами подвижности вооружения (далее - РСПВ) на базе малогабаритных стрелковых модулей (далее - МСМ).

Целесообразно проработать и оценить возможности создания РСПВ, обеспечивающих эффективное управление и применение специальных подразделений, за счет функционирования в едином информационном поле в реальном масштабе времени. Результаты работы должны быть направлены на разработку требований к РСПВ на базе МСМ, способных исключить потери личного состава и снизить затраты материальных средств в ходе выполнения поставленных задач [1-3, 5, 8].

Область возможного применения МСМ определена выполнением ими части функций личного состава специальных подразделений непосредственно выполняющих СБЗ. С разработкой таких средств вооружения присутствие личного состава в зоне возможного поражения становится не обязательным. Наличие у МСМ легкого стрелкового вооружения, лазерного дальномера-целеуказателя (далее - ЛДЦ) и другого специального оборудования позволяет повысить эффективность выполнения поставленной задачи, снизить потери личного состава, а значит и снизить затраты материальных средств, связанных с выполнением поставленной задачи [1, 9].

Вариант использования МСМ в специальных подразделениях войск национальной гвардии представлен на рисунке 1.

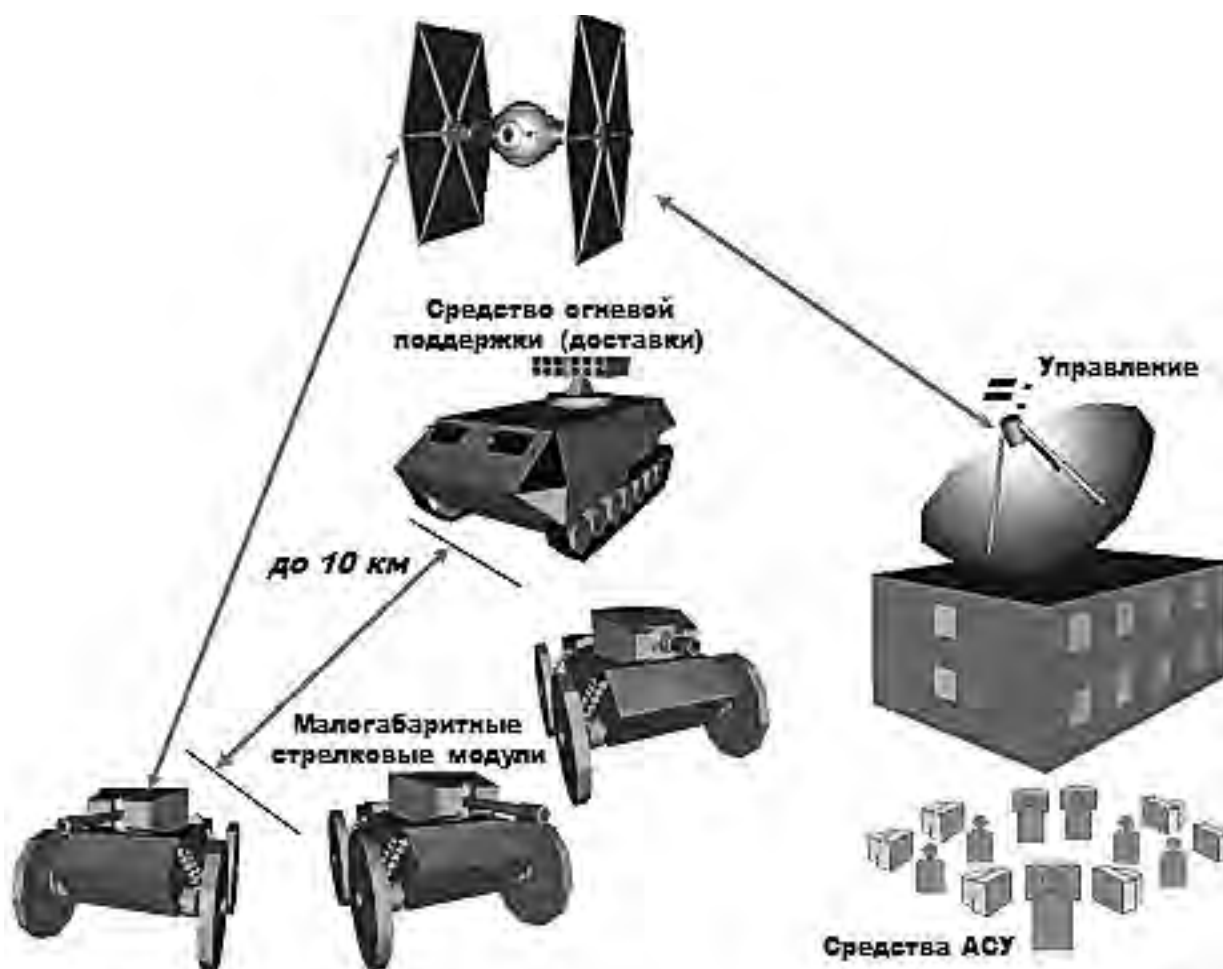


Рисунок 1 – Состав и принципы функционирования РСРВ

Как видно из рисунка, МСМ является частью РСРВ. Роботизированное средство предназначено для уничтожения живой силы и техники противника во всех видах ведения боя, в любых погодных и климатических условиях. Может действовать как автономно, так и в составе подразделений.

Основными элементами РСРВ являются командная и боевая части (рисунок 1). Управление осуществляется из стационарного или подвижного командного пункта (командная часть) любого типа базирования при помощи автоматизированной системы управления (далее АСУ).

Боевая часть состоит из средств огневой поддержки (доставки) и МСМ. Средства огневой поддержки (доставки) могут быть авиационные, артиллерийские, бронетанковые и т.д., в зависимости от возможностей и необходимости служебно-боевого применения. Единственное условие – адаптивность боеприпасов к системам с ЛДЦ [2].

РСРВ должен выполнять следующие задачи:

- снижение потерь личного состава за счет исключения пребывания его в зоне поражения;

- уничтожение живой силы и легкобронированной техники противника при помощи легкого стрелкового вооружения МСМ;

- целеуказание МСМ при помощи ЛДЦ бронированных объектов и уничтожение их средством огневой поддержки (доставки);

- предоставление визуальной информации с места нахождения каждого МСМ в реальном масштабе времени (в том числе и разведка);

- постоянный контроль местоположения МСМ;

- преодоление труднодоступных участков местности.

Выполнение вышеизложенных задач позволяет РСПВ в целом претендовать на широкое применение в войсках национальной гвардии.

Принципы применения РСПВ рассмотрим с использованием рисунка 1. Командный пункт находится на значительном удалении от непосредственного места выполнения СБЗ. В нем размещаются командир подразделения и операторы (управления МСМ). Средство доставки и огневой поддержки, в котором находятся два человека (механик – водитель и стрелок), выдвигается в указанный район, где на расстоянии 10-15 км от места вероятного соприкосновения с противником производит выгрузку МСМ. Заняв позицию, переходит в режим ожидания применения средств огневой поддержки (тяжелого вооружения с наведением от ЛДЦ). При работе РСПВ с использованием АСУ средство доставки и огневой поддержки может выполнять и ретранслирующие функции.

После выгрузки МСМ выдвигаются к месту непосредственного выполнения СБЗ с максимальной скоростью, с учетом соответствующего рельефа местности, МСМ может достичь его за 10-15 минут. Операторы командного пункта имеют полномасштабное представление о происходящем в реальном масштабе времени и способны принимать решения, не отягощенные психофизиологическим воздействием со стороны противника.

Использование оптического прицеливания способствует высокой точности поражения целей. Наличие у МСМ легкого стрелкового вооружения, позволяет эффективно бороться с живой силой и небронированной техникой противника. В случае появления бронированных целей МСМ производит при помощи ЛДЦ целеуказание и во взаимодействии со средством доставки и огневой поддержки уничтожает их.

Поскольку каждый из составляющих РСПВ подключен к системе, командир подразделения постоянно контролирует их местоположение, что позволяет в сочетании с визуальным контролем (может отслеживать ситуацию из любого МСМ), осуществлять эффективное управление и взаимодействие.

В зависимости от характера СБЗ возникает необходимость в пополнении боеприпасов и топлива. В этом случае возможна замена МСМ, с израсходованным боекомплектом возвращаются к средствам огневой поддержки и доставки где, механик-водитель и стрелок произведут перезарядку (5-10 минут на МСМ). Нельзя не отметить, что имеется возможность менять только МСМ, когда как операторы путем переключения управления с одной машины на другую могут остаться те же. Такая замена позволит не теряя времени на оценку обстановки одному оператору вести СБЗ без остановки.

Скорость, защищенность, техническая оснащенность и управляемость МСМ и всего РСПВ в целом позволят существенно повысить эффективность применения стрелкового вооружения, снизить потери личного состава и материальных средств.

РСПВ может применяться для блокирования и деблокирования подразделений противника или незаконных вооруженных формирований. Вести круглосуточное наблюдение и патрулирование районов (до 3-5 суток без дозаправки), в любых погодных и климатических условиях. Кроме того, осуществлять охрану объектов колонн и грузов. Прodelывать проходы в противопехотных минно-взрывных ограждениях. Сходу преодолевать водные препятствия, двигаться по снежному и ледяному насту. Выполнять разведывательные и диверсионные функции. Использоваться в качестве воздушного десанта с любых высот.

Высокая ремонтпригодность и модульность позволяет в кратчайшие сроки выполнять массовые ремонты таких машин при невысокой квалификации специалистов.

Анализ выполнения войсками национальной гвардии СБЗ позволяет сформулировать ряд требований к РСПВ [3, 5, 9]:

Для снижения уязвимости в ходе выполнения СБЗ подвижное средство должно иметь осколочно-пулевое бронирование, фронтальную площадь не более 0,4 м² и скорость движения при боевом маневрировании от 0 до 40 км/ч.

Скорость на марше, обеспечивающая скорейший выход МСМ на установленный рубеж при благоприятных условиях местности должна достигать 60-70 км/ч.

Для увеличения живучести МСМ должен иметь устройство (механизм), обеспечивающее переворот корпуса в случае его опрокидывания.

Для увеличения показателей проходимости МСМ должен иметь устройство (механизм), позволяющее в кратчайшие сроки преодолевать фортификационные сооружения и труднопроходимые участки местности.

Для полной реализации технической возможности применения МСМ управление должно осуществляться не более чем двумя операторами.

В качестве условий достаточности в качестве бортового вооружения, должно рассматриваться применение легкого стрелкового вооружения в сочетании с ЛДЦ, обеспечивающим взаимодействие со средством огневой поддержки.

Конструкция МСМ должна обеспечивать максимальную унификацию верхней части корпуса с целью удобства замены вооружения и оборудования.

На основании вышеизложенных положений, на вооружении войск национальной гвардии целесообразно иметь МСМ с характеристиками, представленными в таблице 1.

Таблица 1 – Техническая характеристика МСМ

Боевая масса, кг	до 100
Количество операторов управления, человек	2
Мощность силовой установки, кВт	5
Максимальная скорость, км/ч	60
Запас хода по топливу, км	до 150
Максимальный угол подъема / крена, град	45 / 45
Высота преодолеваемой стенки, мм	до 500
Вооружение	стрелковое (легкое)
Бронирование	осколочно-пулевое

Модуль может быть выполнен в виде боевой плавающей бронированной колесной машины без экипажа. Должен иметь осколочно-пулевую броневую защиту и невысокую массу. Малые габаритные размеры и вес, в сочетании со значительной скоростью, позволят ему быть малозаметным и трудно уязвимым и применять на нем ряд новых технических решений, например, механизм переворота корпуса, используемый в случаях его опрокидывания или систему прыжка, предназначенную для преодоления заграждений и препятствий высотой до 0,5 м [4].

Рамная конструкция корпуса с монтируемыми на ней броневыми листами, агрегатами и оборудованием будет с высокой степенью унификации и ремонтпригодности. Примерная компоновка составляющих МСМ представлена на рисунке 2. Такая конструкция позволит использовать базу модуля для монтажа большого количества стрелкового вооружения или специального оборудования [6].

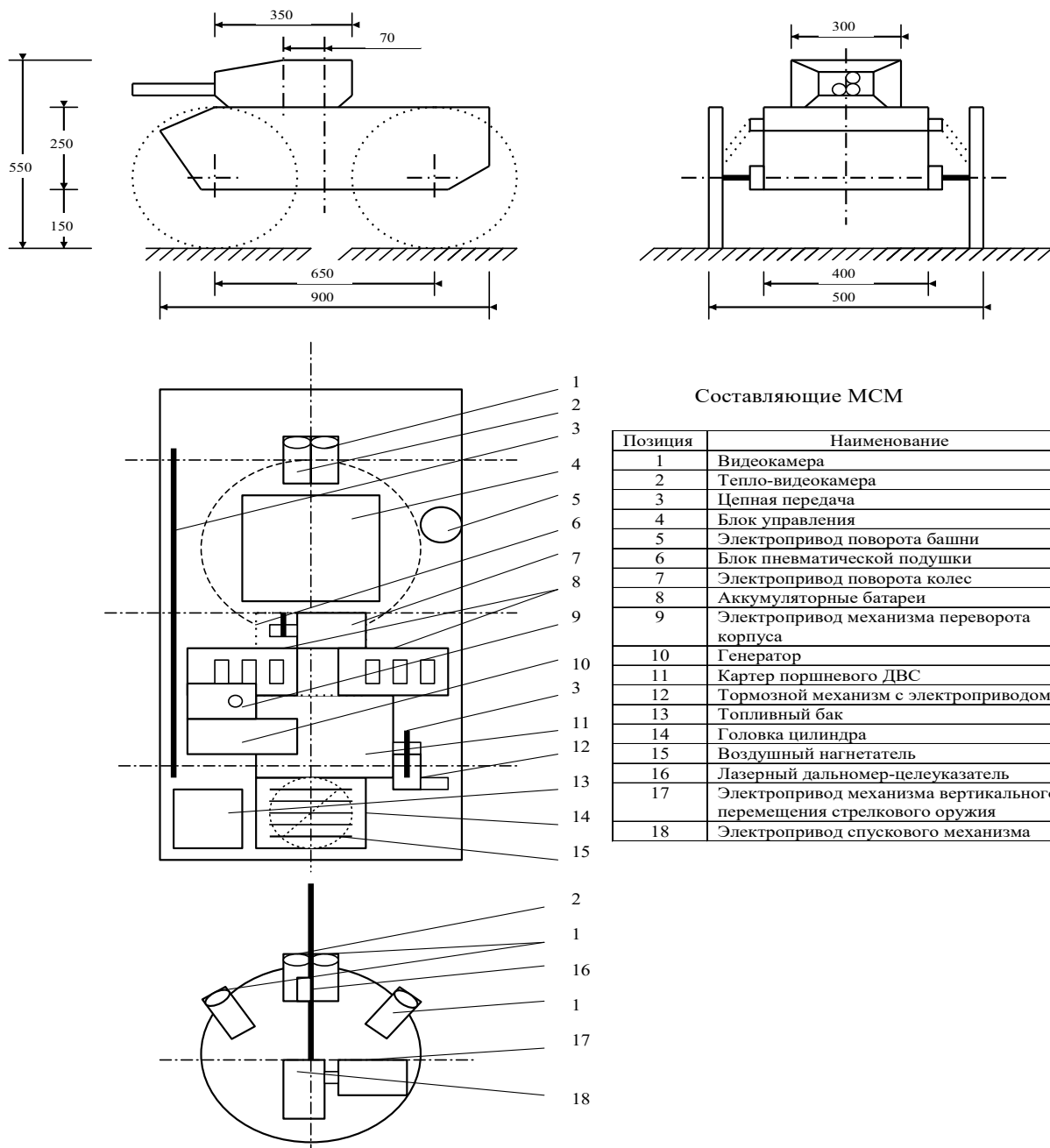


Рисунок 2 – Компоновка составляющих МСМ

Основой бортового радиоэлектронного оборудования должны быть телевизионные и тепловизионные камеры, ЛДЦ, аппаратура связи и навигации, предназначенные для получения команд и передачи данных телеметрии бортовых систем. Управление модуля будет осуществляться двумя операторами: водителем и стрелком [7].

При конструировании РСПВ наряду с использованием цифрового и спутникового оборудования можно допустить применение аналогового телеметрического оборудования, позволяющего обеспечивать его использование на удалении до 10 км от пункта управления.

Набор функций помимо телеметрического управления должен включать:

Использование навигационной системы российского производства (отражение на экранах мониторов операторов).

Вывод на экран показателей датчиков с возможностью их отключения (телетекст).

Вариант примерной компоновки составляющих МСМ.

Для создания РСПВ необходимо учесть следующие затраты:

выполнение конструкторской документации;
создание опытного образца и его испытание;
разработка специального стрелкового вооружения и сопутствующего оборудования;
разработку необходимого электронного оборудования управления и навигации, отвечающего предъявленным требованиям.

Таким образом, предлагаемое к разработке и созданию, РСПВ обладает рядом оригинальных технических решений. В данном случае удачно сочетаются как унифицированные так и новаторские технические решения, что в сочетании с последними достижениями в области коммуникаций позволяет предполагать значительный эффект от его применения.

Библиографический список

1. Батурин О.С., Антохин Е.А., Ефремов Е.В. Методический подход к оценке систем автономного управления движением наземных робототехнических комплексов военного назначения среднего и тяжелого классов // Робототехника и техническая кибернетика. 2017. № 3 (16). С. 33-37.
2. Буренок В.М., Горчица Г.И., Ищук В.А., Пишков В.Н. Вопросы обеспечения военно-технического сопровождения разработки перспективных комплексов вооружения с использованием их виртуальных прототипов // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2020. № 1 (111). С. 3-16.
3. Горошко В.В., Нестеренко А.Н., Курбацкий В.С. Направления развития робототехнических комплексов в силовых структурах Российской Федерации / В сборнике: Роль и место робототехнических комплексов в силовых структурах Российской Федерации, пути их развития и проблемные вопросы. // Сборник материалов межвузовской научно-практической конференции. Под общей редакцией А.Г. Яренских. Пермь, 2021. С. 91-97.
4. Ериков А.П. К вопросу анализа поперечной устойчивости образцов автомобильной техники / В сборнике: Современные аспекты развития и безаварийной эксплуатации автомобильной техники (бронетанкового вооружения и техники) // Межвузовская научно-техническая конференция. Под общей редакцией С.А. Куценко. 2019. С. 82-86.
5. Ковалев С.В. Направления развития перспективных разработок систем управления робототехнических комплексов // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2021. № 4 (4). С. 188-192.
6. Лапин С.А., Петунин П.В., Воронович А.В. Перспективы применения гибридных трансмиссий в наземных робототехнических комплексах // В сборнике: Состояние и перспективы развития современной науки по направлению «Робототехника». Сборник статей III Всероссийской научно-технической конференции. Анапа, 2021. С. 97-106.
7. Покрышкин А.Б., Белов А.А. Некоторые перспективы применения дистанционно управляемых боевых машин в общевойсковом бою / В сборнике: Мы помним, мы гордимся. // Материалы Всероссийской конференции с международным участием, посвящённой 75-летию Победы в Великой Отечественной войне. Под общей редакцией К. В. Костина. 2020. С. 179-187.
8. Половинкин В.Н. Современное состояние и перспективы создания отечественного оружия и вооружения // Защита и безопасность. 2022. № 1 (100). С. 6-10.
9. Стрельцов Р.В. Анализ перспективных образцов вооружения, военной и специальной техники, робототехнических комплексов, представленных на международной выставке "ЭКСПОТЕХНОСТРАЖ" // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2022. № 2 (6). С. 109-118.

УДК 371.0

ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ВРЕДОНОСНЫХ ПРОГРАММ КЛАССОВ «ТРОЯНСКИЕ ПРОГРАММЫ»

Кобяков Н.С., начальник учебной лаборатории технической защиты информации кафедры вычислительных машин, комплексов, систем и сетей, факультета (связи).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье автор рассматривает вопрос оценки опасности вредоносных программ класса «Троянские программы». Подход к оценке опасности вредоносных программ основан на основе метода анализа иерархий. Определены поведенческие паттерны вредоносных программ класса «Троянские программы». В ходе моделирования реализована и верифицирована модель для оценки опасности вредоносных программ класса «Троянские программы».

Ключевые слова: вредоносные программы; троянские программы; метод анализа иерархий; опасность вредоносных программ.

ASSESSMENT OF MALICIOUS TROJANS

Kobyakov N.S., head of the educational laboratory of technical information protection of the department of computers, complexes, systems and networks of the faculty (communications).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

In the article, the author considers the issue of assessing the danger of malicious programs of the Trojan class. The malware risk assessment approach is based on the hierarchy analysis method. The patterns of behavior of malicious programs of the Trojan class are determined. During the simulation, a risk assessment model for Trojan class malware was implemented and verified.

Keywords: malware; trojans; hierarchy analysis method; malware threat.

В следующие три года российские компании планируют увеличить бюджет на кибербезопасность на 14 % [1]. Основными причинами увеличения бюджета являются: новые риски, в связи с геополитическими факторами; трудности с защитой данных, утечка в публичный доступ клиентских или корпоративных данных [1]. Это говорит о возросшей опасности деструктивных воздействий на автоматизированные системы организаций. В свою очередь автоматизированные системы специального назначения остаются объектом интереса для злоумышленников. Ранее были определены классификация и поведенческие паттерны вредоносных программ, актуальных для автоматизированных систем специального назначения, разработана и верифицирована модель для оценки опасности класса «Вредоносные утилиты».

Необходимо определить поведенческие паттерны характерные для вредоносных программ класса «Троянские программы». Разработать математическую модель для оценки опасности класса «Троянские программы».

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

Определить поведенческие паттерны, характерные для вредоносных программ класса «Троянские программы».

Разработать модель для оценки опасности класса «Троянские программы»

Выполнить верификацию разработанной модели.

Исходя из источников [2-4] были определены поведенческие паттерны вредоносных программ класса «Троянские программы», представленные на рисунке 1.



Рисунок 1 – Поведения вредоносных программ класса «Троянские программы»

Далее, был проведен опрос среди десяти экспертов, которые оценили опасность поведенческих паттернов, характерных для класса «Троянские программы». Опасность оценивалась по шкале от 1 до 12, где 1 – самое опасное поведение.

По результатам опроса формируем матрицу A размером K×L: N-K M-L

$$A = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & y_{13} & \dots & y_{1L} \\ y_{21} & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & y_{ij} & \dots \\ y_{K1} & \dots & \dots & \dots & y_{KL} \end{pmatrix} \quad (1)$$

где K – общее количество высококвалифицированных специалистов; L – общее количество признаков вредоносных программ класса «Троянские программы»; y_{ij} – оценка j-ым специалистом i-того признака.

Составим вектор-столбец:

$$\bar{y} = \begin{pmatrix} \bar{y}_1 \\ \bar{y}_2 \\ \dots \\ \bar{y}_L \end{pmatrix} \quad (2)$$

элементы которого равны среднему значению оценки всеми специалистами i -того признака:

$$\bar{y}_i = \frac{\sum_{j=1}^K y_{ij}}{K} \quad (3)$$

Для вредоносных программ класса «Троянские программы» средние значения поведений равны: 1,8; 2,4; 4; 4,1; 5,1; 5,3; 7,4; 8,4; 8,9; 9,6; 10,1; 10,9 (таблица 2).

Расширенная корреляционная матрица O^* , это матрица O с добавленной строкой $K+1$, элементы которой получаются при сравнении оценок, выставленных j специалистом, со значением элементов матрицы $\bar{Y}$:

$$\bar{o}_j = \frac{\sum_{i=1}^L (a_{ij} - \bar{a}_j)(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^L (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 + \sum_{i=1}^L (y_i - \bar{y})^2}} \quad (4)$$

где

$$\bar{a}_j = \frac{\sum_{i=1}^L a_{ij}}{L}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^L y_i}{L}$$

Расширенная корреляционная матрица O^* размером $(K+1) \times K$ будет иметь вид:

$$O^* = \begin{pmatrix} o_{11} & o_{12} & \dots & o_{1K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ o_{N1} & o_{N2} & \dots & o_{LK} \\ \bar{o}_1 & \bar{o}_2 & \dots & \bar{o}_K \end{pmatrix} \quad (5)$$

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод, что мнения экспертов согласованы, так как значение $W > 0,7$.

$$W = \frac{12S}{l^2(k^3 - k)} = 0,744 \quad (6)$$

Результатом применения численного метода является вектор коэффициентов относительной важности (вектор приоритетов) признаков.

Коэффициент относительной важности i -того признака:

$$v_i = 1 - \frac{\bar{y}_i - \bar{y}_{\min}}{\bar{y}_{\max} - \bar{y}_{\min}} \quad (7)$$

где:

$\bar{y}_i \rightarrow$ среднее значение i признака (элементы матрицы $\bar{Y}$);

$\bar{y}_{\max} \rightarrow$ максимальное среднее значение признаков ($\bar{Y}_{\max} = \max_{1 \leq i \leq L} \{\bar{y}_i\}$);

$\bar{y}_{\min} \rightarrow$ минимальное среднее значение признаков ($\bar{Y}_{\min} = \min_{1 \leq i \leq L} \{\bar{y}_i\}$).

Рассмотрим вектор $V = (v_1 \ v_2 \ \dots \ v_M)$, где $1,8 \leq v_i \leq 10,9$. Сопоставим каждому элементу вектора V значение значимости признака w_i в соответствии с лингвистической шкалой Т. Саати (таблица 1).

Таблица 1 - Соответствие значения коэффициента относительной важности значимости признака

Значимость, w_i	Определение по шкале Т. Саати	Коэффициент относительной важности, v_i
1	Одинаковая значимость	[1,8; 2,81]
2	Промежуточное значение	(2,81; 3,82]
3	Слабая значимость	(3,82; 4,83]
4	Промежуточное значение	(4,83; 5,84]
5	Сильная значимость	(5,84; 6,86]
6	Промежуточное значение	(6,86; 7,87]
7	Очень сильная значимость	(7,87; 8,88]
8	Промежуточное значение	(8,88; 9,89]
9	Абсолютная значимость	(9,89; 10,9]

Рассмотрим вектор $W = (w_1 \ w_2 \ \dots \ w_M)$, элементы которого упорядочены по возрастанию.

По рассчитанным значениям элементов w_i составим матрицу парных сравнений относительной значимости признаков.

Логическая согласованность всех оценок между собой обусловлена тем, что данная матрица обладает свойством обратной симметрии и однородности.

$$W = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 & 3 & 4 & 4 & 6 & 7 & 8 & 8 & 9 & 9 \\ 1 & 1 & 3 & 3 & 4 & 4 & 6 & 7 & 8 & 8 & 9 & 9 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{1} & \frac{4}{1} & \frac{5}{1} & \frac{6}{1} & \frac{6}{1} & \frac{7}{1} & \frac{7}{1} \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{1} & \frac{4}{1} & \frac{5}{1} & \frac{6}{1} & \frac{6}{1} & \frac{7}{1} & \frac{7}{1} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{3}{1} & \frac{4}{1} & \frac{5}{1} & \frac{5}{1} & \frac{6}{1} & \frac{6}{1} \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{3}{1} & \frac{4}{1} & \frac{5}{1} & \frac{5}{1} & \frac{6}{1} & \frac{6}{1} \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{3}{1} & \frac{3}{1} & \frac{4}{1} & \frac{4}{1} \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{1} & \frac{3}{1} & \frac{3}{1} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{1} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} & \frac{2}{1} & \frac{2}{1} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{7} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{7} & \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{1} & \frac{1}{1} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Сформированная матрица парных сравнений содержит сведения об оценках высококвалифицированных специалистов.

Вектор коэффициентов относительной важности признаков (вектор приоритетов) имеет вид:

$$V = (V_1, V_2, \dots, V_M) \quad (9)$$

Выполним нормировку элементов собственного вектора делением на сумму его элементов:

$$\hat{V} = (\hat{V}_1, \hat{V}_2, \dots, \hat{V}_M) \quad (10)$$

Нормирование обеспечивает соотношение $\sum V_i = 1$.

В данной работе нормированные весовые коэффициенты равны:

$$\hat{V} = (0,229; 0,229; 0,118; 0,118; 0,081; 0,081; 0,042; 0,03; 0,021; 0,021; 0,014; 0,014) \quad (11)$$

С точки зрения функционального анализа такая норма соответствует пространству O_1^m .

В таблице 2 представлены поведенческие паттерны, упорядоченные по рангу, значения первого собственного вектора, а также нормированный вес.

Таблица 2 – Поведенческие паттерны

№	Эксперт Поведенческие паттерны	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10	Ср. знач	Ра нг	Перв ый собст венн ый векто р	Норм ирова нный вес
x1	Скрытое удаленное управление пораженным компьютером	1	1	4	4	3	1	1	1	1	1	1,8	1	0,591	0,229
x2	Ведение электронного шпионажа (вводимая с клавиатуры информация)	2	2	2	3	1	2	4	3	2	3	2,4	1	0,591	0,229
x3	Несанкционированная пользователем модификация данных, чтобы сделать невозможной работу с ними	5	4	1	2	8	3	6	2	7	2	4	3	0,305	0,118
x4	Кража пользовательских аккаунтов (логин/пароль)	7	3	3	1	2	4	5	6	3	7	4,1	3	0,305	0,118
x5	Несанкционированная пользователем загрузка и установка вп(без интернета)	3	5	5	8	7	6	3	5	4	5	5,1	4	0,21	0,081
x6	Несанкционированная пользователем загрузка и установка вп(через	4	6	6	9	6	7	2	4	5	4	5,3	4	0,21	0,081

	интернет)														
x7	Сбор адресов Э/п	9	7	7	5	9	5	7	9	8	8	7,4	6	0,109	0,042
x8	Имитация работы САВЗ	8	11	8	6	4	8	8	10	11	10	8,4	7	0,077	0,030
x9	Несанкционированный пользователем доступ к различным интернет-ресурсам	6	8	9	10	11	10	10	7	12	6	8,9	8	0,053	0,021
x10	Оповещение злоумышленника о том, что зараженный компьютер появился в сети	10	9	11	7	12	9	12	8	9	9	9,6	8	0,053	0,021
x11	"Архивная бомба"	11	10	12	12	5	12	11	11	6	11	10,1	9	0,037	0,014
x12	"Кликер"	12	12	10	11	10	11	9	12	10	12	10,9	9	0,037	0,014

Модель, позволяющая получить численное значение показателя опасности троянских программ, имеет следующий вид:

$$J_{\text{тп}} = 10 (0,229 * x_1 + 0,229 * x_2 + 0,118 * x_3 + 0,118 * x_4 + 0,081 * x_5 + 0,081 * x_6 + 0,042 * x_7 + 0,03 * x_8 + 0,021 * x_9 + 0,021 * x_{10} + 0,014 * x_{11} + 0,014 * x_{12}) / 0,458 \quad (12)$$

Верификация данной модели представлена в таблице 3, а уровни опасности выбраны по лингвистической шкале банка уязвимостей ФСТЭК России.

Таблица 3 - Верификация модели

Название	Краткое описание	x_i	Показатель опасности	Уровень опасности
BackDoor.ProRat	Модифицирует ключи реестра, устанавливает процедуру перехвата сообщений о нажатии клавиш клавиатуры	x_1, x_2	10	Критический уровень
Trojan.Click3	Устанавливает настройки сервисов, модифицирует ключи реестра для получения адресов э/п в авторизованных аккаунтах.	x_7, x_{12}	2	Низкий уровень
Trojan.Encoder.36015	Читает файлы, отвечающие за хранение паролей программами. Создает, модифицирует и удаляет файлы для блокировки компьютера.	x_3, x_4	5,2	Средний уровень

Для оценки опасности вредоносных программ класса «Троянские программы», актуальных для автоматизированных систем специального назначения, предложено разработать модель на основе метода анализа иерархий. В ходе моделирования были решены следующие задачи:

1. Для формирования модели оценки опасности троянских программ предложено использовать численный метод предварительной экспертизы, в основе которого лежит метод анализа иерархий. В качестве критериев модели используются актуальные для автоматизированных систем специального назначения поведенческие паттерны троянских программ.

2. Разработана модель оценки опасности троянских программ и проведена ее верификация. Показана устойчивость результатов моделирования, логичность суждений об опасности троянских программ. Например, для BackDoor.ProRat – 10 (Критический уровень), Trojan.Click3 – 2 (Низкий уровень), Trojan.Encoder.36015 – 5,2 (Средний уровень).

С помощью разработанной модели оценки опасности троянских программ, есть возможность прогнозировать развитие вредоносных программ и принимать необходимые решения для повышения эффективности системы защиты информации.

Библиографический список

1. Планирование бюджета на кибербезопасность URL: https://www.kaspersky.ru/about/press-releases/2023_v-sleduyushie-tri-goda-rossijskie-kompanii-planiruyut-uvelichit-byudzhets-na-kiberbezopasnost-na-14.
2. Типы детектируемых объектов URL: <https://encyclopedia.kaspersky.ru/knowledge/the-classification-tree/>.
3. Наименования угроз по классификации «Доктор Веб» URL: <https://vms.drweb.ru/classification/>.
4. Вирусная библиотека «Доктор Веб» URL: <https://vms.drweb.ru/search/>.

УДК 623.773

ВАРИАНТ ПРИМЕНЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СРЕДСТВ МАСКИРОВКИ В ХОДЕ ВЫПОЛНЕНИЯ СЛУЖЕБНО-БОЕВЫХ ЗАДАЧ

Ковалёв С.В., преподаватель кафедры инженерного обеспечения служебно-боевой деятельности войск национальной гвардии РФ.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: ingener_s_v@mail.ru

В статье рассмотрен вариант применения адаптивных средств маскировки в ходе выполнения служебно-боевых задач в различных условиях обстановки в целях улучшения маскирующих параметров, как табельных средств скрытия, так и деформирующего окрашивания стационарных объектов от визуального наблюдения противника.

Предложен вариант применения устройства адаптивной маскировки объектов путем применения термохромного покрытия, которое изменяет оптические параметры в соответствии с регистрируемыми условиями наблюдения.

Ключевые слова: служебно-боевые задачи; адаптивная маскировка; демаскирующие признаки; маскировочное покрытие; термохромная краска; фортификационное оборудование местности.

AN APPLICATION OPTION FOR ADAPTIVE MEANS OF DISGUISE DURING EXECUTION SERVICE AND COMBAT TASKS

Kovalev S.V., Lecturer of the Department of Engineering Support of Service and Combat Activities of the National Guard Troops of the Russian Federation

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: ingener_s_v@mail.ru

The article considers a variant of the use of adaptive means of camouflage during the performance of service and combat tasks in various conditions of the situation in order to improve the masking parameters, both the service means of concealment and the deforming staining of stationary objects from the visual observation of the enemy. A variant of using an adaptive object masking device by applying a thermochromic coating that changes the optical parameters in accordance with the recorded observation conditions is proposed.

Keywords: service and combat tasks; adaptive camouflage; unmasking signs; camouflage coating; thermochromic paint; fortification equipment of the terrain.

Инженерные мероприятия по маскировке войск и объектов при выполнении подразделениями войск национальной гвардии Российской Федерации служебно-боевых задач в современных вооруженных конфликтах, имеют очень важное значение по сохранению жизнедеятельности личного состава и работоспособности вооружения военной и специальной техники.

При фортификационном оборудовании районов, рубежей и позиций занимаемых подразделениями, внезапность действий как в ходе активной обороны, так и при ведении наступательных действий будет обеспечиваться, в том числе, путем проведения инженерных мероприятий по маскировке. В настоящее время существует проблема по маскировке войск и объектов при применении штатных табельных средств скрытия. В частности, при изменении климатических условий не всегда есть возможность осуществить эффективную маскировку объектов размещения личного состава (рисунок 1) и техники (рисунок 2) под цветовую гамму ландшафта при маскировке фортификационных сооружений табельными маскировочными комплектами.

При скрытии фортификационных сооружений данными комплектами, их цветовая гамма резко отличается от цветовой гаммы местности, что позволяет противнику с применением беспилотных летательных аппаратов без затруднений обнаружить места размещения подразделений и техники.

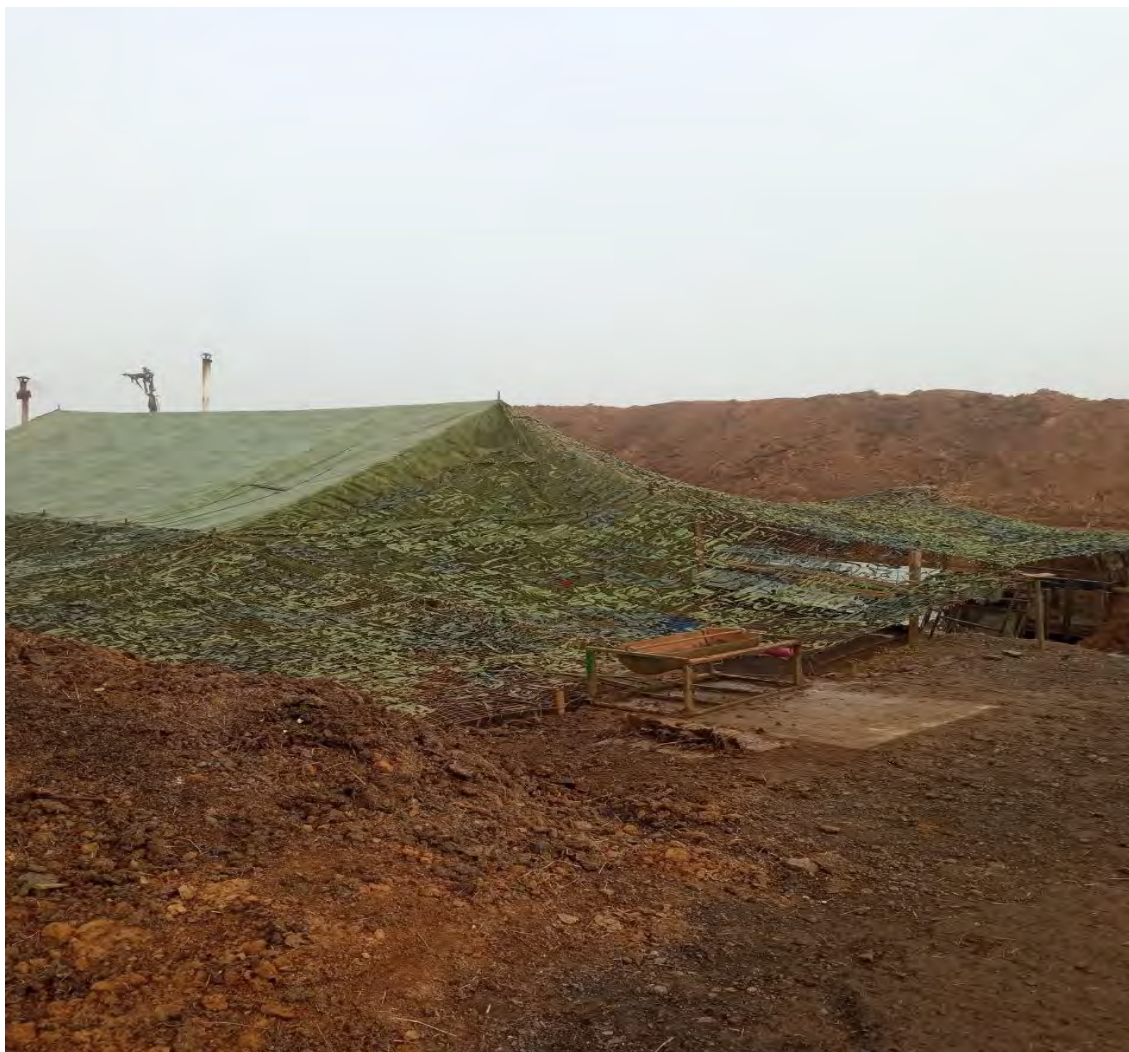


Рисунок 1 — Маскировка размещения личного состава



Рисунок 2 — Маскировка размещения техники

Одновременно с качественной маскировкой стационарных объектов необходимо учитывать маскировку движущихся объектов.

В статье [1] авторами предложены варианты мобильных складывающихся укрытий, которые позволяют провести унификацию отдельных элементов средств скрытия, что позволяет не только максимально быстро организовывать установку полевых пунктов технического обслуживания техники, пунктов размещения личного состава, но и мобильно переместить их в новое место. Также рассмотрены варианты установки мобильных складывающихся укрытий на платформе автомобиля [1].

Данные варианты маскировочных мероприятий актуальны только при совпадении цветовой гаммы табельных средств скрытия и местности района выполнения служебно-боевых задач.

Таким образом, с целью повышения защищенности личного состава и техники необходимо рассмотреть вариант применения адаптивных табельных средств маскировки при маскировке фортификационного оборудования районов, рубежей и позиций занимаемых подразделениями, а также адаптацию маскировочного окрашивания применяемой техники для максимально быстрого изменения цветовой гаммы относительно местности.

Адаптация цветовой гаммы местности и применяемых табельных средств скрытия будет заключаться в применении адаптивного маскировочного покрытия с измененными внешними параметрами.

Вариант применения адаптивных табельных средств маскировки заключается в использовании табельного маскировочного комплекта основанном на принципе обратимого

термохромного эффекта, покрытие которого изменяет свои цветовые характеристики при изменении температуры окружающей среды [2].

Особенность применения термохромной краски заключается в использовании технологии жидких кристаллов. Основная составляющая термохромных красок — пигменты имеющие вид микрокапсул, которые изменяют свою окраску при разных температурах [2].

Термохромные краски подразделяются на два вида:

возвратная — способность приобрести изначальный оттенок при снижении температуры;

невозвратная — отсутствие приобретать изначальный оттенок при снижении температуры.

Основные цвета термохромной краски: красный, синий, желтый, зеленый, черный, фиолетовый, коричневый. Менее распространенные оттенки: ярко-, небесно- и темно-синий, травяной желтый, манжета, розово-красный, алый.

При необходимости указанные оттенки можно спешивать, благодаря чему обработанная поверхность будет изменять цвет, позволяющий максимально замаскировать объект относительно местности.

Одновременно с применением табельных средств маскировки с термохромным эффектом, целесообразно применить термохромное окрашивание техники [3].

В районах выполнения служебно-боевых задач предполагается что, используемая техника будет иметь несколько термоактивных слоев в виде термохромной краски с разными температурными показателями. Для достижения равномерного регулируемого термохромного эффекта по всей поверхности кузова техники внутренние поверхности всех окрашенных частей кузова будут оборудованы воздушными каналами, которые соединяются между собой и системой кондиционирования техники при использовании воздушного трубопровода [3].

В ходе проведения аналитических исследований выявлено, что не все варианты применения термохромного эффекта будут соответствовать требованиям инженерных мероприятий по маскировке войск и объектов.

Так при использовании на автомобиле светорегулирующего термохромного устройства, состоящего из двух светопропускающих подложек и одного термохромного слоя, происходит изменение окраски посредством светорегуляции, которое не возможно контролировать в условиях улицы [3].

При использовании специального полимерного покрытия, которое содержит парамагнитные частицы оксида железа, способных изменять цвет под воздействием небольшого электрического тока, техника, двигатель которой не будет работать, будет иметь белый цвет [3].

В тоже время, недостатком данного способа для адаптивной маскировки техники, является прямая зависимость изменения температурного режима окружающей среды с цветом защищаемой техники, так как отдельные элементы техники или определенные элементы объектов будут нагреваться больше.

В целях достижения устойчивого равномерного и регулируемого термохромного эффекта при адаптивной маскировке техники, необходимо через воздушные карманы и внутренние трубопроводы задать определенную температуру при помощи системы кондиционирования. Тогда цветовая гамма маскировочного окрашивания техники будет изменяться равномерно и от температуры окружающей среды зависеть не будет, так как будет формироваться за счет температуры подаваемого воздуха.

Применение базовой цветовой гаммы (зеленый, желтый, синий (или светло-синий), фиолетовый, красный (или розовый), черный) позволяет наиболее эффективно осуществить адаптивную маскировку фортификационного оборудования района сосредоточения подразделений.

Маскировочное покрытие, применяемое для скрытия фортификационных сооружений имеет наиболее эффективное применение при его окрашивании несколькими термоактивными слоями, так как температурный режим и цветовая гамма местности размещения фортификационных сооружений позволяет подобрать колер термохромной краски [2].

Таким образом, применение термохромной краски не требует специальных инновационных технологий, что позволяет провести маскировочное окрашивание табельных средств скрытия и применяемой техники без дополнительных вложений и использования сложных инструментов.

В тоже время рассматривая эффект термохромного окрашивания маскировочного покрытия или техники, необходимо изучить процесс изменения цвета при отрицательной температуре и отсутствии снегового покрова, а также при наличии снегового покрова и положительной температуры окружающего воздуха.

Библиографический список

1. Применение мобильных складывающихся укрытий для выполнения инженерных мероприятий по маскировке войск и объектов в ходе выполнения служебно-боевых задач в различных условиях обстановки. С.А. Терентьев, С.В. Ковалев, Альманах ПВИ № 8, 2022 г.
2. Термохромная краска, меняющая цвет в зависимости от температуры [Электронный ресурс] Url <https://magazin-euroremont.ru/krasim/termochuvstvitel'naya-kraska>. (дата доступа 01.02.2023).
3. Автомобиль меняющий цвет. Описание изобретения к патенту РФ № 165880 от 06.06.2016 по заявке №20162229/11 от 06.06.2016 г.

УДК-623

ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ КАЧЕСТВА РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

Кондаков Г.А., преподаватель кафедры инженерно-технических средств охраны факультета (инженерного обеспечения).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: Kondakovga@rosgvard.ru

Маликовский О.И., преподаватель кафедры обеспечения служебно-боевой деятельности войск национальной гвардии Российской Федерации.

Саратовский военный ордена Жукова Краснознаменный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Саратов.

Электронный адрес: MalikovskyOI@rosgvard.ru

В статье рассмотрены факторы, обеспечивающие работоспособность системы инженерно-технических средств охраны. Рассмотрены принципы расположения рабочих полей, для операторов видеонаблюдения, а так же их эргономическая составляющая.

Ключевые слова: технические средства охраны; антропотехническая составляющая; система охраны; надежность; работоспособность; видеонаблюдение.

THE SPECIFICS OF ENSURING THE RELIABILITY OF THE COMPLEXES OF TECHNICAL MEANS OF PROTECTION

Kondakov G.A., lecturer of the Department of Engineering and Technical Means of Protection of the Faculty (Engineering support).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: Kondakovga@rosgvard.ru

Malikovsky O.I., lecturer at the Department of Maintenance of Service and Combat Activities of the National Guard Troops of the Russian Federation.

Saratov Military Order of Zhukov Red Banner Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation, Saratov.

E-mail: MalikovskyOI@rosgvard.ru

The article considers the factors that ensure the operability of the system of engineering and technical means of protection. The principles of the location of working fields for video surveillance operators, as well as their ergonomic component are considered.

Keywords: technical means of protection; anthropotechnical component; other system; reliability; operability; video surveillance.

В последнее время наблюдается тенденция которая ведет к большому увеличению числа камер видеонаблюдения на охраняемых войсками национальной гвардии Российской

Федерации важных государственных и иных объектах которые подлежат охране согласно Распоряжения Правительства от 15.05.2017 года № 928-р. Все реже сейчас задумываются над тактическими действиями охраны, но все чаще над тем, как установить больше камер охранного телевидения, якобы способствующим повышению защищенности объекта. Больше количество поступающей информации, с которой работает оператор неумолимо увеличивает риск того, что в потоке видеоданных просто растворится нужная информация, а большая и дорогостоящая система видеонаблюдения окажется бесполезной.

Все выше упомянутое можно отнести не только к охране важных государственных объектов, а так же к любым объектам гражданской инфраструктуры которые подлежат охране.

Правильная организация рабочего места оператора ведет к минимизации задач по выявлению опасных ситуаций, переложив их на систему видеонаблюдения, но, прежде чем переходить к конкретным рекомендациям по организации рабочего места оператора, давайте определимся с значением рабочего места в обеспечении надежности системы.

Рабочим местом оператора называют часть пространства, в котором оператор осуществляет требуемую для функционирования системы деятельность с расположенными в ней средствами обеспечения этой деятельности. Совокупность органов управления, посредством которых оператор может изменять состояние и функционирование объекта управления, называется моторным полем рабочего места. Совокупность приборов, индикаторов, а отчасти и положений органов управления, называется информационным полем.

Информационные и моторные поля могут пересекаться. Их элементы могут объединяться в специальные конструкции (пульты, стойки, щиты), а могут крепиться к стенам, переборкам, частям оборудования автономно. Совокупность информационного и моторного полей независимо от их конструктивной реализации, назовем рабочим полем.

Рабочие места операторов имеют в любых антропометрических системах особое значение, поскольку именно посредством рабочих мест объединяются в единую систему технические средства и операторы, система получает возможность функционировать как единое целое, а операторы — возможность выполнять свои функции в системе. Именно на рабочее место приходится стык между персоналом и техническими средствами, от качества которого существенно зависит качество функционирования антропотехнической системы. Именно в рабочих местах воплощаются эргономические аспекты качества технических средств, определяющие аппаратную, оперативную и отчасти временную сложность операторской деятельности, а как следствие, и вероятность отсутствия операционных сбоев, информационных, аварийных, функциональных, временных, катастрофических ошибок операторов.

Приборы и индикаторы, расположенные в информационном поле рабочего места, позволяет оператору правильно оценить состояние и функционирование как технических средств, так и антропотехнической системы в целом, прогнозировать изменения процессов и влиять на функционирование системы, воздействуя на органы управления, расположенные в моторном поле рабочего места. Если при создании рабочего места не учтены инженерно-психологические и эргономические рекомендации, то оператор с трудом осваивает требуемые действия, может ошибаться в оценке правильности действий, следовательно, совершать ошибки, нарушающие требуемое функционирование системы.

С возрастанием скоростей движения управляемых технических объектов и ответственности задач, решаемых системами, эмпирический подход к созданию рабочего места стал уже недопустимым: например при полете вне видимости земли (ночью или в облаках) летчик обращается к показаниям приборов от 50 до 150 раз в минуту, задерживая взгляд на каждом на время 0.3-0.9 сек. Естественно, что в таких условиях и конструкция самих приборов, и размещение приборов на панели должны тщательно отрабатываться с учетом специфики работы с ними в полете. Аналогично положение и при работе операторов многих других современных автоматизированных систем, которые большую часть времени

(до 95-97 %) наблюдают за показаниями приборов и индикаторов и лишь 3-5 % времени занимаются юстировкой или другими операциями управления.

Такова специфика многих современных орудий труда, К. Маркс назвал органом деятельности человека, «который присоединяет к органам своего тела, удлинняя таким образом... естественные размеры последнего» [4]. С помощью современных средств люди смогли осуществлять требуемые операции буквально на космических удалениях, получая информацию от глаз и 45 градусов ниже. Смори рис 2.

Для мониторов которые предоставляют справочную информацию размер изображения необходимо оборудовать исходя из условий того, что одним взглядом можно было оценить обстановку контролируемой зоны.

Один из способов упростить несение службу либо дежурства оператору видеонаблюдения — это назначать камеры видеонаблюдения по месту, а не по номеру.

Можно группировать камеры по типу. Например, все холлы, входы в режимные помещения, камеры установленные на периметре, контролируемой зоне. Помимо всего прочего, хорошо иметь заранее заготовленные раскладки второстепенных и соседних камер которые можно выводить в определенные события. процессах, не воспринимаемых непосредственно органами чувств человека. Роль рационального рабочего места в такой деятельности чаще всего оказывается решающей.

Непосредственное влияние устройств рабочего места оказывает на вероятности: своевременного и безошибочного выполнения алгоритма при исправной аппаратуре; при неисправной аппаратуре; безошибочного управления объектом, связанные с безошибочным и своевременным выполнением оператором предписанных действий. Косвенно рабочее место влияет на утомление операторов, на величину вероятности отсутствия биологических отказов, на вероятности безотказного состояния компонентов системы. Рабочее место является наиболее инерционным компонентом антропотехнической системы. Именно из-за недостатков конструкции рабочего места в работе операторов могут появляться систематические или систематически возникающие ошибки, с причинами которых бороться чрезвычайно трудно.

Отмеченные обстоятельства указывают на необходимость особо тщательного подхода к синтезу рабочего места, на необходимость обоснованного рассмотрения всех возможных предложений по его совершенствованию.

Как следует организованное рабочее место оператора видеонаблюдения сводит к минимуму задачи которые определяют потенциально опасные ситуации (сообщения), перенаправив их на аналитический процесс. Прежде чем организовать рабочее место по всем необходимым составляющим, нужно понять, для чего нужен оператор и какие задачи он решает.

Одна из основных это — оперативный мониторинг. Он нужен для принятия решений в режиме реального времени в тех случаях когда промедление может повлечь за собой непредвиденные ситуации. Во всех случаях непосредственное участие принимает человек - оператор системы видеонаблюдения. Из-за известного человеческого фактора существует тенденция к отстранению оператора от выполнения его непосредственных функций и минимизации его воздействий на системы. Система давно умеет вести учет автотранспорта на контрольно-пропускных пунктах, выявлять тревожные ситуации, считать посетителей, выявлять асоциальное поведение в толпе и многое другое. Но, конечное решение в той или иной ситуации принимает человек-оператор действительно ли произошло тревожное событие и нужно ли предпринимать какие-то меры. К тому же именно оператор видеонаблюдения координирует действия сил охраны (тревожных групп).

Существует параметр «Длительность сосредоточенного наблюдения (% от времени смены)», для которого допускаются значения от 26 до 50. Данные требования введены с 01.03.2021 СанПиН 1.2.3685-21. Следует учитывать, что подразумевается непрерывное наблюдение за оперативной и иной обстановкой оператором видеонаблюдения.

Для оптимизации и удобства работы необходимо спроектировать рабочее место таким образом, чтобы оператора ничего не отвлекало и не мешало выполнять его непосредственные обязанности. Для этого необходимо рассмотреть вопросы особенностей восприятия информации. Необходимо понимать, что у человека есть фокус внимания, исходя из этого, он не может одновременно и сосредоточено вести наблюдение за несколькими мониторами.

Размещение на рабочем поле должно производиться на основе учета особенностей работы оператора на этом оборудовании. К настоящему времени сложилось несколько принципов такого размещения. Главнейшим из них является принцип разделения рабочего поля по предназначению. На основе этого принципа элементы рабочего пространства, предназначенные для управления в режиме применения, должны располагаться в наиболее удобной для оператора зоне. Элементы, используемые только при техническом обслуживании, целесообразно исключать из поля зрения оператора в режиме подготовки и применения. Важнейшим принципом размещения элементов на рабочем поле является принцип определенности иерархии, по которому размещение элементов должен подчеркиваться уровень влияния их на функционирование системы. Принцип соответствия возможностей человека требует размещения элементов в оптимальных и доступных зонах рабочего поля. По принципу значимости или ответственности рекомендуется располагать наиболее важные элементы в центре поля зрения, на видном и удобном для оператора месте.

Для мониторов которые предоставляют справочную информацию размер изображения необходимо оборудовать исходя из условий того, что одним взглядом можно было оценить обстановку контролируемой зоны.

Один из способов упростить несение службу либо дежурства оператору видеонаблюдения — это назначать камеры видеонаблюдения по месту, а не по номеру.

Можно группировать камеры по типу. Например, все холлы, входы в режимные помещения, камеры установленные на периметре, контролируемой зоне. Помимо всего прочего, хорошо иметь заранее заготовленные раскладки второстепенных и соседних камер которые можно выводить в определенные события. Некоторые элементы целесообразно выделять так же размером и цветом.

Принцип функциональной группировки требует, чтобы элементы, относящиеся к управлению одним и тем же функциональным элементом оборудования, размещались в одном месте рабочего поля. По принципу оперативного упорядочения элементы должны располагаться в порядке их использования оператором вдоль прямых или по замкнутому контуру. Принцип частоты использования требует размещения наиболее часто используемых элементов на удобном для оператора месте и такого их группирования, при котором траектория перемещения рук была бы минимальной. Именно на основе этого принципа разрабатывалась клавиатура пишущих машинок, телетайпов. Принцип структурного соответствия рекомендует располагать органы управления подобно размещению связанных с ним индикаторов, если информационно, если информационное и моторное поля разделены. Принцип наглядности (концептуальности) требует размещения элементов таким образом, что бы информационная модель соответствовала мысленному образу управляемого объекта (концептуальной модели), подсказывала бы оператору решение, которое необходимо принять. Принцип выделения групп одинаковых элементов требует, что бы при большом количестве однотипных элементов они делились на группы. При практической реализации рассмотренных принципов, естественно, приходится использовать их не в чистом виде, а в различных комбинациях с учетом различных компромиссных решений.

Таким образом: объективная возможность визуального обнаружения опасной ситуации равна произведению вероятностей событий, его составляющих. Для одного монитора вероятность равна 0,4 (40 %), а для четырёх уже меньше 3 %. Таким образом, выводя оператору более одного монитора, нужно понимать, что для него одновременно

один будет главным, а остальные - второстепенными. Следует учитывать, что есть ограничение по удержанию повышенного внимания - не более 10 мин.

Соответственно, для случаев, где необходима реакция, нужно оборудовать отдельные мониторы. Параметр «Плотность сигналов (световых, звуковых) в среднем за час работы», допускает значения от 76 до 175. Требование от 01.03.2021 СанПиН 1.2.3685-21. В следствие этого необходимо заранее проанализировать возможное количество тревог, сообщаемых оператору видеонаблюдения.

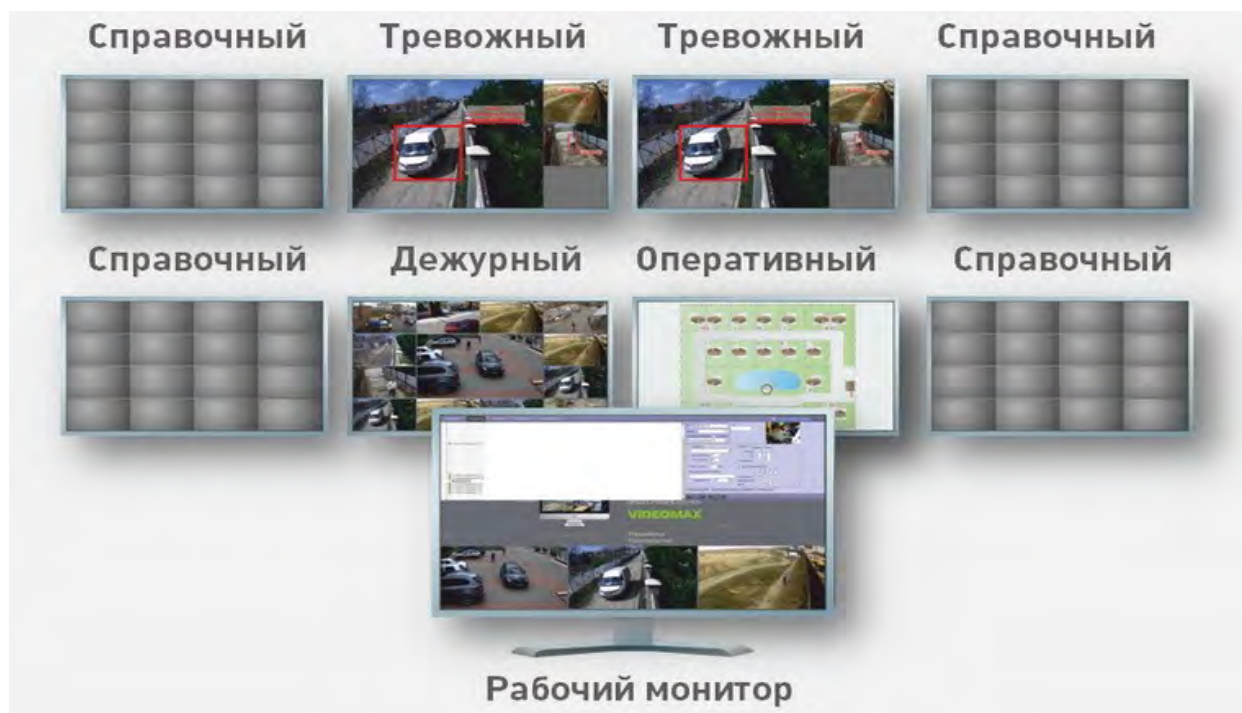


Рисунок 1 – Варианты отображения сцен

С течением большого количества времени для человека уровень опасности (тревожности) стал расцениваться в зависимости от направления и скорости передвижения объекта, преимущественно критичным является движение сверху вниз. Следовательно, сверху необходимо размещать информацию, которая требует повышенного привлечения внимания. Понимая физиологию восприятия информации, переходим к планированию размещения и расположения элементов и выводимых данных.

Для мониторов которые предоставляют справочную информацию размер изображения необходимо оборудовать исходя из условий того, что одним взглядом можно было оценить обстановку контролируемой зоны.

Один из способов упростить несение службу либо дежурства оператору видеонаблюдения — это назначать камеры видеонаблюдения по месту, а не по номеру.

Можно группировать камеры по типу. Например, все холлы, входы в режимные помещения, камеры установленные на периметре, контролируемой зоне. Помимо всего прочего, хорошо иметь заранее заготовленные раскладки второстепенных и соседних камер которые можно выводить в определенные события. Опираясь на размещение рабочих полей, принципы размещения элементов о которых говорится выше, формируется типовая компоновка расположения экранов. В центре необходимо расположить мониторы с наиболее важными объектами, требующими постоянного внимания и контроля: «дежурный» и «оперативный». Над дежурными мониторами следует оборудовать «тревожные» мониторы, для наиболее эффективного восприятия информации о срабатывании средств охранной сигнализации, в тревожных и иных ситуациях и т. д. В области периферийного зрения устанавливать мониторы с второстепенными камерами,

которые требуют периодического внимания оператора, т. е., «справочные» (информационные) мониторы. Так же необходимо установить «рабочий» монитор, с которым оператор будет постоянно взаимодействовать - менять раскладки, переключать камеры, просматривать архив и управлять поворотными камерами, а так же других элементов системы (рисунок 1).

Помимо этого, нужно помнить о зависимости оптимального расстояния между оператором и монитором от размера монитора. Для того чтобы, обнаружить человека оператором на изображении с камеры нужно установить монитор диагональю 22" на расстоянии не далее 2,8 м при видимом угле 10° . Для распознавания человека - нужно установить монитор диагональю 22" на расстоянии не далее 1,6 м при видимом угле 30° . Также необходимо знать что, взгляд в спокойном состоянии направлен на 15 градусов ниже горизонта, и, соответственно, необходимо размещать мониторы в области 15 градусов выше уровня глаз и 45 градусов ниже (рисунок 2).

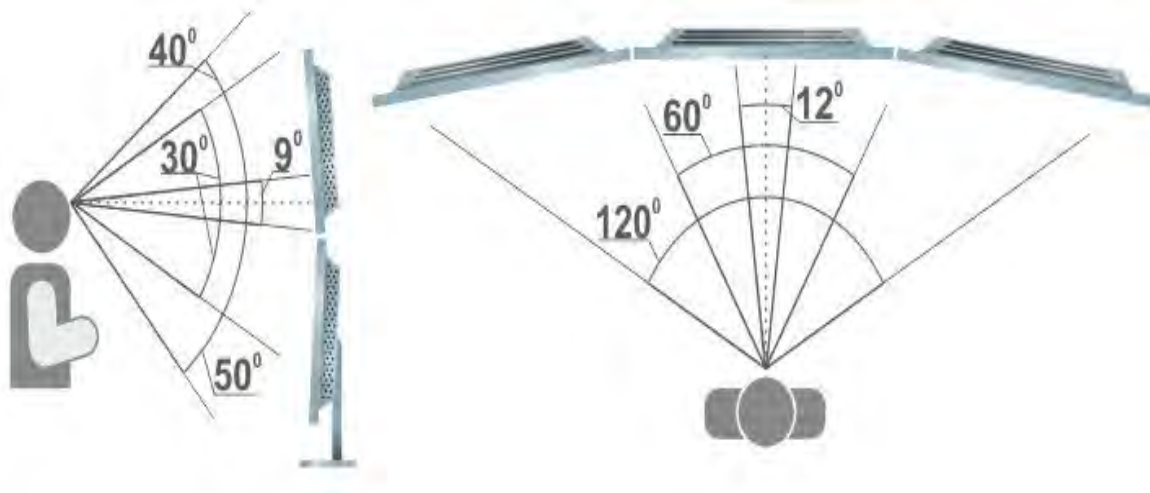


Рисунок 1 – Схема обзора человеком мониторов

Подводя итог всего вышесказанного, правильно организованное рабочее места оператора играет существенную роль в обеспечении охраны различных объектов инфраструктуры. Обеспечение надежности современной техники выходит за рамки чисто технической проблемы: она требует также решения ряда психологических и организационных проблем, связанных с обеспечением деятельности сотрудников, операторов, работающих в современных технических и военно-технических системах, без которого даже самые лучшие объекты технического прогресса объективно не могут проявить заложенные в их технические решения высокие возможности. Для сознательного решения этих проблем необходимо четко представлять роль и значение каждого аспекта обеспечения надежности функционирования систем видеонаблюдения и роли оператора в их деятельности.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 52435-2015 Национальный Стандарт Российской Федерации «Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний».
2. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

3. Videomax [Электронный ресурс] // URL:
www.videomax.ru/support/articles/organizatsia-rabochego-mesta-operatora-
videonablyudeniya.htm/ (дата обращения 25.01.2023 г.).
- 4 . Капитал, Карл Маркс; [пер. с нем. С. Алексеева].

УДК 678

ОСОБЕННОСТИ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ МАШИН ИЗ АУКСЕТИКОВ

Корепанова Т.О., кандидат физико-математических наук (доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: korepanovato@rosgvard.ru

Гуляев И.Ю., курсант.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье рассматривается численно-аналитический метод построения сингулярных решений для плоских клиньев из ауксетиков. Приводятся результаты вычислений показателей сингулярности напряжений в вершине однородного клина при различных граничных условиях на боковых сторонах клина.

Ключевые слова: ауксетик; напряженное состояние; отрицательный коэффициент Пуассона; сингулярность напряжений; плоский клин.

FEATURES OF THE STRESS STATE OF UNITS AND PARTS OF MASHINES FROM AUXETICS

Korepanova T.O., PhD, Associate Professor of the Department of General Engineering Disciplines.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: korepanovato@rosgvard.ru

Gulyaev I.Y., student.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

The article considers a numerical-analytical method for constructing singular solutions for flat wedges from auxetics. The results of calculations of stress singularity indices at the top of homogeneous wedge under various boundary conditions on the sides of the wedge are presented.

Keywords: auxetics; stress condition; negative Poisson's ratio; stress singularity; flat wedge.

В условиях современного мира, когда непрерывно в разных местах нашей планеты то и дело возникают горячие точки, вооруженные силы России нуждаются в надежной и долговечной не только военной технике, но и обмундировании военнослужащих. Особое внимание конструкторы уделяют новым материалам, используемым в производстве боевых машин, оружия, бронежилетов, касок и прочего, стараются использовать их в первую очередь не в ущерб потери качества. В современной военной технике, помимо различных металлов, активно используются и композиционные материалы, которые позволяют существенно снизить массу конструкции [1]. Например, в [2] описывается научная разработка технологии получения нового класса многослойных металлических

бронематериалов. Эти материалы предлагается производить на основе легких металлов и сплавов с использованием сварки взрывом. Полученные таким образом новые материалы будут сочетать высокие показатели пулестойкости и конструкционной прочности при низком удельном весе.

Широкое применение новых материалов прежде всего позволяет существенно уменьшить вес конструкций, повышая тем самым маневренность и боевые качества военной техники. В свою очередь, обмундирование российского военнослужащего также должно быть прочным, удобным и надежным, чтобы уменьшить боевые потери и привести к успеху российских воинов на поле битвы.

Интерес представляет статья [3], в которой предлагается применение плазменных покрытий с включениями твердой смазки для восстановления узлов и механизмов вооружения и военной техники с целью повышения качества ремонта и дальнейшей эксплуатационной надежности.

Российские ученые уже много лет работают не только над изобретениями новых материалов, но и тщательно исследуют их свойства, определяя слабые места в конкретных изделиях, чтобы в дальнейшем исключить поломку узлов и деталей боевых машин и отказ всей машины, что совершенно недопустимо в условиях боевых действий.

Задачи, решаемые учеными, имеют самый широкий спектр – это и трехмерные задачи теории упругости, и задачи теплопроводности, и прочие. Решение трехмерных задач обычно начинают с решения двумерной задачи, чтобы на самом начальном этапе выявить появление опасных напряжений в реальной конструкции. Таким образом, одна из актуальных задач механики твердого тела – это исследование сингулярности напряжений в твердых телах.

Исследование сингулярности в двумерных задачах напряжений предполагает анализ напряженного состояния в вершине плоских клиньев. Учеными были рассмотрены почти все возможные варианты клиновидных тел: однородные, составные, изотропные, анизотропные; граничные условия многократно варьировались [4]. Казалось бы, поле для исследования вспахано вдоль и поперек. Но жизнь не стоит на месте, растет новое поколение изобретателей, дерзкое, не знающее границ научной мысли. Появляются новые материалы, технологии; с легкостью решаются задачи, которые до сих пор считались слишком трудоемкими, либо неактуальными; в корне пересматриваются классические задачи, молодые ученые предлагают новый взгляд на старые проблемы; в 21-м веке сбываются прогнозы по невероятным для 20-го века свойствам материалов. Так произошло и с появлением новых конструкционных материалов – ауксетиков [5], которые буквально заставили теоретиков вернуться к решенным казалось бы задачам анализа сингулярности напряжений.

Ауксетики – это материалы, имеющие в отличие от широко известных материалов отрицательный коэффициент Пуассона. Они способны отлично поглощать энергию и сопротивляться разрушению, а по показателям прочности превосходят многие инженерные материалы, которые используются в узлах деталей машин, в том числе и наземно-транспортных технологических средств, стоящих на вооружении Российской армии [6]. Именно на эти свойства и обратили внимание ученые, занимающиеся разработкой новейшего вооружения нашей страны.

Плоская задача для однородного клина с углом раствора α решается в полярной системе координат (r, φ) с центром в угловой точке. Необходимо отыскать собственные решения для клина $(0 \leq r < \infty, 0 \leq \varphi < \theta)$, которые удовлетворяют уравнениям равновесия и однородным граничным условиям на боковых сторонах клина [7].

Собственные решения для клина отыскиваются в виде:

$$U = \begin{Bmatrix} u_r \\ u_\varphi \end{Bmatrix} = r^\lambda \begin{Bmatrix} \xi_r(\varphi) \\ \xi_\varphi(\varphi) \end{Bmatrix}. \quad (1)$$

Искомое поле перемещений в клине должно удовлетворять дифференциальным уравнениям Ламе:

$$\begin{aligned}\nabla^2 u_r - \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} - \frac{u_r}{r^2} + \chi \frac{\partial \theta}{\partial r} &= 0; \\ \nabla^2 u_\varphi + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} - \frac{u_\varphi}{r^2} + \chi \frac{\partial \theta}{\partial \varphi} &= 0\end{aligned}\quad (2)$$

и какому-либо варианту однородных граничных условий на боковых гранях:

– в перемещениях:

$$\sigma_{\varphi\varphi} = 0, \quad \tau_{r\varphi} = 0; \quad (3a)$$

– в напряжениях:

– смешанные граничные условия:

$$u_r = 0, \quad \tau_{r\varphi} = 0. \quad (3b)$$

Здесь введены следующие обозначения: $\theta = \frac{\partial u_r}{\partial r} - \frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{u_r}{r} = 0$ – объемное расширение; $\chi = 1/(1-2\nu)$ – постоянная для плоского деформированного состояния (ПДС); $\chi = (1+\nu)/(1-\nu)$ – для плоского напряженного состояния (ПНС); ν – коэффициент Пуассона.

Граничные условия (3a)–(3b) на боковых гранях охватывают наиболее распространенные расчетные ситуации, возникающие при оценке характера сингулярности напряжений в вершине однородного изотропного клина (рисунок 1).



Рисунок 1 – Различные виды граничных условий:

а) в напряжениях; б) смешанные граничные условия; в) в перемещениях

Подстановка (1) в (2)–(3) после сокращения уравнений равновесия (2) на $r^{\lambda-2}$ и граничных условий (3) на $r^{\lambda-1}$ приводит к задаче Штурма–Лиувилля относительно функций $\xi_r(\varphi)$, $\xi_\varphi(\varphi)$ и параметра λ :

$$\begin{aligned}\xi_r'' + (\lambda^2 - 1)(\chi + 1)\xi_r + (\lambda\chi - \chi - 2)\xi_\varphi' &= 0, \\ (\chi + 1)\xi_\varphi'' + (\lambda^2 - 1)\xi_\varphi + (\lambda\chi + \chi + 2)\xi_r' &= 0.\end{aligned}$$

Граничные условия на боковых гранях:

$$\xi_r = 0, \quad \xi_\varphi = 0; \quad (4a)$$

$$\begin{aligned}(\chi + 1)\xi_\varphi' + (\lambda\chi + \chi - \lambda + 1)\xi_r &= 0; \\ \xi_r' + (\lambda - 1)\xi_\varphi &= 0;\end{aligned} \quad (4б)$$

$$\xi_r = 0, \quad \xi_r' + (\lambda - 1)\xi_\varphi = 0. \quad (4в)$$

Общее решение клина имеет вид:

$$\begin{aligned}\begin{Bmatrix} \xi_r(\varphi) \\ \xi_\varphi(\varphi) \end{Bmatrix} &= C_1 \begin{Bmatrix} \cos(\lambda + 1)\varphi \\ -\sin(\lambda + 1)\varphi \end{Bmatrix} + C_2 \begin{Bmatrix} \sin(\lambda + 1)\varphi \\ -\cos(\lambda + 1)\varphi \end{Bmatrix} + \\ + C_3 \begin{Bmatrix} (\chi - \lambda\chi + 2)\cos(\lambda - 1)\varphi \\ (\chi + \lambda\chi + 2)\sin(\lambda - 1)\varphi \end{Bmatrix} + C_4 \begin{Bmatrix} (-\chi + \lambda\chi - 2)\sin(\lambda - 1)\varphi \\ (\chi + \lambda\chi + 2)\cos(\lambda - 1)\varphi \end{Bmatrix},\end{aligned} \quad (5)$$

где C_1, C_2, C_3, C_4 – произвольные постоянные, определяемые из граничных условий (4а)–(4в) после подстановки в общее решение (5). Для того, чтобы решить систему линейных однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных, нужно приравнять нулю определитель системы уравнений. Полученное трансцендентное уравнение имеет счетное множество комплексных корней. Действительные части корней могут быть как положительными, так и отрицательными. Частные решения вида (1) с λ , имеющими отрицательные действительные части, отбрасываются, так как они не обеспечивают существование энергетического решения в окрестности вершины клина.

В зависимости от величины действительных частей корней λ можно сделать вывод о наличии или отсутствии особенности напряжений в вершине клина.

Оптимальные варианты окрестностей особых точек характеризуются тем, что свойства материалов и углы в них образуют комбинацию, которая в плоскости параметров, определяющих характер сингулярности напряжений, лежит на границе решений с особенностью и без особенности напряжений. В связи с этим широкие возможности приложения зависимости характера сингулярности напряжений от соответствующих параметров наряду с традиционным использованием используются в практике проектирования при выборе вариантов оформления изделий в окрестности особых точек.

Рассмотрим различные варианты граничных условий как для традиционных материалов, так и для ауксетиков.

Для граничных условий в перемещениях (4а), когда обе грани неподвижны, трансцендентное уравнение записывается следующим образом:

$$(3 - 4\nu)\sin\lambda\alpha - \lambda\chi\sin\alpha = 0.$$

Для граничных условий в напряжениях (4б), когда обе грани свободны от заделки, трансцендентное уравнение имеет самый простой вид:

$$\sin\lambda 2\alpha - \lambda\sin\alpha = 0.$$

Для граничных условий (4в), когда одна грань неподвижна, а вторая свободна от напряжений, трансцендентное уравнение относительно λ имеет следующий вид:

$$\chi(\lambda^2 - 1) - \lambda^2 \chi \cos 2\alpha - (\chi + 2) \cos 2\lambda\alpha - 2(\chi + 1)/\chi = 0,$$

где α – угол раствора клина.

Для нахождения корней трансцендентного уравнения в работе использовался численный метод.

Анализ показателей сингулярности напряжений в случае граничных условий в перемещениях показал, что они зависят от угла раствора конуса и коэффициента Пуассона.

В этом случае сингулярность появляется, когда $\alpha \geq 180^\circ$, и клин становится выточкой (рисунок 2, а). Различие в показателях для обычных материалов с положительным коэффициентом и ауксетиком незначительное и не несет в себе никакого эффекта (рисунок 2, б).

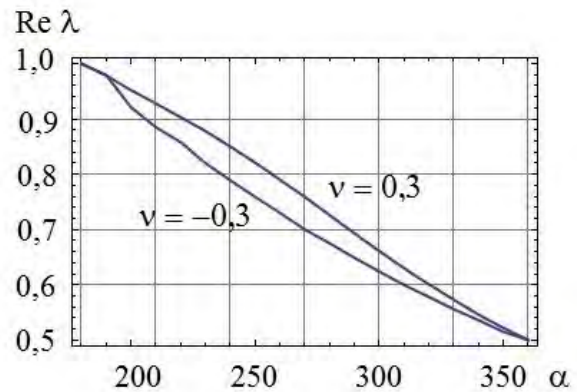


Рисунок 2 – а) Выточка ($\alpha \geq 180^\circ$); б) показатели сингулярности напряжений $Re \lambda$ в зависимости от угла раствора конуса α при граничных условиях в напряжениях

Для однородного клина с граничными условиями в напряжениях, когда боковые стороны клина свободны от заделки, определитель не зависит от коэффициента Пуассона, а только от угла раствора конуса. Поэтому различия между показателями сингулярности для детали из ауксетика и традиционного материала нет. Рисунок 3 представляет собой график зависимости показателей сингулярности $Re \lambda$ от угла раствора конуса α . Из анализа данных видно, что сингулярность напряжений имеет место для всех значений угла раствора конуса.

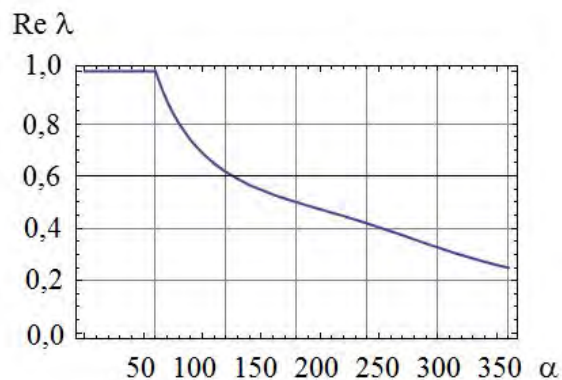


Рисунок 3 – Показатели сингулярности напряжений $Re\lambda$ в зависимости от угла раствора конуса α при граничных условиях в напряжениях

Для однородного клина со смешанными граничными условиями характер сингулярности напряжений в вершине клина определяется значением коэффициента Пуассона и углом раствора клина. При $\alpha = 45^\circ$ для плоско-деформированного состояния при всех значениях коэффициента Пуассона сингулярности напряжений нет, а для $\alpha = 90^\circ$ при всех значениях ν имеется хотя бы один корень с $Re\lambda < 1$.

Рисунок 4 демонстрирует две области: наличия и отсутствия сингулярности напряжений. Кривая построена для $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$ на плоскости параметров (α, ν) . Выше кривой сингулярность есть, ниже – нет [7].

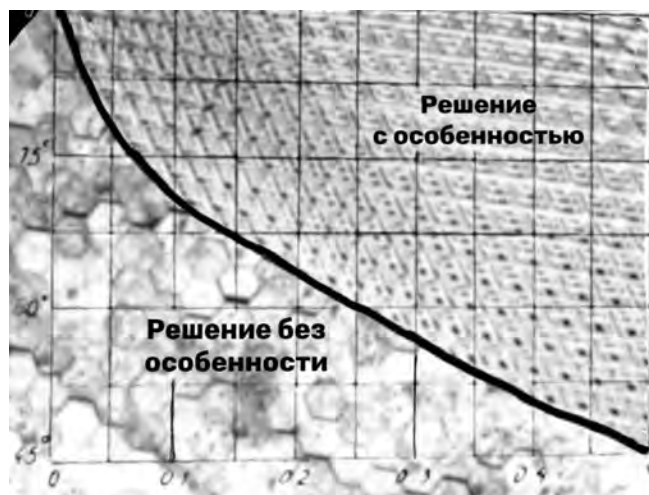


Рисунок 4 – Кривая, разграничивающая области наличия и отсутствия сингулярности напряжений

Для однородного клина со смешанными граничными условиями, но сделанного из ауксетика, то есть с отрицательным коэффициентом Пуассона, для любого значения угла раствора клина сингулярность напряжений будет отсутствовать. Все показатели сингулярности принимают значения больше единицы.

Использование таких материалов, как ауксетики, снижает концентрацию напряжений в особых точках, которые часто встречаются в узлах деталей машин, и соответственно, продлевают работу транспортного средства.

Библиографический список

1. Кавиев М.И., Трофимов В.Н. Напряжения при волочении осесимметричных многослойных композитов, применимых в военной технике // Альманах ПВИ. 2022. №4(8). С. 61–65.
2. Крюков Д.Б. Структурные особенности и технология получения легких броневых композиционных материалов с механизмом локализации хрупких трещин // Обработка металлов давлением. 2022. Т. 24, №3. С. 103–111.
3. Ериков А.П. Применение износостойких плазменных покрытий для восстановления вооружения и военной техники // Альманах ПВИ. 2022. №2(6). С. 55–60.
4. Николаева Н.В., Корепанова Т.О., Корепанов В.В. Численный анализ сингулярности напряжений в двумерных задачах классической и моментной теории упругости // Сборник статей межвузовской конференции «Научно-исследовательская деятельность курсантов в образовательной среде военного вуза». Пермь: ПВИ ВНГ РФ, 2019. С. 86–90.

5. Гуляев И.Ю., Корепанова Т.О. Ауксетики – материалы будущего // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции «Студенческие научные исследования: актуальные вопросы, достижения, инновации. Пермь: ПВИ ВНГ РФ, 2022. С. 62–66.

6. Гольдштейн Р.В., Городцов В.А., Лисовенко Д.С. Модули Юнга и коэффициенты Пуассона криволинейно анизотропных гексагональных и ромбоэдрических нанотрубок. Нанотрубки-ауксетики // Доклады Академии наук. 2013. Т. 452, №3. С. 279.

7. Федоров А.Ю. Исследование и оптимизация напряженного состояния в окрестности особых точек упругих тел. Дисс... канд. физ.-мат. наук / Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь, 2016.

УДК 662.33, 662.35

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ БЕЗОПАСНЫХ (LOVA) ПОРОХОВ ЗА РУБЕЖОМ

Корноухов А.Ю., старший преподаватель кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Ибрагимов Э.Н., профессор кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения (доктор технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье приведены некоторые этапы создания составов безопасных (LOVA) артиллерийских порохов за рубежом. Показаны характерные изменения рецептурного состава артиллерийских порохов. Определены основные направления возможного создания подобных рецептур в России, среди которых выделены: развитие компонентной базы, создание высокоэнергетических рецептур и технологии переработки составов.

Ключевые слова: артиллерийский порох; LOVA-пороха; термопластические полимеры; высокоэнергетический наполнитель; энергетические характеристики.

FEATURES OF CREATING SAFE (LOVA) GUNPOWDERS ABROAD

Kornoukhov A.Y., senior lecturer of the Department of Artillery Weapons Operation.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

Ibragimov E.N., Professor of the Department of Artillery Armament Operation (Doctor of Technical Sciences).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

The article presents some stages of creating compositions of safe (LOVA) artillery powder abroad. The characteristic changes in the prescription composition of artillery powder are shown. The main directions of the possible creation of such formulations in Russia are identified, among which are: the development of the component base, the creation of high-energy formulations and technologies for processing compounds.

Keywords: artillery powder; LOVA-gunpowder; thermoplastic polymers; high-energy filler; energy characteristics.

К 70...90 годам XX века энергетика артиллерийских порохов (пироксилинового и баллиститного типов) практически подошла к своему максимуму. Наполнение высокоэнергетическими добавками баллиститной основы (нитрат целлюлозы-

пластификатор) свыше 40 % приводило к резкому увеличению чувствительности, снижению технологичности составов и приводило к частым загораниям в производстве, особенно на фазе вальцевания.

Кроме того, современные пороха должны отвечать высоким требованиям по безопасности для обеспечения безаварийного изготовления, хранения и эксплуатации зарядов, обеспечения безопасности экипажа и техники при попадании снарядов и осколков от них.

Одной из главных причин выхода танков из строя при пробивании их брони является детонация хранящегося внутри запаса боеприпасов. Это объясняется высокой воспламеняемостью, чувствительностью к механическим воздействиям (удару, трению) баллистических порохов, что не обеспечивает требования по безопасности метательных зарядов. Необходимы боеприпасы с высокой термостойкостью, низкой чувствительности при сохранении энергетических характеристик.

Одним из способов повысить наполнение и энергетику рецептур, при этом уменьшив их чувствительность, является замена нитратцеллюлозной основы. Разработка порохов на основе термопластичных полимеров, технологии их изготовления позволило бы варьировать силу пороха, температуру продуктов его сгорания в зависимости от требований системы вооружения [1].

За рубежом такие исследования проводились с акцентом на разработку безопасных высоконаполненных композиций. Работы по программе LOVA (Low Vulnerability Ammunition Programm – разработка боеприпасов пониженной уязвимости) началась в конце 60-х годов с получения артиллерийского пороха, нечувствительного ко многим поражающим факторам и способного обеспечить не меньшую эффективность, чем штатные пороха. Кроме энергетических требований, данные пороха должны обладать способностью полностью предотвращать случайный взрыв в случае соударения осколков, пробивания пуль и других механических ударов, противостоять воздействию повышенной температуры, даже в пламени, без индукционной детонации и самовоспламенения, обеспечивать только горение и предотвращать переход от горения к детонации в случае нежелательного воспламенения. Необходимость удовлетворения этих, как казалось, взаимоисключающих факторов привела к разработке LOVA – порохов для 105-мм выстрела.

Рецептуры LOVA – порохов за рубежом развивались в следующем порядке:

1 поколение отличается следующими характеристиками:

- пороха обеспечивали необходимый уровень предъявляемых требований;
- при отработке технологии переработки порохов возникли определенные трудности, связанные с высоким модулем упругости полимерной связки;
- определена необходимость использовать неотвержденные связующие.

2 поколение

Наиболее типичный порох:

Состав М-39, содержащий гексоген 76 %, ацетилтриэтилцитрат — 7,6 %, ацетобутират целлюлозы – 12 %, НЦ (12,6 %) – 4 %, этилцентралит 0,4 %.

В составе М-46 в качестве пластификатора содержится BDNPF/A [5].

Основные характерные признаки:

- перерабатываются с использованием растворителей;
- используются связующие на основе ацетобутирата целлюлозы (СAB) и НЦ;
- имеют низкую скорость горения;
- обеспечивают высокая степень безопасности изготовления и эксплуатации;
- обладают низкими энергетическими характеристиками.
- для дальнейшего развития направления определена необходимость использования в качестве связующих энергетических термоэластопластов (ТЭП).

3 поколение:

- переработка ведется без растворителей, с использованием ТЭП в качестве связующего;

– синтезированы ТЭП на основе полиоксетанов, получены и исследованы пороха с применением термопластичных полимеров, среди которых наиболее энергетически эффективны бисазидометиллоксетан (БАМО), азидометиллоксетан (АММО) и их сополимеры [2-4, 6-9].

Из данного поколения известен порох 58 % гексогена, 17 % нитрогуанидина, 25 % сополимера БАМО и АММО. Указанный порох имеет высокие энергетические характеристики, но промышленного производства сополимеров на данный момент нет. В результате отработки исследователи сделали вывод: для решения технологических проблем необходимо применять двухосновное связующее (двухблочный сополимер): инертный полимер в качестве жесткого блока, энергетический полимер в качестве мягкого блока.

LOVA – пороха обладают более низкими температурами стеклования, меньшей скоростью горения, вызывают меньшую эрозию ствола, вспышка и звук выстрела у них значительно слабее. Однако эффективность LOVA – порохов значительно снижается при низких температурах, их труднее поджигать стандартными воспламенителями. Остаются проблемы по обеспечению необходимых реологических свойств, воспроизводимости баллистических характеристик и созданию крупнотоннажного (серийного) производства.

Для организации работ по созданию подобных составов в России необходимо провести ряд работ в следующих направлениях:

1. Определение качественного состава и количественного соотношения компонентов.
2. Улучшение воспламеняемости порохов или подбор оптимального воспламенителя.
3. Отработка процесса изготовления LOVA – порохов с удовлетворительными технологическими, физико-механическими, баллистическими характеристиками и хорошей воспроизводимостью.

Первоначально необходимо определить качественный состав и количественное соотношение компонентов пороха с учетом зарубежного опыта. В качестве высокоэнергетического наполнителя могут быть использованы тонкоизмельченные нитрамины: гексоген и октоген, преимущество которых является повышенная химическая и термическая стабильность. Гексоген, который уступает октогену по термостабильности и более растворим в пластификаторах (из-за чего в баллистических порохах предпочтительней применение октогена), почти так же эффективен в составах LOVA – порохов, при этом он гораздо дешевле октогена. В Японии разработан артиллерийский состав на основе триаминогуанидин-динитрата и гексогена, обладающий силой более 1176 кДж/кг (120 тс·м/кг) при T менее 3000 К. В США в состав пороха вводят 70% нитроаминогуанидина, октоген, нитроцеллюлозу и триацетилглицерин. Сила состава 1118 кДж/кг (114 тс·м/кг) при T=2675 К. Перспективно применение десенсибилизированных или покрытых ВВ для снижения взрывчатых характеристик топлив. Менее чувствительное ВВ - оболочканачинает разлагаться при температуре более 180 °С и обеспечивает разложение в газовой фазе, тогда как обычные ВВ (гексоген) детонируют в конденсированной фазе. В случае теплового разложения смесевых ВВ, содержащих DINGU и гексоген, разложение первого вещества заканчивается до начала разложения гексогена и большое количество образовавшегося газа разрушает оболочку, что делает невозможным дальнейший переход от горения к детонации. Для снижения температуры и чувствительности авторами [3, 5] исследован диаминодинитроэтилен (FOX-7), обладающий энергетикой на уровне гексогена, но гораздо менее чувствительный. При этом данное соединение хорошо совместимо с различными полимерами и на его основе возможна компоновка перспективных высоконаполненных составов.

Выбор связующих оказывает существенное влияние на свойства термопластичных порохов. К ним определены основные требования [9]:

Обеспечение максимальных энергетических характеристик и высокая плотность при минимальной чувствительности.

Хорошая технологичность соединения (способность к экструзии).

Прочность и сопротивление хрупкому разрушению под воздействием удара или силы сжатия.

Температура стеклования ниже минус 40 °С.

Минимальная склонность к сжатию и ползучести при температурах переработки. Хотя количественная зависимость между механическими свойствами связующего и наполненных систем невелики, для связующего желательны определенные механические свойства. Например, на поверхностях раздела, созданных наполнителем, будет концентрироваться вся деформация в матрице. Следовательно, для предупреждения разрушения, связующее должно обладать высоким пределом напряжения на разрыв и низким модулем упругости.

Отсутствие в составе веществ, оказывающих корродирующее действие на стволы орудий.

Совместимость с высокоэнергетическими соединениями (октоген, гексоген и др.).

Содержание кислорода в связующем более 15 %.

Эндотермическое разложение в интервале температур 150...300 °С. Составы, в которых связующие разлагаются эндотермически, обладают высокой стойкостью к воспламенению, что играет существенную роль в предупреждении случайного воспламенения.

Связующие можно разделить на три технологические группы:

- химически сшитые эластомеры. Для переработки отвержденных систем требуется очень мало растворителя. После экструдирования сушка не производится, поэтому отсутствует усадка зарядов. Связующее и наполнитель хорошо взаимодействуют;
- связующие, перерабатываемые с помощью растворителя. В Японии разработан порох на основе октогена, пироксилина и нитрогуанидина. Смесь растворяют в среде «ацетон-спирт» для получения высокостабильного пороха;
- термопластичные эластомеры. Применяются благодаря возможности подвергать их термической переработке без растворителя с сохранением эластомерных свойств после охлаждения.

Интерес представляют энергетические полимеры, способные улучшить баллистические характеристики пороха без ухудшения показателей уязвимости и технологичности составов. В качестве подобных исследуются инертные и энергетические термопласты. В качестве энергетических рассмотрены полимеры, содержащие азидо- или нитратные группы, такие как ВАМО, АММО и др. Показана высокая энергетика и приемлемая технологичность получаемых составов. Имеется возможность замены части инертных компонентов, таких как связующее и инертный пластификатор, на энергетические. В частности, ввод нитратов сложных эфиров типа бутантриолтринитрата (BTTN), динитрата триэтиленгликоля (TEGDN) или энергетических полимеров (GAP-2000, GAP-500) позволит повысить энергетический уровень порохов без значительного увеличения чувствительности к механическим воздействиям.

Другой важной и сложной задачей является разработка промышленной технологии изготовления подобных составов. Большое значение имеет выбор пластифицирующего компонента. Использование легколетучих растворителей необходимо в количестве 30...40 %, что ведет к необходимости их улова на разных стадиях переработки и возможной регенерации для повторного использования. В зависимости от рецептуры это могут быть этилацетат, бутилацетат, этиловый спирт со следующей схемой изготовления: смешение пороховой массы, вальцевание, окончательная сушка и прессование в экструдере.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что возможно разработать качественно новый класс порохов на основе термопластичных связующих с низким уровнем чувствительности к внешним воздействиям, при этом зарубежные разработки термостойких порохов на порядок опережают отечественные разработки. На данный момент необходимо

определить рецептуры составов с использованием отечественного сырья, оптимальные по энергетическим, баллистическим и эксплуатационным характеристикам и провести отработку его изготовления на существующем оборудовании пороховых заводов.

Библиографический список

1. Ибрагимов, Н.Г. Исследования по улучшению выходных характеристик порохов для артиллерийских систем / Н.Г. Ибрагимов, Э.Н. Ибрагимов, Г.Э. Кузьмицкий, А.И. Неверов // Вестник ВПК – 2022. – № 1. – С.90-100.
2. Garaev, I. H. Synthesis of azidourethane block copolymers / I.H. Garaev, A.V. Kostochko, A.I. Petrov, E.N. Ibragimov, A.E. Golubev // Russian Journal of General Chemistry – June 2016. – Volume 86, Issue 6. – P. 1469–1475.
3. Jai Prakash Agarwal. High Energy Materials. Propellants, Explosives and Pyrotechnics. - WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2010. – 464 с.
4. Ибрагимов, Э.Н. Изучение характеристик азидооксетановых статических полимеров / Э.Н. Ибрагимов, И.Х. Гараев, А.В. Косточко // Вестник Казанского технологического университета – 2014. – Т.17, № 22. – С. 182-186.
5. Бадгужар, Д.М. Новые направления в области создания современных энергетических полимеров / Д.М. Бадгужар, М.Б. Талавар, В.Е. Зарко, П.П. Махуликар // Физика горения и взрыва – 2017. – Т.53, № 4. – С. 3-22.
6. Kostochko, A.V. Synthesis of azidooxetane statistical polymers and copolymers / I.H. Garaev, A.V. Kostochko, A.I. Petrov, E.N. Ibragimov, A.E. Golubev // Russian Journal of General Chemistry – June 2016. – Volume 86, Issue 6. – P. 1459–1468.
7. Thomas M. Klapötke. Chemistry of High-Energy Materials., 2017. – 369 с.
8. Патент 2487140 Российская Федерация, МПК C08G 33/00. Способ получения поли-3,3-бис(азидометил) оксетана / И.Х. Гараев, Н.Г. Ибрагимов и др. – Заявка №2011152682; Заявлено 22.12.2013; Зарегистр. 10.06.2013.
9. Зарубежные малоуязвимые пороха. Обзор / Э.Н. Ибрагимов – АО «НИИПМ» - 2015. – 84 с.

УДК 681.5

РАЗРАБОТКА СРЕДСТВ ОПЕРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ УЗЛОВ БРОНЕТРАНСПОРТЕРА

Костарев С.Н., профессор кафедры вычислительных машин, комплексов, систем и сетей (доктор технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: iums@dom.raid.ru

Чирков А.Е., курсант.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: chirkov.artem@yandex.ru

Яшкин С.Ю., преподаватель кафедры инженерно-технических средств охраны.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В военной спецоперации 2022–2023 гг. большое внимание уделяется бронированной технике. В спецоперации принимают также участие страны Евросоюза и Соединенных штатов Америки, которые поставляют бронированную технику. От хорошего боевого состояния техники может зависеть исход боя. Показан проект разработки бортового компьютера для БТР, с помощью которого легче осуществить диагностику и неисправности технических узлов бронетранспортера.

Ключевые слова: бортовой компьютер; бронетранспортер; мониторинг; лестничные диаграммы.

DEVELOPMENT OF MEANS OF OPERATIONAL MONITORING OF THE STATE OF TECHNICAL UNIT OF AN ARMORED TRANSPORTER

Kostarev S.N., Professor of the Department of Computers, Complexes, Systems and Networks.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: iums@dom.raid.ru

Chirkov A.E., student.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: chirkov.artem@yandex.ru

Yashkin S.Y., Senior Lecturer of the Department of Engineering and Technical Security Equipment.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

In the military special operation 2022–2023 much attention is paid to armored vehicles. The countries of the European Union and the United States of America, which supply armored vehicles, also take part in the special operation. The outcome of the battle may depend on the good combat state of the equipment. A project for

the development of an on-board computer for an armored personnel carrier is shown, with the help of which it is easier to carry out diagnostics and malfunctions of the chassis of an armored personnel carrier.

Keywords: on-board computer; armored personnel carrier; monitoring; ladder diagrams.

История создания первых бортовых компьютеров уходит в 1980 годы. В настоящее время бортовые компьютеры и компьютерные технологии широко используются во многих транспортных сферах. Внедрение средств автоматизации для военной техники также является актуальной задачей. В настоящее время происходит модернизация подвижного состава Росгвардии. Для применения в Росгвардии разработана система мониторинга «Купол», выполняющая роль базы данных и анализа боеспособности военной техники. Но текущее состояние каждой отдельной единицы военной техники нуждается в дополнительной детализации. В настоящее время, мониторинг состояния бронетранспортера осуществляется согласно плана технического обслуживания [1], однако состояние отдельной машины не всегда соответствует среднестатистическому, исходя из этого возникла необходимость оснастить бронетранспортер бортовым компьютером, который позволит отражать состояние систем и агрегатов машины, без вмешательства специалиста и специального оборудования, что позволит своевременно обнаружить и устранить неисправность. Для передачи показаний от отдельных узлов и механизмов используются различные механические датчики, которые очень быстро приходят в износ, часть оборудования не имеет средств мониторинга. Для реализации мониторинга состояния военной техники необходима разработка инструментальных средств анализа узлов и механизмов машины. На исследуемом объекте – бронетранспортер, передаваемой информацией являются параметры работы силового агрегата (температура, давления масла двигателя, работа турбокомпрессора, состояние валов коробки передач), работа пневматических и гидравлических системы, напряжение аккумуляторной батареи, работа генераторного узла и др. параметры. Особенности устройства БТР изучались в работе [2]. Существует необходимость в усовершенствовании передачи данных от узлов и механизмов техники к контрольно-измерительным приборам. В настоящее время разработаны бортовые компьютеры для спецтехники, которые проводят оперативный мониторинг во время работы оборудования. Типовые бортовые компьютеры для спецтехники классифицируются на четыре основных вида: диагностические, маршрутные, управляющие и универсальные. В настоящее время разрабатываются модели БТР на микроконтроллерах, проводится моделирование навыков вождения на тренажерах [3], исследуются параметры сигнальных элементов для БТР [4].

Материалы и методы эксперимента

В исследованиях использовалась теория конечных автоматов, теория построения релейно-контактных схем. Программно-аппаратное обеспечение реализовано на PLC Omron и CX-One. В качестве модели модернизации рассматривался бронетранспортер – БТР-82.

Результаты исследований

1 Назначение средств автоматизированного мониторинга состояния военной техники

Методы диагностики военной техники имеют физическую сущность и схему диагностических параметров. Выделены три основные группы по методам диагностики: по выходным процессам функционирующего механизма (например, мощность, расход топлива), геометрическим (люфт узлов и механизмов) и параметрам сопутствующих процессов (шумы, вибрации и др.). Частные параметры выходных процессов описывают техническое состояние определенного элемента системы (стуки, люфт и др.). Обобщенные параметры характеризуют техническое состояние узла, агрегата военной техники, например,

расход топлива, расход электроэнергии. Параметры выходных процессов измеряются на работающей военной технике, для чего может использоваться автоматизированный мониторинг при диагностике узлов и агрегатов БТР.

2 Состав диагностических модулей

На исследуемом объекте – бронетранспортер (БТР), передаваемой информацией может явиться температура антифриза, работа двигателя и турбокомпрессора, состояние валов коробки передач, напряжение аккумуляторной батареи, работа генераторного узла, работа специального оборудования и другие параметры. Существует необходимость в усовершенствовании передачи данных от узлов и механизмов техники к контрольно-измерительным приборам. Разобьем технологические параметры оборудования на группы: группа (Двигатель, трансмиссия) опишется функцией МТ(Р,Т,Тах,ТК,1Д,2Д,С,Ф), группу (Электрооборудование) опишем массивом Е(U,I,O1,O2,O3,O4), группу (Пневматическая система) опишем функцией PS(P1,P2,P3), группу (Блок радиосвязи) – R(R1–R6). Обозначение сигналов приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Мониторинг текущих значений измеряемых параметров и референтных интервалов (Data Memory)

№	Адрес бита CIO	Обозна- чение	Адрес памяти DM			Объект мониторинга
			текущее	тах	min	
Двигатель, трансмиссия						
1	100.00	P	100	105	104	Давление масла
2	100.01	T	90	95		Температура антифриза
3	100.02	Tax	80	85		Тахометр
4	100.03	TK	70	75	74	Турбокомпрессор
5	100.04	1Д	60			Коробка передач Датчик первичного вала
6	100.05	2Д	55			Коробка передач Датчик вторичного вала
7	100.06	C	54			Неисправность сцепления
8	100.07	F	50			Форсунки
9	100.10	MT				Общая диагностика секции
Электрооборудование						
10	100.11	U	40		44	Напряжение аккумуляторной батареи
11	100.12	I	30	35	34	Сила подзарядного тока
12	100.13	O1	20			Габариты
13	100.14	O2	15			Ближний свет
14	100.15	O3	14			Дальний свет
15	100.16	O4	16			Стоп - сигнал
16	101.13	E				Общая диагностика секции
Пневматическая система						
17	101.00	P1	10	15	14	Общее давление
18	101.01	P2	110	115	114	Давление в шинах
19	101.02	P3	120			Тормозная система
20	101.12	PS				Общая диагностика секции
Блок радиосвязи						
21	101.03	R1	130			Приемо-передатчик
22	101.04	R2	140			Генератор высокочастотных импульсов
23	101.05	R3	150			Блок антенных фильтров
24	101.06	R4	160			Ларингофонный усилитель

25	101.07	R5	170	175	174	ВЧ кабель
26	101.08	R6	180	175	174	Преобразователь напряжения
27	101.14	R			Общая диагностика секции	

3 Составление логических уравнений и разработка программного обеспечения работы оборудования

Рассмотрим разработку логических уравнений для мониторинга секции «Двигатель, трансмиссия» (таблица 2).

Таблица 2 – Логические уравнения мониторинга секции «Двигатель, трансмиссия»

Логические уравнения	Оборудование
$(DM100 < DM105) \cdot (DM100 > DM104) = P$	Давление масла
$DM90 < DM95 = T$	Температура антифриза
$DM80 < DM85 = Tax$	Тахометр
$(DM70 < DM75) \cdot (DM70 > DM74) = TK$	Турбокомпрессор
$DM60 > 0 = 1D$	Коробка передач Датчик первичного вала
$DM55 > 0 = 2D$	Коробка передач Датчик вторичного вала
$\overline{DM54} = \overline{C}$	Неисправность сцепления
$\overline{DM50} = \overline{F}$	Неисправность форсунок
$P \cdot T \cdot Tax \cdot TK \cdot 1D \cdot 2D \cdot C \cdot F = DT$	Общая диагностика секции

На примере таблицы 2 были разработаны логические уравнения для всех структурных блоков оборудования (таблица 1). Исследования модели по мониторингу и контролю за состоянием элементов системы производилось с помощью программного обеспечения OMRON CX-One [5,6]. Языком программирования контроллера OMRON CP1L выступала релейно-контактная логика (стандарт IEC 61131-3). Симуляция работы схемы на примере мониторинга давления масла и частоты оборотов коленчатого вала двигателя показана на рисунках 1 и 2.

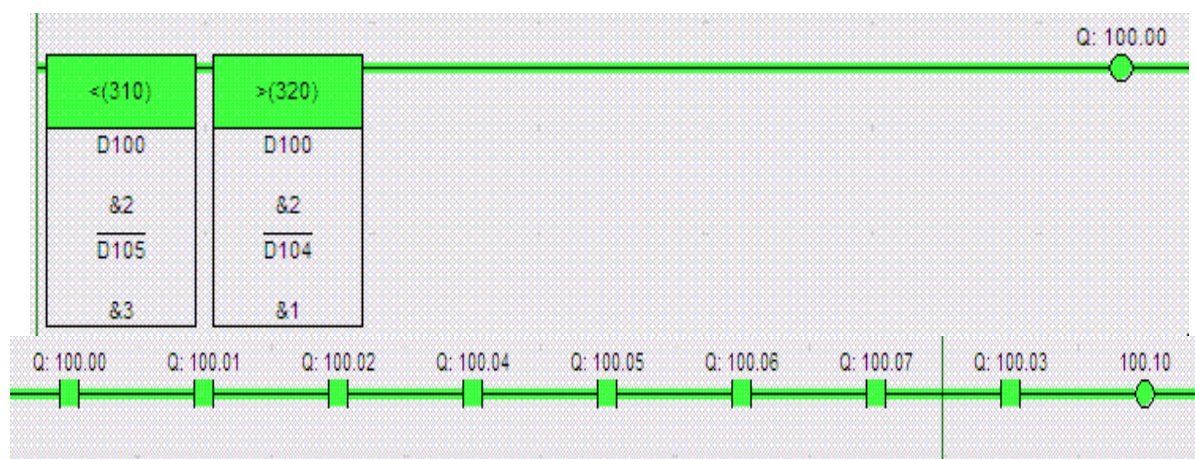


Рисунок 1 – Симуляция работы схемы. Давление масла в двигателе в пределах нормы. Все узлы мониторинга секции «Двигатель, трансмиссия» работают нормально

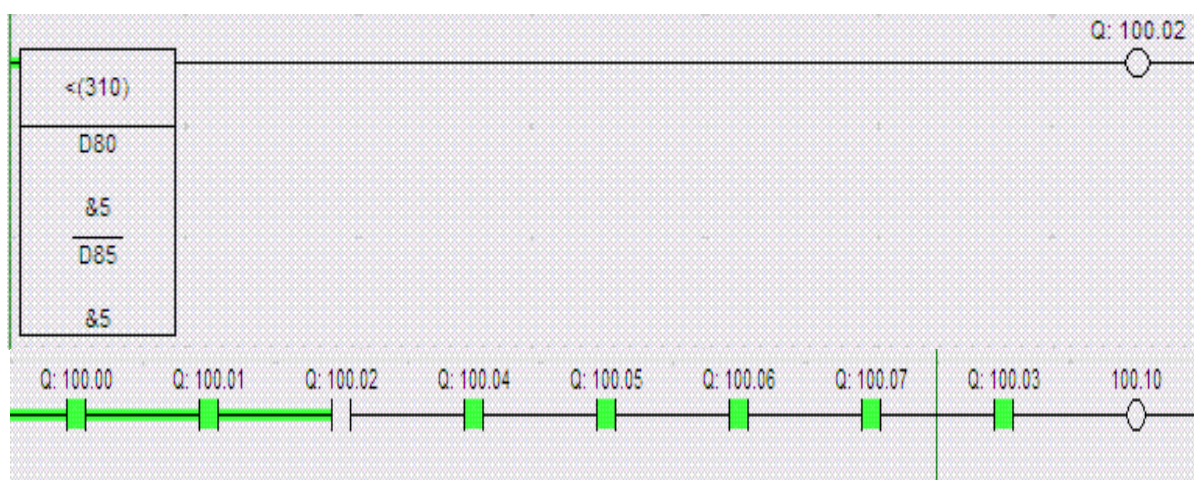


Рисунок 2 – Тахометр показал опасные обороты двигателя, общая схема секции перешла в состояние предупреждения

Для повышения мобильности вооруженных сил РФ подготовленность военной техники играет важную роль. Для мониторинга состояния военной техники, на примере БТР-82, разработаны подходы к проектированию бортового компьютера на базе программируемого логического контроллера. Показан мониторинг оборудования, разделенный на 4 секции, включающий около 30 позиций. В дальнейшем возможна расширение узлов мониторинга и доработка программного обеспечения. Симуляция работы схемы показала положительные результаты.

Библиографический список

1. Гумелёв, В.Ю. Краткие сведения об организации и проведении технического обслуживания №1 бронетранспортера БТР-80 / В.Ю. Гумелёв, А.В. Пархоменко, А.А. Постников // Современная техника и технологии. – 2015.– № 10 (50). – С. 9-18.
2. Дюнов, В.А. Особенности устройства бронетранспортера БТР-3 / В.А. Дюнов, В.И. Ладанов // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии.– 2022. – № 2 (6). – С. 49-54.
3. Колосков, Б.Б. Моделирование объекта бронетехники в тренажере вождения БТР-82А / Б.Б. Колосков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 11-3. – С. 240-246.

4. Нилов, В.П. Исследование и обоснование параметров сигнальных элементов прибора для контроля избыточного давления бронетранспортёра БТР-80 / В.П. Нилов, Р.В. Гроскоп // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. – 2017. – № 4. – С. 162-167.

5. Павлов, А.Н. Использование технических средств обучения в высших военных учебных заведениях ВНГ РФ при проведении занятий по электротехнике и электронике / А.Н. Павлов // Педагогический журнал. – 2022. – Т. 12. – № 1-1. – С. 470-475.

6. Kostarev, S.N. Development of a microclimate control system for a quail farm / S.N. Kostarev, T.G. Sereda, O.V. Novikova Kochetova, A.S. Ivanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.– 2022.– Т. 1043 (1). – P. 012004. DOI: 10.1088/1755-1315/1043/1/012004.

УДК 662.352

ОСНОВЫ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ ГРАНУЛ СФЕРИЧЕСКОГО ПОРОХА

Кустов В.Г., доцент кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: vgkustov@mail.ru

Статья посвящена вопросу рассмотрения промышленных технологических схем по изготовлению сферических порохов для патронов к стрелковому и спортивно-охотничьему оружию. Более детально рассмотрен процесс формирования гранул сферического пороха - одного из процессов, который на начальной стадии изготовления пороха закладывает его качество. Форма пороха оказывает существенное влияние на такие выходные параметры, как насыпная плотность и сила пороха. Поэтому процесс формообразования пороха является актуальным при создании новых видов стрелковых порохов.

Ключевые слова: нитраты целлюлозы; коагуляция; коалисценция; дистрибутивный способ; лаковый способ; ацетатный лак.

FUNDAMENTALS OF THE PROCESS OF FORMING SPHERICAL POWDER GRANULES

Kustov V.G., Associate Professor of the Department of Artillery Weapons Operation (Candidate of Technical Sciences).

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm.

E-mail: vgkustov@mail.ru

The article is devoted to the consideration of industrial technological schemes for the manufacture of spherical gunpowders for cartridges for small arms and sports and hunting weapons. The process of formation of spherical powder granules is considered in more detail - one of the processes that lays down its quality at the initial stage of gunpowder manufacture. The shape of gunpowder has a significant impact on output parameters such as bulk density and strength of gunpowder, therefore, the process of shaping gunpowder is relevant when creating new types of shooting powders.

Keywords: cellulose nitrates; coagulation; coalescence; distributive method; lacquer method; acetate varnish.

Как известно, нитраты целлюлозы (НЦ) относятся к полимерам с повышенной жесткостью цепей, температура стеклования которых лежит выше температуры разложения [1]. В зависимости от средней степени замещения и средней молекулярной массы нитраты целлюлозы имеют определенный комплекс физико-химических свойств, определяющих их термодинамическое сродство к прочим компонентам технологических смесей и пороховых

композиций, структуру и реологические характеристики растворов, кинетику процессов переработки нитратов целлюлозы, структуру и физико-механические характеристики нитроцеллюлозных порохов.

Структурно- морфологическая неоднородность промышленного целлюлозного сырья не устраняется в гетерогенных процессах нитрации, а напротив, усложняется. В итоге промышленные образцы нитратов целлюлозы представляют собой материалы, полидисперсные по ряду показателей.

Вышеперечисленные обстоятельства определяют облик технологических процессов переработки нитратов целлюлозы. Прежде всего, для получения пороховых элементов с заданными геометрическими размерами и капиллярно- пористой структурой необходимо применение технологического растворителя- пластификатора, который и является основным фактором технологического процесса.

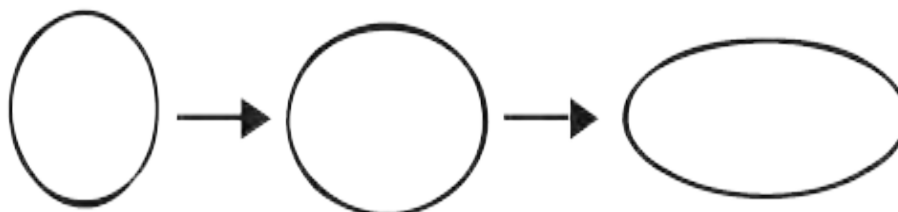
Анализ порохов, изготовленных различными способами, показывает, что их форма бывает как сферической, так и более сложной, напоминающей приплюснутые эллипсоиды, которая характерна для отечественных порохов.

Эмульсионная технология получения двухосновных сферических порохов, удачно сочетая в себе лучшие черты баллиститной, кордитной и спиртоэфирной технологий, отличается комплексом технических решений, позволяющих на более высоком уровне реализовать компромисс между противоречивыми требованиями к технологическому процессу переработки нитратов целлюлозы в пороха [1].

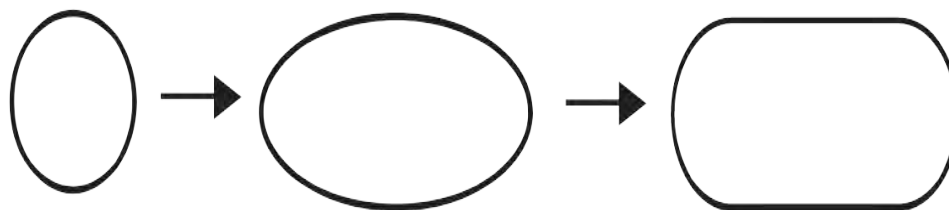
В отличие от пороховых масс классических технологий, по свойствам близким к псевдопластичным твердым материалам, элементы которых сохраняют форму при отсутствии внешних (кроме поля гравитации) воздействий, пороховые лаки эмульсионной технологии по свойствам ближе к неньютоновским жидкостям. В отсутствие внешних сил частица порохового лака принимает форму сферической капли, а при внешних воздействиях деформируется, стремясь принять форму с минимальной для данного объема поверхностью при заданном уровне деформации по осям, например, эллипсоид, оваловид, тор и. т. п., представленные на рисунке 1.

Общая последовательность процессов формирования гранул сферического пороха по лаковой технологии представлена на рисунке 2 и выглядит следующим образом:

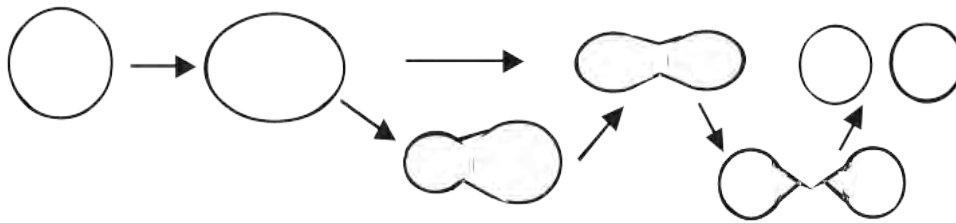
смешение компонентов – смачивание частиц нитрата целлюлозы растворителем – сорбция растворителя – пластификация – коагуляция (флокуляция) и коалесценция пластифицированных частиц нитрата целлюлозы – диспергирование лака и стабилизация эмульсии – обезвоживание лаковых частиц – удаление растворителя.



а



б



6

Рисунок 1 - Формы порохового зерна: а – эллипсоид; б – цилиндр; в – оваллоид Кассини

Смешение	Сорбция	Набухание	Коагуляция	Коалесценция	Диспергирование	Коллоидная защита	Обезвоживание
 - - - ЭА / / / - НЦ							

Рисунок 2 – Лаковый способ получения гранул сферического пороха

В лаковом варианте эмульсионного процесса, стадии смешения – коалесценции протекают в бинарной системе нитрат целлюлозы – растворитель и если допускается наличие воды, то она присутствует в растворенном виде или в небольших количествах в виде эмульсии, внесенной в систему с не обезвоженным растворителем или с отжатой, но не обезвоженной НЦ в виде внутри капиллярной влаги.

Пороховая структура в лаковом варианте может регулироваться природой раствора, режимами обезвоживания и удаления растворителя.

Другим способом получения порохового зерна является дистрибутивный способ. Данный способ представлен на рисунке 3.

Смешение	Сорбция	Набухание	Коагуляция	Коалесценция	Диспергирование	Коллоидная защита	Обезвоживание
 - - - ВОДА / / / - НЦ • • • - ЭА							плотные гранулы
							пористые гранулы

Рисунок 3 – Дистрибутивный способ получения порохового зерна

В дистрибутивном варианте все основные стадии протекают в водной среде, и вода активно в них участвует. В зависимости от соотношения скоростей и степени завершенности первичное волокно может, например, принять участие в образовании коагуляционных структур, не пройдя до равновесного состояния процесса пластификации и растворения.

В свою очередь, коагуляционная структура может быть «закалена» быстрым удалением растворителя еще до завершения процессов пластификации и коалесценции.

Эти два варианта используются для реализации пористых структур. Пористые сферические пороха используются в короткоствольном и гладкоствольном оружии, где не требуется большой массы порохового зерна и высокой начальной скорости полета пули [2]. Для увеличения пористости зачастую операции ввода обезвоживателя и защитного коллоида смещают в начало процесса, проводящих их параллельно стадиям смачивания – сорбции растворителя – набухания – растворения.

Особенность сферического пороха заключается в его пористой структуре, зависящей от способа и условий получения. Регулирование пористости осуществляется количеством вводимого этилацетата, скорости отгонки и применяемых порообразователей [3].

Более высокая насыпная плотность является одним из основных достоинств сферических порохов.

Для пороха к винтовочным, автоматным патронам важным показателем является сила пороха, а это обеспечивается навеской пороха и вместимостью зарядной каморы патрона. Поэтому показатель пористости существенно влияет на силу пороха. Кроме того, важны так же размеры пороховых гранул.

Для получения очень мелких гранул нужно подавить процессы агрегации (коагуляции – коалесценции), проводя стадии от смачивания по растворение и диспергирование – ввод защитного коллоида – обезвоживания и удаление растворителя лишь в зависимости от требований к пористости продукта.

Варьируя уровень линии рабочих концентраций этилацетата в дисперсионной среде скоростью отгонки растворителя, можно обеспечить достижение критической концентрации растворителя на поверхности гранулы.

Лаковые фазы, приготовленные по лаковому и дистрибутивному способам, безусловно, различаются структурой, прежде всего, формой присутствия влаги и степенью пластификации НЦ.

В зависимости от требований к конечному продукту (средний размер гранул, распределение по размерам, формам гранул, пористости) и конкретного варианта аппаратного оформления технологического процесса стадии формирования порохового зерна могут реализовываться по разному и сказываться на характере диспергирования и структуре капли порохового лака.

В процессе обезвоживания из капли быстрее всего выходит влага по механизмам капиллярного транспорта. На примере этилацетатного лака можно показать, что после обезвоживания влагосодержание капли превышает равновесное влагосодержание более, чем в два раза. То есть в капле присутствует вода в виде отдельной фазы, характер распределения которой в лаковой фазе определит черты влажной составляющей пористости.

При равном размере капли равновязкие лаки могут оказывать влияние на плотность зерна. Наибольшую плотность структуры дают низкомолекулярные и низкоазотные нитраты.

При прочих равных условиях, функция зависимости температуры стеклования от концентрации растворителя в нитроцеллюлозном лаке и функция зависимости концентрации растворителя (степени завершенности процесса) от температуры массы в реакторе (режима отгонки), будучи по – разному совмещены в реальном процессе, приведут к разной пористости продукта.

Проведение отгонки растворителя при пониженной температуре в вакууме) приведет к раннему стеклованию и как следствие к повышенной пористости продукта.

Наиболее сложной задачей в рамках эмульсионного процесса формирования гранул сферического продукта является управление их формой.

Формообразование пороховых элементов во многом зависит от правильного подбора технологического оборудования, которое должно обеспечивать требуемую гидродинамику процесса при большой вязкости раствора компонентов пороха, присутствием в системе поверхностно-активных веществ и температурных факторов. Рост вязкости лака в дисперсионной среде способствует увеличению размера порохового капли лака.

Технические решения при подборе технологического оборудования заключаются в выборе метода грануляции, используемого смесительного оборудования, мешалок, скорости их вращения и технологических режимов. Так, при повышенных оборотах мешалки образуются более мелкие гранул при этом возникает большая вероятность получения пороховых зерен вытянутой формы - «ресничек» или «запятах». Для управления дисперсией частиц по размерам решение проблемы формообразования возможно следующим образом:

- для мелких гранул (до 100 мкм) применяются диспергаторы изотропной турбулентности;
- для получения более крупных гранул применяют экструзионные методы грануляции.

Для оценки различных вариантов форм порохового зерна была решена основная задача внутренней баллистики на образцах нефлегматизированного пороха. При этом был использован закон газообразования, который описывает все формы порохов [4].

Решение сводилось к определению максимального среднебаллистического давления ($P_{\max}$) пороховых газов и дульной скорости пули ($V_{\text{ср.25}}$). Результаты лабораторных испытаний патронов с различными формами пороховых элементов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты лабораторных испытаний патронов с различными формами пороховых элементов

№ п/п	Геометрическая форма	Дульная скорость $V_{\text{ср.25}}$ м/с	Максимальное давление $P_{\text{ср.макс}}$ кг/см ²
1	Шарообразная	945	2950
2	Эллипсоидная	946	3087
3	Сфероидная	930	2958
4	Цилиндрическая	906	2905
5	Тороидальная	925	2935

Результаты испытаний показали, что патроны, снаряженные пороховыми элементами шарообразной, эллипсоидной и сфероидной формы, имеют наилучшие баллистические характеристики.

В результате проведенного анализа процесса формообразование гранул сферического пороха необходимо отметить, что основными определяющими факторами влияющими на данный процесс являются:

- повышение пористости пороховых гранул при повышенных температурах при проведении отгонки растворителя;
- использование низкомолекулярных и низкоазотистых нитратов целлюлозы дают более плотные гранулы;

- подбор реакторного оборудования и технологических режимов на операциях диспергирования и отгонки растворителя (исходя из требований необходимой формы пороховых зерен);

- наилучшие баллистические характеристики имеют патроны со сфероидной, шарообразной или эллипсоидной формой пороховых элементов.

Вышеперечисленные факторы необходимо учитывать при проектировании новых видов порохов, для патронов, как специального, так и гражданского назначения.

Библиографический список

1. Сферические пороха под редакцией Михайлова Ю.М. Черноголовка. Редакционно-издательский отдел ИПХФ РАН. 2003. С.144.

2. Староверова Е.И., Арутюнян А.С., Хацринов А.И., Гатина Р.Ф., Грольман В.Б., Имамиева А.Р. Получение высокопористых сферических порохов для спортивных, охотничьих патронов к гладкоствольному оружию/Журнал «Вестник Казанского технологического университета».- 2010. - №1. - С 381.

3. Комов В.Н., Сысолятин С.В., Малыкин В.В., Попов В.О. Перспективы рецептурного развития метательных зарядов/ Южно-сибирский научный вестник. - 2019. - №4. С.183.

4. Бетехтин С.А. и др. Газодинамические основы внутренней баллистики. М.: Оборонгиз. 1957. 384 с.

УДК 623+629.3+681.5

О ФОРМИРОВАНИИ СОСТАВА БОРТОВЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ НА ЛЕГКОБРОНИРОВАННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Ладанов В.И., доцент кафедры конструкций автобронетанковой техники факультета (технического обеспечения) (доцент).

Электронный адрес: viladanov61@yandex.ru

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье рассмотрены некоторые аспекты формирования типового состава бортовых информационно-управляющих систем (БИУС) для различных типовых образцов АТ в целях улучшения технических характеристик автомобильной техники (АТ) войск, в том числе легкобронированной.

Ключевые слова: автомобильная техника; легкобронированная автомобильная техника; защищенный автомобиль; бортовая информационно-управляющая система автомобиля; структура; состав; показатель; принцип; развитие.

APPLICATION ON MILITARY VEHICLES ON-BOARD INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

Ladanov V.I., Associate Professor of designs of armored equipment of the Armor Maintenance Department (Associate Professor).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: viladanov61@yandex.ru

The article discusses some aspects of the reasons for the need to improve the technical characteristics of the military automotive equipment of the troops and the use of on-board information and control systems on it. The main indicators of improving the technical level of promising models of the new generation of BAT for the troops are determined by introducing on-board information and control and intelligent systems based on modern microelement electronics into the machine control system, with their possible integration into the troop control system in areas of activity.

Keywords: automotive technology; military vehicles; on-board information and control system of the car; performance characteristics; technical level; indicator; integration; development.

Локальные конфликты современности, как показывает их анализ, требуют массового применения различных образцов вооружения, военной и специальной техники. При этом все чаще комплексы вооружения и специальных средств монтируются на автомобильные

базовые шасси, что, соответственно, требует повышение их надежности, удобства и безопасности управления, обслуживания и ремонта, а также броневой защиты основных элементов конструкций колесной техники.

Войска национальной гвардии Российской Федерации находятся на передовых позициях противоборства со всеми вызовами и угрозами современности при поддержании общественной безопасности и охраны общественного порядка во всех регионах страны, в борьбе с проявлениями террористических и экстремистских атак, а также активно выполняют задачи по денацификации и демилитаризации Украины в рамках специальной военной операции Вооруженных сил Российской Федерации. Одним из важнейших составляющих в эффективном техническом обеспечении при выполнении служебно-боевых задач войск Росгвардии является автотанкотехническое обеспечение, главным обеспечивающим средством которого является автомобильная техника, в том числе легкобронированная АТ (далее – защищенные автомобили (ЗА) [1,7].

Современные тенденции развития наземного транспортного комплекса и, в первую очередь, конструкций автомобильного транспорта, опыт разработок новой колесной техники ведущими зарубежными производителями, такими как Мерседес-Бенц, MAN, Scania, Volvo, DAF, Renault и др. показывают, что одну из ведущих ролей в практике обеспечения конкурентных преимуществ, играют БИУС автомобильной техники, базирующиеся на современных достижениях в микроэлементной цифровой электронике. БИУС автомобилей включает в себя комплексы автоматической оценки в состоянии транспортного средства в целом и его механизмов, систем; оценивания параметров при движении и информирования водителя об этих состояниях, а также для выработки автоматических управляющих воздействий на исполнительные механизмы машины в реальном режиме времени при ее функционировании в ходе выполнения различных задач. По требованиям ведущих производителей мира БИУС должны оснащаться все современные защищенные тактические и ударные автомобили. Цифровая электроника позволяет автоматизировать все процессы управления агрегатами, механизмами и системами современного автомобиля и, прежде всего, обеспечивать «интеллектуальность», как важнейшего качества перспективных колесных и гусеничных машин, что становится одним из главных направлений повышения их потребительских свойств, технических и экологических качеств. Качественно новый уровень «интеллектуализации» перспективных образцов АТ может быть достигнут только на основе современных информационных технологий и микросистемной техники [2].

Одним из важнейших перспективных направлений развития автоматизации на автомобильной технике является разработка унифицированных модульных комплексов микроэлектроники и их компонентов, позволяющих создавать «интеллектуальные» интегрированные БИУС для последующего повышения технического уровня и эффективности использования образцов автомобилей нового и перспективного поколения.

Данное направление одновременно предусматривает обеспечение дальнейшей расширяемости и развиваемости комплексов на основе открытой архитектуры БИУС путём применения стандартизованных технических решений, унифицированных электронных модулей, серийной датчиковой аппаратуры, стандартных протоколов информационного обмена, модульной структуры программного обеспечения, новых методов обработки информации и принятия решений.

В настоящее время руководящими документами [2-6] установлено, что состав БИУС определяется в ТЗ на изделие конкретного вида, исходя из требуемых функций для конкретного образца АТ.

Установлен рекомендуемый состав конструктивно автономных элементов БИУС [4], в который входят:

- бортовой компьютер;
- блоки управления (контроллеры);
- блок регистрации информации;

- датчиковая аппаратура;
- информационно-управляющая панель;
- исполнительные механизмы;
- система межэлементной связи;
- комплект монтажных элементов.

Однако, ни в одном руководящем документе, посвященном оснащению АТ бортовыми информационно-управляющими системами, не приводится состав БИУС для конкретных типовых образцов АТ.

Очевидно, что при разработке типового состава БИУС для различных типовых образцов АТ можно добиться рационализации затрат на разработку новых образцов военных автомобилей, а также снижения эксплуатационных затрат. В настоящее время процесс создания бортовой информационно-управляющей системы для нового образца АТ не регламентирован ничем, кроме технического задания. Однако даже в ТЗ регламентируются только функциональные задачи, которые должна решать БИУС без указания ее составных частей. В данном случае, конструкторский коллектив или заказчик при разработке требуемого образца АТ, опираясь на свой опыт, должны сами определить какой состав БИУС будет на типовом образце техники.

Такой подход видится ошибочным из-за того, что субъективное мнение разных конструкторских коллективов или заказчика может быть прямо противоположным, а решение о применении на образце того или иного комплекта ЭСУ может быть отдано производителю БИУС. Примером тому служат технические проекты на ОКР «Тайфун-У-БИУС» и «Тайфун-К-БИУС» [5, 6]. В частности, в состав БИУС для ЗА «Тайфун-У» не входят ЭСУ предпусковым подогревателем, давлением воздуха в шинах, не предусмотрено подключение навигационной аппаратуры потребителей космической навигационной системы ГЛОНАСС.

В период с 2010 г. по н.в. при разработке ТТЗ, ТЗ и ТТТ к перспективной АТ нового поколения вопросу оснащения образцов АТ бортовыми информационно-управляющими системами было уделено много внимания [3, 5, 6]. В ходе НИОКР по заказу силовых структур было неоднократно доказано, что применение на АТ ЭСУ, интегрированных в БИУС, поднимет технический уровень, снизит эксплуатационные затраты, повысит надежность и подвижность образцов АТ.

Однако заводы-изготовители АТ препятствовали оснащению отечественными ЭСУ образцов АТ, поставляемых по ГОЗ. Только при разработке ТТЗ, ТЗ и ТТТ на новые семейства АТ, при включении в них раздела «БИУС», предприятия-изготовители предприняли определенные шаги для оснащения образцов АТ ЭСУ и БИУС. При этом, вопросу определения состава систем для различных типов, а равно и предприятий-изготовителей, автомобильная техника осталась без должного внимания, а также, в рамках условий ужесточения политики санкций странами Запада, в силу данных объективных причин, работа по оснащению БИУС, к сожалению, были свернуты.

Проводя анализ исследований и публикаций [2, 4, 5] увидим, что основной упор в оснащении автомобильной техники электронными управляющими системами, интегрированными в БИУС, необходимости повышения тех или иных свойств объекта либо на формировании такого состава БИУС, который отвечал бы конкретным функциям, возложенными на определенный объект, а при этом задаче определения эффективности состава БИУС для определенного типа техники не уделено должного внимания. Исходя из этого, данная задача нуждается в дополнительных исследованиях.

Так, в дополнение уже рассмотренным выше [2-5], в работе [6] обосновано три различных типовых состава БИУС транспортного средства в виде автоматизированных диагностических систем, сформированных эмпирическим путем.

Возможный состав этих БИУС (автоматизированных диагностических систем) может включать в себя:

- комплект датчиков, воспроизводящих диагностическую информацию от объекта диагностирования;
- преобразователи, принимающие сигналы от датчиков и преобразующие их в вид, удобный для дальнейшей обработки;
- устройства обработки информации, проводящие оценку полученных данных диагностирования по заданной программе и выдающие конечные результаты в виде электронных сигналов;
- устройства выдачи информации, фиксирующие результаты диагностирования на носителе информации.

Различие составов БИУС транспортного средства состоит в следующем:

- во второй состав включены дополнительный вычислитель и устройство отображения информации для разделения функций сбора и обработки информации с датчиков и формирования информационных сообщений на два вычислителя;
- третий состав информационно-управляющей системы построен на основе автономных модулей-преобразователей, представляющих собой контроллеры дискретных и аналоговых датчиков и исполнительных устройств, а также на основе однопроводной или двухпроводной бортовой сети транспортного средства.

Все три состава БИУС транспортных средств, представленных в виде автоматизированных диагностических систем, сформированы эмпирически, путем логических умозаключений, не подтвержденных никаким научным обоснованием.

Ранее была разработана структура БИУС транспортных средств, рассмотрены основные задачи системы в части контроля, управления и навигации, и сформулированы ряд требований, которые предъявляются к вычислительному ядру процессора системы и коммутационным каналам обмена информацией.

Структура БИУС состоит из трех блоков обработки информации:

- блока обработки внешней информации;
- блока обработки внутренних параметров;
- блока обработки оперативной информации.

Прием информации от GSM антенны и навигационную информацию от спутника осуществляет блок обработки внешней информации. Информацию о параметрах движения, о расходе топлива, о состоянии узлов транспортного средства и о параметрах проведения необходимого обслуживания принимает блок обработки внутренней информации, а оперативную информацию - блок обработки оперативной информации. Далее эти три блока обработки информации собирают и передают всю информацию в бортовую вычислительную систему.

Таким образом, БИУС управляет режимами работы блоков и, с использованием информации от них, решает навигационные задачи, при этом применяя различные алгоритмы по определению параметров движения с учётом реально сложившейся дорожно-транспортной обстановки

Структура и состав БИУС сформированы на основании анализа задач контроля, управления и навигации. Научного обоснования в результате этого анализа не выработано. Таким образом, состав и структура БИУС разработаны эмпирическим путем.

В результате разработки состава бортовой информационно-измерительной и управляющей системы робототехнического средства, в комплект БИУС изделия вошли разнородные, основанные на различных физических принципах, датчики для определения положения и ориентации:

- приёмник - GNSS (типа GNS1316, с темпом выдачи координат 1Гц);
- плата инерциальной навигации для определения ориентации типа UM6-LT, состоящая из трехосевого гироскопа, акселерометра и магнитного компаса (10Гц);
- энкодер абсолютный (секторальный) для определения угла поворота руля и энкодер инкрементальный (последовательный) на карданном валу автомобиля (70Гц).

В состав управляющей системы автомобиля входят следующие исполнительные устройства:

- универсальный силовой контроллер сцепления и тормозов;
- универсальный силовой контроллер переключения передач;
- универсальный силовой контроллер рулевого управления, управления дроссельной заслонкой и датчика скорости;
- бортовой компьютер;
- преобразователь универсальный мультисенсорный;
- система инерциальная навигационная;
- сканер лазерный с круговой диаграммой направленности;
- штатный блок управления двигателем автомобиля.

Состав БИУС автомобиля может быть сформирован, исходя из целей работы и не иметь научного обоснования. Таким образом, состав бортовой информационно-измерительной и управляющей системы данных образцов техники может быть разработан эмпирическим путем.

В принципиальную схему системы управления машиной, как правило, включают:

- комплекс вычислительный, центральный;
- семейство блоков по управлению системами и агрегатами машины;
- датчики и датчиковую аппаратуру;
- исполнительные механизмы (электромеханические, комбинированные).

Обоснование принципиальной схемы БИУС основано на комплексе мероприятий по приданию системам управления движением машины свойств адаптивности, т. е. свойств автоматического учета информации как априорной, использованной на стадии проектирования, так и текущей.

Определение системы управления адаптивности предполагает задание нескольких уравнений. Сенсорное уравнение – первое из них:

$$q_t = S(x_0^t, u_0^t, t, y_t)$$

Данная запись показывает, что каждому набору данных $x_0, \dots, x_t, u_0, \dots, u_{t-1}, t, y_t$ сопоставляется элемент $q_t \in Q$, называемый значением сенсора в момент времени t . Данное сенсорное уравнение позволяет описывать работу измерителей и датчиков.

Эволюционное уравнение – второе задание:

$$x_{t+1} = X(x_0^t, u_0^t, t, y_t)$$

С помощью эволюционного уравнения описываем изменения состояния системы во времени при условии задания начального состояния x_0 режима движения y_t и последовательности управлений

$$u_0^\infty = [u_0, u_1, \dots].$$

Однако, обоснование самого состава БИУС не основывается на каком-либо научно-методическом аппарате, т. е. в вышеописанных уравнениях решается только задача адаптивного управления и не решается задача влияния ЭСУ на ТТХ автомобильной и гусеничной техники и на их эксплуатационные свойства.

В работе [5] разработана методика выбора оптимальной архитектуры БИУС с использованием адаптивного генетического алгоритма. Сущность методики заключается в переборе всей совокупности топологических вариантов построения бортовой информационно-вычислительной системы и выборе эффективной топологии по выбранным критериям предпочтения.

Однако, приведенная методика не может быть применена для формирования состава БИУС ВАТ, т. к. в ней учитывается только совокупность элементов вычислительных систем, отсутствуют элементы систем управления и не учитывается влияние элементов вычислительных систем на тактико-технические характеристики, эксплуатационные и другие свойства объектов. К тому же, для построения топологии вычислительных систем используется конечное число элементов, которое не превышает 12.

Таким образом, из проведенного анализа видно, что в настоящее время отсутствует научно-методический аппарат формирования состава бортовой информационно-управляющей системы для военной автомобильной техники. Формирование состава бортовой информационно-управляющей системы происходит по большей части эмпирическим путем.

Решение задачи повышения технического уровня АТ применением на ней различных составов БИУС, а также повышение эксплуатационных свойств АТ находится в противоречии с количеством применяемых на АТ электронных систем управления, интегрированных в БИУС, и снижением квалификации водителей и технического персонала, проводящего техническое обслуживание и ремонт АТ.

Выход из этих противоречий видится в разработке различных составов БИУС для разных типов АТ, в соответствии с их предназначением.

Указанное подтверждает направление работы – обоснование возможности интегрирования БИУС в систему управления для различных типов военной автомобильной техники.

При решении данной задачи необходимо проверить полученный эффект от предложенных методик и решений с точки зрения военной, технической и экономической составляющей при создании и применении ВАТ.

В результате проведенного анализа выявлено, что при оснащении автомобильной техники ЭСУ, интегрированными в БИУС и, в целом, в систему управления, предлагается применить следующие принципы построения структуры БИУС колесных и гусеничных машин:

а) электронные системы управления должны быть разработаны на основе поагрегатной унификации;

б) взаимодействие между ЭСУ должно быть построено на комплексе международных стандартов, используемых в автомобильном транспорте экономического комплекса страны и зарубежных производителей;

в) ЭСУ должны быть совместимы с электронными системами коммерческого транспорта;

г) архитектура построения БИУС должна быть открытой с целью расширения ее возможностей и своевременной модернизации.

Применяя электронные системы управления и БИУС на перспективной автомобильной технике нового поколения можно добиться повышения ее технических характеристик, и, следовательно, в целом и ее технический и качественный уровень на 30-100 %. При этом повышаются, в частности:

- показатели надёжности на 50-100 %;
- показатели подвижности на 30-50 %;
- показатели проходимости на 30-50 %;
- показатели контролепригодности на 50-100 %;
- показатели готовности к применению на 30-50 %;
- показатели безопасности движения и экологической безопасности на 30-50 %.

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что вопрос формирования состава БИУС для различных типов военной автомобильной техники является на сегодняшний момент актуальной задачей. Решение данной задачи позволит снизить трудоемкость создания перспективной и модернизации существующей АТ и уменьшить затраты на разработку и эксплуатацию различных типов АТ.

Таким образом, БИУС могут становятся одной из важнейших и неотъемлемых составляющих конструкции образцов автомобильной техники: данные системы способны оказывать существенное влияние на их тактико-технические характеристики и качественный уровень. При этом важно выделить два возможных уровня технологических конструкций систем, которые будут влиять на образцы машин.

Уровень первый, системный – комплексы системных технологий, являющиеся системообразующими как для целого семейства (даже поколения), так и для конкретного образца АТ, т. е. они определяют не то, что делается в образце техники в части цифровой электроники, а то, как это делается. Таким образом, комплексы системных технологий позволяют определить уровни взаимодействия локальных электронных систем управления (то есть интеграции) системы, степени взаимозаменяемости и совместимости, а значит, и показатели типажа и унификации составляющих компонентов, их потенциал модернизации, стоимостные показатели, а также и эксплуатационных затрат.

Уровень второй – функционально-технологический. Он определяет, что делается для конкретного образца техники. Соответственно, определяется уровень функциональных возможностей, уровень интеллектуализации (автоматизации) рабочих процессов и, в конечном счете, тактические и технические характеристики образцов техники.

При этом результаты аналитических исследований, которые несомненно необходимо будут учитываться, еще совсем недавно состояние и направления развития ИУС в отечественных образцах автомобильной техники показывают, что, несмотря на успешность внедрения ряда новых и передовых приборов и систем, сформировались системные кризис, явления стагнации в развитии БИУС для АТ, которые проявляются в следующем:

- внедрявшиеся комплексы БИУС в различных образцах техники, фактически представлены узкоспециализированными, без стандартного функционального деления на составные части и модули, с использованием несовременных и нестандартных (в том числе аналоговых) интерфейсов, построенные на основе закрытой архитектуры и технологии, обеспечивающие только внутреннюю, свою программную и аппаратную совместимость. В результате возникали неизбежные необеспеченные объемы финансирования в требуемых размерах, длительные сроки проектирования, отработки и внедрения, отсутствие унификации, низкие и краткосрочные показатели модернизационного потенциала, высокий уровень и издержки эксплуатационных затрат, что приводило к отсутствию реальной конкурентной среды между предприятиями промышленности, а также к монополизации разработки и производственных технологий.

- не обеспечивались процессы интеграции разработанных подсистем в единый комплекс интегрированной системы управления образцом техники; для модификаций бортовых подсистем предлагалось применение специальных неоднородных органов управления и контроля, а системное интегрирование входящих частей системы фактически осуществлялась через человека-оператора (водителя).

В результате этого были неизбежны неудовлетворительная эргономика на рабочих местах, высокие психофизиологические нагрузки на оператора (водителя) и высокие уровни разунификации интерфейса в системе «Человек-машина».

Кроме этого, на развитие бортовой электроники для АТ быстро растущее влияние на настоящем этапе в мире оказывают ряд общепромышленных и коммерческих технико-экономических тенденций развития встроенных компьютерных технологических решений, такие, например, как:

- жизненный цикл электронных компонентов и систем значительно сузился;
- повышение в жизненном цикле изделий долей затрат на этапы сопровождения, модернизации и поставок сквозных услуг;
- увеличилась стоимость генерации новых разрешающих и других технологий.

По результатам анализа стало очевидно, что необходимо переходить к электронной платформе нового поколения, выходить на качественно новые уровни передовых системных технологий при построении интегрированных систем для существующих и перспективных

образцов АТ, так как существовавшие технологии уже достигли технологического порога узкоспециализированных систем, при которых внедрение в них передовых электронных систем, новых средств автоматизации и вычислительных компонентов с увеличением стоимости и сложности уже в целом не приводит к требуемому результату повышения эффективности образцов техники. Соответственно, без изменений в технической стратегии по отношению БИУС это закономерно приводит к снижению комплексного показателя «стоимость / эффективность» для всех образцов АТ.

Анализ критических технологий, с другой стороны, отдельные тенденции в развитии «ветроники» для передовых концептуальных платформ легкобронированной АТ за рубежом, достижения и передовые направления развития «авионики» в военном и гражданском авиастроении, а также опыт применения современных цифровых технологий в промышленности, на транспорте и коммерческих приложениях позволяют сформулировать выводы о наличии и реализуемости системообразующих передовых подходов, благодаря которым возможно преодоление технологического порога узкоспециализированных БИУС и решения задачи по созданию интегрированных БИУС нового поколения с высокими показателями уровней унификации и эффективности составляющих для новых образцов АТ.

Таким образом, задачи по созданию, освоению и внедрению в образцах АТ новых современных системных технологических схем по построению интегрированной БИУС и их составных частей будет определена как наиболее критичная и, соответственно, требующая приоритетного разрешения.

По результатам решения данной задачи будет сформироваться новые направления в развитии интегрированных БИУС для образцов АТ (ЗА), платформа которых возможна на новых базовых принципах:

- открытые цифровая сетевая технология и сетевая архитектура;
- применение стандартизации в функциональном делении;
- совместимость или интероперабельность составляющих частей;
- многофункциональность (программируемость) органов управления и отображения информации для водителя (членов экипажа);
- опциональное комплектование;
- стандартизация человеко-машинного интерфейса;
- применимость компьютерных технологий полунатурного моделирования; отладочных, контрольных и диагностических функций.

Ключевым моментом в новой платформе является применение принципа открытой архитектуры и сетецентризма, смысл которых заключается в том, что главным элементом электронного комплекса образца техники являются цифровые сети обмена информацией, охватывающие все узлы, агрегаты, подсистемы и комплекса в целом. Сети обеспечивают стандартные интерфейсы для подключения к ней абонентов. Абонентами выступают семейство электронных блоков (микропроцессорные и микроконтроллерные ЭСУ), которые входят (встраиваются) в функциональные узлы, агрегаты, подсистемы и комплексы. Важно отметить, что при функционировании образца техники в цифровую сеть в реальном масштабе времени подается информация от всех датчиков, информация о состоянии всех органов управления, а также в сети присутствуют команды управления для всех приводов и исполнительных механизмов, т. е. в сети системы имеется все необходимое для контроля и управления образцом АТ в цифровом виде.

В результате цифровая бортовая сеть формирует единое информационное пространство, которое позволяет объединить многообразие подсистем образца машины и обеспечивать реализацию значительного количества взаимозависимых и взаимосвязанных функций, в том числе исполняемых одновременно. Данные подсистемы ранее рассматривались строго независимо друг от друга, а в перспективных, все это видится взаимосвязанными элементами единой сети, между которыми должен осуществляться

информационный обмен в режиме реального времени. В результате формируется единый комплекс интегрированной системы управления образцом машины в целом (интегрированная БИУС).

Далее, при подключении к цифровой бортовой сети средств внешней радиосвязи и автоматической передачи данных позволит интегрировать систему индивидуального объекта в систему автоматизированного управления подразделениями (тактическим, оперативным звеном и др.).

Применением принципов стандартизации функционального деления и совместимости или интероперабельности составляющих ИУС позволяет определить способности агрегата, узла, комплекса или подсистемы образца АТ к объединению в интегрированной системе управления, к совместной работе, обмену информацией и использованию информации, полученной в результате обмена. Они позволяют предусматривать построение иерархической многоуровневой структуризации функций образца техники и показывать, что каждой подсистеме – абоненты цифровой бортовой сети должны иметь не только стандартные цифровые интерфейсы на физическом уровне, но и четкие стандартизованные протоколы обмена данными и командами. Для этого необходимы стандарты, позволяющие точно определять форматы данных и протоколы информационно-логического обеспечения по взаимодействию систем.

Совместимость или интероперабельность априори ключевой принцип по обеспечению совместимости и развиваемости, стандартизации и унификации составляющих систем, а также демонополизации разработчиков и производителей высокоинтегрированных БИУС. Прямым следствием реализации принципа совместимости или интероперабельности, как правило, будут возможности по смене или внедрению новых функциональных модулей для нового образца АТ, базирующегося на унифицированной межвидовой базовой платформе.

Многофункциональность органов управления и отображения информации для водителей (членов экипажа) является необходимым условием для стандартизации человеко-машинного интерфейса в семействах новых образцов техники и предполагает, что семейство разнородных органов управления и отображения возможно заменять на многофункциональные программируемые мониторы. Это позволит:

- устранить проблему дистанционного централизованного управления большого массива разнородных приборов, систем и комплексов интегрированных БИУС при помощи водителя, члена экипажа, т. е. одного оператора;
- произвести упрощение информационно-управляющего поля водителя, члена экипажа за счет программно-управляемой оперативности органа управления;
- повышать эффективность эргономических характеристик рабочих мест водителей, членов экипажа (операторов), облегчить компоновочные решения в объекте техники и уменьшить стоимостные затраты интегрированности БИУС путем уменьшения необходимости автономных органов управления в составляющих систем и возможностей компоновки последних вне зоны прямого возможного воздействия оператора.

Принцип опциональности построения комплекса дает возможность предусматривать осуществления в гибкости в агрегатировании образцов АТ от недорогих и простых (к примеру, грузовых автомобилей двойного назначения) до дорогостоящих и сложных (к примеру, многофункциональной легкобронированной колесной машины). При этом предполагаются возможности по объединению в системе многоуровневых цифровых сетей и оптимизацией технических и экономических показателей.

Таким образом, важнейшим следствием открытого многоуровневого сетевого принципа построения архитектуры БИУС является полноценность применения современных компьютерных технологий полунатурного моделирования, системной интеграции, отладки, а также контроля и диагностики.

В современных условиях на основе рассмотренных принципов должны быть созданы комплекты отраслевых нормативно-технической и методической документации (НТМД) для

применения в проектировании БИУС АТ(ЗА), регламентирующие технические правила по созданию как аппаратных средств интерфейсных узлов составляющих систем, так и протоколов информационного и логического взаимодействия подсистем комплекса БИУС.

Данные комплекты документации должны иметь возможности для разработчиков по применению в рамках ведущихся опытно-конструкторских работ при создании новых образцов АТ(ЗА) и являться базовыми прототипами при создании и усовершенствовании интегрированных БИУС для других объектов АТ(ЗА) различного назначения.

Следовательно, основными направлениями системного развития цифровых платформ для образцов АТ(ЗА) различного назначения являются: разработка и создание разноуровневой архитектуры открытого типа интегрированных БИУС на основе цифровых бортовых сетей и протоколов информационного и логического взаимодействия, определяемых стандартами (отечественными и международными) и отраслевой или ведомственной НТМД БИУС АТ(ЗА), которые будут основными направлениями развития электронных платформ для основных образцов техники. На функциональном уровне остается «интеллектуализация» интегрированных БИУС за счет реализации автоматических и высокоавтоматизированных режимов работы по поиску, обнаружению, распознаванию, сопровождению возникающих угроз с уменьшением нагрузки на оператора.

Реализацией данной идеологии по построению электронных платформ (интегрированных БИУС) для АТ(ЗА) позволит добиться не только устранения существующих недостатков и противоречий в комплексах бортовой электроники, но и поднять на качественно новые уровни тактические и технические характеристики отечественных образцов АТ(ЗА), а также обеспечить высокую динамику роста показателей «стоимость/эффективность».

При этом, с созданием конкурентоспособных высокоавтоматизированных образцов АТ(ЗА) появляется реальная основа:

- по межпроектной унификации составляющих БИУС;
- возможности для смешанной комплектации интегрированных систем составными модулями отечественного и зарубежного производства;
- опциональности при комплектовании системами АТ(ЗА) различного назначения;
- поэтапной и долгосрочной модернизации интегрированных БИУС и образцов АТ (ЗА) в целом;
- создания дистанционно-управляемых образцов АТ(ЗА) различного назначения;
- по формированию конкурентной среды разработчиков и производителей составных частей БИУС;
- по развитию конкурентной среды системных интеграторов БИУС.

Библиографический список

1. Приказ Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 1 декабря 2017 г. № 512 «Об утверждении Руководства по автотехническому обеспечению войск национальной гвардии Российской Федерации».

2. Ладанов В.И. Применение на военной автомобильной технике БИУС / Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. Серия: вооружение и военная техника: научный журнал; Пермский военный институт войск национальной гвардии / Научно-исследовательский и редакционно-издательский отдел. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2022. – № 2 (6). – С 85-91.

3. Транспортные средства сил специальных операций зарубежных стран. ч. 1 и 2 [Электронный ресурс]. – 2014. – URL: <http://militaryartic-le.ru/nazemnye-mobilnye-sredstva-specialnyh-sil-zapadnyh-stran-chast-1,2-iz-2.html> (дата обращения 12.04.2022).

4. Третьяков, А.А., Иванов, Р.А., Саяпин, М.В. Информационные и микросистемные технологии в построении электронных систем управления и бортовых информационно-управляющих систем для военной автомобильной техники. / А.А. Третьяков, Р.А. Иванов,

М.В. Саяпин // Сборник научных статей по материалам научно-практической конференции, проведенной 11 декабря 2014 г. на тему: «Проблемы обеспечения группировки войск (сил) по видам МТО». – СПб.: ВАМТО, 2014. – 616 с.

5. Дубинин, С.Г., Третьяков, А.А., Иванов, Р.А., Саяпин, М.В. Требования к унифицированным электронным системам управления для модернизируемых и перспективных образцов военной автомобильной техники. / С.Г. Дубинин, А.А. Третьяков, Р.А. Иванов, М.В. Саяпин // Вестник академии военных наук (спецвыпуск).– М.: ФГУП «Военное издательство МО РФ», 2014. – № 4 (49). – 214 с.

6. Комплект электронных систем управления. Пояснительная записка к техническому проекту по ОКР «Графа» / ОАО «НКБ ВС», НКШР.468919.001 ПЗ. – Таганрог, 2012. – 80 с.

7. Перечень основных образцов вооружения, военной и специальной техники, относимых к перспективным, современным и устаревшим образцам на 2021-2033 годы. – М.: ФС ВНГ РФ. 2021. – 25 с.

УДК 355+636.7

ПРИМЕНЕНИЕ КИНОЛОГИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Михайлов А.А., преподаватель кафедры кинологии факультета (кинологического).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В данной статье рассмотрены технические средства, позволяющие кинологическим подразделениям максимально повысить эффективность выполнения служебно-боевых задач в экстремальных условиях. Использование технических средств в профессиональной деятельности специалистов кинологической службы войск национальной гвардии Российской Федерации – один из перспективных путей расширения возможностей использования служебных собак.

Ключевые слова: кинологическое подразделение; специалист-кинолог; экстремальные условия; служебная собака; технические средства.

THE USE OF CANINE UNITS IN EXTREME CONDITIONS USING TECHNICAL MEANS

Mikhailov A.A., lecturer of the Department of Cynology of the Faculty (cynological).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

This article discusses technical means that allow cynological units to maximize the efficiency of performing service and combat tasks in extreme conditions. The use of technical means in the professional activities of specialists of the cynological service of the troops of the National Guard of the Russian Federation is one of the promising ways to expand the possibilities of using service dogs.

Keywords: cynological unit; specialist-cynologist; extreme conditions; service dog; technical means.

Сегодня в районах проведения специальной военной операции на Украине (далее – СВО на Украине) [1] перед специалистами-кинологами войск национальной гвардии Российской Федерации встают все более трудные служебно-боевые задачи, которые в основном приходится выполнять в ситуациях достаточно экстремальных, боевых условиях, опасных для жизни и здоровья. Все это требует от специалиста-кинолога максимального сосредоточения внимания. Например, при свободном поиске [2] в движении с задачей – задержание вооруженного преступника (снайпера или участников диверсионно-разведывательной группы (далее – участников ДРГ)) впереди состава группы поиска с патрульно-розыскной собакой следует специалист-кинолог, соответственно он и является первой потенциальной жертвой вооруженного сопротивления. Или же специалист-кинолог с минно-розыскной собакой производит обследование потенциально заминированный объект

и только после обнаружения места расположения взрывоопасных предметов с целью его обезвреживания на данном объекте приступают к работе военнослужащие инженерно-саперных подразделений (взрывотехники Росгвардии). В данной ситуации наибольшую угрозу жизни и здоровью также испытывает на себе именно специалист-кинолог. В связи с этим проблема личной безопасности военнослужащих (сотрудников) кинологических подразделений войск национальной гвардии Российской Федерации при решении ими служебно-боевых задач приобрело особую остроту и актуальность.

На сегодняшний день оправданный риск является объективной составляющей профессиональной деятельности специалистов-кинологов, а работа по целенаправленному снижению такого риска до реально возможного предела чрезвычайно важна.

В связи с научно-техническим прогрессом рынок насыщен разнообразной технической продукцией, в том числе и такой которую можно приспособить для повышения эффективности применения кинологических подразделений. Сочетание потенциала служебной собаки и возможностей использования различных технических средств позволяет специалистам-кинологам расширить свои возможности при выполнении служебно-боевых задач в экстремальных условиях.

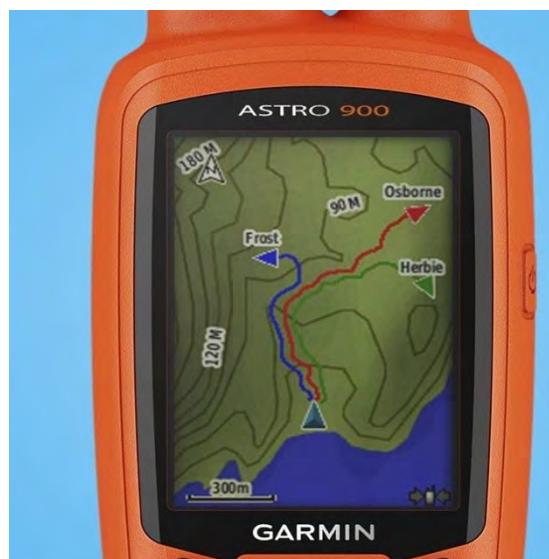
При этом внедрение современных технологий рассматривается как дополнение к потенциалу специально обученной, прошедшей сертификацию служебной собаки [3], способной адаптироваться к постоянно меняющимся условиям окружающей среды и при необходимости самостоятельно находить правильное решение при возникновении внештатной ситуации. В представленной статье обобщена имеющаяся информация по возможностям использования специалистами-кинологами некоторых технических средств, позволяющих контролировать работу и корректировать поведение собаки на расстоянии, а также осуществлять визуальное наблюдение.

Использование средств навигации при практическом применении служебных собак [4]. В настоящее время большую популярность получали средства навигации (рис. 1), в том числе предназначенные специально для работы с собаками. Данные технические средства слежения изначально разрабатывались исключительно для военных нужд и целей, являлись секретными и использовались лишь специальными службами.

В условиях практического применения собак средства навигации целесообразно использовать для осуществления контроля работы служебной собаки при ее непосредственном применении в районах выполнения служебно-боевых задач в экстремальных условиях, для контроля обследованных территорий и исключения случаев повторных обследований одних и тех же мест разными группами, то есть для отслеживания отработанных квадратов местности. Использование данных приборов в процессе практической деятельности обеспечит безопасность специалистов-кинологов и служебных собак в процессе исполнения ими служебно-боевых задач при работе на больших или сложных территориях, в труднопроходимой местности (лес, горы, осыпи, болота), а также для исключения случаев потери (побега) служебной собаки при работе в свободном поиске без поводка.



а



б

Рисунок 1 – Средство навигации: а – общий вид GARMIN Astro 900; б – отображение на GARMIN Astro 900 трёх треков

Существующие GPS-маячки, которые крепятся на ошейник, позволяют осуществлять точное отслеживание местонахождения и маршрут передвижения собаки. Они незаменимы при работе в лесном массиве, горной местности и т. д. При поисковых мероприятиях по поиску участников диверсионно-разведывательных групп или других вооруженных преступников при обследовании местности (обычно это огромные территории, поскольку не всегда известно даже примерное место, куда мог направиться объект поиска) большими группами людей навигатор является просто незаменимым средством как отслеживания работы специалиста-кинолога с патрульно-розыскной собакой, так и ориентирования. Тщательность поиска при свободном поиске на местности отображается в виде трека на карте навигатора, также имеется возможность обозначать на карте точки, которые несут какую-либо информационную нагрузку (место нахождения вещей разыскиваемого, самого человека или его останков, место, где была замечена его следы пребывания, а также труднодоступные места, которые необходимо проверить дополнительно: открытие люки, глубокие ямы и т. д.). После выполнения задачи и по возвращении на место дислокации запись трека позволит командиру (начальнику) кинологического подразделения оценить работу специалиста-кинолога со служебной собакой, а также принять решение, насколько тщательно отработан (закрит) квадрат и нужно ли к нему возвращаться в дальнейшем или нет. Кроме того, польза GPS-навигатора заключается еще и в том, что в случае, если человек, в том числе специалист-кинолог, отобьется от группы в процессе поиска, с помощью навигатора он может легко сориентироваться в пространстве и выйти в установленное место.

При работе в городе и на местности с минно-розыскной собакой по поиску целевых веществ с помощью навигатора также можно отмечать точками на карте те места, где служебное животное продемонстрировала сигнальное обозначение.



Рисунок 2 – Видеофиксирующая аппаратура

Использование средств видеофиксации [5]. Если говорить о видеофиксирующей аппаратуре (рисунок 2), то стоит отметить, что, несмотря на широкое распространение подобной техники, лишь малая часть кинологических подразделений пользуются ее возможностями при работе со служебными собаками.

Во время применения служебных собак при обследовании помещений различного типа было установлено, что использование видеофиксирующей аппаратуры, установленной на специальном снаряжении служебной собаки, дает нам следующие преимущества. Синхронизация видеокамеры с планшетом, находящимся у специалиста-кинолога, позволяет командиру (начальнику) кинологического подразделения в режиме онлайн оценивать ситуацию в обследуемом специалистом-кинологом со служебной собакой помещении и принимать коллективные решения, исходя из поступающей информации. К примеру, не входя в помещение, он может определить количество людей, находящихся в нем, их вооружение, особые приметы, пространственное положение, увидеть взрывоопасные предметы, которые обнаружила минно-розыскная собака или которые установлены на высоте, недоступной для обозначения. Такие же возможности открываются при обследовании различных участков местности. На этом основании можно сделать вывод, что использование видеофиксирующей аппаратуры, закрепленной на специальном снаряжении служебной собаки, целесообразно и необходимо.

Использование бипера при практическом применении служебных собак. Бипер (рисунок 3) – звуковой маячок, прикрепляемый к ошейнику и подающий звуковые сигналы, по которым специалист-кинолог может определить местоположение собаки, если она находится вне зоны его видимости, а также момент остановки (стойки). Такой прибор может работать в нескольких режимах: определение местоположения, отображение сигнальной позы, отображение движения собаки. В режиме определения местоположения прибор при нажатии соответствующей кнопки издает звуковой сигнал. В режиме отображения сигнального обозначения устройство начинает подавать сигналы в момент, когда собака прекращает движение и замирает неподвижно (что при свободном поиске на местности может означать нахождение собакой объекта поиска (взрывоопасного предмета, разыскиваемого и т. д.)). В режиме чередования движения и сигнального обозначения прибор при движении периодически издает редкие звуки, позволяющие наблюдать за поиском, который ведет служебная собака, в момент остановки (принятия сигнальной позы) бипер подает частые сигналы. Поэтому можно заключить, что при работе служебной собаки без поводка в свободном поиске на плохо просматриваемой местности (заросли, высокая трава, лес и т. д.) данное устройство оказывается полезным для специалиста-кинолога.

Стоит отметить, что многие навигаторы, предназначенные для работы с собакой, тоже имеют подобные функции. Так, например, навигатор Garmin Astro 320 при соответствующих настройках подает сигнал при остановке животного.



Рисунок 3 – Бипер

Использование беспилотного летательного аппарата (далее – БПЛА) или квадрокоптера при практическом применении служебных собак [6]. Квадрокоптер (БПЛА) — это радиоуправляемый летательный аппарат (рисунок 4). В зависимости от модели они могут быть оборудованы встроенными камерами, креплениями для профессиональной фото- или видеоаппаратуры, а также подвесами для транспортировки грузов.



Рисунок 4 - Квадрокоптер DJI Mavic 2 Pro с камерой Hasselblad L1D-20C

Как и большинство радиоуправляемых устройств, этот вариант технических средств в первую очередь необходим в экстремальных условиях по самостоятельному выполнению сложных действий служебными собаками и являющийся «глазами» специалиста-кинолога помогающие осуществлять онлайн контроль. С помощью БПЛА повышается живучесть специалистов-кинологов и служебных собак в боевых действиях, так как своевременно доставляется информация, которая ведет к моментальной адекватной

динамике их действий, включающая полноценное владение информацией об оперативной обстановке, о топографических особенностях рельефа местности и тактических особенностях действий противника.

При выполнении служебно-боевых задач специалистами-кинологами со служебными собаками в составе элементов боевых порядков зачастую необходимо «прочесывать» значительную территорию по обнаружению террористов и участников ДРГ. Но опасность заключается в том, что террористы могут находиться на замаскированных позициях, подпустить элементы боевых порядков на близкое расстояние и открыть кинжальный огонь. При таком сценарии очень трудно избежать потерь среди личного состава. Однако, элементы боевых порядков, имея в своем арсенале современные виды БПЛА (квадрокоптеров), оснащенные сверхтехнологическими элементами, например, тепловизором, могут обнаруживать террористов заблаговременно, за более короткий промежуток времени, не рискуя личной безопасностью. В случае отказа террористами о сдаче и принятия решения об обезвреживании террористов, с помощью БПЛА (квадрокоптера), оборудованного камерой со сверхразрешением, можно осуществлять контроль и корректировку огня, вести наблюдение, а также своевременно выявлять и пресекать попытки террористов деблокировать место проведения спецоперации, а в случае бегства террористов вести их преследование и не дать им возможность скрыться [6].

БПЛА служат для наблюдения, разведки, фото- и видеосъемки, а также выполнять множество других функций. В кинологических подразделениях войск национальной гвардии Российской Федерации на сегодняшний день ведется активная подготовка по эксплуатации БПЛА для выполнения следующих практических действий:

при применении патрульно-розыскных собак в свободном поиске в движении с задержанием участников ДРГ, их выслеживания с помощью БПЛА на открытых или частично открытых участках местности;

с их помощью предусмотрено обнаруживать места отдыха разыскиваемых преступников, брошенных или потерянных ими вещей, техники, от которых можно применить служебную собаку по следу;

задаются определенные маршруты движений, с их помощью оставляются GPS-маячки на местности;

на квадрокоптер дополнительно к камере устанавливается динамик и микрофон, которые позволяют на большие расстояния транслировать указания террористам и участникам ДРГ по незамедлительному сложению оружия и сдачи в плен;

в боевых действиях применяться для транспортировки грузов, а именно транспортировки в виде сверхбыстрой доставки медикаментов, средств связи и их комплектующих, боеприпасов и т. д.;

используются в ситуациях, связанных с риском для жизни военнослужащих (сотрудников) войск национальной гвардии: при визуальном осмотре территории при угрозе взрыва перед работой специалиста-кинолога или для обнаружения вооруженных преступников в засаде в горно-лесистой или другой местности, с их помощью можно определить, где находится преступник, и выбрать лучшую позицию для его задержания, в том числе и с применением служебной собаки.

Радиуправляемые ошейники с радиосвязью пока не получили распространения в кинологических подразделениях войск национальной гвардии Российской Федерации. Имеются лишь отдельные сведения о существовании подобных технических средств для работы служебных собак Министерства обороны. Минно-розыскные собаки инженерных войск Минобороны получили высокотехнологичную экипировку, позволяющую специалистам-кинологам видеть то же, что видят животные, и дистанционно контролировать их действия при поиске взрывных устройств и взрывчатых веществ. Комплект снаряжения состоит из шлейки с видеокамерой и наушников, адаптированных для

четвероногих. Изображение с камеры передается на миниатюрный экран, который расположен в руках или на рукаве специалиста-кинолога. При этом специалист-кинолог имеет возможность руководить действиями собаки, подавая ей команды по радиосвязи.

Активные наушники (рисунок 5) отсекают звуки стрельбы и взрывов и помогают собаке распознать в условиях боя голос специалиста-кинолога. Новая технология обеспечивает безопасность людей и при этом повышает эффективность работы служебных собак.

Технические средства, позволяющие направлять собак на необходимые объекты. В практической деятельности кинологических подразделений, касающейся непосредственного обнаружения взрывчатых веществ, взрывных устройств, оружия и боеприпасов с помощью специально обученных служебных собак, специалисты-кинологи постоянно рискуют здоровьем и жизнью. Одним из способов обезопасить специалистов-кинологов является, использование радиоуправляемых машинок или лазера, указывающих служебным собакам направление или объект, который необходимо обследовать. При этом сам специалист-кинолог находится на безопасном расстоянии от взрывоопасного предмета и может легко направить собаку на обследование конкретного объекта среди других (например, одного из автомобилей, стоящих на парковке) с целью поиска взрывчатого вещества или взрывного устройства. Отрицательной стороной использования радиоуправляемых машинок является то, что многие взрывные устройства имеют радиоуправляемый детонатор, что может привести ко взрыву.



Рисунок 5 – Активные наушники для собак

Что касается лазерных указок, то их использование по данному и другим направлениям является более перспективным и безопасным. К тому же они имеют удобный компактный размер, хорошо держат заряд батареи. В данном случае на этапе подготовки служебной собаки основными задачами специалиста-кинолога являются приучение собаки следить за лучом лазера, затем двигаться в указанном лазерной указкой направлении, а в дальнейшем – обследовать предлагаемый предмет или предметы. Из отрицательных моментов можно отметить то, что в солнечную погоду лазерного луча практически не видно, что затрудняет работу собаки.

Приборы ночного видения и светодиодные маячки, которые можно закрепить как на человеке, так и на животном, также могут оказаться полезными для специалистов

кинологических подразделений и служебных собак при работе в темное время суток. Специальные системы ночного видения достаточно дорогие, поэтому не пользуются большим спросом, но они дают возможность осуществлять ночной поиск разыскиваемых, когда на счету может быть каждая минута.

Светодиодные маячки при работе со служебной собакой в темное время суток позволяют не потерять ее в темноте и держать в поле зрения, если осуществляется свободный поиск без поводка. Существуют и другие приборы, способные оказать действенную помощь специалисту-кинологу, и с каждым днем их количество только увеличивается. И только от нас зависит, смогут ли технические средства сослужить нам добрую службу.

Технический прогресс не стоит на месте, постоянно появляются новые или модернизируются уже имеющиеся технические средства, используемые в военной сфере. Каждое техническое устройство, которое можно использовать при работе со служебными собаками, может сделать более качественной подготовку специалистов-кинологов, значительно улучшить дрессировку и тренировку служебных собак, способствовать повышению результативности при выполнении служебно-боевых задач. Но наибольший полезный эффект открывается при использовании технических средств для обеспечения безопасности специалистов-кинологов при работе в экстремальных условиях. Специалисты-кинологи участвующие с специальной военной операции на Украине при выполнении служебно-боевых задач, связанных с риском для жизни, обладая более полной информацией, полученной с помощью технических средств, могут своевременно принять единственно верное решение. При обеспечении безопасности личного состава нельзя пренебрегать никакими возможными средствами. С учетом значительных успехов в разработке новейших технологий одним из приоритетных направлений совершенствования деятельности кинологических подразделений должно стать максимально полное использование технических средств в совокупности со специально обученными служебными собаками. Применение технических средств как при дрессировке и тренировке, так и в работе служебных собак должно рассматриваться как одно из перспективных направлений расширения их практического использования.

Таким образом, использование технических средств при обучении специалистов-кинологов, дрессировке и тренировке служебных собак, а также в процессе их практического применения обеспечит:

повышение уровня подготовки специалистов-кинологов, что повысит качество применения служебных собак в борьбе с терроризмом и экстремизмом;

безопасность военнослужащих (сотрудников) кинологических подразделений войск национальной гвардии Российской Федерации в процессе выполнения служебно-боевых задач, связанных с угрозой для их здоровья или жизни;

увеличение коэффициента полезного действия при обследовании больших территорий с помощью служебных собак.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 22.02.2022 года № 15-ФЗ «О ратификации Договора о дружбе, сотрудничестве и взаимной помощи между Российской Федерацией и Донецкой Народной Республикой».

2. Инновации технического прогресса в тактическом применении служебных собак. Богданов С.Г. В сборнике: Наука и практика кинологической деятельности войск национальной гвардии Российской Федерации. Сборник материалов научно-практической конференции. Редколлегия: Ю.Р. Садыкова, Т.В. Тихонова, Е.А. Корнилова, И.О. Крылова, Н.С. Филатьев. Пермь, 2023. С. 5-10.

3. Распоряжение Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 31.05.2019 № 1/386-р «Об утверждении методических рекомендаций по проверке и оценке подготовки (натренированности) служебных собак в войсках национальной гвардии Российской Федерации».

4. Использование средств навигации при подготовке и применении служебных собак. Михайлов А.А. Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2021. № 4 (4). С. 223-229.

5. Специальные технические средства визуального наблюдения и документирования. Учебное пособие. Тимофеев В.В. Барнаул, 2017. 46 с.

6. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов (квадрокоптеров) сотрудниками спецподразделений в условиях проведения контртеррористических операций. Зинченко Д.С., Нерубенко А.С., Колесникова О.А., Колесников А.Г. Современный ученый. 2023. № 1. С. 301-308.

УДК 519.246.87

ПОВЫШЕНИЕ СПЕКТРАЛЬНОЙ РАЗРЕШИМОСТИ ВИДЕОПОТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОПЕРАТОРА ЛАПЛАСА И ВЕЙВЛЕТ- ПРЕОБРАЗОВАНИЙ КАДРОВ

Мормуль Р.В., доцент кафедры вычислительных машин комплексов систем и сетей (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: rmormul@yandex.ru

Ханмагомедов Р.Х., курсант.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: terapevt0202@mail.ru

Одной из наиболее актуальных тем в сфере информационных технологий в настоящее время является видеоаналитика. В связи с этим активно развиваются новые подходы к цифровой обработке кадров. В данной статье рассматривается возможность применения технологии комбинированной фильтрации, включающее в себя последовательное использование оператора Лапласа и вейвлет-преобразований кадров в целях повышения спектральной разрешимости анализируемого видеопотока.

Ключевые слова: видеоаналитика; вейвлет-преобразование; фильтрация; оператор Лапласа; видеопоток; кадр.

INCREASING THE SPECTRAL SOLVABILITY OF A VIDEOSTREAM USING THE LAPLACE OPERATOR AND WAVELET - TRANSFORMATIONS FRAMES

Hanmagomedov R.H., cadet of the faculty of military communication.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: terapevt0202@mail.ru

Mormul R.V., Associate Professor of the Department of Computers, Complexes, Systems and Networks.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: rmormul@yandex.ru

One of the most relevant topics in the field of information technology is currently video analytics. In this regard, new approaches to digital frame processing are actively developing. This article discusses the possibility of using combined filtering technology, which includes the sequential use of the Laplace operator and wavelet-transformations of frames in order to increase the spectral solvability of the analyzed videostream.

Keywords: videoanalytics; wavelet-transformations; filtering; Laplace operator; videostream; frame.

В настоящее время видеоаналитика является одним из приоритетных направлений развития информационных технологий. Это связано по большей части с тем, что данная область появилась относительно недавно и требует постоянного совершенствования методов и способов достижения более эффективных результатов.

Одной из ключевых технологий, используемых в видеоаналитике, является компьютерное зрение. Компьютерное зрение позволяет извлекать информацию из видеоизображения, анализировать ее и принимать решения на основе полученных данных. Важным аспектом развития компьютерного зрения является создание алгоритмов обработки изображений, которые позволяют извлекать информацию из видеоизображения и преобразовывать ее в числовые данные, с которыми можно работать. Развитие технологий интеллектуального анализа видеоизображения является необходимым условием для обеспечения безопасности в условиях увеличения количества камер и сложности задач, стоящих перед операторами.

Процесс видеаналитики подразумевает по кадровое исследование видеопотока с использованием методов компьютерного зрения. Обработкой кадра называется процесс преобразования и оценивания его информативных характеристик какой-либо технической системой.

Процесс обработки можно представить в виде некоторой совокупности действий над кадром по тем или иным правилам, называемых алгоритмами. Необходимость повышения спектральной разрешимости обусловлена тем, что применение методов компьютерного зрения на видеопоток плохого качества нецелесообразно, так как не будут достигнуты требуемые результаты.

В этой статье будет рассмотрена возможность повышения спектральной разрешимости видеопотока с использованием фильтра Лапласа и вейвлет-фильтрации кадров.

Комбинированная фильтрация будет осуществляться в два этапа:

Фильтрация оператором Лапласа;

Вейвлет – преобразование с использованием признаков Коэна – Добеши - Фово.

На первом этапе кадр будет подвергаться алгоритму оператора Лапласа. Задачей является обнаружение краёв и выделение границ объектов. Необходимо отметить, что фильтрация на данном этапе не предусматривает устранение шума.

Фильтрация кадра оператором Лапласа происходит за счет использования вторых производных определяемых формулой:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (1)$$

Для применения данного уравнения в цифровой обработке видеопотока используется формула, представленная в дискретном виде:

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y). \quad (2)$$

Второй этап предусматривает применение вейвлет – преобразований на видеопоток обработанный фильтром Лапласа. Задачей данного этапа является повышение качества за счет сглаживания шумов и выделение некоторых деталей кадра.

Вейвлеты являются важным инструментом для многомасштабного анализа и обработки сигналов и кадров различной природы. Идея многомасштабного анализа заключается в том, чтобы исследовать сигнал на различных масштабах и использовать вейвлет-анализ для выявления особенностей, характерных для каждого масштаба, и эффективного фильтрования влияния других масштабов.

С помощью вейвлет-преобразования можно сгладить или выделить некоторые детали видеопотока, увеличить или уменьшить его размер, выделить важные детали и даже повысить его качество.

Вейвлет-преобразование, благодаря своей эффективности и устойчивости к помехам, стал мощным инструментом в областях, где ранее использовались другие методы анализа данных, включая преобразование Фурье. Возможность применения существующих методов обработки результатов вейвлет-преобразования, а также характерные особенности его поведения в частотно-временной области позволяют значительно расширить и дополнить возможности систем анализа данных.

Для кадров видеопотока, алгоритм прямого вейвлет-преобразования можно представить в следующем виде:

$$BB_j(k, l) = 0.5 \sum_{n=0}^{2^j-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} h'(2k-n) h'(2l-m) BB_{j-1}(n, m), \quad (3)$$

$$HB_j(k, l) = 0.5 \sum_{n=0}^{2^j-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} g'(2k-n) h'(2l-m) HB_{j-1}(n, m), \quad (4)$$

$$m, n, k, l = 0, \dots, 2^j-1, j = 0, \dots, J \quad (5)$$

$$BH_j(k, l) = 0.5 \sum_{n=0}^{2^j-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} h'(2k-n) g'(2l-m) BH_{j-1}(n, m), \quad (6)$$

$$HH_j(k, l) = 0.5 \sum_{n=0}^{2^j-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} g'(2k-n) g'(2l-m) HH_{j-1}(n, m), \quad (7)$$

$$L = 2^j - 1, h'(n) = h(L - n - 1), g'(n) = g(L - n - 1), \quad (8)$$

где: j – степень разрешения;

n и m – координаты пикселей кадра BB_{j-1} ;

k, l – координаты пикселей кадра $BB_{j-1}, HB_{j-1}, HH_{j-1}$;

$h(t), g(t)$ – импульсные характеристики пространственных фильтров.

Импульсная характеристика фильтра $h(t)$ описывается вейвлетом Коэна-Добеш-Фово $Fh(t)$, а импульсная характеристика фильтра $g(t)$ – масштабной функцией Коэна-Добеш-Фово $Dh(t)$:

$$Fh(t) = \begin{cases} 1, & t \in [0; 1] \\ -1, & t \in [1; 2] \\ 0, & t \in (-\infty; 0) \cup [2; +\infty), \end{cases} \quad (9)$$

$$Dh(t) = \begin{cases} 1, & t \in [0; 1] \\ 0, & t \in (-\infty; 0) \cup [1; +\infty), \end{cases} \quad (10)$$

При выполнении идентификации входного кадра с эталонным видом, используется алгоритм обратного вейвлет - преобразования.

В качестве исследуемого материала для обработки будут использоваться кадры видеопотока с камеры беспилотного летательного аппарата.

Схема действий алгоритма комбинированного фильтра для видеопотока организуется следующим образом: на вход покадрово будет поступать видеопоток, подвергаться фильтрации оператором Лапласа и вейвлет - преобразованиям. На выходе все кадры будут поочередно собираться в видеопоток. Ввиду того что данные операции занимают минимальное количество времени это позволит использовать комбинированный фильтр не только над стационарным видео, но и в режиме реального времени.

Процедура многоуровневой идентификации включает идентификацию исходного кадра на разных уровнях его разрешения, которая осуществляется путем пошагового восстановления изображения в соответствии с алгоритмом. Для этого производится контурное описание и расфокусировка объектов кадра на каждом уровне разрешения, а затем получается оценка идентичности, которая формируется при свертке полученного контура в исходном кадре с эталонным. Эта процедура является важным инструментом в идентификации кадров.

Кадры видеопотока с применением комбинированного фильтра показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 - Применение комбинированного фильтра на видеопоток с беспилотного летательного аппарата. (1 - исходные кадры; 2 – кадры, полученные после применения оператора Лапласа, 3 – кадры; полученные после применения вейвлет – признаков Козна-Добеши-Фово)

Таким образом, как это наглядно видно на рисунке 1, применение комбинированного фильтра значительно повышает спектральную разрешимость видеопотока, за счет последовательного решения задач выделения краев и сглаживания шумов.

Подводя итог проделанной работе, необходимо еще раз отметить, что повышение спектральной разрешимости является этапом предобработки в видеоаналитике, и от того насколько мы улучшим видеопоток, напрямую зависит с какой точностью искусственный интеллект будет определять необходимые нам объекты. В свою очередь эффективность выполнения данной операции существенно повлияет на выполнения служебно – боевых задач подразделениями войск Российской Федерации.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 59385-2021. Информационные технологии. Искусственный интеллект. Ситуационная видеоаналитика. Термины и определения.
2. Ярышев С.Н., Рыжова В.А., Коротаяев В.В. Видеоанализ в цифровых видеоинформационных системах безопасности. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2021. – 110 с.
3. Воскобойников Ю. Е. Фильтрации сигналов и изображений: фурье и вейвлет алгоритмы (с примерами в Mathcad) : монография / Ю. Е. Воскобойников, А. В. Гочаков, А. Б. Колкер ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2010. – 188 с.
4. Вейвлет-анализ современный подход цифровой обработки сигналов и изображений применительно к новейшим образцам военной техники. Мормуль Р.В., Горячев С.Н. Михалев В.В. Материалы сборника научных трудов «Генерал от инфантерии Е.Ф. Комаровский — первый командир отдельного корпуса внутренней стражи России» г. Пермь: Изд-во ПВИ войск национальной гвардии. 2019, с. 200-207.
5. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. — М.: Мир, 1982. — Кн. 2 — 480 с.
6. Перспективы разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта в войсках национальной гвардии Российской Федерации. Успенко В.Б., Миromanов Д.В., Греков А.В., Жуков Д.С., Суворов А.О., Бибик А.В., Тарутин А.В., Горячев С.Н., Минченко Д.А., Костарев С.Н., Мормуль Р.В.: Пермь: ПВИ ВНГ РФ, 2021. – 333 с.

УДК 539.3

ПРИМЕНЕНИЕ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕТОДИКИ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СКРЕПЛЕННЫХ СТВОЛОВ

Оборина И.А., заведующая кафедрой общинженерных дисциплин (кандидат физико-математических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: Oborina53@mail.ru

В статье автор рассматривает проектный расчет двухслойного скрепленного ствола с помощью инженерной методики сопротивления материалов. Показано почему скрепленная труба способна выдержать большее давление, чем моноблок. Выведена формула для определения натяга, обеспечивающего наиболее оптимальные условия работы внутренней трубы при выстреле и равнопрочность внутренней и наружной труб.

Ключевые слова: скрепленный ствол; натяг; равнопрочность внутренней и наружной труб; оптимальный радиус поверхности скрепления; эквивалентные напряжения; давление скрепления.

APPLICATION OF ENGINEERING METHODS OF RESISTANCE OF MATERIALS FOR THE DESIGN OF BONDED TRUNKS

Oborina I.A., Head of the Department of General Engineering Disciplines (Candidate of Physical and Mathematical Sciences).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: Oborina53@mail.ru

In the article, the author considers the design calculation of a two-layer bonded trunk using an engineering technique of material resistance. It is shown why a bonded pipe is able to withstand more pressure than a monoblock. A formula is derived for determining the tension that provides the most optimal working conditions of the inner tube when fired and the equal strength of the inner and outer pipes.

Keywords: bonded barrel; tension; equal strength of inner and outer pipes; optimal radius of the bonding surface; equivalent stresses; bonding pressure.

Инженерные методики расчета конструкций на прочность, основанные на гипотезах и принципах сопротивления материалов, получили широкое применение в том числе и при проектировании элементов военной техники и вооружении. Так, например, в работе [3] показано использование инженерной методики сопротивления материалов для проектирования балок равного сопротивления в транспортных средствах. В данной статье рассмотрена инженерная методика проектного расчета двухслойного скрепленного ствола.

Широкое применение инженерных методов с привлечением упрощающих гипотез и принципов расчета дает возможность решать задачи проектных расчетов простыми

математическими методами. Решения при этом доводятся до простых расчетных формул, удобных для применения в инженерной практике. Результаты расчетов, как правило, хорошо согласуются с данными практики.

Упругое скрепление толстостенных труб было предложено известным артиллеристом Гадолиным А.В. в 1861 году [2] и состоит в том, что внутренняя труба с заданным наружным диаметром вставляется в другую наружную трубу, внутренний диаметр которой меньше, чем наружный диаметр внутренней трубы. Этот монтаж осуществляется путем предварительного нагрева наружной трубы, в результате чего ее внутренний диаметр увеличивается, холодная внутренняя труба в нее входит свободно. После охлаждения всей сборки наружная труба плотно охватывает внутреннюю и создает на ее наружной поверхности давление скрепления p_c . В соответствии с этим при внутреннем давлении $p_{вн} = 0$ внутренняя труба окажется нагруженной наружным начальным давлением $p_{нар} = p_c$, а наружная труба нагружена начальным внутренним давлением $p_{вн} = p_c$. До выстрела в такой сборке в точках на внутренней поверхности, на поверхности сопряжения и на наружной поверхности возникнут монтажные радиальные σ_r и монтажные окружные σ_t напряжения, облегчающие работу внутренней поверхности трубы – сборки при выстреле. Их эпюры имеют вид (рисунок 1, а).

Рассмотрим внутреннюю трубу. При $p_{вн} = 0$, $p_{нар} = p_c$.

В точках $r=r_1$ радиальные σ_{r1} и окружные σ_{t1} напряжения равны

$$\sigma_{r1}=0; \quad \sigma_{t1}=-\frac{2 \cdot p_c \beta_1^2}{\beta_1^2-1}. \quad (1)$$

В точках $r=r_c$ радиальные σ_{rc} и окружные σ_{tc} напряжения равны

$$\sigma_{r1}=-p_c; \quad \sigma_{tc}=-\frac{(\beta_1^2+1) \cdot p_c}{\beta_1^2-1}. \quad (2)$$

где $\beta_1=r_c/r_1$ коэффициент толстостенности.

Рассмотрим наружную трубу. При $p_{вн} = p_c$, $p_{нар} = 0$.

В точках $r=r_c$ радиальные σ_{rc} и окружные σ_{tc} напряжения равны

$$\sigma_{r1}=-p_c; \quad \sigma_{tc}=\frac{(\beta_2^2+1) \cdot p_c}{\beta_2^2-1}. \quad (3)$$

В точках $r=r_2$ радиальные σ_{r2} и окружные σ_{t2} напряжения равны

$$\sigma_{r2}=0; \quad \sigma_{t2}=-\frac{2 \cdot p_c \beta_2^2}{\beta_2^2-1}. \quad (4)$$

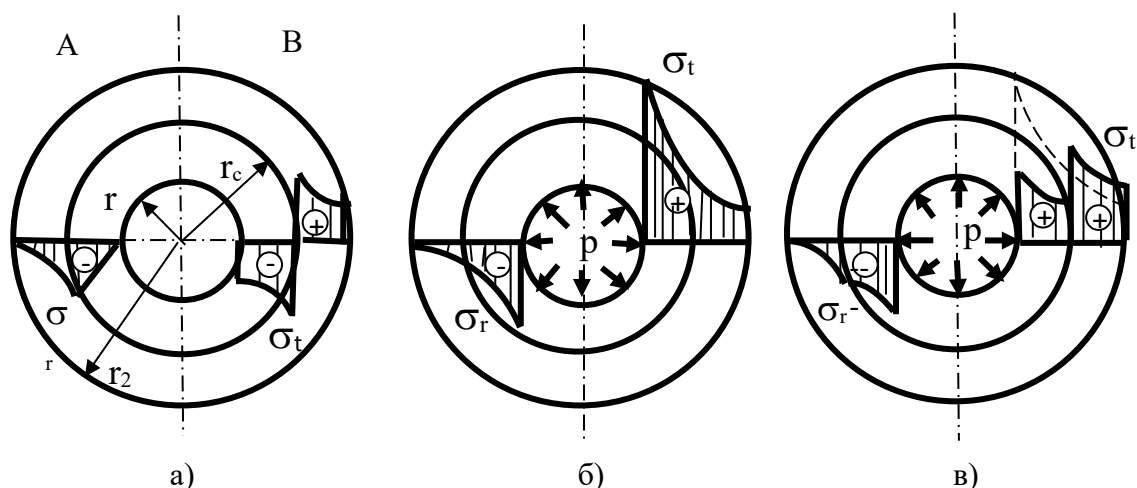


Рисунок 1 – Схема скрепленной толстостенной трубы:

а – эпюры монтажных радиальных σ_r и монтажных окружных σ_t напряжений от посадки труб; б – эпюры радиальных σ_r и окружных σ_t напряжений от максимального давления пороховых газов при выстреле; в – эпюры суммарных радиальных σ_r и окружных σ_t напряжений от посадки труб и максимального давления пороховых газов при выстреле

При расчетах скрепленных труб можно задавать или натяг Δ или давление на поверхности скрепления p_c , выбирая наиболее оптимальные условия работы внутренней трубы при выстреле по эпюрам суммарных напряжений. При одинаковой длине скрепляемых труб и одинаковом материале с модулем упругости $E_1=E_2=E$ давление скрепления при заданном натяге Δ_c :

$$p_c = \frac{(r_c^2 - r_1^2) \cdot (r_2^2 - r_c^2)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{E \cdot \Delta_c}{r_c^3}, \quad (5)$$

где r_c – радиус поверхности скрепления наружной и внутренней труб.

Рабочие напряжения, возникающие в наиболее опасных точках на внутренней поверхности внутренней и наружной труб при выстреле с рабочим давлением p_{max} (их эпюры показаны на рисунок 1, б) и напряжения от давления скрепления p_c (их эпюры показаны на рисунок 1, а) имеют разные знаки.

Эпюры суммарных радиальных σ_r и окружных σ_t напряжений от посадки труб и максимального давления пороховых газов при выстреле показаны на рисунок 1, в.

Поэтому составная скрепленная труба способна выдержать большее давление чем моноблок. Однако вследствие натяга при выстреле у наружной трубы на ее внутренней поверхности напряжения увеличиваются. Поэтому натяг должен подбираться для заданного рабочего давления p_{max} так, чтобы была обеспечена равнопрочность внутренней (А) и наружной (В) труб (рисунок 1, а). Условие равнопрочности по третьей теории прочности.

$$\sigma_{эква}^{III} = \sigma_{экваВ}^{III}. \quad (6)$$

Используя формулы для определения радиальных и окружных напряжений в трубе, нагруженной внутренним давлением [2] и формулу для определения эквивалентных напряжений по третьей теории прочности [4], найдем напряжения $\sigma_{экваА}^{III}, \sigma_{экваВ}^{III}$.

$$\sigma_{\text{эквA}}^{\text{III}} = p_{\text{max}} \cdot \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - p_c \cdot \frac{2r_1^2}{r_c^2 - r_1^2} - (-p_c) \quad (7)$$

$$\sigma_{\text{эквB}}^{\text{III}} = \frac{p_{\text{max}} \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r_c^2} \right) + p_c \cdot \frac{r_2^2 + r_c^2}{r_c^2 - r_1^2} - (-p_c) - \frac{p_{\text{max}} \cdot r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left(1 - \frac{r_2^2}{r_c^2} \right) - (-p_c). \quad (8)$$

Приравнявая выражения (7) и (8), получим:

$$p_{\text{max}} = \frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - p_c \cdot \frac{2r_1^2}{r_c^2 - r_1^2} - (-p_c). \quad (9)$$

Исключим из выражения (9) давление p_c , подставив его значение из зависимости (5) и найдем значение натяга Δ_c :

$$\Delta_c = \frac{p_{\text{max}}}{E} - \frac{r_c \cdot r_2^2 (r_c^2 - r_1^2)}{r_2^2 \cdot (r_c^2 - r_1^2) + r_c^2 \cdot (r_2^2 - r_c^2)}. \quad (10)$$

Если аналогично исключить значение p_c из выражения (7), то получим:

$$\sigma_{\text{эквA}}^{\text{III}} = p_{\text{max}} \cdot \frac{2r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \left[1 - \frac{1}{\frac{r_2^2}{r_2^2 - r_c^2} + \frac{r_c^2}{r_c^2 - r_1^2}} \right] \quad (11)$$

Величина $\sigma_{\text{эквA}}^{\text{III}}$ по выражению (11) имеет минимум при $r_c = \sqrt{r_1 \cdot r_2}$ и равна:

$$\sigma_{\text{эквA}}^{\text{min}} = p_{\text{max}} \cdot \frac{r_2}{r_2 - r_1} \quad (11)$$

Рассмотрим несколько задач.

Задача 1. Подобрать размеры диаметров $2r_c$, $2r_2$ и величину натяга Δ_c для двухслойного орудийного ствола если: внутренний диаметр $d=100\text{мм}$, рабочее давление при выстреле $p_{\text{вн}} = p_{\text{max}} = 200\text{МПа}$, материал ствола – орудийная сталь с пределом пропорциональности $\sigma_{\text{ну}} = 600\text{ МПа}$ (категория прочности ствола), модуль упругости материала $E = 2 \cdot 10^5\text{ МПа}$. Коэффициент запаса должен быть не менее $n=2$.

Решение:

1. По зависимости (11) и заданному коэффициенту запаса определяем минимальное эквивалентное напряжение:

$$\sigma_{\text{эквA}}^{\text{min}} = p_{\text{max}} \cdot \frac{r_2}{r_2 - r_1} = \frac{\sigma_{\text{ну}}}{2} \text{ или } 200 \cdot \frac{r_2}{r_2 - 0,05} = \frac{600}{2}.$$

Найдем отсюда r_2 :

$$r_2 = \frac{600}{2 \cdot 200} (r_2 - 0,05) = 1,5 \cdot r_2 - 0,075$$

или

$$0,5 \cdot r_2 = 0,075, \text{ откуда } r_2 = \frac{0,075}{0,5} = 0,15 \text{ м} = 150 \text{ мм.}$$

2. По зависимости $r_c = \sqrt{r_1 \cdot r_2}$ определим оптимальное значение радиуса поверхности сцепления

$$r_c = \sqrt{0,05 \cdot 0,15} = 0,087 \text{ м} = 87 \text{ мм.}$$

3. При $r_c = \sqrt{r_1 \cdot r_2}$ зависимость (10) принимает вид:

$$2 \Delta_c = \frac{p_{\max}}{E} \cdot r_c = \frac{200}{2 \cdot 10^5} \cdot 0,087 = 0,087 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,087 \text{ мм.}$$

$$\Delta_c = 0,0435 \text{ мм.}$$

Задача 2. При ремонте артиллерийской техники часто приходится выпрессовывать различные валы, посаженные в отверстия с натягом. Определение усилия выпрессовки при известной величине натяга может осуществляться по тем же зависимостям p_c и Δ_c , как это показано выше.

Задача в этом случае может быть сформулирована следующим образом: стальной стержень диаметром $2r_c = 60$ мм установлен в отверстие плиты толщиной $h = 100$ мм и с натягом $\Delta = 2\Delta_c = 0,03$ мм. Определить усилие выпрессовки стержня из отверстия плиты, если коэффициент трения между стержнем и поверхностью отверстия плиты $f = 0,25$, модуль упругости материала стержня и плиты $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

Решение:

Определяем контактное давление p_c между стержнем и плитой по зависимости (5)

$$p_c = \frac{(r_c^2 - r_1^2) \cdot (r_2^2 - r_c^2)}{r_2^2 - r_1^2} \cdot \frac{E \cdot \Delta_c}{r_c^3}.$$

В нашем случае $r_1 = 0$, $r_2 = \infty$, $r_c = 30$ мм, тогда

$$p_c = \frac{(r_c^2 - 0) \cdot (\infty - r_c^2)}{-0} \cdot \frac{E \cdot \Delta_c}{r_c^3} = \frac{r_c^2 \cdot E \cdot \Delta_c}{r_c^3} = \frac{E \cdot \Delta_c}{r_c}$$

или

$$p_c = \frac{E \cdot \Delta_c}{r_c} = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 0,015 \cdot 10^{-2}}{0,030} = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-2} = 100 \text{ Мпа.}$$

Вычисляем усилие выпрессовки с учетом коэффициента трения:

$$P = f \cdot p_c \cdot F = 0,25 \cdot 100 \cdot 18840 = 471000 \text{ Н} = 471 \text{ кН.}$$

где F – площадь поверхности трения:

$$F = 2 \cdot \pi \cdot r_c \cdot h = 2 \cdot 3,14 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 0,01884 \text{ м}^2 = 18840 \text{ мм}^2.$$

Рассмотренную инженерную методику проектирования скрепленных стволов и ее применение к решению задач военной техники и вооружения курсанты изучают в курсе Сопротивление материалов по теме «Толстостенные цилиндры и тонкостенные оболочки» [2].

Знания, полученные курсантами при изучении темы, позволят им в будущем решать следующие профессиональные задачи проектно-конструкторской и ремонтной деятельности;

- осуществлять техническое проектирование соответствующих образцов оружия, их узлов и деталей;
- разрабатывать пути решения проектных задач, анализировать варианты решений по принятым глобальным и частным решениям;
- проводить модернизацию и ремонт стволов артиллерийских орудий.

Библиографический список

1. Оборина И.А. Образовательные технологии в преподавании сопротивления материалов в Пермском военном институте // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Педагогический опыт: теория, методика, практика». Чебоксары, 2014. – Стр. 110-114.
2. Орлов Б.В., Ларман В.Г., Маликов В.Г. Устройство и проектирование стволов артиллерийских орудий. М.: Машиностроение, 1976. –432 с.
3. Суходоева А.А., Файзуллин А.С. Проектирование и эксплуатация балок равного сопротивления в транспортных средствах // Сборник статей всероссийской научно-практической конференции «Студенческие научные исследования: актуальные вопросы, достижения, инновации». ПВИ ВНГ РФ, Пермь, 2022. – Стр. 228-232.
4. Феодосьев В.И. и др. Сопротивление материалов. - М., МГТУ, 2018. – 543 с.

УДК 621.37-38

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБОСНОВАНИЯ ПОВЫШЕНИЯ ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАННОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

Пензин С.А., доцент кафедры инженерного обеспечения служебно-боевой деятельности войск национальной гвардии факультета (инженерного обеспечения) (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: penzinsergey83@mail.ru

Предложен новый способ повышения информативности средств охранной сигнализации а также представлены результаты экспериментальных исследований по обоснованию данного способа.

Ключевые слова: обнаружение нарушителя; повышение информативности; эффект Доплера; экспериментальные исследования.

ON THE ISSUE OF EXPERIMENTAL SUBSTANTIATION OF INCREASING THE INFORMATIVENESS OF SECURITY ALARM TECHNICAL MEANS

Penzin S.A., associate professor of the department of engineering support of service and combat activities of the national guard troops of the faculty (engineering support) (candidate of technical sciences).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: penzinsergey83@mail.ru

A new way of increasing the information content of security alarm systems is proposed as well as the results of experimental studies on the justification of this method are presented.

Keywords: detection of an intruder; increase in informativeness; Dopler effect; experimental studies.

Применяемые в Росгвардии технические средства охраны выполняют функции подачи сигналов о факте проникновения нарушителей на объект (с объекта) и в охраняемые помещения; сбора и отображения информации о состоянии технических средств охраны; создают условия для установленного порядка доступа людей и транспорта на объект (с объекта), в охраняемое помещение; осуществляют теленаблюдение за обстановкой в местах размещения ИТСО и других элементов системы охраны объекта. В свою очередь, средства охранной сигнализации только обнаруживают появление нарушителей на охраняемой территории или объекте. Информацию о количестве нарушителей, их действиях и направлении дальнейшего движения силы охраны могут получить только посредством применения дополнительных вспомогательных средств, например, видеонаблюдения за обстановкой на объекте, применением тепловизионных устройств и способом визуального приборного наблюдения [1]. Существующие средства обнаружения не имеют функции классификации нарушителей по типу – «одиночный/групповой».

Проведенные теоретические исследования [2] показывают возможность повышения информативности сигнала срабатывания средств обнаружения путем изменения способа его обработки с применением частотной селекции.

Изменение способа обработки сигнала влечет за собой конструктивные изменения блока обработки средства обнаружения [3]. Для дальнейших исследований за прототип средства охранной сигнализации возможно принять радиоволновое средство обнаружения «АГАТ-СП5У». Структурная схема прототипа представлена на рисунке 1.

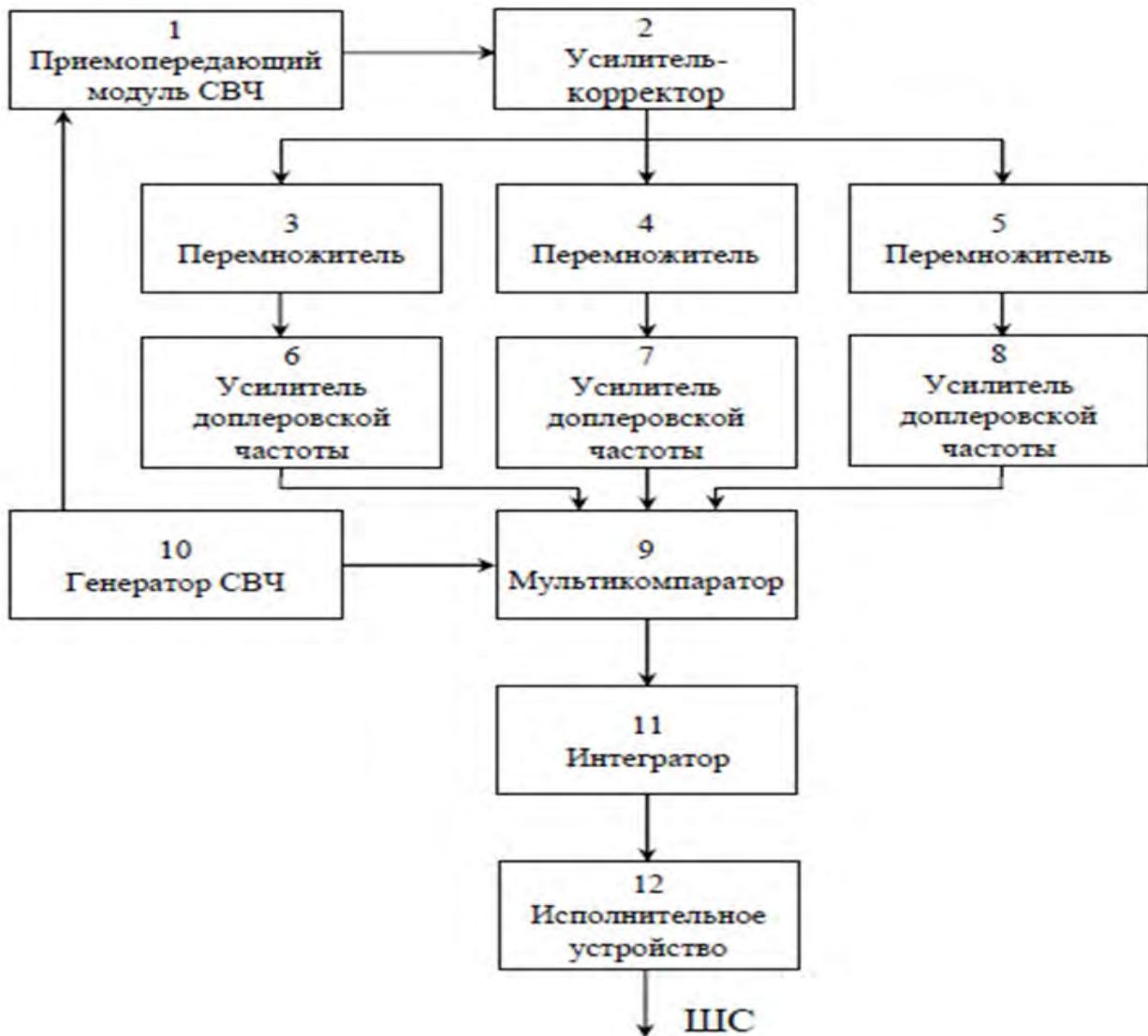


Рисунок 1 - Структурная схема «АГАТ-СП5У»

Для реализации обработки полезного сигнала с применением частотной селекции необходимо дополнительное включение в схему второго канала обработки. Предлагаемая структурная схема представлена на рисунке 2.

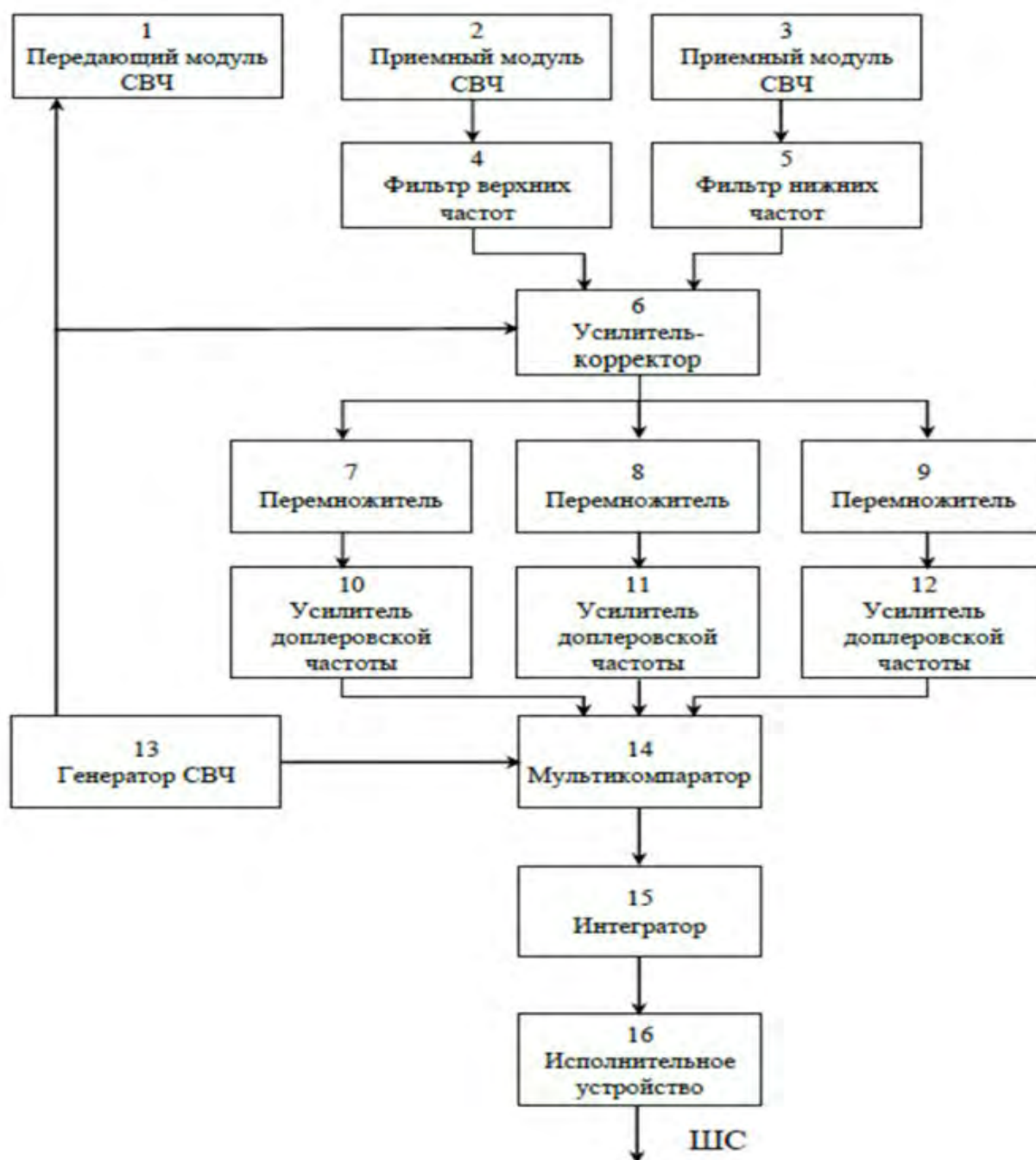


Рисунок 2 - Структурная схема предлагаемого средства обнаружения

Таким образом, посредством внесения конструктивных изменений в функциональную схему извещателя «Агат-СП5У», может быть предложено радиоволновое средство обнаружения повышенной информативности, сигнал срабатывания которого, выдаст информацию силам охраны о нарушителе по признаку «одиночный» или «групповой». Результаты теоретических исследований по созданию мобильных средств охранной сигнализации с повышенной информативностью указывают на проведение основательных экспериментальных исследований в этой области.

Эксперимент – это система операций, воздействий и (или) наблюдений, направленных на получение информации об объекте при исследовательских испытаниях [3]. В проведении экспериментального исследования важную роль играет метод проведения эксперимента – совокупность приемов, операций, способов достижения поставленных

экспериментом целей.

Для подтверждения теоретических исследований возможности определения нарушителя по признаку «одиночный/групповой» проведен лабораторный эксперимент. Лабораторные исследования проводились в лаборатории физических основ построения инженерно-технических средств охраны (ИТСО).

Определение возможности классификации нарушителя по признаку «одиночный»/«групповой» осуществлялось на лабораторной установке по изучению радиоволновых средств обнаружения, представленных на рисунке 3.

Лабораторная установка представляет собой действующее средство охранной сигнализации «Коралл-СМ-У», подключённое к компьютеру, и программу на ЭВМ для изучения параметров радиоволновых средств обнаружения.

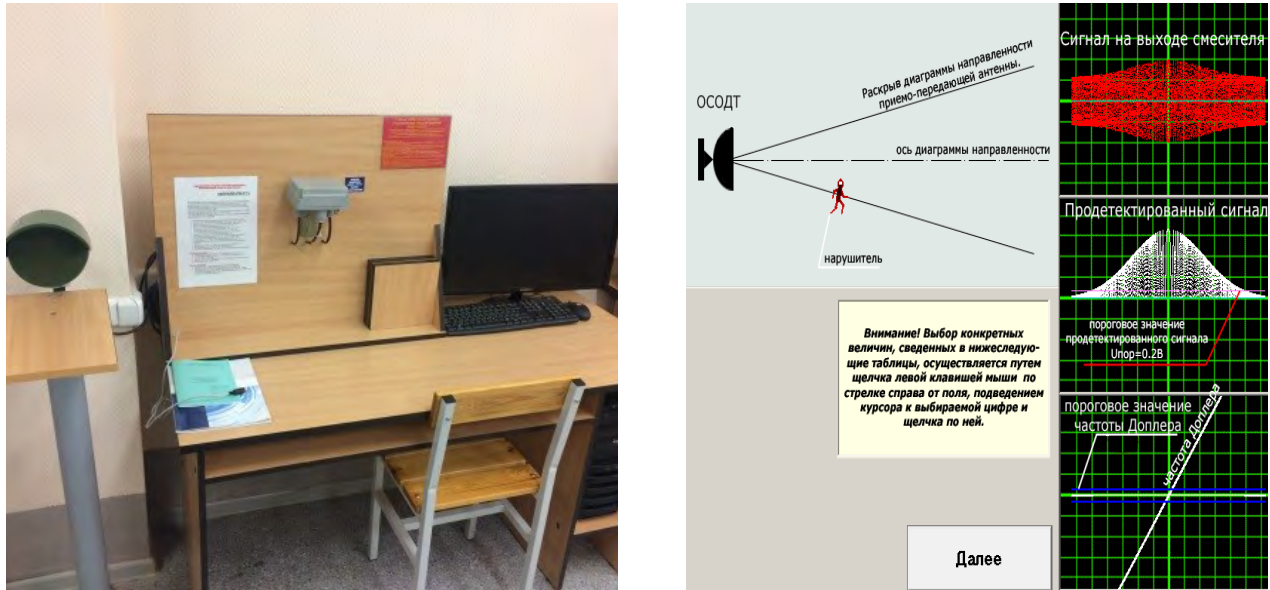


Рисунок 3 - Проведение эксперимента на лабораторной установке по изучению радиоволнового средства обнаружения

Срабатывание радиоволнового средства обнаружения зависит от нескольких параметров:

- частота излучения передатчика;
- эффективная площадь рассеяния «нарушителя»;
- скорость перемещения нарушителя;
- пороговое значение частоты Доплера;
- значение порогового напряжения полезного сигнала.

Проведённые экспериментальные исследования на виртуальной лабораторной установке показывают, что увеличивая значения эффективной площади рассеяния «нарушителя» до значений, равных площади рассеивания от двух нарушителей, зона обнаружения будет значительно увеличена, что зависит от возрастания частоты Доплера. Диаграммы зон обнаружения в зависимости от эффективной площади рассеяния представлены на рисунке 4.

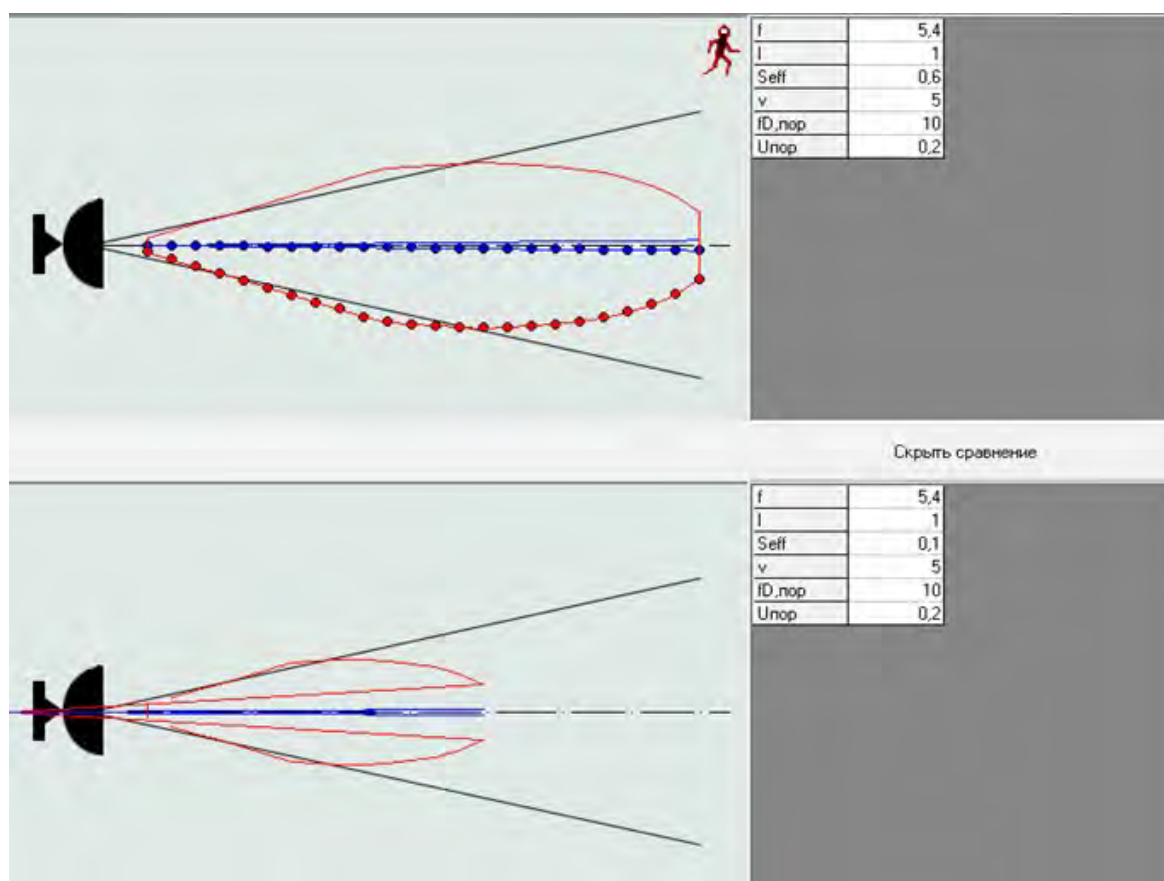


Рисунок 4 - Сравнение зон обнаружения.

Проведённые экспериментальные исследования на действующем средстве обнаружения «Коралл-СМ-У» показали разницу значений частоты Доплера в случаях прохода через зону обнаружения одного и двух «нарушителей». Увеличение частоты Доплера наблюдалось в случаях прохода двух условных нарушителей, где эффективная площадь рассеивания превышала в два раза площадь одного нарушителя. Разница этих значений может быть обработана в приёмном блоке предлагаемого средства обнаружения полосовыми фильтрами верхних и нижних частот, что при дальнейшей обработке может служить информативным сигналом срабатывания, характеризующим тип нарушителя по признаку «одиночный»/«групповой».

Теоретические исследования физических процессов формирования сигналов срабатывания показали, что увеличение частоты Доплера происходит за счёт увеличения скорости её распространения. Скорость распространения радиоволны может возрастать в случаях увеличения скорости движения объекта обнаружения, либо в случае многократного отражения от нескольких объектов обнаружения. Формирование сигнала тревога происходит в случае выхода со смесителя импульсов длительностью, меньшей длительности импульсов в штатном режиме работы средства обнаружения. Из представленных на рисунке 5 эпюров видно, что при совпадении положительных полувольт излучённой частоты и частот Доплера, уменьшение длительности импульсов и увеличение пауз при одиночном нарушителе происходит плавно по сравнению с этими изменениями в случае группы нарушителей.

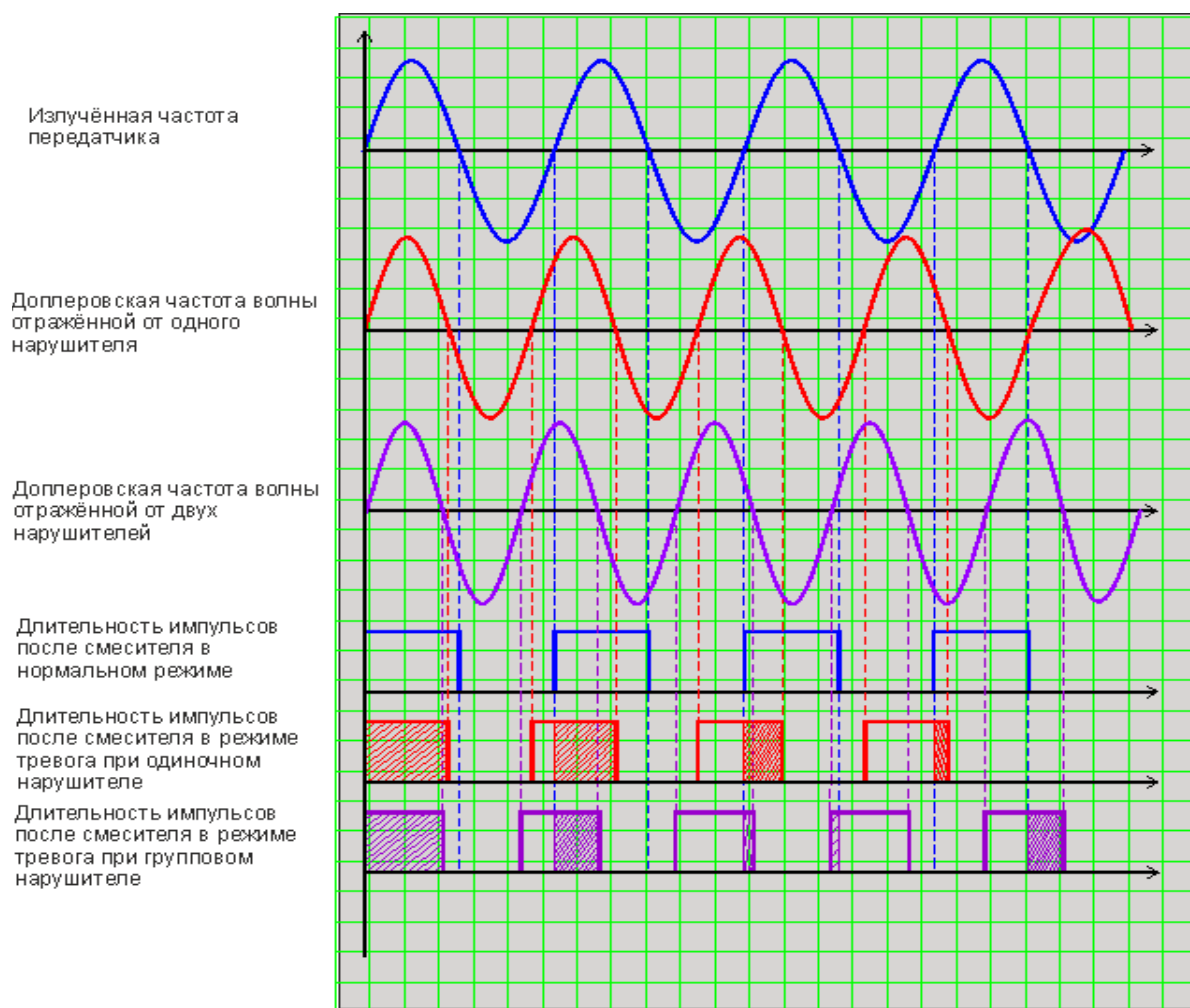


Рисунок 5 – Эпюры сигналов

Таким образом, экспериментально подтверждены теоретические исследования по возможности определения количества нарушителей предлагаемым средством обнаружения. Классификацию нарушителя по признаку «одиночный»/«групповой» можно осуществить при обработке сигналов по двум каналам, настроенным на высокую и низкую частоту, и на выходе из смесителя посредством включения в схему счётчика импульсов.

Библиографический список

1. Здоровцов, А. Г. Способы применения дистанционно управляемых средств охранной сигнализации для обнаружения проникновений на охраняемые объекты / А. Г. Здоровцов, А. М. Пушкарев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2022. – № 12. – С. 92-96. – DOI 10.24412/2071-6168-2022-12-92-96. – EDN VILRND.
2. Пензин, С.А. Об устройстве дистанционно управляемых рубежей обнаружения с применением беспилотных летательных аппаратов на границе закрытого административно-территориального образования /С.А. Пензин // ВУНЦ СВ «ОВА ВС РФ». – 2019. – № 89. – С. 115-121.
3. Патент N 203988 Российская Федерация, МПК G01S 26. Доплеровский радиоволновый извещатель : N 2020126803 : заявл. 11.08.2020 : опубл. 04.05.2021 / Пензин С.А., Архипов В.Л., Герасименя В.П. - 7 с.
4. ГОСТ 24026 - 80 Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 1980. – 14с.

УДК 623.454

МОДЕЛИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ТЕЧЕНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Рыбаков А.П., профессор кафедры общей физики (доктор физико-математических наук, профессор).

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь.

Ильин В.В., доктор технических наук, доцент Пермского государственного научно-исследовательского университета.

Пермский государственный научно-исследовательский университет, г. Пермь.

Электронный адрес: ilin.vad12@inbox.ru

Кузьмин Н.Н., доцент кафедры математики и физики (кандидат технических наук, доцент).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: kuznik63@mail.ru

Исаев М.Б., преподаватель Пермского института железнодорожного транспорта.

Пермский институт железнодорожного транспорта, г. Пермь.

MODELS FOR ENSURING THE SAFETY OF ENERGY MATERIALS DURING THE LIFE CYCLE

Rybakov A.P., Professor of the Department of General Physics (Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor).

Perm National Research Polytechnic University, Perm.

Ilyin V.V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of Perm State Research University.

Perm State Research University, Perm.

E-mail: ilin.vad12@inbox.ru

Kuzmin N.N., candidate of technical science, Associate Professor (Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: kuznik63@mail.ru

Isaev M.B., teacher of the Perm Institute of Railway Transport.

Perm Institute of Railway Transport, Perm.

Based on branching processes, the article proposes a Markov model for predicting emergencies in high-risk systems due to deterioration of the quality of elements. A general analytical solution is obtained for the number of elements in risk groups. The model of the system without preventive measures is considered, as well as a model taking into account prevention. Testing of models by performing several

emulations showed their adequacy. A mechanism for solving the main task of management is proposed, namely, the search for the optimal frequency of prevention.

Keywords: risk groups; intensity of transition; probability of transition; forecasting of emergencies.

На основе ветвящихся процессов в статье предложена марковская модель прогнозирования чрезвычайных происшествий в системах повышенной опасности из-за ухудшения качества элементов. Получено общее решение в аналитическом виде для числа элементов в группах риска. Рассмотрена модель системы без профилактических мероприятий, а также модель с учётом профилактики. Тестирование моделей путём выполнения нескольких эмуляций показало их адекватность. Предложен механизм решения основной задачи управления, а именно – поиска оптимальной частоты проведения профилактики.

Ключевые слова: группы риска; интенсивность перехода; вероятность перехода; прогнозирование чрезвычайных происшествий.

Предприятия для производства, эксплуатации (применения), утилизации и демилитаризации энергетических материалов являются системами повышенной опасности. Важным аспектом помимо названных является и охрана этих систем.

Управление безопасностью систем повышенной опасности одной из составляющих имеет прогнозирование чрезвычайных ситуаций, обусловленных нарушением качества элементов системы. Статистика чрезвычайных происшествий, случающихся на химических производствах, складах химической продукции и других потенциально опасных объектах, свидетельствует о том, что значительная их часть происходит из-за человеческого фактора [1-5].

В настоящее время существует математический аппарат для моделирования некоторых аспектов управления безопасностью систем повышенной опасности. Однако в научной литературе отсутствуют модели прогнозирования возникновения чрезвычайных происшествий из-за несоблюдения инструкций сотрудниками. Устранение этого пробела приобретает исключительную актуальность.

В статье рассматриваются условия возникновения и предотвращения чрезвычайных происшествий вследствие нарушения инструкций сотрудниками систем повышенной опасности. Происходящие при этом процессы считаются стохастическими процессами. Такой подход позволяет: 1) разработать математическую модель прогнозирования, возникновения и развития чрезвычайных происшествий в системах повышенной опасности вследствие нарушения инструкций сотрудниками; 2) управлять предотвращением чрезвычайных происшествий.

Замысел предлагаемой модели близок к замыслу моделей Колесина И.Д. [6, 7], хотя по технике исполнения предлагаемая модель естественно отличается от его работ. Колесиным И.Д. рассматривается теория малых групп, и в частности, вопросы самоорганизации, формирования и возможности управления процессами в группах. Если коллектив системы повышенной опасности рассматривать как малую группу, то в предлагаемой статье развиваются представления дифференциации личностно-деловых качеств (в частности, соблюдения требований должностных инструкций) членов группы и расслоения элементов по этим качествам. Целью управления является предотвращение

чрезвычайных происшествий за счёт внешнего воздействия, при котором происходит своевременное выявление скрытого расслоения и направленное улучшение ситуации в расслоившихся группах.

Модель системы без профилактических мероприятий

Под системой будем понимать опасные и вредные производства, хотя можно понимать промышленное производство, строительные сооружения, общественные структуры и т. п. Элементами системы будут являться, соответственно: люди, то есть личный состав опасных и вредных производств; однотипные отдельные детали сооружений; оборудование; подразделения и т. д.

В данной работе представлен подход, основанный на прогнозировании эволюции состояния отдельных элементов системы. С течением времени в общем случае ухудшается качество отдельных элементов системы – например, сотрудники опасных объектов теряют бдительность и переходят в группу повышенного риска.

Рассмотрим систему, состоящую из N одинаковых элементов. В зависимости от качественных показателей каждый элемент может находиться в определённой группе: чем больше номер группы j – тем хуже качество элемента. То есть, здесь группа не есть административно-техническое подразделение, а есть группа с одинаковым качеством элементов, составляющих эту группу. Пусть N элементов условно разделены на χ групп. Число элементов в группе является случайной величиной, зависящей от времени: в j -ой группе l_j , где j изменяется от 1 до χ .

$$N = \sum_{j=1}^{\chi} l_j.$$

Каждая группа является группой риска, и риск возрастает с ростом номера группы из-за наличия элементов с худшим качеством.

Предлагаемая модель основывается на следующих предположениях:

1. Изначально все элементы находятся в группе 1. Элемент со временем может дрейфовать из группы 1 в группу 2, затем в группу 3 и так далее. То есть сам по себе элемент может только ухудшаться. Вероятность перехода из группы j в группу $j+1$ равна P_j .

2. Все элементы j -й группы имеют одинаковый фактор риска (вероятность отказа, влекущего чрезвычайную ситуацию) a_j .

3. Изменение состояния элемента не зависит от состояний других элементов и от предыстории самого элемента.

4. Возможность диагностировать состояния всей совокупности элементов отсутствует. (В противном случае надежнее было бы полагаться не на результаты моделирования, а непосредственно на итоги диагностики).

5. Не предусматривается изъятие элементов из производственного процесса. В случае персонала – работников не увольняют. Тому есть обоснование. К опасным работам допускают высококвалифицированных специалистов, подготовка которых требует затрат. Действительно, на практике даже провинившихся работников не увольняют на опасных работах. При моделировании чрезвычайных ситуаций учёт увольнений [8] ведёт к неоправданно громоздкому усложнению системы дифференциальных уравнений, то есть к увеличению числа уравнений до количества не менее нескольких сотен.

Граф возможных переходов элементов в группы большего риска при ухудшении качества элементов представлен на рис. 1.

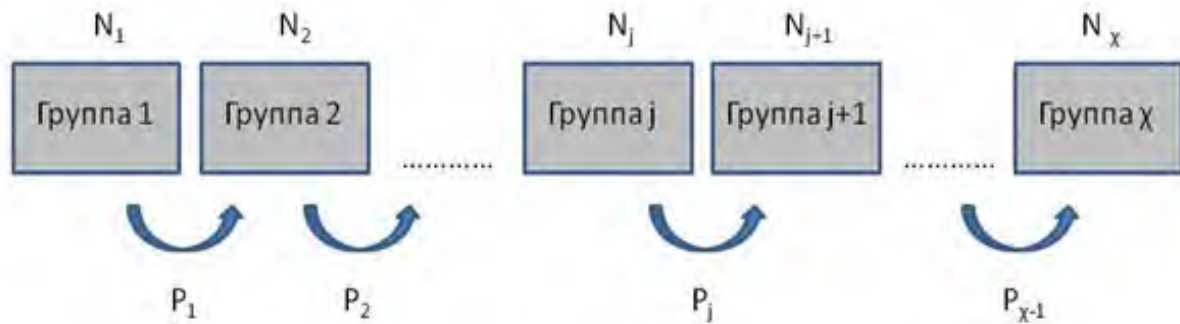


Рисунок 1 – Граф перехода элементов системы при ухудшении качества элементов с течением времени.

$l_1, l_2, \dots, l_j, \dots, l_x$ – число элементов в группах в фиксированный момент времени;

$P_1, P_2, \dots, P_j, \dots, P_{x-1}$ – вероятность перехода одного элемента в последующую соседнюю группу.

Модель в дифференциальных уравнениях

Пусть в момент времени t в группе 1 находится l_1 элементов, в группе 2 – l_2 , в группе x – l_x . За время $\Delta t (\Delta t \rightarrow 0)$ отдельный элемент переходит из группы j в группу $j+1$ риска с вероятностью $P_j = \delta_j \Delta t + \theta_1(\Delta t)$. Здесь δ_j есть интенсивность перехода, то есть вероятность, нормированная по времени и по числу элементов в группе. При конечном времени Δt в общем случае $\theta_1(\Delta t)$ есть остаточный член формулы Тейлора разложения функций [9, 10]. При уменьшении времени $\Delta t \rightarrow 0$ остаточный член стремится к 0, $\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \theta_1(t) = 0$. Тогда

Марковский случайный процесс имеет структуру, показанную на рис. 2. Марковский процесс, проиллюстрированный на рис. 2, является в теории вероятностей стохастическим ветвящимся процессом [11-13].

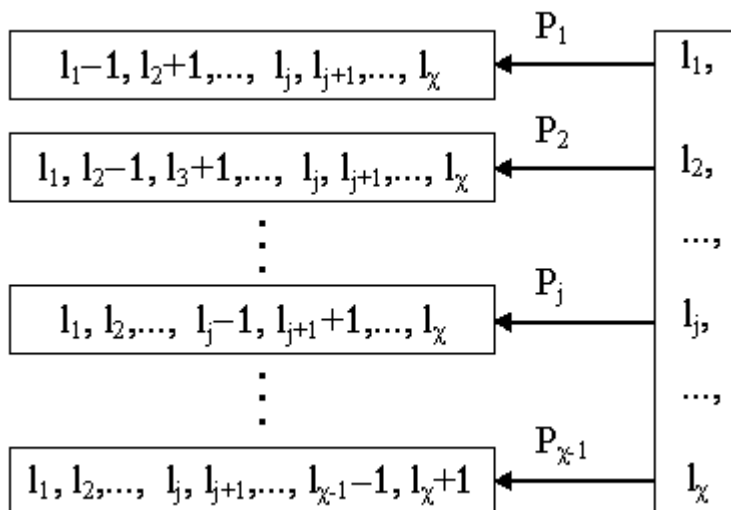


Рисунок 2 – Структура вероятностных переходов элементов системы с течением времени. Обозначения аналогичны тем, что на рисунке 1

В стохастической системе $l_1, l_2, \dots, l_\chi$, в момент времени t в группе 1 находится l_1 элементов, в группе 2 – l_2 , в группе χ – l_χ . За время $\Delta t (\Delta t \rightarrow 0)$ система или переходит в одно из состояний, указанных на рис. 2, или остается в прежнем состоянии.

Определим законы, по которым изменяются $l_1, l_2, \dots, l_\chi$ с течением времени. Число элементов в первой группе может только убывать за счет перехода во вторую группу

$$\frac{dl_1}{dt} = -l_1 \delta_1 \quad (1.1)$$

Число элементов во второй группе возрастает за счет прихода элементов из первой группы и убывает за счет перехода в третью

$$\frac{\partial l_2}{\partial t} = l_1 \delta_1 - l_2 \delta_2 \quad (1.2)$$

Аналогичным образом изменяется число элементов во всех группах с номерами от 3 до $\chi - 1$

$$\frac{\partial l_j}{\partial t} = l_{j-1} \delta_{j-1} - l_j \delta_j, j=3 \dots \chi - 1 \quad (1.3)$$

Наконец, в последней группе число элементов со временем может только увеличиваться за счет прихода из группы с номером $\chi - 1$

$$\frac{dl_\chi}{dt} = l_{\chi-1} \delta_{\chi-1} \quad (1.4)$$

В матричной форме систему уравнений (1.1)-(1.4) можно записать как

$$\frac{dl}{dt} = Al \quad (1.5)$$

$$\text{Здесь } l = (l_1, l_2, \dots, l_\chi), \quad A = \begin{pmatrix} -\delta_1 & 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ \delta_1 & -\delta_2 & 0 & 0 & \vdots & 0 \\ 0 & \delta_2 & -\delta_3 & 0 & \vdots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & \delta_{\chi-2} & -\delta_{\chi-1} & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \delta_{\chi-1} & 0 \end{pmatrix} - \text{двухдиагональная}$$

матрица переходов в системе.

Пусть в момент времени $t=0$ в группе 1 находится l_1^0 элементов, в группе 2 – l_2^0 , в группе χ – l_χ^0 . Тогда начальные условия имеют вид

$$l_1(t=0) = l_1^0, l_2(t=0) = l_2^0, \dots, l_\chi(t=0) = l_\chi^0 \quad (1.6)$$

Система обыкновенных дифференциальных уравнений (1.5) с начальными условиями (1.6) является математической вероятностной моделью возникновения чрезвычайного происшествия в системах особой важности за счет ухудшения качества элементов. Поясним, что факт ухудшения качества элементов, например – нарушения должностных инструкций сотрудниками системы повышенной опасности, трактуется как

способствующий чрезвычайному происшествию, поскольку однозначно способствует реализации обстановки на объекте, складывающейся в результате либо проникновения злоумышленника, либо теракта, либо аварии, либо опасного природного явления, либо катастрофы, стихийного или иного бедствия и т. д. Все эти причины могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей, ущерб окружающей природной среде, материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей. Примером тому могут быть нарушения и невыполнение должностных инструкций чиновниками г. Крымск в 2012 г., усугубившее ущерб жителям, поселку и природе; на Дальнем Востоке в 2013 г.

Как известно [15], решение системы линейных однородных дифференциальных уравнений (1.5) определяется следующим образом:

$$l_j = \sum_1^M (C_{ji} 0 + C_{ji1} t + \dots + C_{jiq_i} t^{q_i}) e^{-\lambda_i t}, \quad (1.7)$$

где C_{jik} – коэффициенты, определяемые из начальных условий;

λ_i – разные корни характеристического уравнения $\det(A - \lambda E) = 0$ (E – единичная матрица);

M – количество разных корней характеристического уравнения;

q_i – кратность i -го корня.

В частности, если характеристическое уравнение $\det(A - \lambda E) = 0$ невыраженно, (1.7) преобразуется в:

$$l_j = \sum_1^X C_{ji} e^{-\lambda_i t} \quad (1.8)$$

В нашем случае двух диагональной матрицы корни характеристического уравнения, очевидно, задаются простыми соотношениями

$$\lambda_j = -\delta_j, j = 1 \dots X - 1; \lambda_X = 0 \quad (1.9)$$

Подчеркнем, что поскольку мы имеем дело с вероятностными процессами, выражения (1.7) и (1.8) задают не точное количество элементов в группе, а его математическое ожидание. Само же количество элементов при каждой реализации процесса меняется скачкообразно, принимая только целые значения.

Из теории надёжности систем [4, 5, 8] можно получить функцию вероятности чрезвычайной ситуации системы в единицу времени в виде

$$(1.10)$$

Действительно, вероятность безотказной работы всей j -й группы при последовательном включении элементов равна

$$P_j(t) = \prod_{i=1}^{l_j} P_i(t),$$

где правая часть представляет собой произведение вероятностей безотказной работы элементов группы.

Полагая, что для всех элементов в j -й группе значения a_j одинаковы, имеем

$$P_j(t) = (1 - a_j)^{l_j}.$$

При малых a_j можно ограничиться членом первого порядка, откуда следует

$$P_j(t) = (1 - a_j)^{l_j}.$$

Соответственно, дополнение этой вероятности до единицы задает вероятность отказа за счет одного из элементов j группы. Суммирование по всем группам (с учетом малости a_j) дает выражение (1.10).

Итак, существует линейная функция $F(l_1, l_2, \dots, l_x)$, где $l_1, l_2, \dots, l_x$ – количества элементов в соответствующей группе, которая описывает вероятность чрезвычайной ситуации. При этом сами математические ожидания величин $l_1, l_2, \dots, l_x$ задаются выражением (1.7).

Пример 1.

Пусть имеется группа из 10 сотрудников, каждый из которых может находиться в одной из трех групп риска. Сводные данные представлены в таблице 1. Единицей измерения времени является календарный день.

Таблица 1

Номер группы, j	Степень риска, a_j	Вероятность перехода в следующую группу в единицу времени, δ_j	Начальное количество сотрудников, l_j^0
1	0 (отсутствует)	0.001	10
2	0.00000001 (умеренная)	0.0005	0
3	0.000001 (высокая)	-	0

Согласно (1.9), имеем корни характеристического уравнения $\lambda_1 = -0.001$, $\lambda_2 = -0.0005$, $\lambda_3 = 0$. λ_1 соответствует собственный вектор $\begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix}$, λ_2 – вектор $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$, λ_3 – вектор $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$. Таким образом, произвольное решение системы (1.5) в рассматриваемом случае может быть записано в виде

$$\begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{pmatrix} = C_1 \begin{pmatrix} 1 \\ -2 \\ 1 \end{pmatrix} e^{-0.001t} + C_2 \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix} e^{-0.0005t} + C_3 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

где C_1, C_2, C_3 – произвольные коэффициенты.

С учетом начальных условий $l_1(0) = 10, l_2(0) = l_3(0) = 0$, получаем

$$\begin{cases} l_1(t) = 10e^{-0.001t} \\ l_2(t) = 20(e^{-0.0005t} - e^{-0.001t}) \\ l_3(t) = 10(1 - 2 * e^{-0.0005t} + e^{-0.001t}) \end{cases}$$

Рисунок 3 демонстрирует зависимость математического ожидания количества элементов в группах 1, 2, 3 от времени.

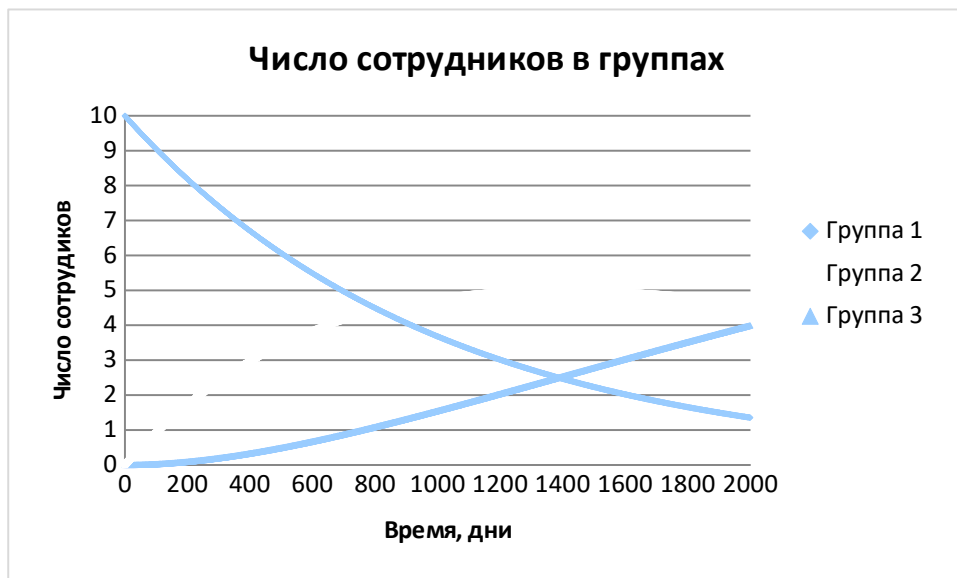


Рисунок 3 – Зависимость числа сотрудников в группах 1,2,3 от времени для рассматриваемой системы

На рисунке 4 приведена временная зависимость вероятности чрезвычайного происшествия. Как и следовало ожидать, вероятность непрерывно возрастает за счет того, что сотрудники мигрируют в группы повышенного риска (особенно за счет попадания сотрудников в группу 3).

При обслуживании объектов повышенной опасности существует предельно допустимая вероятность катастрофы, которая тем ниже, чем больше последствия чрезвычайной ситуации. Например, если задаться предельно допустимой вероятностью 10^{-6} , рассматриваемая система (как следует из рисунка 4) становится недопустимо опасной в момент времени $t \sim 750$ дней, т. е. примерно через два года после нулевой отсечки времени. Сравнение с рисунком 3 показывает, что в этот момент примерно 1 сотрудник из 10 уже перешел в третью группу риска, а из оставшихся около половины находятся во второй группе. Лишь половина сотрудников продолжают находиться в абсолютно безопасной (первой) группе риска.



Рисунок 4 – Зависимость вероятности чрезвычайного происшествия от времени

Пример 2.

Та же система, но теперь вероятность перехода из второй группы в третью в единицу времени тоже равна 0.001 (вырожденный случай). Сводные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сводные данные

Номер группы, j	Степень риска, a_j	Вероятность перехода в следующую группу в единицу времени, δ_j	Начальное количество сотрудников, l_j^0
1	0 (отсутствует)	0.001	10
2	0.00000001 (умеренная)	0.001	0
3	0.000001 (высокая)	-	0

Согласно (1.9) имеем один корень характеристического уравнения $\lambda_3=0$ и два совпадающих $\lambda_1=\lambda_2=-0.001$. Произвольное решение системы (1.5) записывается в виде

$$\begin{pmatrix} l_1 \\ l_2 \\ l_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_1 \\ 0.001 C_1 t + C_2 \\ -0.001 C_1 t - C_1 - C_2 \end{pmatrix} e^{-0.001 t} + C_3 \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix},$$

где C_1, C_2, C_3 – произвольные коэффициенты.

С учетом начальных условий $l_1(0)=10, l_2(0)=l_3(0)=0$, получаем

$$\begin{cases} l_1(t) = 10e^{-0.001t} \\ l_2(t) = 0.01te^{-0.001t} \\ l_3(t) = (-0.01t - 10)e^{-0.001t} + 10 \end{cases}$$

Хотя временные зависимости математического ожидания числа сотрудников в группах 2 и 3 носят слегка иной функциональный характер, чем в примере 1, поведение системы носит весьма схожий характер (рисунок 5-6).

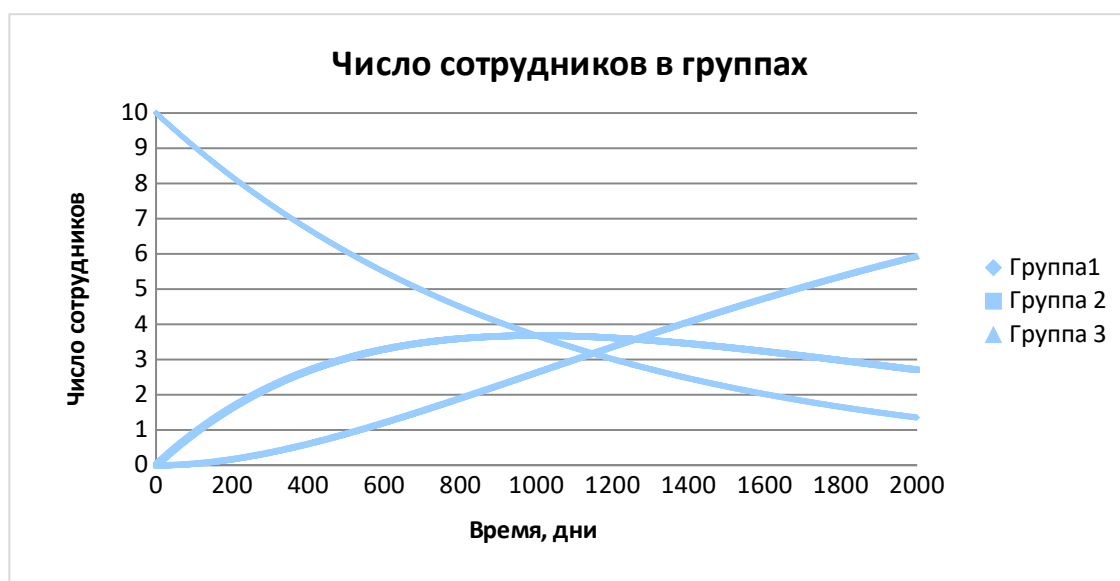


Рисунок 5 – Зависимость числа сотрудников в группах 1, 2, 3 от времени

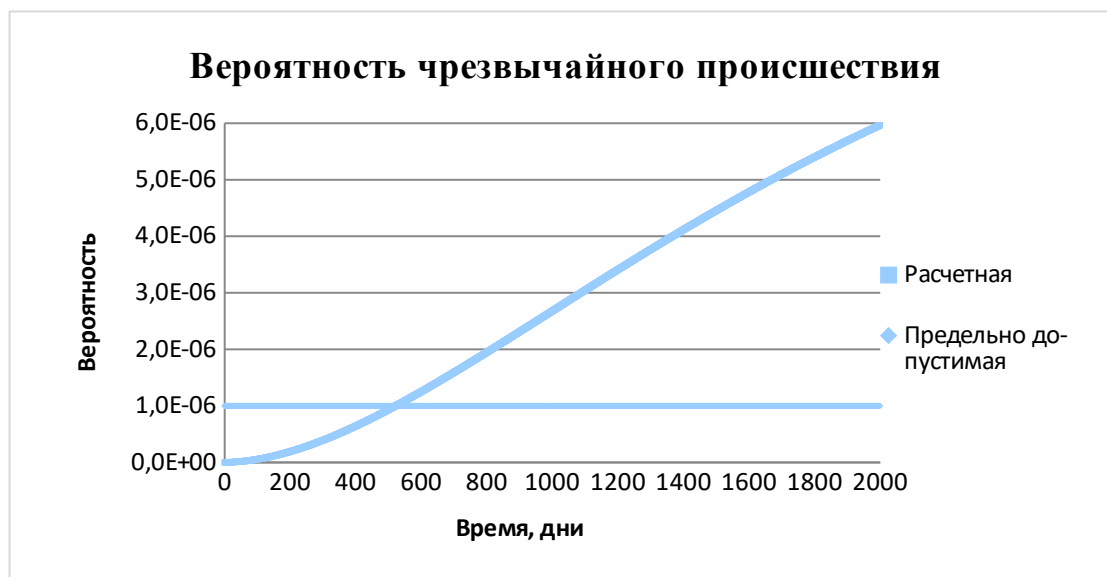


Рисунок 6 – Зависимость вероятности чрезвычайного происшествия от времени

Несмотря на абстрактность приведенных примеров, рисунки 3-6 демонстрируют общую закономерность – при отсутствии каких-либо специальных мероприятий по поддержке системы ее элементы ухудшаются, и вероятность чрезвычайной ситуации начинает экспоненциально расти. В частности, персонал теряет бдительность, что может послужить фактором возникновения катастрофы.

Один из соавторов четверть века занимался взрывными экспериментами по исследованию эффективности и свойств энергетических материалов. Накопленный опыт показывает, что, несмотря на ежемесячный строжайший инструктаж с тщательным отражением в документации, чрезвычайные происшествия с гибелью людей и оборудования происходят с периодичностью (3,5-4) года при общем числе экспериментов за этот период примерно 12 000. Следует отметить, что после инструктажей никогда не происходил перевод сотрудников в другую группу риска. Чудовищному взрыву в городе Оппау в Германии 3 сентября 1921 года [14] предшествовали около 20 000 случаев безопасного взрывного дробления селитры.

Таким образом, мы логичным образом приходим к выводу, что для поддержания системы в безопасном состоянии необходимо принимать какие-то меры, в результате которых элементы системы будут возвращаться в группы с меньшими номерами (а, следовательно, и меньшей степенью риска). Например, в случае механической конструкции, состоящей из отдельных балок, имеет смысл периодически производить замену этих балок. Если же речь идет о сотрудниках объектов повышенной опасности, необходимо проводить переобучение с дополнительным инструктажем. Назовем такие мероприятия в широком смысле *профилактическими*.

Модель системы с профилактическими мероприятиями

Как было продемонстрировано выше, при отсутствии внешней поддержки любая система со временем перестает быть безопасной. Важнейшей задачей управления системой является следующая: *определить минимально допустимую частоту профилактических мероприятий, при которой вероятность чрезвычайного происшествия еще остается в допустимых рамках*.

В простейшем случае – когда в результате проведения профилактики все элементы возвращаются в группу 1 – задача сводится к уже решенной аналитически. Например, если в примерах 1, 2 элементами системы являются механические составляющие конструкции, профилактика представляет из себя замену этих деталей на новые, и мы точно знаем, что все

новые детали относятся к первой, наиболее безопасной группе, максимально допустимый интервал между профилактиками составляет ~750 дней для примера 1 и ~ 520 дней для примера 2 соответственно.

Однако даже в случае с заменой деталей на новые предположение о том, что все элементы после профилактики перешли в группу 1, является слишком сильным. Действительно, детали с некоей отличной от нуля вероятностью могут иметь какие-то внутренние дефекты как минимум вследствие процессов транспортировки, хранения и т.п. Если же в качестве элементов системы выступают сотрудники из обслуживающего персонала, данное утверждение (не все элементы после профилактики переходят в группу 1) становится еще более очевидным. Таким образом, задача усложняется, и модель требует введения новых параметров. Итак, переформулируем задачу для системы с профилактическими мероприятиями.

Дополнительно к четырем предположениям модели, рассмотренной выше, появляется еще одно:

5. С некоторой периодичностью T проводится профилактика, в результате которой каждый элемент из группы j может с вероятностью C_{j1} вернуться в группу 1, с вероятностью C_{j2} вернуться в группу 2, и так далее, вплоть до того, что вероятностью C_{jj} элемент остается в j -й группе. Возможность ухудшения элемента в результате профилактики рассматривать не будем, т.е. $C_{jq}=0$ при $q>j$.

Таким образом, помимо вероятностей самопроизвольного ухудшения элементов δ_j , факторов риска a_j и количества элементов в группах l_j в модели появляются новые параметры – матрица $\|C\|$ и периодичность проведения профилактики T .

Следует отметить, что, в отличие от предыдущей главы, в которой (при известных δ_j) задания набора l_j в произвольный момент времени хватало для того, чтобы рассчитать дальнейшую эволюцию системы и найти среднестатистические распределения элементов по группам в будущем, теперь одних только l_j для этой цели становится недостаточно. Действительно, при прочих равных условиях (одинаковые l_j , δ_j , матрица $\|C\|$ и периодичность T) система, в которой предыдущая профилактика проводилась только что, и система, в которой после профилактики прошло большее время, будут вести себя по-разному (одинаковым будет их поведение только до момента следующей профилактики во второй системе; в этот момент l_j в двух системах разойдутся, и в дальнейшем их эволюция будет протекать по-разному). Этот факт, однако, никоим образом не означает, что процесс, описывающий изменение системы со временем, перестал быть марковским, просто теперь для задания состояния системы помимо l_j необходимо знать еще один параметр T_0 – время, прошедшее с последней профилактики (либо время оставшееся до ближайшей профилактики). С каждым эволюционным шагом T_0 уменьшается на единицу, и когда оно достигнет нуля, производится профилактическое мероприятие, и одновременно T_0 скачком принимает значение T .

Эволюцию системы с профилактикой можно описать все тем же соотношением (1.5), но с разными матрицами $\|A\|$ в моменты проведения профилактики и в промежутках между профилактиками. Из-за того, что коэффициенты матрицы $\|A\|$ больше не являются постоянными, найти аналитическое решение не представляется возможным. Поэтому авторы прибегли к численному моделированию процесса.

Методика численного эксперимента

Симуляции производились следующим образом. Изначально все элементы помещались в группу 1. На каждом временном шаге каждый из объектов j -й группы мог с определенной вероятностью δ_j перейти в группу с номером $j+1$ и с вероятностью $(1-\delta_j)$ – остаться в j -й группе (для последней группы $\delta_x=0$). С определенным временным

интервалом T шагов выполнялась процедура профилактики, действие которой на объекты j -й группы сводилось к тому, что с некоторыми вероятностями C_{ji} (сумма которых равна единице) объекты переводились в группы с номерами от 1 до j .

В итоге мы получали информацию о том, в какой группе находился элемент в каждый момент времени. Путем анализа эволюции всех элементов высчитывались зависимости количества элементов в каждой группе l_j от времени (для данной реализации).

Полученные зависимости $l_j(t)$ усреднялись по 1000 независимых реализаций с целью уменьшения статистических погрешностей.

Результаты численного эксперимента

В целях тестирования модели изначально были проведены симуляции эволюции систем, для которых имеется аналитическое решение.

Пример 3.

В данном эксперименте была взята система из примера 1, без проведения профилактики. Зависимость количества сотрудников в группах, усредненного по 1000 реализаций, приведена на рисунке 7.

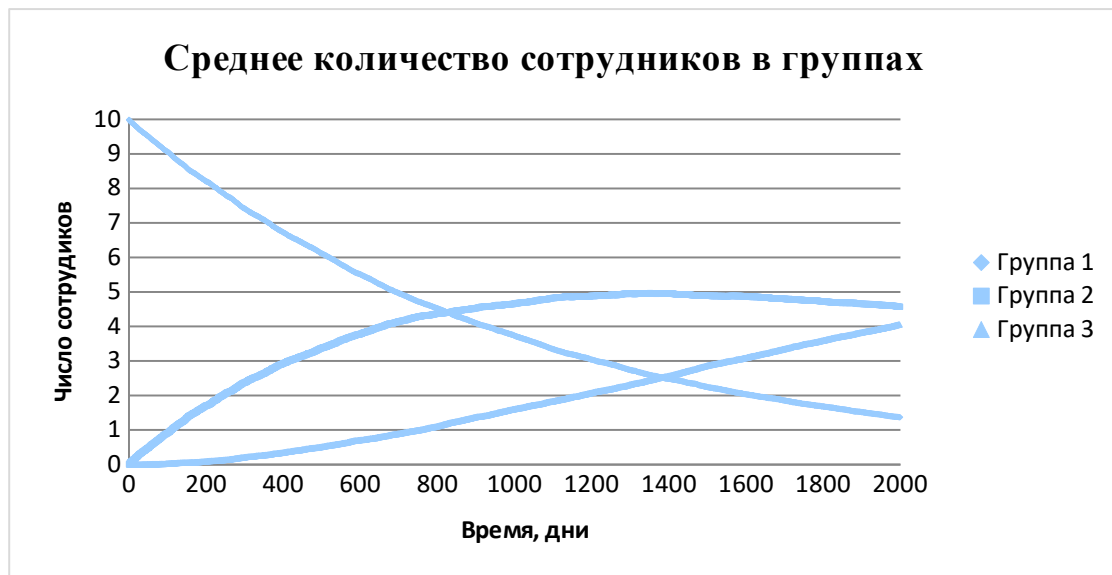


Рисунок 7 – Среднее количество сотрудников в группах в зависимости от времени при симуляциях поведения системы из примера 1

Наблюдается отличное соответствие с аналитическим решением (рисунок 3). Аналогичные результаты – соответствие численного эксперимента с аналитическим решением – были получены и в других случаях (например, для системы из примера 2).

Пример 4.

Теперь добавим в систему из примера 1 профилактическое мероприятие, проводимое каждые 750 дней. Как уже отмечалось выше, если бы при профилактике все элементы возвращались в группу 1, этого было бы достаточно для поддержания системы в безопасном состоянии (т. е. чтобы вероятность чрезвычайной ситуации не превышала 10^{-6}). Пусть,

однако, матрица $\|C\|$ будет иметь вид не $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$, а, например, $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.4 & 0.3 & 0.3 \end{bmatrix}$. То есть

имеются примерно равные вероятности того, что профилактика поможет и не поможет (или поможет, но не в полной степени).

Результаты численного эксперимента приведены на рисунке 8. В момент времени $t=750$ в первый раз проводится профилактика, и в полном соответствии с видом матрицы $\|$

С|| состояние системы улучшается, но не до идеального при $t=0$. Видно, что после третьей-четвертой итерации поведение системы с хорошей точностью уже приобрело циклический характер (хотя, строго говоря, на идеально циклический режим система выйдет только в асимптотике через бесконечное время).

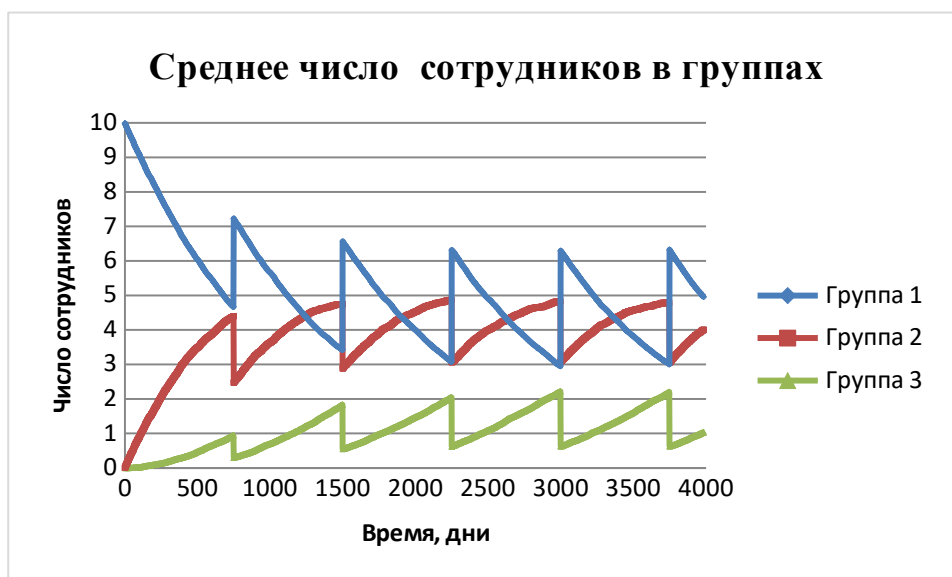


Рисунок 8 – Среднее количество сотрудников в группах в зависимости от времени при симуляциях поведения системы с проведением профилактических мероприятий

Зависимость вероятности чрезвычайной ситуации от времени приведена на рисунке 9. Как и следовало ожидать, при первой профилактике система вернулась в достаточно безопасное состояние. Однако, поскольку это состояние не настолько безопасно, как состояние системы при $t=0$, в дальнейшем проведение профилактики один раз в 750 дней хотя и снижает вероятность катастрофы, но недостаточным образом – как следует из рисунка 9, эта вероятность в отдельные моменты времени более чем в два раза превышает допустимые значения. Если мы хотим поддерживать систему в безопасном состоянии все время, необходимо проводить профилактику чаще.

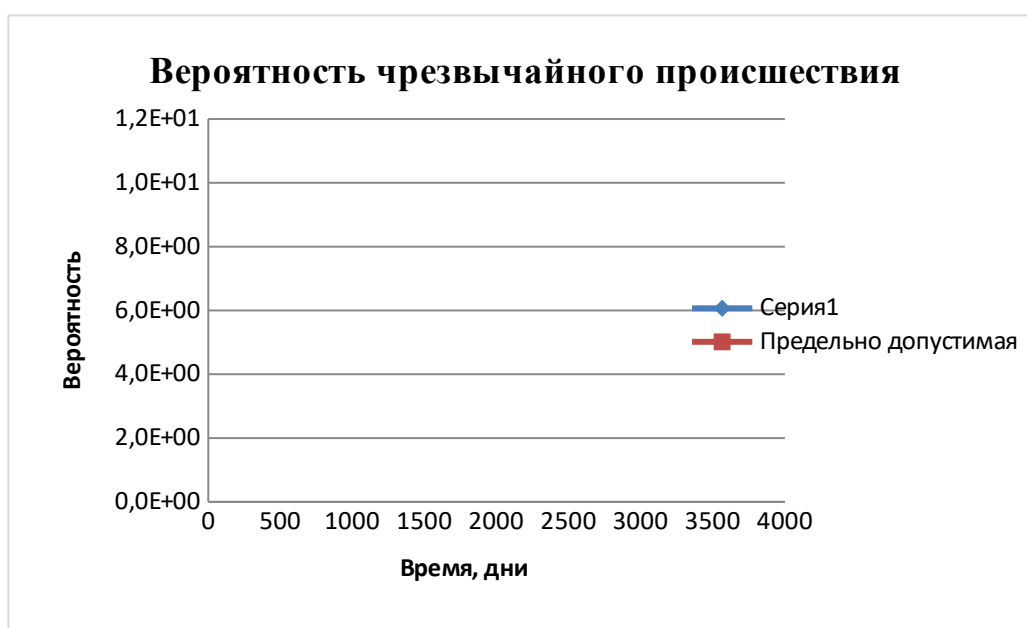


Рисунок 9 – Вероятность чрезвычайного происшествия в зависимости

от времени для рассматриваемой системы

Пример 5.

Продолжим рассматривать ту же систему, но уменьшим интервал проведения мероприятий до 400 дней.

Результаты численного эксперимента приведены на рисунке 10. Видно, что повышение частоты профилактических мероприятий помогло добиться поставленной цели – теперь расчетная вероятность чрезвычайного происшествия не превышает предельно допустимую.



Рисунок 10 – Вероятность чрезвычайного происшествия в зависимости от времени для рассматриваемой системы

Примеры 4-5 демонстрируют, как можно методом подбора определить оптимальную частоту проведения профилактических мероприятий.

Очевидно, что для решения практической задачи управления конкретной системой повышенной опасности необходимо знать значения параметров δ_j и элементов матрицы перехода $\|C\|$. Авторы считают, что задача определения этих параметров является решаемой путем анализа статистики происшествий.

Библиографический список

1. А.Ф. Егоров, Т.В. Савитская, П.Г. Михайлова. Модели и методы решения задач оперативного управления безопасностью непрерывных химико-технологических систем. // Моделирование систем, 2005, №6, с 50-54 (in Russian).
2. В.В. Ильин, Н.Н. Кузьмин, Управление безопасностью потенциально опасных объектов в условиях террористической угрозы. // Вестник ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2015, №2(66), с. 41-46 (in Russian).
3. P.A. Leontyev, V.G. Zarubsky, A.P. Rybakov. Mathematical model of emergency forecasting at object of penitentiary system due to instruction violation by officers// Bulletin of Izhevsk state technical University named after M.T. Kalashnikov, 2013, №3(59), p.p. 123-126. (in Russian).
4. К. Капур. Надёжность и проектирование систем. // К. Капур, Л. Ламберсон. – М.: Мир, 1980-604с.

5. В.И. Гимашев, А.М. Пушкарев, А.Г. Здоровцов. К вопросу синтеза систем физической защиты. // Тематический сборник №2 специализированных диссоветов ТулГУ. – Тула: ТулГУ, 2021.
6. Колесин И.Д. Моделирование взаимодействия этнокультур// Известия РАН. Теория и системы управления, 2005, № 2, с 75-80.
7. Колесин И.Д. Самоорганизация и формирование малых групп// Известия РАН. Теория и системы управления, 2008, № 2, с 96-103.
8. С.В. Бочкарёв. Диагностика и надёжность автоматизированных систем: учеб. пособие// С.В. Бочкарёв, А.И. Цаплин. –Пермь: изд-во Пермь гос. техн. ун-та, 2008 -485с (in Russian).
9. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления. Учеб.: В 2-х т. Т.1 – СПб.: Мифрил. Гл. ред. физ.-мат.лит., 1996, – 416 с.
10. Смирнов В.И. Курс высшей математики. Том II / Пред. Л.Д. Фаддеева, пред. и прим. Е.А. Грининой: 24-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. — 848 с.: ил.
11. Харрис Т.Е. Теория ветвящихся случайных процессов – М.: Мир, 1966, с.356.
12. Севастьянов Б.А. Ветвящиеся процессы – М.: Наука, 1971, с.436.
13. Вентцель Е.С. Теория вероятностей – М.: Физматгиз, 1969, с. 576.
14. Андреев К.К.,Беляев А.Ф. Теория взрывчатых веществ. М.:Оборонгиз, 1960,596 с.
15. Степанов В.В., Курс дифференциальных уравнений, М: Физмалит, 1950 – 473 с.

УДК 355

**ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И
ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ТЕХНИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМИ БРИГАДЫ
ОПЕРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ
ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Сотников И.Б., преподаватель кафедры технической подготовки факультета технического обеспечения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: sotnickow833@yandex.ru.

Сотников Н.Б., слушатель Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, г. Санкт-Петербург.

Электронный адрес: sot48@mail.ru.

В общей структуре национальной безопасности Российской Федерации одно из главных мест занимают войска национальной гвардии Российской Федерации (далее – ВНГ). В связи с увеличением количества бронетанковой и автомобильной техники в ВНГ РФ, повышением её роли в доставке материальных средств и возросшей необходимостью применения в локальном вооружённом конфликте и специальных операциях, справедливо предположить увеличение потерь техники. В сложившихся условиях необходима разработка новых способов и средств технической разведки в целях восстановления боеспособности поврежденной в ходе боевых действий образцов вооружения. Перечень способов технической разведки составляет направление дальнейшего исследования всей системы технической разведки. В статье рассмотрена возможность применения беспилотных летательных аппаратов подразделениями бригады оперативного назначения ВНГ РФ.

Ключевые слова: специальная операция; техническая разведка; боевые действия.

**THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES AND THE POSSIBILITY
OF THEIR USE IN TECHNICAL INTELLIGENCE BY UNITS OF THE
OPERATIONAL BRIGADE OF THE NATIONAL GUARD TROOPS OF
THE RUSSIAN FEDERATION**

Sotnikov I.B., teacher of the Department of Technical Training of the Faculty (technical support).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: sotnickow833@yandex.ru.

Sotnikov N.B., student of the Military Academy of Logistics named after General of the Army A.V. Khruleva, St. Petersburg.

E-mail: sot48@mail.ru.

In the general structure of the national security of the Russian Federation, one of the main places is occupied by the troops of the national guard of the Russian Federation. Due to the increase in the number of armored and automotive vehicles in the VNG of the Russian Federation, the increase in its role in the delivery of materiel and the increased need for use in local armed conflict and special operations, it is fair to assume an increase in the loss of equipment. Under the current conditions, it is necessary to develop new methods and means of technical reconnaissance in order to restore the combat capability of weapons damaged during combat operations. The list of methods of technical intelligence is the direction of further research of the entire system of technical intelligence. The article considers the possibility of using unmanned aerial vehicles by units of the operational brigade of the VNG of the Russian Federation.

Keywords: special operation; technical intelligence; military operations.

Боевые действия, основанные на принципах и правилах ведения общевойскового боя, являются одной из форм применения бригады оперативного назначения ВНГ РФ. Данные действия могут быть как способом самостоятельного применения войск, так и составной частью специальной операции. Видами боевых действий являются наступательные, оборонительные и специальные действия в сочетании с охватом, обходом, проведением рейдов, налетов, засад.

Специальная операция является одним из основных способов применения сил и средств ВНГ РФ при проведении специальных действий. В ходе проведения специальной операции войсками решаются следующие основные задачи: уничтожение бандитских, террористических вооруженных формирований, их инфраструктуры, центров снабжения и обучения; обеспечение общественной безопасности, восстановление законности и правопорядка на контролируемой территории; усиление охраны общественного порядка и безопасности в районах, примыкающих к району конфликта; блокирование района ее проведения ротными (взводными) опорными пунктами; проведение мероприятий по разоружению (изъятию оружия) населения в районе конфликта; - оказание помощи в задержании вооруженных и особо опасных преступников (вооруженных дезертиров); - проведение переговоров с представителями органов местного самоуправления и командованием вооруженных формирований о сдаче вооружения, военной и специальной техники (далее – ВВСТ); занятие штурмовыми отрядами (группами) исходных рубежей; огневое поражение в случае необходимости; оказание помощи органам ФСБ в защите государственной границы, приграничный поиск и задержание нарушителей.

В зависимости от наличия сил и средств, а так же сложившейся обстановки, поставленной задачи применяются следующие основные способы действий подразделений бригады оперативного назначения ВНГ РФ: поиск, блокирование, преследование, окружение, оцепление, рассредоточение (вытеснение), патрулирование, охрана, сопровождение, наблюдение, демонстрационные действия, сдерживание, деблокирование, захват, разоружение, прикрытие, досмотр, доставление.

Применение вооружённым формированием имеющегося у них средств поражения, приводит к повреждению и потерям ВВСТ. Наиболее высокий коэффициент потерь, бронетанковой и автомобильной техники, будет при организации поиска, рейдовых действий и сопровождения колон бригады. Это влечёт к затруднениям, связанным с восстановлением образцов, и нарушением ведения процесса эвакуации, трудностями в системе управления эвакуации, вышедших из строя ВВСТ.

В связи с этим возникает необходимость обеспечить восстановление ВВСТ бригады в единой системе восстановления существующей группировки с учетом её состава и решаемых

задач. Так же необходимо постоянное своевременное восстановление ВВСТ тактических групп смешанного состава на весь период их действий в отрыве от главных сил.

Целью восстановления ВВСТ в специальной операции является поддержание постоянной боеспособности бригады, в плане наличия в строю исправных, готовых к боевому применению ВВСТ. Анализ научных работ, которые рассматривали вопросы совершенствования системы восстановления ВВСТ, позволяет сделать вывод, что дополнительные ремонтно – восстановительные органы, создаваемые в группировке войск (сил) на период проведения специальной операции, самостоятельно не имеют возможности в полной мере осуществлять восстановление вышедшей из строя ВВСТ. Восстановление ВВСТ является основным источником восполнения их потерь в ходе боевых действий. Оно включает: техническую разведку, эвакуацию, ремонт, возвращение в строй отремонтированных (эвакуированных), а также передачу невосстанавливаемых в соединении (части) ВВСТ силам и средствам старшего начальника. Так, при анализе ведения боевых действий ВНГ РФ в локальных войнах и конфликтах особое место при восстановлении ВВСТ уделялось технической разведке. При этом информация о технической обстановке собиралась, анализировалась и передавалась в вышестоящие органы управления техническим обеспечением [1-3].

Для технической разведки в районах боевых действий создавались группы технической разведки (далее – ГТР). В их задачу входило: определение мест нахождений вышедших из строя ВВСТ, определение состояния экипажей и водителей, выяснение причин и характера повреждений ВВСТ; ориентировочное определение восстановительных работ и путей, безопасных для перемещения эвакуационных средств к поврежденным ВВСТ, уточнение путей эвакуации. Определялись также местонахождение и возможности использования трофейных ВВСТ и технического имущества, велась инженерная разведка путей эвакуации, районов размещения ремонтных и эвакуационных сил и средств и путей их перемещения.

Техническая разведка организуется заместителем командира соединения по вооружению и ведется должностными лицами технического обеспечения, органами технической разведки (пунктами технического наблюдения, группами технической разведки), а также ремонтно-эвакуационными (ремонтными, эвакуационными) группами, эвакуационными командами и замыканиями колонн.

Техническую разведку целесообразно осуществлять в пределах зоны ответственности бригады. ГТР в соединении формируются из состава подразделений технической разведки ремонтной роты соединения, оснащенного бронированными высокопроходимыми средствами подвижности со средствами связи. В состав органов технической разведки необходимо включать специалистов саперов в целях определения наличия минно-взрывных устройств, предназначенных для поражения личного состава при выполнении им задач технического обеспечения [1].

В современных операциях без создания штатных подразделений технической разведки, оснащенных необходимыми средствами, обнаружить поврежденную технику представляется весьма затруднительным. Для увеличения эффективности технической разведки поставленные задачи группы технической разведки должны выполнять на специально оборудованных для этих целей машинах, оснащенных специальными приборами ведения разведки с применением беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА), комплексно используя при этом воздушные и наземные средства разведки в зависимости от условий и действующих факторов.

Одним из наиболее существенных недостатков при выполнении мероприятий по поиску неисправной ВВСТ является незащищенность транспортных средств органов технической разведки, что приводило к поражению техники и гибели экипажей. Трудности организации технической разведки обусловлены: отсутствием штатных подразделений для ее ведения в войсковых звеньях; недостаточными возможностями взвода технической разведки ремонтно-восстановительных баз оперативного звена; отсутствием специально

оборудованных машин технической разведки со средствами наблюдения, связи, диагностики, проверки безопасности работ и выполнения других мероприятий, связанных с технической разведкой; отсутствием системы подготовки личного состава для ведения технической разведки [2].

Для повышения эффективности ведения технической разведки в специальной операции установлены перспективные способы ведения технической разведки:

ведение технической разведки с пунктов технического наблюдения на воздушных средствах (самолетах, вертолетах, БПЛА).

для более эффективного использования воздушных средств необходима установка на них современных спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС/GPS), тепловизионной, видео и фотоаппаратуры [3];

введение в штат ремонтной роты вместо отделения технической разведки, отделение воздушно технической разведки в количестве восьми человек с приданием им двух транспортных средств для передвижения типа ГАЗ-233014 «Тигр».

Внедрение БПЛА позволит значительно повысить качество и оперативность технической разведки. Однако, при таком способе проведения мероприятий технической разведки существует вероятность резкого снижения её эффективности в неблагоприятных климатических условиях (туман, низкая облачность, интенсивные осадки, сильное задымление и т. п.). Поэтому БПЛА целесообразно применять в комплексе с другими (наземными) силами и средствами технической разведки, которые будут иметь возможность осуществлять до разведку и полную разведку объектов.

Огромное значение имеет и то, что при применении БПЛА на оператора не оказываются реальные физические и психологические нагрузки, которые объективно присутствуют при применении самолетов и вертолётов. Смысл дистанционного управления сводится к тому, что между человеком - оператором, находящимся на земле, и летящим БПЛА, непрерывно происходит взаимодействие, а посредством оборудования, находящегося на борту (приборы передачи картинки, инфракрасная аппаратура), осуществляется наблюдение за наземными объектами.

С помощью оптического и инфракрасных датчиков электронная система БПЛА позволяет получать в любое время суток цифровые изображения с высоким разрешением. Датчики могут работать в следующих режимах: сканирование участка местности; поиск целей по маршруту; маршрутное картографирование; получение детального изображения небольших участков местности и находящихся на них объектов.

Широкое поле зрения датчиков дает возможность сканирования местности независимо от маневров БПЛА. С оснащением подразделений технической разведки бригады БПЛА появится возможность перейти от объектового к более эффективному – зональному способу ведения технической разведки. Это позволит подразделениям, ведущими техническую разведку осуществлять непрерывный мониторинг местности с полным охватом района операции, совершая при необходимости манёвр в значительной степени средствами, а не силами.

Использование БПЛА в интересах технической разведки подразделений ВНГ РФ даёт следующие преимущества:

- отсутствие передвижения оператора непосредственно на участках ведения технической разведки, сохранение его жизни;
- нецелесообразность применения дорогостоящих средств противовоздушной обороны противника по относительно недорогим по стоимости, в денежном эквиваленте, что увеличивает их живучесть и упрощает их устройство;
- высокая технологичность, манёвренность и малые размеры БПЛА, позволит получать качественную картинку больших высот, что сделает их практически неуязвимыми для стрелкового оружия противника;
- при использовании БПЛА сохраняется ресурс полноценных летательных аппаратов;

- меньшие затраты для подготовки операторов, по отношению к полноценным летательным аппаратам;
- использование БПЛА позволит в режиме реального времени координировать деятельность наземных групп технической разведки и позволит максимально обезопасить их деятельность по средствам контроля местности в районе выполнения служебно-боевых задач;
- первичная информация, с БПЛА поступать на подвижный пункт управления, что позволит на месте, с минимальными потерями времени, проанализировать её и оперативно принять решение.

Исходя из вышеуказанного для повышения эффективности технической разведки предлагаю в техническую часть органов технической разведки включить БПЛА. В системе ВНГ РФ (в разведывательных и специальных подразделениях ВНГ РФ, а также в авиации ВНГ РФ), как и в других силовых структурах, свое применение нашли БПЛА весом до двадцати килограммов. Модельный ряд данных аппаратов представлен несколькими моделями самолетного и вертолетного типа, производитель ЗАО "Эникс" г. Казань. В заключение необходимо сказать, что внедрение БПЛА в соединениях ВНГ РФ путем введения штатных органов технической разведки с БПЛА, в том числе перспективных – комбинированных БПЛА, необходимо для повышения эффективности технической разведки, сохранения жизни личного состава, находящегося в органах технической разведки.

Библиографический список

1. Подготовка и ведение боевых действий общевойсковыми формированиями в локальных войнах и вооруженных конфликтах : учебное пособие / С.А. Батюшкин. - Москва : КНОРУС, 2020. - 438 с.
2. Техническое обеспечение войск (сил) во внутреннем вооруженном конфликте: Военно-теоретический труд / Груздев Б.П. [и др.] под редакцией Маева С.А. – М.ОА ВС РФ, 2002. – 296 с.
3. Боевое применение беспилотных летательных аппаратов в воздушных операциях. 6 ЦНИИ, 1998 г.
4. Воробьев И. Н., Киселёв В. А. Контртеррористическая операция 1999 - 2000 гг. Военно-теоретический труд. – М.: ОА ВС РФ, 2001.
5. Емцев, В. А. Навигационное обеспечение вооружения, военной и специальной техники в условиях частичного или полного отсутствия информации от глобальных навигационных спутниковых систем / В. А. Емцев // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения в войсках национальной гвардии Российской Федерации и пути их решения во взаимодействии с другими видами обеспечения: межвузовский сборник научно-практических материалов. Том Выпуск 7. – Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2022. – С. 35-40.

УДК 621.37-38

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ВОЗДУШНЫМ СУДАМ

Суслов А.А., заместитель начальника кафедры инженерно-технических средств охраны.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: suslov_alex@mail.ru

Описываются основные принципы противодействия беспилотным воздушным судам, приводятся существующие технические средства обнаружения и подавления беспилотных воздушных судов, их возможности, достоинства и недостатки.

Ключевые слова: технические средства противодействия; подавление сигнала; беспилотное воздушное судно; охраняемый объект; дистанционное управление.

TECHNICAL MEANS OF COUNTERING UNMANNED AIRCRAFT

Suslov A.A., (Deputy Head of the Department of Engineering and Technical Means of Security).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: suslov_alex@mail.ru

Describes the basic principles of countering unmanned aircraft, provides the existing technical means for detection and suppressing unmanned aircraft, their capabilities, advantages and disadvantages.

Keywords: technical means of counteraction signal suppression; unmanned aircraft; protected object; remote control.

В условиях проведения специальной военной операции на Украине, подразделения Вооруженных Сил и войск национальной гвардии сталкиваются с проблемой противодействия беспилотным воздушным судам (далее – «БВС») противника. Также актуален вопрос по защите важных государственных объектов (далее – «ВГО»), охраняемых войсками, особенно на приграничных территориях, от воздействия боевых дронов и БВС [1].

БВС противника ведут разведку мест расположения, дислокации и характера выполняемых задач подразделениями, наносят удары путем сбрасывания взрывных устройств и боеприпасов, атакуют как дроны-камикадзе.

Ежедневно подразделениями и войсками противовоздушной обороны (далее – «ПВО») сбиваются 5-7 таких БВС. Вместе с тем, противнику, при определенных обстоятельствах, удается обходить защиту и наносить существенные удары по позициям войск и объектам.

1. Средства обнаружения БВС

Обнаружение БВС является первым этапом противодействия ему. Без вскрытия факта полета, траектории его движения, других значимых характеристик, важных для целеуказания средству противодействия, противодействие БВС невозможно [5].

Обнаружение происходит средствами радиолокационной, радио- и радиотехнической, оптико-электронной и акустической разведок.

1.1. Средства радиолокационной разведки

Контроль воздушного пространства с помощью радиолокационной разведки достаточно широко распространен и является традиционным способом обнаружения воздушных целей комплексами ПВО (рисунок 1). Обнаружение средствами радиолокационной разведки эффективно в том случае, когда радиолокационная заметность цели соответствует разрешающей способности радиолокационной системы [3].

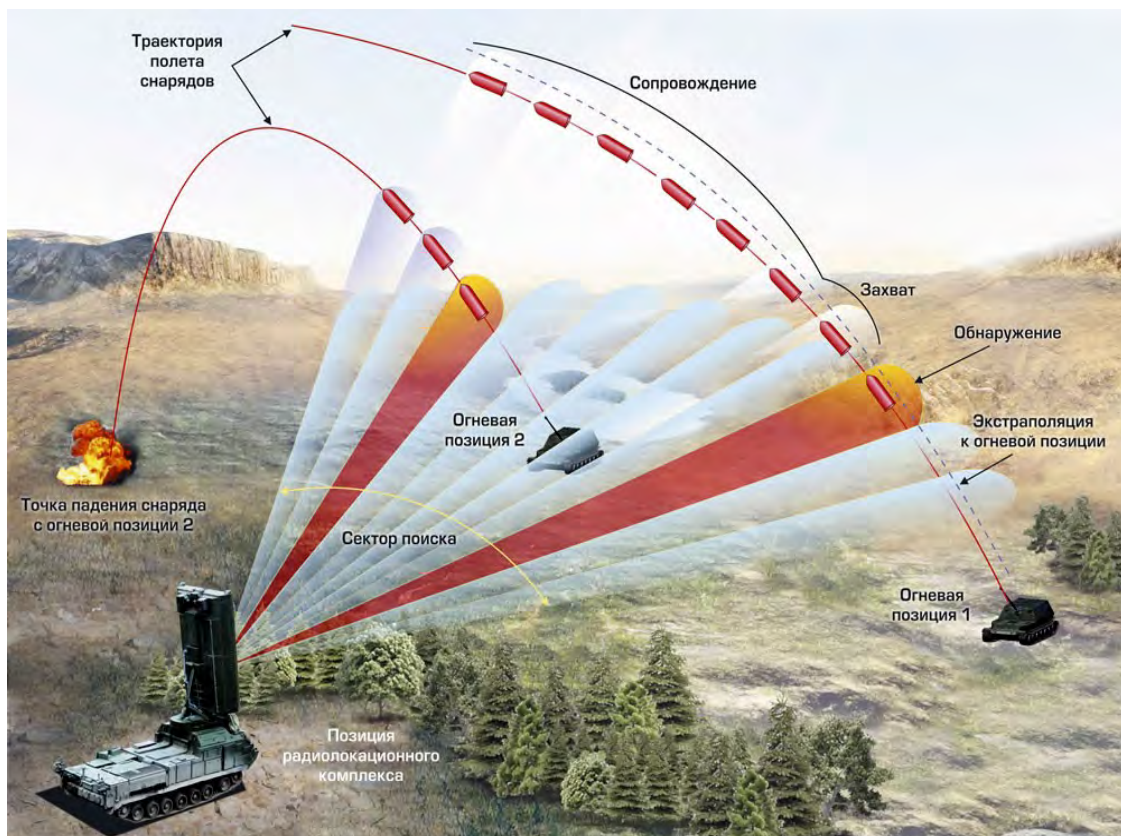


Рисунок 1 — Принцип работы радиолокационной разведки

Показателем радиолокационной заметности цели является ее эффективная площадь рассеивания (далее – «ЭПР»). ЭПР имеет размерность в квадратных метрах, однако она не геометрическая площадь, а энергетическая характеристика, представляющая из себя коэффициент, который учитывает отражающие свойства цели и зависит от пространственной конфигурации цели, электрических свойств ее материала и отношения линейных размеров цели к длине волны.

Уменьшение массогабаритных параметров БВС до значений менее 5 кг приводит к существенному уменьшению дальности рубежа их обнаружения, а при использовании высокой доли радиопрозрачных материалов в конструкции БВС делает их обнаружение с помощью радиолокационной разведки фактически невозможным.

К дополнительным факторам, снижающим ЭПР БВС, относится возможность быстрого изменения скоростного режима, вплоть до «зависания», что приводит к срыву сопровождения БВС в связи с выходом значения скорости за границы стробирования.

Таким образом, радиолокационные системы достаточно надежное средство контроля

воздушного пространства, задача обнаружения и идентификации малоразмерных малоскоростных БВС с малыми ЭПР остается до настоящего времени полностью не решённой.

Имеющиеся на вооружении средства радиолокационной разведки воздушного пространства практически неспособны проводить эффективное обнаружение малоразмерных БВС даже в безпомеховой обстановке.

1.2. Средства радио- и радиотехнической разведки

БВС могут быть обнаружены средствами радио- и радиотехнической разведки путем приема и анализа как радиосигналов каналов радиоуправления, так и бортового радиоэлектронного оборудования, излучателей помех и т.д.

Преимуществом средств радио- и радиотехнической разведки (рисунок 2) является то, что они позволяют однозначно идентифицировать БВС среди естественных объектов, со схожими характеристиками, прежде всего, птиц.

Недостатком — средства радио- и радиотехнической разведки могут с достаточной точностью установить лишь общее направление на БВС, а вот дальность и высоту до цели средства радио- и радиотехнической разведки определяют со существенными погрешностями.

1.3. Средства оптико-электронной разведки

Средства оптико-электронной разведки (рисунок 3) видимого диапазона представляют собой надёжное средство обнаружения малоразмерных малоскоростных БВС, представляющих сложности для средств радиоэлектронной разведки.



Рисунок 2 — Комплекс радио- и радиотехнической разведки



Рисунок 3 — Оптико-электронный комплекс разведки

Эффективность оптического обнаружения БВС существенно зависит от факторов окружающей среды, прежде всего, от времени суток и погодных условий. В условиях дымки, влажности, осадков заметность БВС существенно снижается. Также для снижения заметности БВС могут выбираться профили и направления их полета, снижающие эффективность средств оптико-электронной разведки, например, заход на цель со стороны солнца или другого мощного источника видимого света и инфракрасного излучения.

1.4. Средства акустической разведки

Акустическая заметность является важным дополняющим фактором, который позволяет повысить достоверность обнаружения БВС в условиях при которых «традиционные» средства: оптические и радиолокационные не могут обеспечить требуемого уровня вероятности его обнаружения, задачу способны выполнить средства акустической разведки (рисунок 4).



Рисунок 4 — Средство акустической разведки — звукоулавливатель

БВС в полете генерирует акустические волны, принимаемые акустическими микрофонами, которые преобразуют акустическое давление в электрический сигнал. Источниками звуковых волн являются двигательные установки и лопасти воздушных винтов.

Суммарный спектр акустического излучения тактического БВС обусловлен гармоническими и широкополосными составляющими. Он включает в себя гармоническое составляющие излучения двигателя, а также высокочастотную и низкочастотную составляющие шума двигателя с непрерывными по частоте спектрами.

2. Средства подавления БВС

После обнаружения, непосредственное подавление БВС осуществляется средствами противовоздушной обороны, радиоэлектронного подавления, функционального поражения СВЧ излучением, лазерного излучения и носимыми комплексами противодействия БВС [2].

2.1. Подавление БВС средствами огневого поражения противовоздушной обороны

Рассматривая отечественное вооружение можно отметить эффективное подавление БВС с использованием комплексов войсковой противовоздушной обороны, таких как зенитно ракетные комплексы (далее – «ЗРК») «Тор» и «Бук», а также зенитно ракетно-пушечный комплекс «Панцирь-С1».

ЗРК «Тор» (рисунок 5) позиционируется как одно из наиболее эффективных отечественных средств борьбы с малозаметными целями. ЗРК «Тор-М1» может обнаруживать и обрабатывать до 48 воздушных целей с ЭПР порядка $0,1 \text{ м}^2$ на дальностях до 27 км, и поражать их с вероятностью 0,56 — 0,98 на высотах 0,01 — 9 км и на дальности 1-12 км. Количество одновременно обрабатываемых воздушных целей — 2. Время реакции комплекса — 7,4 сек.



Рисунок 5 — Зенитно ракетный комплекс «Тор»

В варианте ЗРК «Тор-М2У» комплекс может работать по 4 воздушным целям, но при этом боекомплект ЗРК увеличен с 8 до 16 зенитных управляемых ракет.

ЗРК «Бук» (рисунок 6) также предназначен для борьбы с БВС, обладающими малой ЭПР. По заявлению производителя данный ЗРК может работать по 6 БВС одновременно, поражая их с вероятностью 0,7 — 0,9 на дальности 3 — 42 км и на высотах 0,015 — 25 км. Время реакции комплекса 15 — 18 сек.



Рисунок 6 — ЗРК «Бук»

Перспективным комплексом противовоздушной обороны, который специально ориентирован на борьбу с БВС, является ЗРПК «Панцирь-С1» (рисунок 7).



Рисунок 7 — ЗРПК «Панцирь-С1»

Данный комплекс способен обнаруживать воздушные цели с малым ЭПР на дальностях 20 км и поражать их с использованием как ракетного, так и скорострельного пушечного вооружения. Дальность поражения ракетного вооружения 2,5 — 20 км на высотах 0,015 — 10 км, а пушечного вооружения 0 — 3 км на высотах 0,2 — 4 км. Количество одновременно обстреливаемых воздушных целей — 2. Время реакции 4 — 8 сек.

В 2019 г. был представлен прототип новой версии этого ЗРПК — «Панцирь-СМ» (рисунок 8), который в 2021 году уже был окончательно выпущен и в настоящее время применяется в специальной военной операции. «Панцирь-СМ» был оснащен новой радиолокационной станцией на основе фазированной антенной решетки с повышенными показателями по дальности обнаружения целей (до 75 км), их селекции и помехозащищенности. Комплекс получил новую зенитно управляемую ракету со скоростью полета примерно 3000 м/с против 1300 м/с у «Панцирь-С1». Было произведено повышение возможностей по поражению целей: по дальности — до 40 км, по высоте — до 15 км.



Рисунок 8 — ЗРПК «Панцирь-СМ»

2.2. Подавление БВС средствами радиоэлектронного подавления

Перспективным направлением подавления БВС считается применение средств радиоэлектронного подавления (рисунок 9), ресурс которых, при наличии внешнего питания, практически неограничен. При этом средства радиоэлектронного подавления могут применяться одним из нескольких способов или их комбинацией:

- подавление или навязывание ложных режимов работы каналов радиуправления и радиолиниям передачи данных БВС;

- подавление или навязывание ложных режимов работы каналу навигации БВС, основанному на приеме и обработке сигналов.





Рисунок 9 — Комплекс РЭП «Красуха-С4», комплекс РЭП Р-330Ж «Житель»

Применение средств радиоэлектронного подавления против БВС по сравнению с средствами огневого поражения обладают следующими преимуществами:

в процессе применения средства радиоэлектронного подавления не расходуют каких-либо материальных средств поражения, а только возобновляемый ресурс электромагнитной энергии;

средства радиоэлектронного подавления обладают «площадным эффектом», позволяющим одновременно поражать большое количество БВС, имеющих единые каналы радиоуправления, принципы навигации;

в отдельных случаях, при условии успешного вскрытия структуры сигналов и формата передаваемых сообщений в каналах радиоуправления и в канале навигации, средства радиоэлектронного подавления позволяют перехватить управление БВС и навязать ему ложную траекторию полета.

Основным недостатком средств радиоэлектронного подавления, основанных на подавлении каналов управления и навигации БВС радиоэлектронными помехами, является то, что излучение соответствующих помех никак не гарантирует требуемой реакции БВС на подобное воздействие, а именно — прекращение полета в направлении защищаемого объекта. Действия БВС в результате воздействия могут варьироваться в широком диапазоне, от продолжения полета по заданной траектории до включения «режима возврата».

Средства радиоэлектронного подавления действительно являются высокоэффективными и перспективными средствами противодействия БВС, но на современном этапе они не позволяют гарантировать предотвращение полета БВС к заданной цели.

2.3. Подавление БВС средствами функционального поражения СВЧ излучением

Современные комплексы ПВО при поражении БВС вынуждены расходовать большое количество боеприпасов, которые с одной стороны, имеют низкую вероятность поражения, с другой стороны, являются невосполнимым материальным ресурсом, исчерпание которого

ведет к невозможности комплекса противовоздушной обороны в дальнейшем выполнять свою целевую задачу.

Средства функционального поражения СВЧ излучением (рисунок 10), как и средства радиоэлектронного подавления, не расходуют подобных материалов и нуждаются исключительно в энергетическом обеспечении, которое может быть стационарным.

Средства функционального поражения СВЧ излучением обладают большим «площадным эффектом», обеспечивая относительное эффективное прекращение полета практически всех БВС, попадающих в зону их действия независимо от типа, режима управления, типа навигационной системы. Эта эффективность основана на изменениях электрофизических параметров полупроводниковых элементов многочисленных радиоэлектронных систем, функционирующих в составе БВС.



Рисунок 10 — Образец комплекса функционального поражения СВЧ излучением «Ранец-Э»

Основным отличием средств функционального поражения СВЧ излучением от средств радиоэлектронного подавления является физический принцип нанесения ущерба. Ущерб БВС причиняется путем изменения физико-химической структуры элементов радиоэлектронных систем вследствие воздействия СВЧ излучения на материалы входящие в состав электронных и полупроводниковых приборов и других компонентов этих систем.

В зависимости от мощности, длительности, рабочей частоты излучения и расстояния до БВС эффекты могут быть различными — от кратковременного снижения качества функционирования и временной потери работоспособности до его полного повреждения или разрушения в результате перегрева или полевого пробоя.

При взаимодействии мощных СВЧ колебаний с радиоэлектронными системами БВС наблюдаются два основных эффекта:

- 1) Наведения на контурных элементах СВЧ мощности, которая приводит к электрическим перегрузкам.
- 2) Непосредственное взаимодействие СВЧ импульсов со структурой и материалом полупроводникового элемента.

Источниками импульсов мощного СВЧ излучения могут быть мощные релятивистские СВЧ генераторы, например, взрывомагнитные или магнитоаккумулятивные, или обычные электровакуумные СВЧ генераторы.

Недостатком этих средств является то, что одновременно с поражением БВС поражаются и другие типы радиоэлектронных систем попадающие в зону действия, что

исключает применение средств функционального поражения СВЧ излучением в мирное время, в населенных пунктах и на промышленных объектах. Отдельным проблемным вопросом, который пока никак не прорабатывается, является обеспечение электромагнитной безопасности операторов этих средств.

В настоящее время, несмотря на потенциальную перспективность развития средств подавления этого типа, публикаций по оценке эффективности применения подобных средств именно против БВС относительно немного.

4.4. Подавление БВС средствами лазерного излучения

Функциональное подавление БВС средствами лазерного излучения (рисунок 11) является в настоящее время еще одним перспективным, но пока еще не получившим широкого распространения, способом противодействия БВС.



Рисунок 11 — Лазер-демонстратор MLD

Лазер, являющийся оптическим квантовым генератором, способен формировать сильный электромагнитный импульс в оптическом диапазоне волн с высокой плотностью энергии в весьма узком телесном угле. Свойство очень узкой направленности луча и высокая энергетическая плотность излучения позволяют применять лазер в качестве средства функционального подавления БВС.

Механизмы функционального поражения объектов лазерным оружием:

1. Непосредственное поражение электронных приборов путем прямого воздействия мощного узконаправленного лазерного электромагнитного импульса.
2. Выведение из строя объекта за счет вторичного индуцированного излучения плазмы, порождаемой взаимодействием сильного электромагнитного поля и твердого вещества.
3. Деструктивное воздействие на поверхностный слой материала цели, в результате лазерное излучение может разрушить тонкостенные оболочки тепловым или ударным воздействием. В этом случае поражающее действие лазерного оружия определяется в основном термомеханическим и ударно-импульсным воздействием лазерного луча на цель и достигается за счет нагревания до высоких температур материалов объекта. Это вызывает расплавление или даже испарение материалов (рисунок 12).

Действие лазерного излучения отличается внезапностью, скрытностью, отсутствием внешних признаков в виде огня, дыма, звука, высокой точностью, прямолинейностью распространения и практически мгновенным действием.

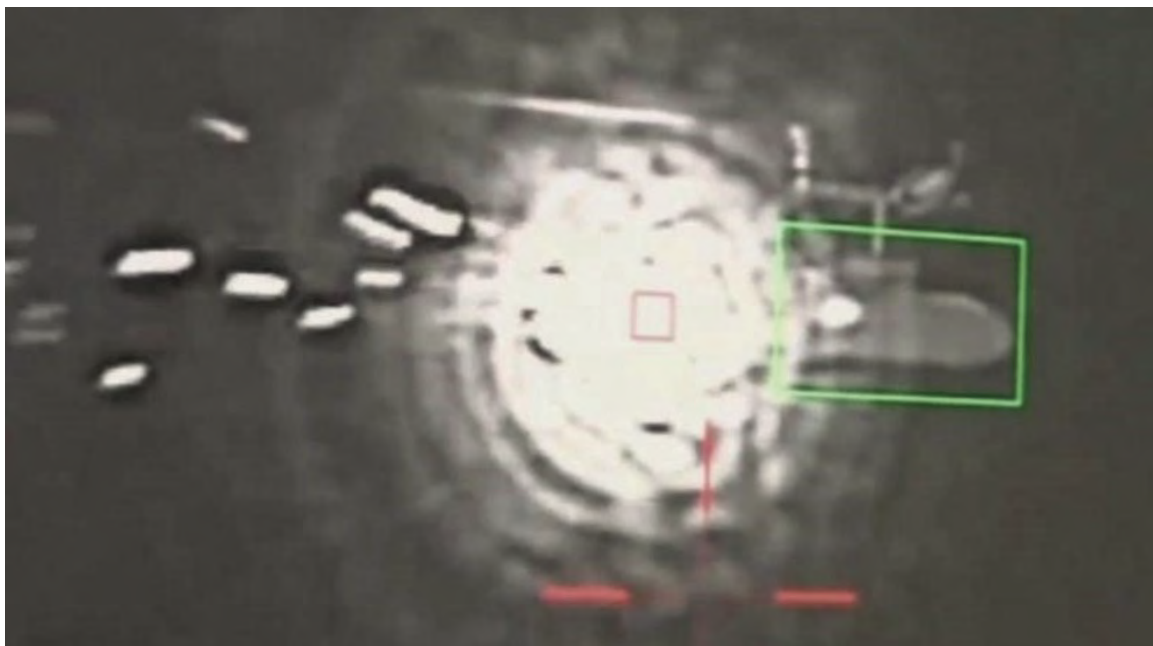


Рисунок 12 — Атака БВС системой лазерного излучения, съемка в инфракрасном диапазоне. Наблюдается разрушение конструкции БВС вследствие ее нагрева лазером

Одним из основных элементов БВС, подвергающихся лазерному излучению, является фото- видеоприемник. Рассмотрение воздействия излучения большой мощности на фотоприемники основывается на процессах взаимодействия лазерного излучения с полупроводниками, из которых изготавливают приемники оптического излучения.

Способ поражения БВС путем его нагрева зависит от мощности лазерного излучения и времени удержания его на БВС. Результаты испытаний показывают, что для теплового поражения БВС требуется удержание на нем лазерного луча мощностью 2кВт в течении 10-15 сек, а луча 20-50 кВт — 0,5-5 сек. Такая длительность удержания является проблемой на высоких дальностях поражения.

Сегодня функциональное подавление БВС является экспериментальной технологией. Результаты испытаний первых прототипов позволяют утверждать, что именно данный тип поражения БВС имеет высокую эффективность и наилучшие перспективы развития.

2.4. Подавление БВС носимыми комплексами противодействия

Комплекс «Стилет» (рисунок 13) предназначен для противодействия БВС ближнего действия путем радиоподавления каналов управления и их бортовых приемников навигационных сигналов [4].



Рисунок 13 — Носимый комплекс противодействия БВС «Стилет»

Данный комплекс применяют в рамках специальной военной операции на Украине, в ходе операции комплекс «Стилет» модернизируют на основе опыта использования.

Носимый комплекс противодействия БВС «Стилет» имеет максимальную дальность радиоподавления до 500 метров (в зависимости от мощности бортового передатчика) и весит 6 кг.

Ружье было представлено на выставке «Аэронет-2035» как средство противодействия малым беспилотникам. При наведении «Стилета» на БВС включаются помехи по каналу управления.

Комплекс «Пищаль-ПРО» (рисунок 13) предназначен для подавления каналов связи, управления и навигации БВС, позиционируется как самый легкий и, в то же время, мощный ручной комплекс как для индивидуального применения, так и в составе других комплексов.



Рисунок 14 — Носимый комплекс противодействия БВС «Пищаль-ПРО»

Он используется для нейтрализации средств тактической разведки на базе беспилотных воздушных судов и средств доставки взрывчатых и запрещенных веществ.

Его вес составляет 4 кг, а радиус действия — 4 км. Продолжительность непрерывной работы составляет не менее 1 часа.

Учитывая статистику отражения атак БВС в ходе специальной военной операции на Украине, можно сделать вывод о необходимости наличия средств противодействия БВС в подразделениях войск национальной гвардии для обеспечения выполнения служебно-боевых задач в различных условиях обстановки, защиты ВГО, охраняемых войсками, в том числе на приграничных территориях, от атак БВС. Кроме того, существует необходимость совершенствования и развития средств обнаружения и противодействия, так как противник вырабатывает способы применения БВС, способные обойти существующую защиту и нанести существенные удары по позициям войск и объектов.

Библиографический список

1. Деятельность войск национальной гвардии Российской Федерации в области развития робототехники и противодействия ее противоправному применению (в части беспилотных летательных аппаратов) [Текст]: информационный обзор: НИЦСИ Росгвардии. – М.: 2019.
2. Макаренко, С.И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам / С.И. Макаренко — изд. Наукоемкие технологии, 2020.
3. Противодействие БПЛА. Защита от дронов и квадрокоптеров // ao-avtomatika.ru [Электронный ресурс] 27.09.2020. — URL: www.ao-avtomatika.ru/media/blog/protivodeystvie-bpla-zashchita-ot-dronov-i-kvadrokoptero
4. Средства борьбы с беспилотниками // karneev.com [Электронный ресурс] 16.06.2021 — URL: www.karneev.com/stati/sredstva-borby-s-bespilotnikami/
5. Яшкин, С.Ю. Способы обнаружения техническими средствами охранной сигнализации беспилотных воздушных судов /С.Ю. Яшкин // Актуальные вопросы обеспечения безопасности объектов с использованием технических средств охраны : сборник научных трудов межвузовской научно-практической конференции, Пермь, 01 апреля 2022 года. – Пермь: ФГК ВОУВО «Пермский военный институт войск национальной гвардии /Российской Федерации», 2022. – С. 117-127. – EDN IITLFG.

УДК 539.3

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ЭКСТРУЗИИ

Суходоева А.А., доцент кафедры общепрофессиональных дисциплин (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье представлены результаты численного моделирования процесса экструзии как одного из самых распространенных способов производства различных материалов, в том числе полимерных. Рассмотрены возможности оптимизации технологического процесса, с целью получения бездефектных изделий.

Ключевые слова: экструзия; полимеры; пластические деформации; условие прочности; математическое моделирование; остаточные напряжения.

NUMERICAL STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF PRODUCTS DURING EXTRUSION

Sukhodoeva A.A., Associate Professor of General engineering disciplines (Ph.D. (Engineering)).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: sukhodoeva@yandex.ru

The article presents the results of numerical simulation of the extrusion process as one of the most common methods for the production of various materials, including polymers. The possibilities of optimizing the technological process in order to obtain defect-free products are considered.

Keywords: extrusion; polymers; plastic deformations; strength condition; math modeling; residual stresses.

Уровень развития цивилизации во многом определяется теми материалами, которые она использует. Новые материалы способны изменить облик нашего бытия. В древности широко применялся один вид материала – камень, затем удалось выплавить железо. Сейчас железо уступает место другим и прежде всего полимерам. Полимеры обладают более высокой прочностью, малым удельным весом, долговечностью, высокой антикоррозийной стойкостью, дешевизной, что объясняет их активное участие в совершенствовании конструкций вооружения и военной техники.

При возросших огневых возможностях новых видов оружия многократно увеличились требования к индивидуальным средствам защиты солдата на поле боя. С помощью полимерных материалов можно добиться увеличения срока службы и облегчения стрелкового и артиллерийского вооружения: магазины к карабинам, плечевые упоры, спусковые крючки, ложи, рукоятки, ствольные накладки, гильзы, сторающие вместе с боевыми зарядами, стволы для безоткатных орудий. Благодаря легкости, повышенным

механическим свойствам, облегченной технологии производства, низкой стоимости из пластиков изготавливаются кузова, кабины и различные детали автомобилей и других транспортных средств [1].

В последнее время полимеры все больше привлекаются для решения задач инженерного обеспечения боя. В условиях скоротечности и высокой динамичности современного боя сокращается время на возведение и оборудование защитных укрытий. Некоторые синтетические полимеры обладают и таким ценным качеством, как способность под влиянием нагрева и давления формоваться и затем устойчиво сохранять приданную им форму. Тем самым появляется возможность быстро изготавливать конструктивные элементы защитных укрытий непосредственно в полевых условиях [2].

Одним из самых распространенных способов производства изделий из металлов и полимеров неограниченной длины является экструзия. При экструзии расплав материала путем выдавливания проталкивается через формующую головку нужного профиля, так производят уголки, трубы, пластины, проволоку. Схема экструдера приведена на рисунке 1.

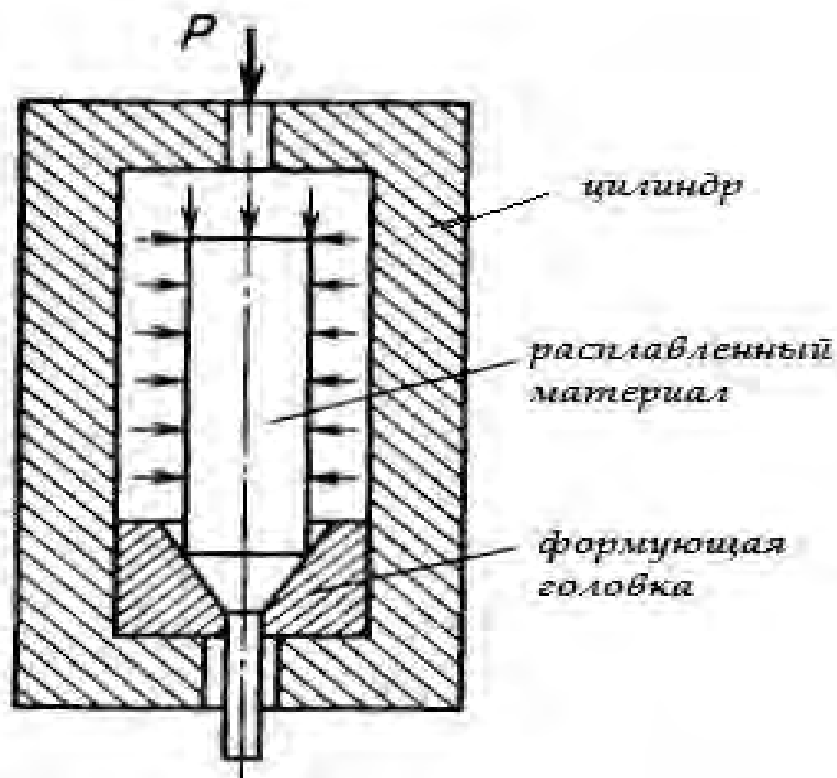


Рисунок 1 – Схема экструдера

Именно в формующей головке (матрице) происходит обжатие материала, в результате чего в нем возникают значительные пластические деформации и остаточные напряжения. Численное моделирование процесса экструзии позволяет подобрать оптимальные параметры технологического процесса для различных материалов: изотропных (металлы и сплавы), анизотропных (полимеры и композиционные материалы).

В работе была решена контактная задача в осесимметричной постановке для вязкоупругопластического полимерного материала, описываемого с помощью модели Ананда [3], включенной в перечень физических моделей многих программных комплексов. Физические соотношения имеют следующий вид:

$$\hat{\sigma} = {}^4\hat{C} \cdot (\hat{\varepsilon} - \hat{\varepsilon}_T - \hat{\varepsilon}_B),$$

$$\hat{\varepsilon}_T(\mathbf{x}, t) = \hat{E} \int_{T_0}^T \alpha(\mathbf{x}, T(\mathbf{x}, t)) dT$$

где ${}^4\hat{C}$ – тензор четвертого ранга упругих констант материала;

$\hat{\varepsilon}_e(\mathbf{x}, t) = \hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, t) - \hat{\varepsilon}_T(\mathbf{x}, t) - \hat{\varepsilon}_B(\mathbf{x}, t)$ – тензор упругих деформаций;

$\hat{\varepsilon}(\mathbf{x}, t)$ – тензор полных деформаций;

$\hat{\varepsilon}_T(\mathbf{x}, t)$ – тензор температурных деформаций;

$\hat{\varepsilon}_B(\mathbf{x}, t)$ – тензор вязких деформаций;

$\alpha(\mathbf{x}, T)$ – коэффициент температурного расширения материала;

T_0 – температура начала отсчета температурной деформации;

$\hat{E}$ – единичный тензор второго ранга.

Форма для выдавливания была сглажена для уменьшения напряжений, т. к. углы являются сильными концентраторами и могут стать причиной расхождения контактной задачи. Граничные условия задавались в перемещениях. Для их определения предварительно была решена задача, когда материал в цилиндре находился под действием внешнего давления. На рисунке 2 представлены распределения пластических деформации после выталкивания изделия из формы с нижнего торца путем приложения полученных значений осевых перемещений к противоположному торцу.

Можно наблюдать отсутствие деформаций на обоих концах, деформации растут к центру, максимальные значения достигаются в области места выхода заготовки. На рисунке 2,б незначительно изменили профиль формы, сделав ее выпуклой в зоне сужения, что привело к уменьшению деформаций, но их распределение стало неравномерным.

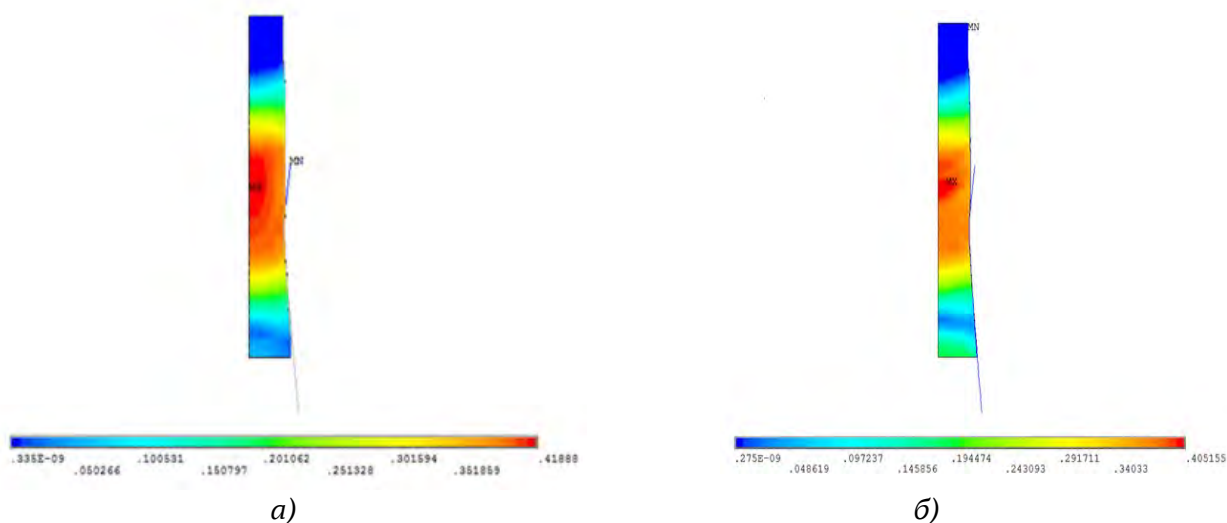


Рисунок 2 – Распределение пластических деформаций в головке экструдера

На рисунке 3 представлены распределения компонент остаточных напряжений и пластических деформаций по радиусу готового изделия в выбранном сечении при конкретной температуре 500 °С. Можем наблюдать рост от оси симметрии к свободному краю изделия радиальных и осевых деформаций при уменьшении окружных. Остаточные напряжения по всем компонентам увеличиваются к свободному краю.

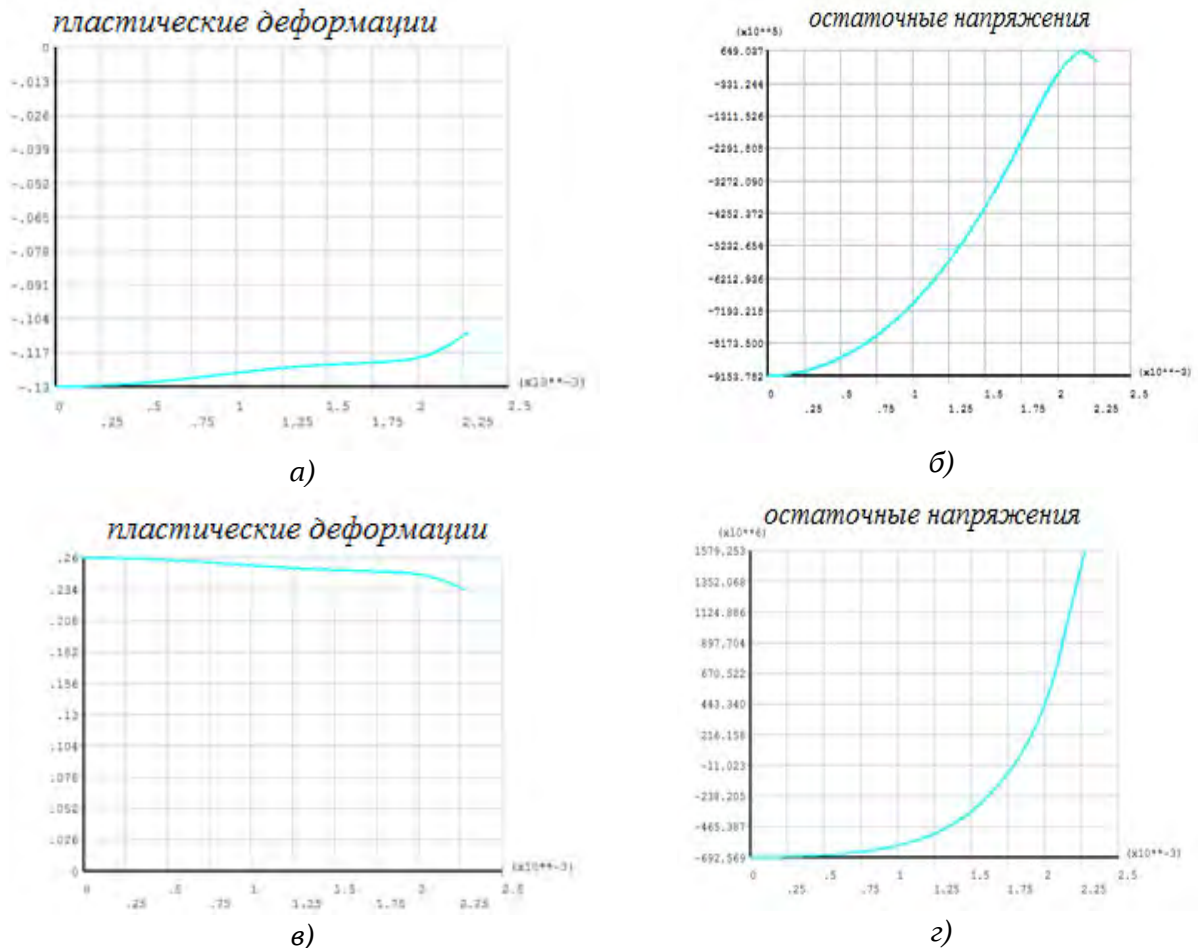


Рисунок 3 – Распределение пластических деформаций и остаточных напряжений:
а, б – в радиальном направлении; в, г – в окружном направлении

В данной постановке можно решать задачи волочения (вытягивания материала), принципиальным отличием будет только место приложения перемещений – противоположный торец. На рисунке 4 показаны графики зависимостей напряжений от деформаций для титанового сплава при различных температурах, но при постоянной скорости деформации 10^{-4} с^{-1} .

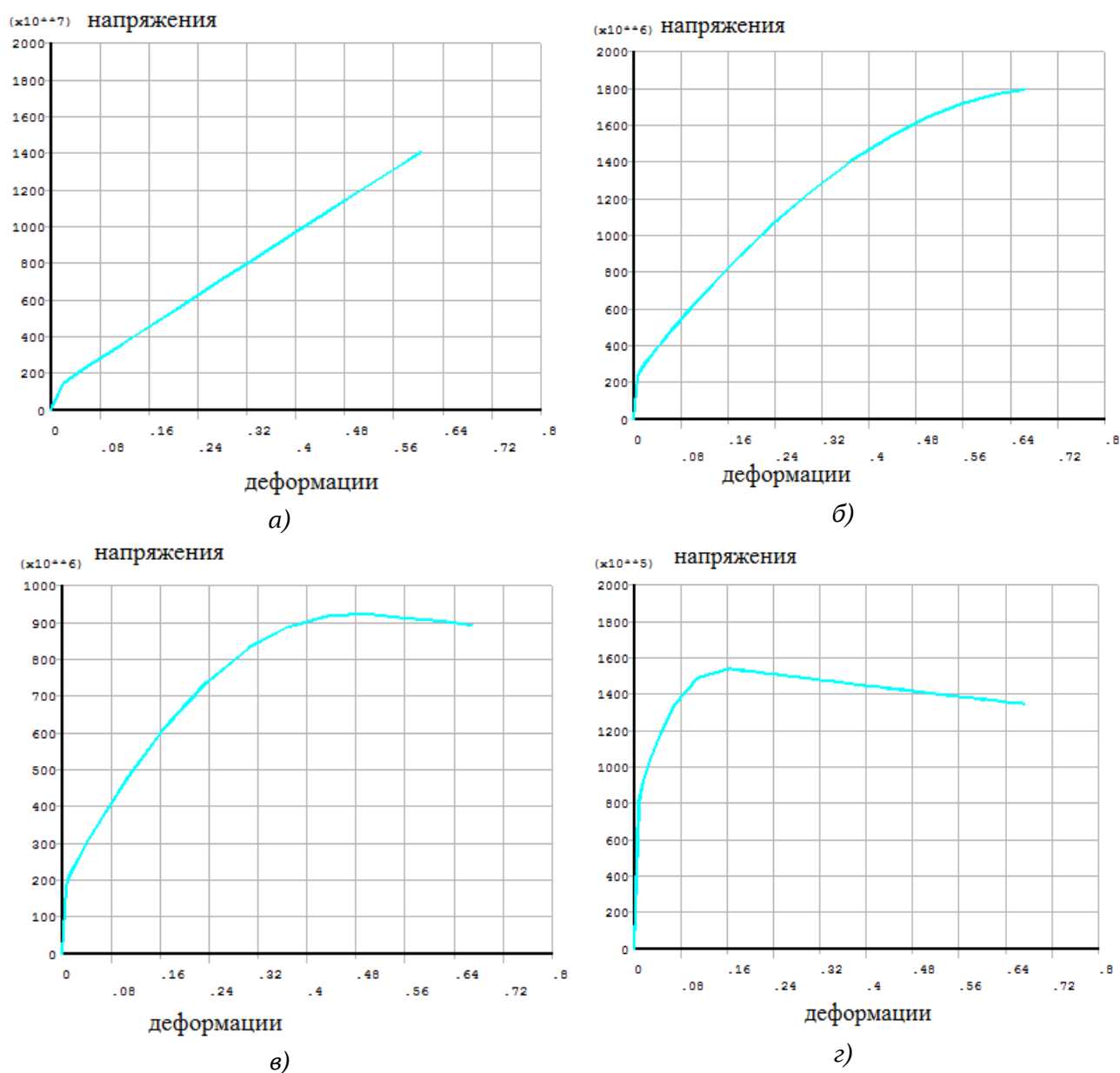


Рисунок 4 – Зависимость напряжений от деформации при температурах:
 а – 20 °C, б – 700 °C, в – 800 °C, з – 1100 °C

При температуре 20°C изменение напряжения происходит по линейному закону, при температуре 700°C упругое поведение сменяется пластическим, наблюдается рост напряжений. При температуре 800 °C появляется участок с разупрочнением и, судя по рисунку 4, з, он растет с увеличением температуры.

Таким образом, численное моделирование процессов экструзии и волочения позволяет подобрать более рациональную форму готового изделия с точными размерами и минимальным количеством дефектов, а также оптимизировать технологический процесс, выбрав необходимые температуру, давление, коэффициент трения, скорость деформации.

Библиографический список

1. Оборина И.А. Требования к механическим свойствам материалов, применяемых в военной технике и вооружении // Тез. докл. межвуз. конф. Пермь, 31марта 2021г. Пермь: изд-во ПВИ войск национальной гвардии, 2021. С.80-83.

2. Суходоева А.А. Композиционные материалы в современной военной технике и вооружении // Тез. докл. межвуз. конф. Пермь, 23 октября 2019 г. Пермь: изд-во ПВИ войск национальной гвардии, 2019. С. 224-230.

3. Brown S.B., Kim K.H., Anand L. An internal variable constitutive model for hot working of metals // International Journal of Plasticity. 1989. Vol. 5. Pp. 95-130.

УДК 629/358.119.1

АНАЛИЗ ЭЖЕКТОРНОЙ ОЧИСТКИ ВОЗДУХА В СИСТЕМАХ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

Сьянов С.Л., доцент кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем факультета (связи), (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: hydrolics@ya.ru.

В статье рассматриваются вопросы защиты дыхательной системы экипажей ствольной артиллерии от пороховых газов после выстрела с помощью эжекторной очистки воздуха. Исследованы корпусные конструкции эжекторов применяемых для защиты экипажей от пороховых газов. Выявлены направления по совершенствованию конструкций эжекторных систем. Предложены пути улучшения продувки ствола после выстрела и тем самым снижения проникновения пороховых газов в дыхательные пути экипажей ствольных вооружений.

Ключевые слова: эжектор; очистка воздуха; Simcenter STAR-CCM+: Ansys CFX.

ANALYSIS OF THE PROCESS OF PERCEPTION OF INFORMATION AND USE OF IT TO INCREASE THE EFFICIENCY OF LEARNING

Syanov S.L., Associate Professor of the Department of Computer Engineering and Automated Systems Software (Candidate of Technical Sciences)

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: hydrolics@ya.ru

The article deals with the issues of protecting the respiratory system of the crews of barrel artillery from powder gases after firing with the help of ejector air purification. The case designs of ejectors used to protect crews from powder gases are investigated. Directions for improving the designs of ejector systems have been identified. The ways of improving the barrel purging after firing and thereby reducing the penetration of powder gases into the respiratory tract of the crews of barrel weapons are proposed.

Keywords: ejector; air purification; Simcenter STAR-CCM+:Ansys CFX.

Как показал опыт боевых действий СВО, танк в ближайшей перспективе не может быть заменен какой-либо системой оружия. От экипажа танка зависит эффективность танка в бою. Поэтому вопрос защиты экипажа является одним из важнейших для выполнения боевой задачи. Защита современных танков идет в основном по следующим направлениям [1]:

избежание обнаружения;
избежание попадания;

если попали, избежание пробития брони;

если попали и броня пробита, избежание катастрофического повреждения внутри машины.

Избежание пробития брони исторически начальный способ защиты экипажа [2]. Современные решения, связанные с помещением экипажа в специальную бронекapsулу, полностью изолированную от боекомплекта и топливных баков, применены в танке на платформе «Армата» [1], хотя большинство разработок остаются в рамках отсутствия бронекapsулы. Поражающими факторами для экипажей являются не только механические воздействия от боеприпасов. General Dynamics представила новейшую боевую машину MPF (рисунок 1) [3].



Рисунок 1 – Танк MPF с видимой частью эжекционной системы

На стволе орудия можно увидеть элемент эжекционной системы продувки от пороховых газов. Испытания Пентагоном 38-тонного танка, серийное производство которого намечено в 2025 году и разработкой которого занимается компания General Dynamics Land Systems (GDLS), показали, что, когда экипаж ведёт огонь из основного орудия, токсичные газы, образующиеся при выстреле, попадают в кабину боевой машины [4]. В результате этого на испытаниях экипажу танка приходилось работать с открытыми люками, чтобы проветривать кабину от токсичных газов, образующихся после выстрела из основного орудия. Это сразу ставит под угрозу экипаж в случае радиационного заражения местности. Коэффициент ослабления доз радиации конструкционными материалами у средних танков должен быть для нейтронного потока на уровне 3.3, а для гамма излучения на уровне 10 [5]. Одно из решений, которые предполагается сделать – внедрить систему продувки в зоне экипажа для удаления газов [3]. Подобная система продувки известна и внедрена на танке Т-72, где используется устройство, защищающее членов экипажа от отравления пороховыми газами. Оно состоит из фильтро-вентиляционной установки

системы противоатомной защиты (ПАЗ), подпоромера трубчатого типа, электрической цепи стрельбы из пушки и блокировочных элементов стабилизатора [6]. При этом одним из основных элементов системы продувки ствола остается эжектор (рисунок 2) [7].

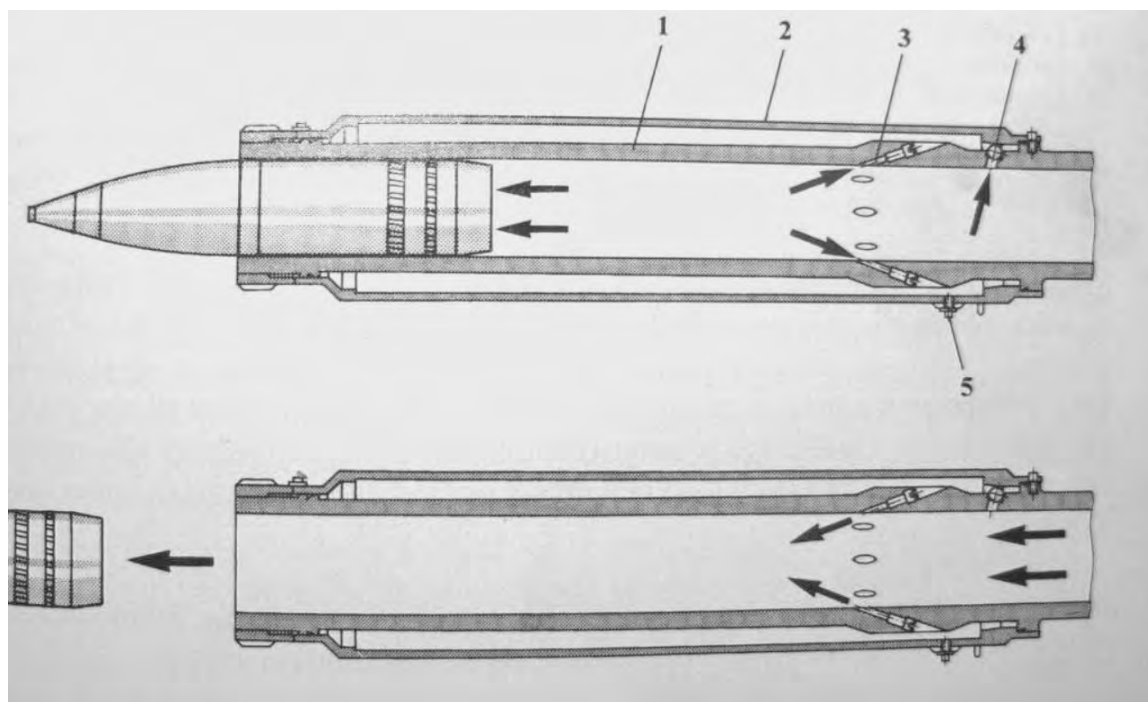


Рисунок 2 – Принцип работы стволового эжектора: 1 – ствол; 2 – кожух ресивера; 3 – сопло; 4 – шариковый клапан

Российский танк с видимой частью эжекционной системы на стволе (рисунок 3) [7].



Рисунок 3 – Эжектор на стволе танка Т-90

Разработка эжекционной системы Германии (рисунок 4) [8].



Рисунок 4 – Эжектор на стволе танка Leopard 2

Механизм эжекции основан на уравнении Бернулли, где при повышении скорости потока происходит падение давления. И в зону пониженного давления устремляются потоки пороховых газов находящихся между казенником и эжектором. Эжектор представляет собой стальную камеру, охватывающую некоторую часть ствола, в стенках которого равномерно по окружности просверливаются отверстия, наклоненные к оси канала под определенным углом. Дополнительно в стенке делается отверстие с шариковым клапаном для обеспечения впуска пороховых газов и их отсечки после выстрела. При падении давления в канале ствола ниже давления камеры эжектора произойдет отсечка клапаном поступления в камеру пороховых газов и начнется их истечение через наклонные сопла в сторону дульного среза. В образующуюся область разрежения устремляются пороховые газы, оставшиеся в канале ствола и гильзе. Однако для окончательной очистки ствола от пороховых газов со стороны казенной части необходимо поступление чистого воздуха в период окончания действия эжекции газа. Для обеспечения этого эффекта время работы эжектора должно быть несколько больше, чем откроется затвор и произойдет выброс гильзы. Это позволяет избавиться от пороховых газов не только из канала ствола, но и части газов, попавших в боевое отделение. Количество отверстий, их размеры и конфигурация относительно друг друга, удаление от дульного среза, объем и форма камеры и давление в ней пороховых газов рассчитывают исходя из возможности создания небольшого разрежения в сечении входа. Поэтому пути совершенствования эжекторной системы очистки воздуха в боевом отделении должны быть направлены на оптимизацию этих характеристик. В рамках инженерной теории решить такую задачу можно лишь приближенно. Трехмерная геометрия камеры, нестационарная задача, сжимаемость среды, возможность использования различных зарядов и боевых частей увеличивает сложность и дополнительные варианты расчетов. Наиболее оптимально провести такие вычисления в расчетных пакетах программ Ansys CFX или Simcenter STAR-CCM+, где есть не только возможность построения 3-D модели расчетной области, но и выбор физических характеристик, параметров разбиения расчетной области на элементы, решателей итоговой системы уравнений. Традиционно, с точки зрения простоты

изготовления, в системах ствольной артиллерии Российской Федерации используется осесимметричный эжектор (рисунок 3), позволяя равномерно по периметру ствола удалять пороховые газы. Артиллерийские системы США(Абрамс) и Германии(Леопард) обычно используют ассиметричные эжекторы. Первые модели эжекторов Леопард 1 имели симметричную конструкцию, но крепление к стволу было ассиметричным. К настоящему времени эжектор приобрел полностью ассиметричную форму с ассиметричным креплением к стволу (рисунок 4). Первые попытки использования симметричных эжекторов пока неудачны (рисунок 4). Тем не менее ассиметричная форма представляет интерес по следующим позициям:

- возможность снизить потери внутри эжектора;
- перераспределить потоки газа.

Снижение потерь напора внутри эжектора при оптимизации формы приводит к увеличению скорости потока и тем самым улучшению продувки в стволе. На (рисунок 4) видны скругленные торцевые поверхности эжектора. Обычно в этих зонах скорость потока падает и негативно влияет на процесс истечения. Это так называемые застойные зоны. Они ярко проявляются при цилиндрических эжекторах, когда угол между боковой и торцевой поверхностью эжектора достигает 90 градусов.

Перераспределение потока пороховых газов (рисунок 4) осуществляется за счет осевого смещения эжектора относительно оси ствола. Это дает возможность увеличить скорость истечения газов и сделать ассиметричное разрежение по сечению ствола. При этом за счет диаметральной ассиметричности потока газа появляется возможность подсоса свежего воздуха не только через казенную часть, а и через дульный срез. Конкретные размеры и параметры эжекторной системы для эффективной работы безусловно будут определяться конструктивными входными параметрами вооружения

Таким образом, анализ конструктивных особенностей и принципов работы российских и зарубежных эжекторных систем ствольной артиллерии позволил наметить пути их совершенствования.

Библиографический список

1. Защита современных отечественных танков текущее положение возможные направления развития [Электронный ресурс]. URL: http://btvt.narod.ru/1/armor_world/armor_world2.htm (дата обращения: 30.03.23).
2. Холявский, Г.А. Энциклопедия бронетехники. Гусеничные боевые машины. Мн.: Харвест, 2001.
3. General Dynamics unveils its newest MPF combat vehicle [Электронный ресурс]. URL: <https://defence-blog.com/general-dynamics-unveils-its-newest-mpf-combat-vehicle/> (дата обращения: 30.03.23).
4. Пентагон ищет решение проблемы с токсичными газами, попадающими в кабину перспективного танка MPF после выстрела [Электронный ресурс]. URL: <https://topwar.ru/210172-pentagon-ischet-reshenie-problemy-s-toksichnymi-gazami-popadajushimi-v-kabinu-perspektivnogo-tanki-mpf-posle-vystrela.html> (дата обращения: 30.03.23).
5. Проблемы защиты экипажей боевых машин от радиации (1975) [Электронный ресурс]. URL: http://pentagonus.ru/publ/materialy_posvjashheny/1970_1990_gg/problemy_zashhity_ehkipazhej_boevykh_mashin_ot_radiacii_1975/120-1-0-1921 (дата обращения: 30.03.23).
6. Устройство для защиты экипажа танка от отравления пороховыми газами при стрельбе штатным снарядом [Электронный ресурс]. URL: <https://www.freepatent.ru/patents/2191961> (дата обращения: 30.03.23).
7. Как работает эжектор танковой пушки [Электронный ресурс]. URL: <https://voenchel.ru/index.php?newsid=6201> (дата обращения: 30.03.23).

8. Немецкий основной боевой танк “Leopard 2” [Электронный ресурс]. URL: <https://warfor.me/nemeczkiy-osnovnoj-boevoj-tank-leopard-2/> (дата обращения: 30.03.23).

УДК 623-9
ББК 34.96

ОСОБЕННОСТИ ТАКТИКИ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ БЫСТРОРАЗВЁРТЫВАЕМЫХ ТСО В ПУНКТАХ ВРЕМЕННОЙ ДИСЛОКАЦИИ

Ташков Д.Ю., (старший преподаватель кафедры инженерно-технических средств охраны факультета (инженерного обеспечения)).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: dimondlion@mail.ru

Саидов М.Г., курсант.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье рассматриваются подходы к разработке перспективных мобильных быстроразвёртываемых ТСО с точки зрения тактики организации охраны и обороны пунктов временной дислокации войск.

Ключевые слова: пункт временной дислокации; тактика охраны; мобильные быстроразвёртываемые средства обнаружения; зоны безопасности; маскируемость; радиоканальные системы.

FEATURES OF THE TACTICS OF USING MOBILE FAST-DEPLOYABLE TMP IN TEMPORARY DEPLOYMENT POINTS

Tashkov D.Y., Senior Instructor of the Department of Engineering and Technical Security Equipment.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: dimondlion@mail.ru

Saidov M.G., (cadet of the faculty (engineering support)).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

The article discusses approaches to the development of promising mobile fast-deployable TMP from the point of view of tactics of organizing the protection and defense of temporary deployment points of troops.

Keywords: temporary deployment point; security tactics; mobile quick-deployable detection means; security zones; disguise; radio channel systems.

В процессе боевой подготовки (полевые учения и выходы, лагерные сборы, длительные марши с суточным отдыхом), в случае выполнения задач при чрезвычайном положении и в зонах вооруженных конфликтов, при ликвидации последствий катастроф и стихийных бедствий, а также при выполнении других задач, связанных с нахождением войск вне пунктов постоянной дислокации (базирования), воинские части (подразделения) войск национальной гвардии размещаются в пунктах временной дислокации (далее – ПВД).

При размещении подразделения в ПВД организуется сторожевое и непосредственное охранения, которые являются основными элементами системы охраны и обороны. Инженерное оборудование ПВД должно обеспечить наибольшую защиту войск и объектов,

а также создать условия для успешного выполнения задач охраны и отражения нападения незаконных вооруженных формирований (далее – НВФ). Неоднократные нападения и обстрелы районов расположения войск в ходе контртеррористической операции на Северном Кавказе заставили пересмотреть всю систему охраны и обороны ПВД и мест несения службы. Вокруг всех ПВД (на удалении до 1000 м), а также мест несения службы (на удалении до 500 м) созданы «зоны безопасности». Охрана ПВД организуется и осуществляется с целями не допустить проникновения разведки НВФ в район расположения своих подразделений, исключить внезапное нападение на них и обеспечить охраняемым войскам время и выгодные условия для развертывания (приведения в боевую готовность). То есть, смысл мероприятий охраны ПВД заключается в исключении возможности посторонним лицам приближаться к районам расположения войск на расстояние ближе 1000 м.

При выполнении задачи оборудования ПВД инженерно-техническими средствами, как правило, применяют мобильные быстроразвертываемые средства охранной сигнализации (далее – МБСОС) для оперативного создания временных рубежей сигнализации (охраны) на неподготовленной местности. Это становится ясно из того факта, что оперативное время оборудования полевого лагеря становится одной из важнейших тактических характеристик.

МБСОС решают две различные задачи [2]:

1. Осуществляют малозаметное временное сигнализационное блокирование внешнего периметра зоны безопасности, обнаруживая нарушителей, пересекающих рубеж.
2. Ведут скрытную инженерно-техническую разведку на контролируемой площади в местах вероятного появления нарушителей, сигнализируя о их появлении.

Существенными преимуществами МБСОС перед традиционными стационарными средствами охранной сигнализации (далее – СОС), применяемых для охраны собственных и важных государственных объектов, являются:

- меньшее время развертывания, масса, габариты, энергопотребление;
- мобильность, быстрая перегруппировка средств в зависимости от изменений обстановки, достигая максимальной эффективности охраны;
- возможность установки на инженерно неподготовленной местности;
- малозаметность или маскируемость;
- радиоканальные пульта отображения информации обеспечивают тактическую гибкость управления системой охраны;
- отсутствие или минимум технического обслуживания в течение времени нахождения в ПВД.

Анализ существующих отечественных МБСОС показывает, что они в основном рассчитаны на охрану временного размещённых войск, вооружения и военной техники, блокируя как рубежи, так и подступы к ним, после чего составные части комплекса либо сворачиваются (развертываются в другом месте или же после техобслуживания сдаются на склад военно-технического имущества), либо, в ряде случаев, уничтожаются. МБСОС могут изменять местоположение в зависимости от оперативной обстановки. Передача информации осуществляется посредством радиоканала (как правило), в том числе с использованием ретрансляторов. В этом случае МБСОС может комплектоваться несколькими переносными пультами, обеспечивающими тактическую гибкость [2].

В качестве примера тактического применения рассмотрим МБСОС «Паутина-М», который в своём составе содержит радиоволновые, радиолучевые, обрывные, сейсмические и инфракрасные средства обнаружения. Применяемые далее аббревиатуры раскрыты в документации на данный комплекс БАЗК.425624.016 РЭ [7].

Структура радиосети комплекса, показанная на рисунке 1, позволяет организовать совокупность линейных участков рубежей охраны, охраняемые площадки сплошного контроля, зоны охраны групповыми комбинированными средствами охраны с оптимальной конфигурацией и составом.

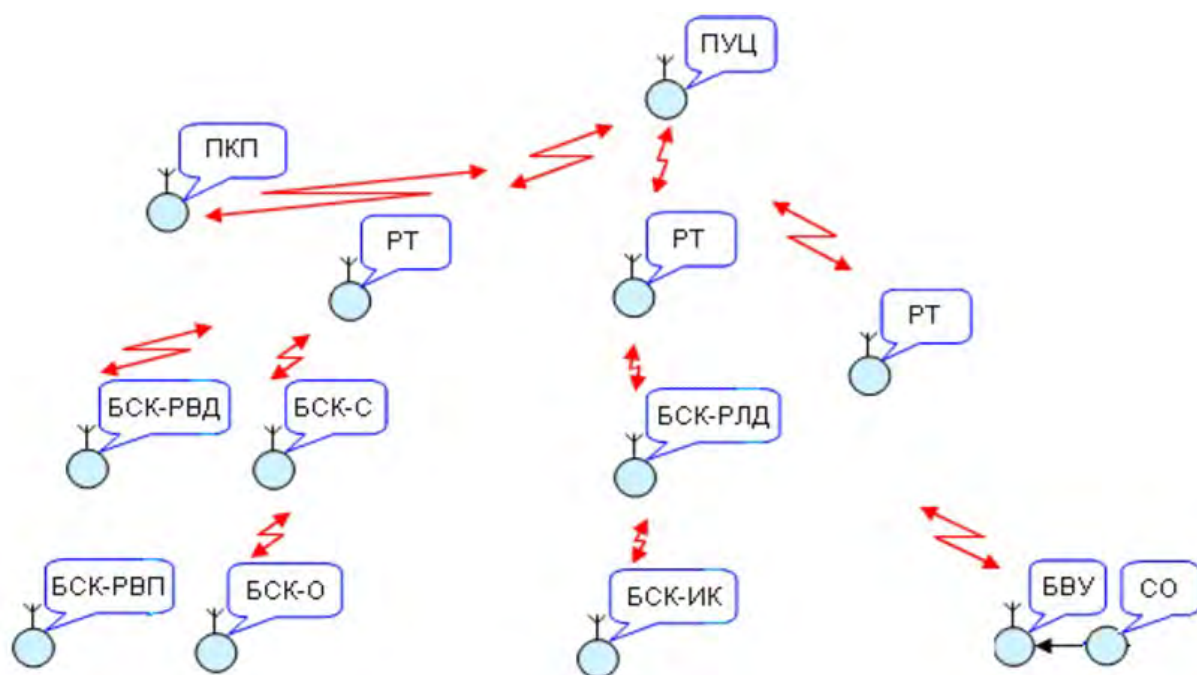
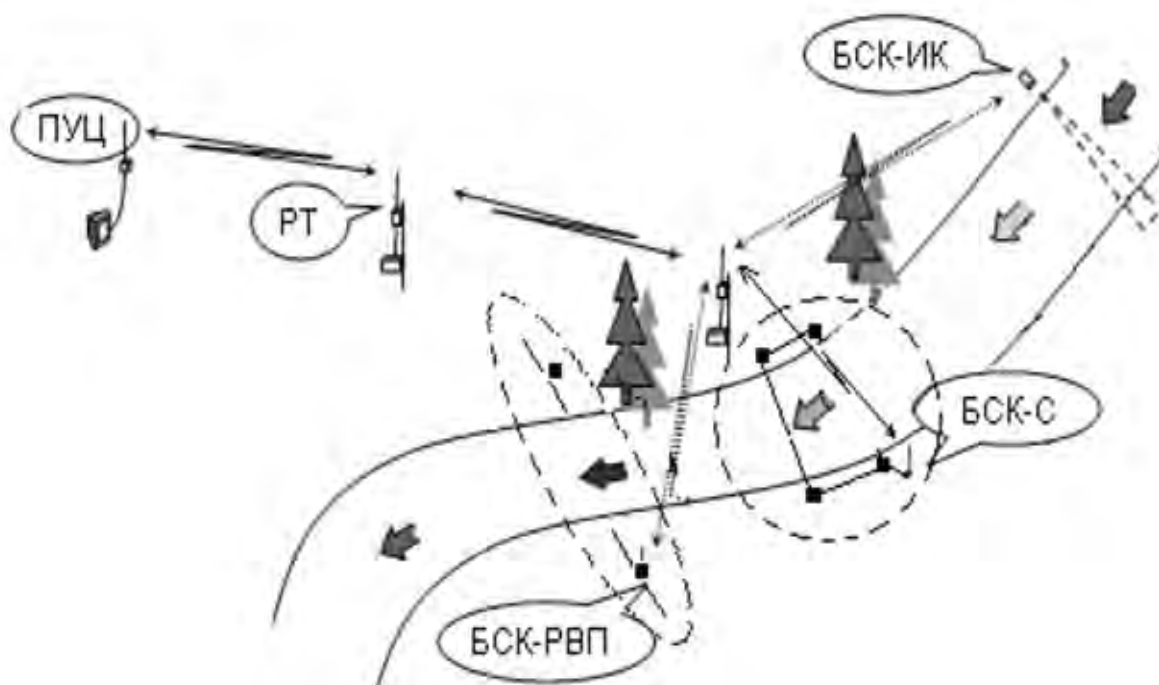
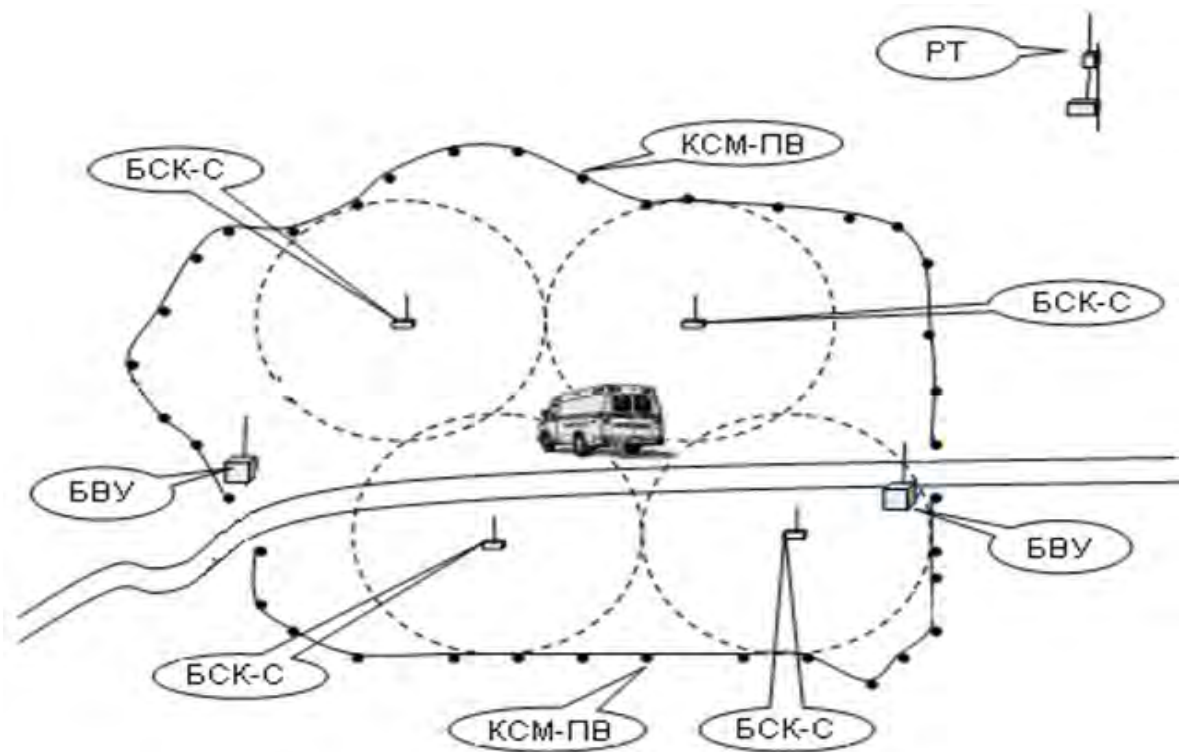


Рисунок 1 – Структура МБСОС «Паутина-М»

На рисунке 2 приведены варианты боевого применения МБСОС «Паутина-М». Применяемые для создания зон охраны датчики при этом могут задаваться с центрального пульта управления в совместной логике работы по схеме ИЛИ/И.



а)



б)

Рисунок 2 – Примеры боевого применения МБСОС «Паутина-М» для создания:
а) участков блокирования дорог и троп; б) быстроразвёртываемой локальной зоны охраны

Считается, что основные ТТХ стационарных СОС заметно превосходят характеристики МБСОС. Необходимо заметить, что вопросами сравнительной эффективности традиционных заградительных охранных систем для периметров важных объектов и быстроразвертываемых охранных систем в различное время посвящены достаточно серьезные исследования [3].

Примем для проведения оценки достаточно часто используемый частный показатель эффективности, характеризующий обнаружительные способности системы, в виде:

$$P_{об} = K_r \cdot P_{обн} \cdot P_{пзо}$$

где K_r - коэффициент готовности сигнализационного средства;

$P_{обн}$ - вероятность обнаружения нарушителя при условии попадании его в зону обнаружения;

$P_{пзо}$ - вероятность попадания нарушителя в зону обнаружения.

Очевидно, что для традиционных систем охраны периметров, вероятность попадания нарушителя в зону обнаружения при преодолении им охраняемого рубежа стремится к 1. Для МБСОС значение вероятности попадания нарушителя в зону обнаружения при преодолении им охраняемого рубежа может изменяться в пределах от 0 до 1, и существенно зависит от тактических факторов применения. Эмпирическая оценка значений, входящих в данное выражение, показывает, что величина лежит в пределах от 0,53 до 0,67 [4, 5].

Таким образом, можно сделать вывод, что в тактическом плане МБСОС и не должны подменять существующую систему охраны и обороны войск в ПВД, а должна применяться с целью повышения надёжности заблаговременного обнаружения НВФ на наиболее опасных направлениях подхода и способствовать эффективному распределению сил охраны и обороны [1].

Исходя из данного вывода следует сосредоточиться не на доведении обнаружительных способностей до недостижимого совершенства, а на развитии тактико-технических характеристик, подчёркивающих тактические преимущества применения МБСОС.

Боевым опытом подтверждается востребованность в войсках (включая войска министерства обороны при выполнении ими боевых задач) проводно-обрывных СОС. Но ведь известно, что вследствие неустойчивости полезных признаков, проводно-обрывные СОС обладают наименьшей сигнализационной надёжностью. Несмотря на это, вследствие простого устройства и малой стоимости, они получили наибольшее распространение в нашей стране, в то время как за рубежом практически не применяются. А происходит это потому что, в попытке применить хорошо зарекомендовавшие себя физические принципы для стационарных СОС производители пытаются привнести в МБСОС, невольно делая при этом комплекс МБСОС достаточно дорогим, что в свою очередь приводит в войсках к чрезмерной «бережливости» в отношении этих образцов [6].

Основной задачей перспективных МБСОС и комплексов на их основе является предупреждение о приближении нарушителя к объекту или о нахождении его в некотором контролируемом районе, а также корректировка действий сил охраны. Для этого разрабатываемые МБСОС должны быть «привязаны» к местности, что обеспечивало бы при выдаче сигнала «Тревога» отображение местоположения на электронной карте (схеме) или представление его координат. Перспективные системы должны иметь возможность применения не только самостоятельно, но и совместно с инженерными заграждениями (в том числе с минно-взрывными), должно предусматриваться оперативное оповещение сил охраны и обороны на соответствующих направлениях (с использованием штатных средств связи и автоматизированных систем управления). Особое внимание следует уделять маскируемости элементов МБСОС на местности, помехоустойчивости радиосигнальных каналов связи.

При выборе физических принципов действия сенсоров, входящих в состав комплекса МБСОС, следует учитывать, что их объектами обнаружения являются в основном вооруженные люди (группы боевиков) и транспорт.

МБСОС, как и стационарные СОС, делятся на активные и пассивные. В первых нарушитель обнаруживается по его взаимодействию со специально сформированным электромагнитным полем; вследствие этого отсутствует радиомаскируемость, потребляется повышенная мощность, однако они обладают в целом более высокими основными тактико-техническими характеристиками. Вторые обнаруживают нарушителя по вносимым им изменениям в существующее физическое поле, обладают радио- и, как правило, визуальной маскируемостью (установка в грунт).

Исходя из рассмотренного в статье подхода с тактической стороны использования МБСОС следует сосредоточить внимание разработчиков на использовании комбинации сейсмических, магнитометрических, акустических и пассивных инфракрасных принципах действия. Из активных принципов действия хорошо подходят линии вытекающей волны для применения в маскируемом исполнении.

Библиографический список

1. Звежинский С.С. О сигнализационной надёжности периметровых средств обнаружения // БДИ. 2004. № 2.
2. Справочник основных терминов и определений офицераспециалиста технических средств охраны внутренних войск МВД России под общ. ред. А.А. Заровнятных и В.В. Баранова. – М.: Редакция журнала «На боевом посту», 2014.
3. Старенков И.А., Шульгин П.В. «Оценка эффективности системы физической защиты охраняемого объекта». Альманах ПВИ ВНГ РФ. Серия: технические науки и военное дело. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2020. – № 2(2). – 129 с.

4. Иванов И.В., Яшкин С.Ю. «Военно-экономический анализ эффективности боевого применения радиоканального технического средства охранной сигнализации в пункте временной дислокации». Альманах ПВИ ВНГ РФ. Серия: технические науки и военное дело. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2021. – № 4(4). – 451 с.

5. Шульгин П.В., Успенко В.Б., Старенков И.А. «Обеспечение безопасности охраняемых объектов войсками национальной гвардии». Альманах ПВИ ВНГ РФ. Серия: технические науки и военное дело. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2021. – № 4(4). – 451 с.

6. Шепитько Г.Е., Медведев И.И. Проблемы безопасности объектов. –М.: Академия экономической безопасности МВД России, 2005. - 120 с.

7. Руководство по эксплуатации БСК «Паутина-М». Часть 1. Описание, работа и развёртывание. БАЖК.425624.016 РЭ.

УДК 535.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ЮСТИРОВОЧНОЙ АППАРАТУРЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Чурсин А.А., доцент, (доцент кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

В статье рассмотрены основные положения проверки военных оптических приборов с помощью контрольно-юстировочной и измерительной аппаратуры. Определены основные причины возникновения неисправностей и погрешностей в оптико-электронных приборах.

Ключевые слова: оптические приборы; юстировочные приборы; фокусное расстояние; коллиматор; зрительные трубы.

USE OF CONTROL AND ADJUSTMENT EQUIPMENT FOR CHECKING OPTO-ELECTRONIC DEVICES

Chursin A.A., Associate Professor Department of Operation of Artillery Arms (Associate Professor).

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.

E-mail: chursin2017@inbox.ru

The article discusses the main provisions of the verification of military optical instruments with the help of control-adjustment and measuring equipment. The main causes of malfunctions and measurement errors in opto-electronic devices are determined.

Keywords: optical devices; adjusting devices; focal length; collimator; spotting scopes.

Артиллерийские приборы входят в состав разведывательно - огневого артиллерийского и стрелкового комплекса (оптико-электронные приборы наблюдения и разведки, приборы управления и прицеливания и др.) и во многом определяют эффективность его применения. Чем точнее оптический прицел, тем меньше времени и боеприпасов (патронов) требуется для поражения цели.

Для поддержания установленных характеристик электронно-оптических приборов в требуемых границах на протяжении всех этапов (производства, эксплуатации, ремонта и хранения) проводится проверка и выверка (юстировка) не только отдельных деталей и приборов, но и комплексов вооружения.

Создание оптико-электронного прибора, эксплуатация и его ремонт невозможны без контроля его параметров как в процессе производства или ремонта, так и после окончательной сборки.

Многообразие военных приборов, а значит и их уникальное устройство, определяет разный подход конструкторов и специалистов, эксплуатирующих и ремонтирующих приборы в боевых условиях, к решению задач технологии производства оптических

приборов, проверки и выверки (юстировки).

Невозможно представить себе боевые действия без применения оптико-электронных приборов. До 75 % информации о противнике получают с помощью соответствующих электронно-оптических приборов.

Очень большое количество информации получают путем визуального наблюдения с помощью оптических и оптико-электронных приборов (далее ОЭП). К ним относятся дневные оптические средства разведки и наблюдения, ночные и тепловизионные средства разведки и наблюдения, лазерные дальномеры и целеуказатели - дальномеры, а также комплексы ОЭП подвижных разведывательных пунктов и др.

Современный прибор содержит, как правило, кроме оптических деталей (линзы, призмы, зеркала и др.) механические детали (оправы оптических деталей, корпус прибора, приводные механизмы и др.) и электронно-оптические блоки [1; 2].

В процессе производства и ремонта прибора возникает необходимость знаний основных вопросов технологического процесса сборки, юстировки и контроля отдельных блоков, оптических деталей и узлов, а так же и оптико - электронного прибора в целом.

В процессе производства, эксплуатации и ремонта прибора необходимо проверять его параметры (фокусное расстояние, угловое поле, увеличение, относительное отверстие, качество изображения полностью собранного прибора и др.), проводить юстировку отдельных узлов в ходе сборки и прибора в целом после завершения операций процесса сборки.

Требования, предъявляемые к тем или иным процессам производства, формулируются специалистами по этим процессам и фиксируются в соответствующей нормативно-технической и справочной документации (ГОСТ), отражающей передовой научно-технический опыт.

Устройство и применение контрольно-юстировочных приборов взаимосвязано с особенностями устройства и эксплуатации различных типов оптико-электронных приборов и направлено на получение наилучших эксплуатационных характеристик оптико - электронных приборов. Для решения этих задач большое значение имеет изучение основ сборки, юстировки и контроля оптико-электронных приборов.

В комплексах машин управления огнем наземной артиллерии, в подразделениях артиллерийской разведки применяется большое количество различных приборов, которые можно разделить на несколько групп:

оптические приборы (бинокли, буссоли, разведывательные и топогеодезические теодолиты, стереодальномеры, визиры, перископические приборы);

электронно-оптические приборы (лазерные дальномеры, приборы ночного видения (ПНВ)).

Оптико-механическими (оптическими) приборами принято называть такие приборы, основную функцию которых выполняет оптическая система.

Оптико-механические приборы, получившие широкое распространение во многих областях науки и техники (в том числе и военной), выпускаются промышленностью многих стран мира и в достаточно больших количествах. Эти приборы относятся к изделиям точного приборостроения и разнообразны по конструктивному оформлению и назначению.

Современные оптико-механические приборы часто являются сложными измерительными или счетно-решающими комплексами, в которые, кроме оптических систем и точных механизмов, входят различные электронные устройства и системы автоматики.

Технологический процесс сборки оптико-механических приборов является сложным процессом, а его проектирование иногда требует проведения научно-исследовательских работ.

Приборы характеризуются работоспособностью.

Работоспособность - это состояние объекта, при котором он выполняет заданные функции с заданными характеристиками, в определенных условиях эксплуатации и в

течение требуемого интервала времени.

Работоспособность характеризует качество прибора и является свойством, которое состоит из четырех единичных свойств - безотказности, долговечности, сохраняемости и ремонтпригодности.

Основными параметрами, проверяемыми практически у всех приборов являются [3]: состояние оптических деталей; действие механизмов; мертвый ход угломерных механизмов; действие зажимных устройств и фиксаторов; наклон сетки; наклон изображения; параллельность оптических осей бинокулярных приборов; намагниченность стрелки буссоли; свечение экрана электронно-оптического преобразователя; работа потенциометра регулировки яркости прицельного знака; дальность видения в прибор ночью; влажность воздуха в приборах имеющих специальные краны осушки; работа подсветки сетки; состояние укладочных ящиков и комплектность прибора.

При проверке юстировки приборов определяется расположенность оптических деталей относительно друг друга, а также согласованность оптической системы с его механической частью.

Разъюстировка приборов происходит от боевых повреждений, резких ударов, падений, а также в результате небрежной транспортировки к месту эксплуатации.

К наиболее часто встречающимся видам разъюстировки приборов относятся: нарушения положения горизонтирующего уровня, параллакс сетки, наклон изображения, наклон сетки, непараллельность оптических осей (двоение изображения у бинокулярных приборов); неправильная установка и несогласованность шкал механизмов, непараллельность линий визирования оптической системы и дополнительного визира [4].

Основные юстировочные операции.

Параллакс сетки - это несовпадение изображения бесконечно удаленного предмета с сеткой (сетка неточно установлена в фокальной плоскости объектива), при этом не удается одновременно наблюдать через окуляр резкое изображение предмета и делений сетки, что приводит к погрешности измерений (прицеливания) по сетке. Проверяется на коллиматоре наблюдением его мира через испытываемую трубу.

Нерезкое изображение сетки при резком изображении мира или сетки коллиматора (при фокусировке окуляром) устраняется перемещением сетки испытываемой трубы.

Установка шкалы диоптрий на нуль позволяет правильно установить окуляр для компенсации близорукости или дальнозоркости глаз военнослужащего.

Деления шкалы диоптрий должны быть правильными, что позволяет компенсировать недостатки глаз при наблюдении без очков; проверяют их с помощью коллиматора и диоптрийной трубки. Окуляр испытываемой трубы перемещают и шкалу диоптрий устанавливают на выбранные деления, затем добиваются резкого изображения мира или сетки коллиматора перемещением объектива диоптрийной трубки; показания шкалы трубки и шкалы диоптрий испытываемой трубы должны быть одинаковыми; допускается отклонение не более 0,25 диоптрий.

Причины погрешности [5]: ошибки делений шкалы, осевой люфт окулярной резьбы, недопустимое отклонение фокусного расстояния окуляра и реже ошибки в нарезании резьбы. Если у испытываемой трубы имеется сетка, установленная без параллакса, то контроль шкалы диоптрий должен проводиться по сетке с помощью диоптрийной трубки. Можно пользоваться и наблюдательной трубой, установленной на бесконечность.

Причинами погрешностей могут быть: отклонение фокусного расстояния объектива, ошибки при нанесении делений.

Наклонность изображения в призмённых и зеркальных системах появляется при нарушении расположения самих призм и зеркал. Поэтому в процессе сборки проводят проверку наклона изображения на коллиматоре с помощью наблюдательной трубы, штрих сетки которой устанавливают в середине пары штрихов - допусков сетки коллиматора.

Разность увеличений в трубах бинокулярных приборов может появиться из-за отклонения фокусных расстояний объектива и окуляра, поэтому осуществляют

комплектовку их по фокусным расстояниям. Заметная разность увеличений (грубее 5%) приводит к затруднению в стереоскопическом восприятии, глаза наблюдателя быстрее устают, появляется двоение изображения.

В результате контроля можно выявить приборы с недопустимыми отклонениями характеристик, определить их причины и, если не удастся эти приборы или их узлы отъюстировать, то необходимо наметить мероприятия, исключающие недопустимые отклонения.

Контрольно-юстировочными приборами [6] называются измерительные приборы, с помощью которых проводится контроль и приемка параметров отдельных деталей и узлов в процессе производства, а также юстировка при сборке с целью получения требуемых характеристик оптико-электронной системы.

Контрольно-юстировочные (КЮ) приборы общего назначения служат для юстировки и контроля общих для всех приборов данного вида свойств. Кроме КЮ приборов общего назначения применяются специальные КЮ приборы юстировки и контроля свойств, для какого то специального прибора. Ряд специальных КЮ приборов комплектуется из приборов общего назначения.

КЮ приборы большей частью являются оптическими приборами (это зрительные трубки, динаметры, автоколлимационные трубки, микроскопы и др.). Для юстировки оптико-электронной аппаратуры применяются также электроаппаратура и индикаторы (осциллографы, гальванометры, авометры и др.).

Процесс юстировки сопровождается контролем изделий и определением конструктивных элементов оптических систем.

Как указано ранее, несмотря на большое количество и разнообразие оптических приборов, их можно подразделить на 9 групп, в соответствии с характером их оптических систем: зрительные трубы, бинокли, микроскопы, фотоаппаратура и т. д. Поэтому хотя и небольшое количество контрольно - юстировочных приборов общего назначения вместе со специальными юстировочными приборами обеспечивают процессы юстировок всех оптических приборов.

Современные приборные электронно-оптические комплексы значительно превосходят по сложности штатные приборы. Развитие современных приборов связано с переходом от ручного к автоматическому измерению параметров приборов, от визуального тестирования (юстировки) параметров приборов к автоматическому тестированию, как на уровне блоков, так и на уровне модуля и прибора в целом. При таком подходе проверки от самого низкого уровня к наивысшему происходит увеличение тестовых допусков.

Основными направлениями развития контрольно-юстировочных приборов настоящее время являются:

- автоматизация процесса измерения расстояний, горизонтальных и вертикальных углов при юстировке приборов за счет использования приборов с автоматическим измерением и преобразование угла;

- автоматизация обработки измерений параметров.

Основным направлением разработки перспективных контрольно - юстировочных приборов является автоматизация процессов съема и обработки информации.

Современная сложная техника требует и повышения технической подготовки личного состава. Это требование обусловлено следующими факторами [7]:

- подготовка оптических приборов к применению, в настоящее время, ограничена жесткими временными рамками, выполняется, как правило, не отдельным человеком, а коллективом в строгом соответствии с заданной программой;

- в некоторых технических системах между человеком и оружием внедрено промежуточное звено - сложные системы управления, изменившие сам характер деятельности людей;

- использование новой техники связано с максимальным напряжением физических и умственных возможностей людей с постоянным дефицитом времени;

Научно-технический прогресс обеспечивает постоянное совершенствование образцов оборудования, в том числе и приборного. Усложняется их устройство, повышаются соответственно требования и к подготовке специалистов.

В служебной деятельности специалист службы артиллерийского вооружения должен выполнять:

осмотр каждого образца приборного оборудования и определение оценки его технического состояния;

разборка, сборка, юстировка и контроль оптических приборов (или их узлов);

подготовка приборов к применению и использованию по назначению.

Таким образом, для специалиста службы артиллерийского вооружения важно не только в совершенстве знать правила эксплуатации разнообразных приборов, глубоко понимать принципы их применения в различных условиях, но и уметь грамотно проводить юстировку (выверку) приборов, их техническое обслуживание и ремонт.

Библиографический список

1. ГОСТ 8.23883-83. Эксплуатация и ремонт изделий военной техники. Термины и определения. (Утверждено и введено в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам 01.01.1991 г.). Москва: Изд. стандартов, 1983.

2. Общее руководство по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения. Часть 4 Ремонт артиллерийских оптических и электронно-оптических приборов. М.: Воениздат, 1982.-144с.

3. Рыбаков А.Н., Пархоменко А.В., Бестужев Л.В. Сборка, юстировка и контроль оптико-электронных приборов. Ч. 1. [Текст]: учебное пособие / Основы ремонта оптико-электронных приборов. - Пенза: ПАИИ. 2006. - 238 с.

4. Руководство по метрологическому обеспечению Вооруженных сил Российской Федерации. (Введено приказом МО РФ № 3750 от 2012 г.).

5. Теория и расчет артиллерийских оптико-электронных приборов [Текст]: учеб, пособие / А. В. Пархоменко [и др.]. - Пенза: ПАИИ, 1999. - 256 с.

6. Проектирование артиллерийских прицелов [Текст]: учеб, пособие / А. В. Пархоменко [и др.]. - Пенза: ПАИИ, 2004. - 114 с.

7. Рыбаков, А. Н. Сборка, юстировка и контроль оптико-электронных приборов [Текст]: учеб, пособие. В 2 ч. Ч. I. Основы ремонта оптико - электронных приборов / А. Н. Рыбаков, А. В. Пархоменко, Л. В. Бестужев. Пенза: ПАИИ, 2006. - 238 с.

УДК 681.58

ПОСТРОЕНИЕ РЕКОНФИГУРИРУЕМОГО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ДАТЧИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ И НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Шилоносков А.В., доцент кафедры, кандидат педагогических наук.
Пермский военный институт войск национальной гвардии, Пермь.
Электронный адрес: artemjch@rambler.ru

Бердников А.А., профессор кафедры, доктор технических наук, доцент.
Пермский военный институт войск национальной гвардии, Пермь.
Электронный адрес: aa-berdnikov@mail.ru

Шангутов А.О., доцент кафедры, доктор военных наук, доцент.
Пермский военный институт войск национальной гвардии, Пермь.
Электронный адрес: army_5559@mail.ru

В статье рассматривается возможность построения реконфигурируемого интеллектуального датчика, обеспечивающего точность измеряемой величины с использованием аппарата искусственных нейронных сетей и нечеткой логики для функционирования в условиях влияния внешних деструктивных воздействий.

Ключевые слова: интеллектуальный датчик; искусственные нейронные сети; нечеткая логика; точность измерения; деструктивные воздействия.

CONSTRUCTION OF A RECONFIGURABLE INTELLIGENT SENSOR USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS AND FUZZY LOGIC

Shilonosov A.V., Associate Professor of the Department, Candidate of Pedagogical Sciences.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.
E-mail: artemjch@rambler.ru

Berdnikov A.A., Professor of the Department, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.
E-mail: aa-berdnikov@mail.ru

Shangutov A.O., Associate Professor of the Department, Doctor of Military Sciences, Associate Professor.

Perm Military Institute of the National Guard Troops, Perm.
E-mail: army_5559@mail.ru

The article considers the possibility of constructing a reconfigurable intelligent sensor that ensures the accuracy of the measured value using artificial neural networks and fuzzy logic for functioning under the influence of external destructive influences.

Keywords: intelligent sensor; artificial neural networks; fuzzy logic; measurement accuracy.

Актуальность статьи обусловлена продолжением развития концепции построения интеллектуальных датчиков, в которых цифровые преобразователи, выполненные с использованием современных интеллектуальных технологий, преобразуют измерительную систему в локальную реконфигурируемую подсистему управления. Такие устройства получили название актюаторы – устройства преобразования одного вида энергии в другую, как функционального элемента большей системы управления. Подобные актюаторы целесообразно использовать в системах управления сложных динамических объектов, функционирующих в экстремальных условиях эксплуатации, связанные с внешним деструктивным воздействием.

В действующем ГОСТ Р 8.673-2009 «Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные. Основные термины и определения», где под интеллектуальным датчиком (ИД) раскрыто понятие адаптивного датчика, с возможностью коррекции погрешности, возникающей в результате воздействия влияющих величин за счет изменения алгоритмов работы с функцией метрологического самоконтроля. Основное отличие интеллектуальных датчиков состоит в способности самостоятельной адаптивной настройки при изменении условий эксплуатации [6].

На результат, получаемый от датчиков и измерительной системы в целом оказывают влияние такие деструктивные характеристики, как влажность, существенное изменение температурного градиента, наличие активных веществ в приборном отсеке, вибрации, удары, электромагнитное, ионизированное излучение и пр. [9]. Влияющие деструктивные факторы на измерительную систему необходимо идентифицировать и учитывать при съеме текущей информации, причем за минимальное время. Поэтому возникает необходимость разрабатывать такую измерительную систему, которая обеспечивает высокую точность съема информации и высокое быстродействие.

Проведенный анализ научной литературы [1, 3, 8] позволяет прийти к выводу, что разработка интеллектуальных датчиков на сегодняшний день является востребованной. Под интеллектуальным датчиком многие исследователи рассматривают измерительный прибор со встроенной электроникой с минимальным набором требуемых функциональных блоков (рис. 1). Под реконфигурируемым интеллектуальным датчиком понимается измерительный прибор, который можно переконфигурировать для решения необходимых задач в разных условиях применения без внесения изменений на аппаратном уровне [8].

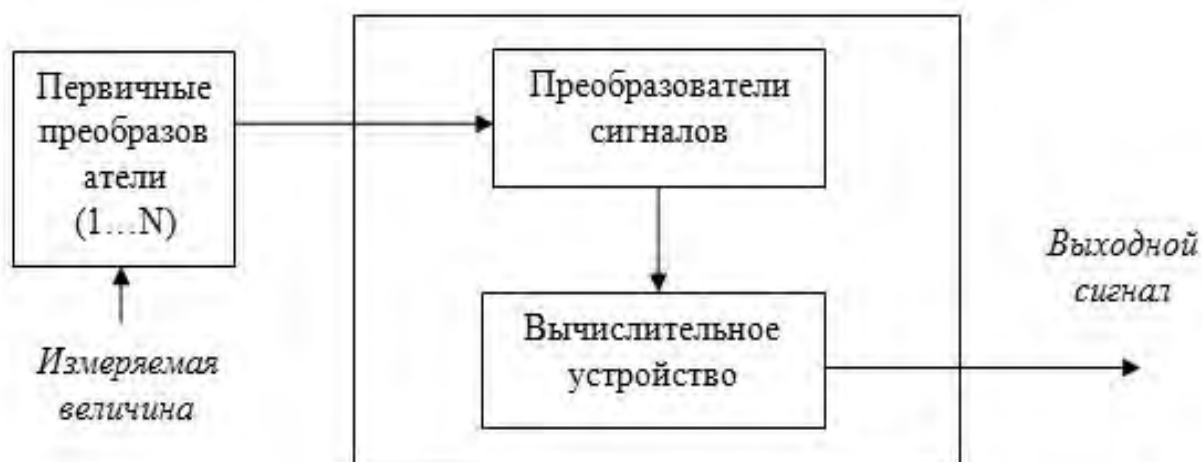


Рисунок 1 – Схема с функциональными блоками интеллектуального датчика

К функциям интеллектуального датчика, которые могут быть применены в сложных динамических объектах управления, выполняющих задачи в условиях деструктивного воздействия, следует отнести:

длительный, (необслуживаемый) режим работы в течение нескольких месяцев или нескольких лет;

высокая точность измеряемых величин и максимальная надёжность при функционировании в экстремальных условиях;

адаптивная коррекция измеряемой величины, наличие автокалибровки;

при необходимости наличие режимов временного отключения электропитания;

трансляция и хранение параметров телеметрии;

наличие возможности экстраполяции (прогнозирования) телеметрических параметров в случае краткосрочных прерываний работы при возникновении сбоев или отказов.

Рассмотрим особенность учета влияния внешних деструктивных факторов на точность работы измерительного прибора.

В качестве основной измеряемой величины прибора примем следующую запись [8]:

$$A = F(U, I), \quad (1)$$

где A - величина, измеряемая прибором;

F - характеристики, от которых зависит измеряемая величина;

U, I - электрические сигналы на выходе прибора.

На выходе измерительного прибора, как правило, образуется ток I и напряжение U , далее примем для сокращения запись U .

С учётом влияния деструктивных факторов преобразуем запись (1) основной измеряемой величины к следующему виду:

$$A = F(U) + K + Z, \quad (2)$$

где K - деструктивный фактор, влияющий на измеряемую величину;

Z - требуемая калибровочная характеристика измерительного прибора, обусловленная его индивидуальными особенностями.

Деструктивный фактор на влияющую величину представим в следующем общем виде:

$$K = F(f(B_k)), \quad (3)$$

где B_k - деструктивная влияющая величина на точность прибора;

$f(B_k)$ - передаточная функция деструктивной влияющей величины;

$F(f(B_k))$ - функция преобразования деструктивной влияющей величины.

Влияющий деструктивный фактор может состоять из нескольких компонентов. Выражение для одномерного влияющего фактора и соответствующей требуемой коррекции примет следующий вид:

$$K = \sum_{j=1}^K b_j \cdot \phi_j(u). \quad (4)$$

Выражение, учитывающее коррекцию с учетом двух влияющих деструктивных факторов можно записать в следующем виде:

$$K = \sum_{j=1}^K b_j \cdot \phi_j(u, B). \quad (5)$$

Требуемые калибровочные характеристики, учитывающие деструктивные влияющие факторы запишем следующим образом:

$$Z = Z(U) = \sum_{i=0}^N z_i x^i, \quad (6)$$

где x - текущие значения в калибровочных точках прибора;

z - требуемые поправочные коэффициенты;

Для повышения точности датчиков, на сегодняшний день калибровка реализована с использованием табличных значений, которые получены при стендовых испытаниях и учитывают влияние деструктивного фактора.

Вместе с этим при длительной эксплуатации измерительных приборов также снижается их точность, это обусловлено влиянием так называемого «временного дрейфа». Временной дрейф не зависит от основной измеряемой величины, но его также следует учитывать:

$$A = F(u) + F_t(t) \quad (7)$$

С учетом выражений (3), (6), (7), общее уравнение (2) примет следующий вид:

$$A = F(u) + F_k(B_k) + F_t(t) + Z \quad (8)$$

$F(u)$ - основные характеристики, от которых зависит измеряемая величина;

$F_k(B_k)$ - требуемая коррекция с учётом деструктивного фактора;

$F_t(t)$ - требуемая коррекция с учётом влияния временного дрейфа (в зависимости от продолжительности эксплуатации прибора требуемая коррекция нуля);

Z - требуемая коррекция, учитывающая особенности калибровочной характеристики конкретного измерительного прибора.

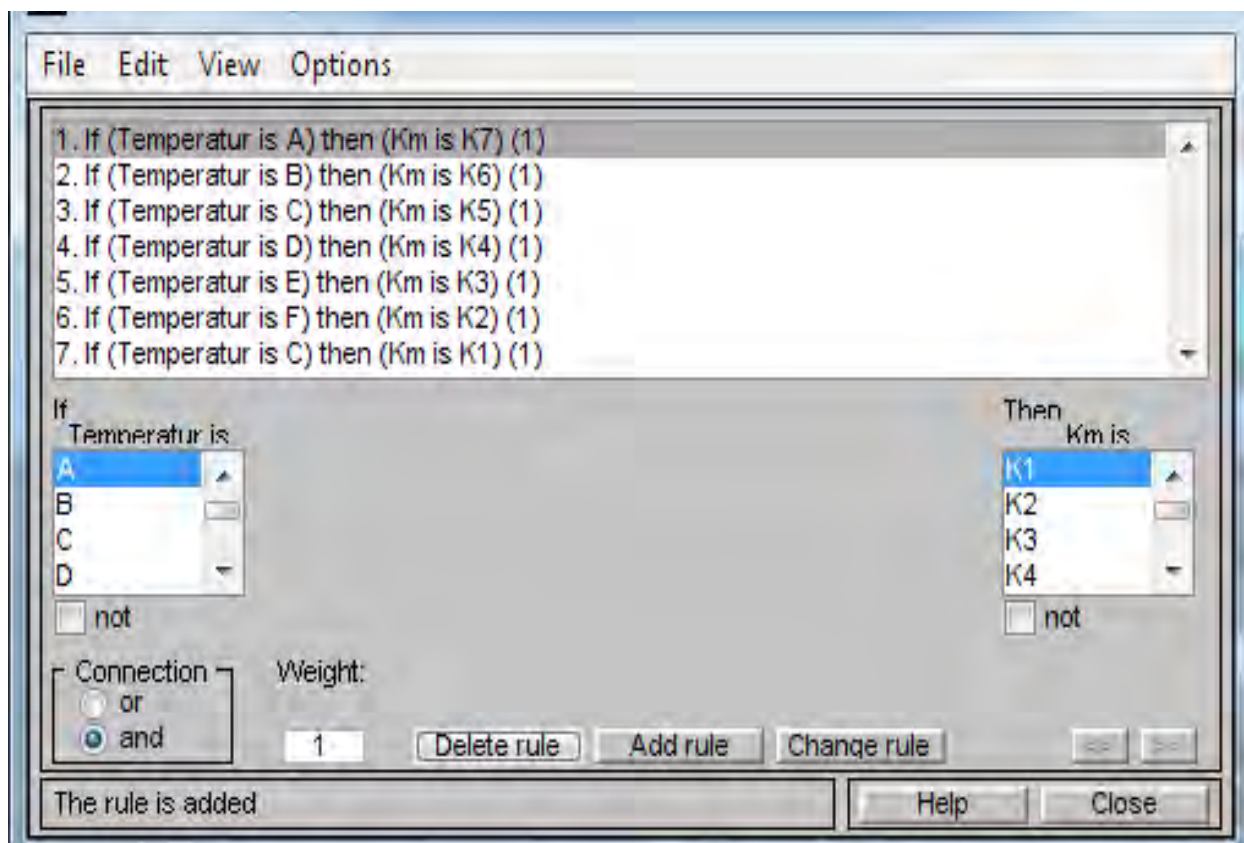
В полученном уравнении учтено влияние деструктивных факторов, необходимость коррекции временного дрейфа измерительного прибора, необходимость учета соответствующих калибровочных поправок. Предлагается данные факторы, влияющие на точность интеллектуального датчика компенсировать соответствующими алгоритмами. Для

этого в режиме статических испытаний на стендах проводится анализ влияющих деструктивных факторов и составляются таблицы зависимости, их записывают в память процессора. Сама алгоритмическая компенсация при получении итоговой информации от измерителей заключается в следующем:

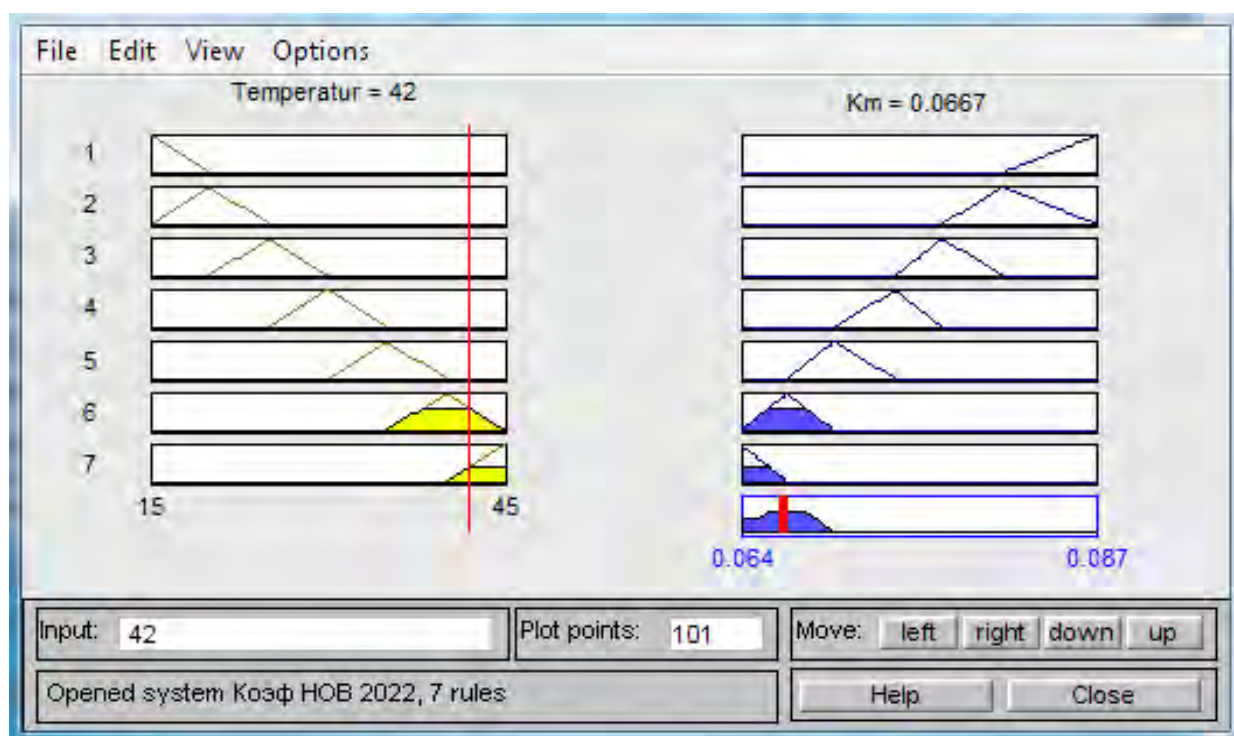
- производится идентификация деструктивных факторов;
- осуществляется выбор из таблиц соответствия необходимой поправочной величины;
- вычисляется поправочный коэффициент с учетом всех требуемых коррекций и умножается на выходной сигнал измерителя.

Имея зависимость поправочных значений для влияющей величины в виде таблицы соответствия, остается погрешность вычисления, которая тем меньше, чем сложнее способ аппроксимации, но при увеличении точности идентификации поправочного коэффициента увеличивается сложность расчетов, что в свою очередь увеличивает задействование ресурсов бортовой цифровой вычислительной машины в геометрической прогрессии.

Данную погрешность предлагается минимизировать с использованием алгоритма вывода нечетких терм множеств, за счет «размывания» на всем диапазоне значений поправочного коэффициента, требуемые текущие значения соответствующих поправочных коэффициентов вычисляются используя базы нечетких логических правил (рис. 2).



a)



б)

Рисунок 2 – а) логические правила зависимости масштабного коэффициента от температуры в FIS редакторе; б) вывод значения масштабного коэффициента с использованием нечеткой логики

На рисунке 3 с использованием графического отображения представлены результаты трех подходов для уточнения поправочного коэффициента измерительного прибора, позволяющие учитывать влияющие деструктивные факторы.

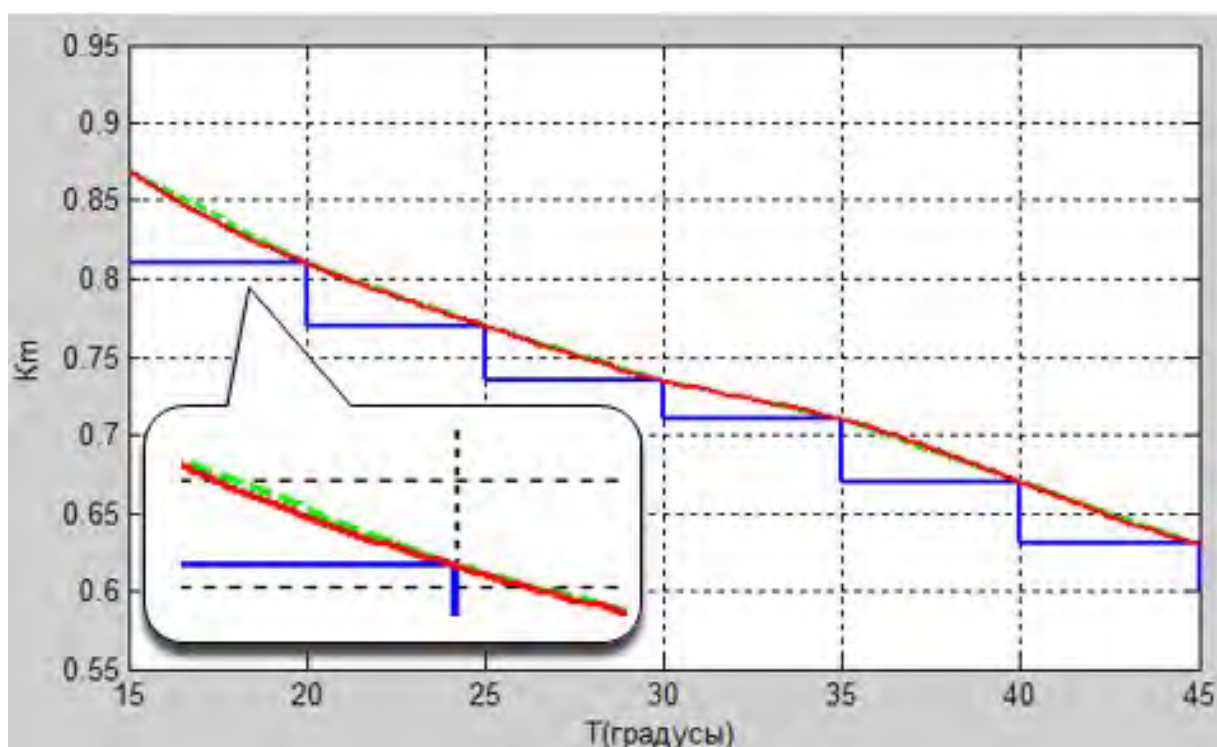


Рисунок 3 – Результат сравнения трех подходов при уточнении масштабного коэффициента акселерометра с учетом деструктивного фактора (температуры) в бортовом отсеке

Ступенчатый график – уточнение Km с использованием поправочной таблицы. Непрерывная линия – уточнение Km с применением нечеткой логики. Прерывистая линия – уточнение Km с использованием интерполяционного подхода. На графике видно, что применение нечеткой логики и интерполяционного подхода в целом дает несущественное отклонение. Положительным моментом применения аппарата нечеткой логики является то, что данный метод требует меньших вычислительных ресурсов, чем при классической интерполяции.

Создание интеллектуального датчика (ИД) с алгоритмической компенсацией погрешностей возможна только при условии временной стабильности его параметров, однако, известна зависимость смещения нуля [2], которая с течением времени изменяется. Поэтому необходимо при расчете поправочного коэффициента учитывать дрейфа нуля, зависящий от продолжительности эксплуатации ИД, который может быть также реализован предложенным способом.

Вместе с этим для интеллектуальных датчиков, функционирующих в условиях внешних деструктивных воздействиях важно в случае отказов, сбоев и вынужденных прерываний системы управления выполнять восстановление утраченной измерительной информации [10]. Решение данной задачи осуществляется аппроксимацией или интерполяцией отсутствующих значений. В статье для этих целей предлагается использовать нейросетевой аппарат.

Вопросы выбора топологии, структуры искусственных нейронных сетей, количества слоев и нейронов, процедура обучения достаточно подробно описаны в работах [4, 5]. Схема с задействованием ИНС для восстановления отсутствующей информации за период прерывания работы системы управления с применением одной ИНС представлена на рисунке 3.



Рисунок 4 – Схема с ИНС для восстановления утраченной информации

В предложенной схеме рассмотрен вариант использования одной ИНС для восстановления отсутствующей информации в текущей последовательности телеметрической информации от измерительного прибора. Задействованную нейросеть обучают заблаговременно, до применения по ошибке рассогласования e_i .

На рисунке 4 представлен результат работы искусственной нейронной сети с прямым распространением сигнала. Причем целенаправленно взят участок телеметрической информации с наличием «выбросов» и некоторым зашумлением. Наглядно отображено, что ИНС достаточно точно восстанавливает утраченную информацию.

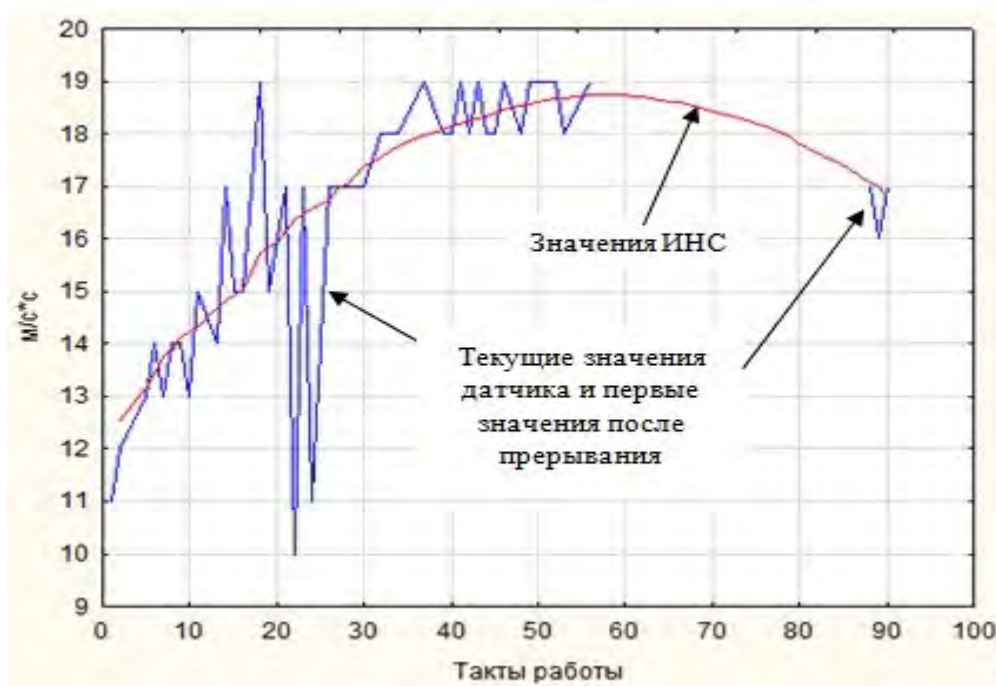


Рисунок 5 – Результаты работы искусственной нейронной сети при восстановлении отсутствующей информации в период вынужденного прерывания работы

Опытным путем установлено, что для решения данной задачи достаточно трехслойной ИНС с семью искусственными нейронами в скрытом слое. Наилучший результат был достигнут с использованием сигмоидальной функции в качестве функций активации нейронов скрытого слоя.

Немаловажным для интеллектуального датчика является реализация функции самоконтроля технического состояния, для этих целей предлагается добавить в схему эталонную модель (ЭМ), реализованную в качестве ИНС, и интеллектуальный классификатор с мажоритарной логикой «два из трех» с добавлением блока принятия решений (БПР), содержащим экспертную систему с задействованием нечеткой логики (рисунок 5) [7].

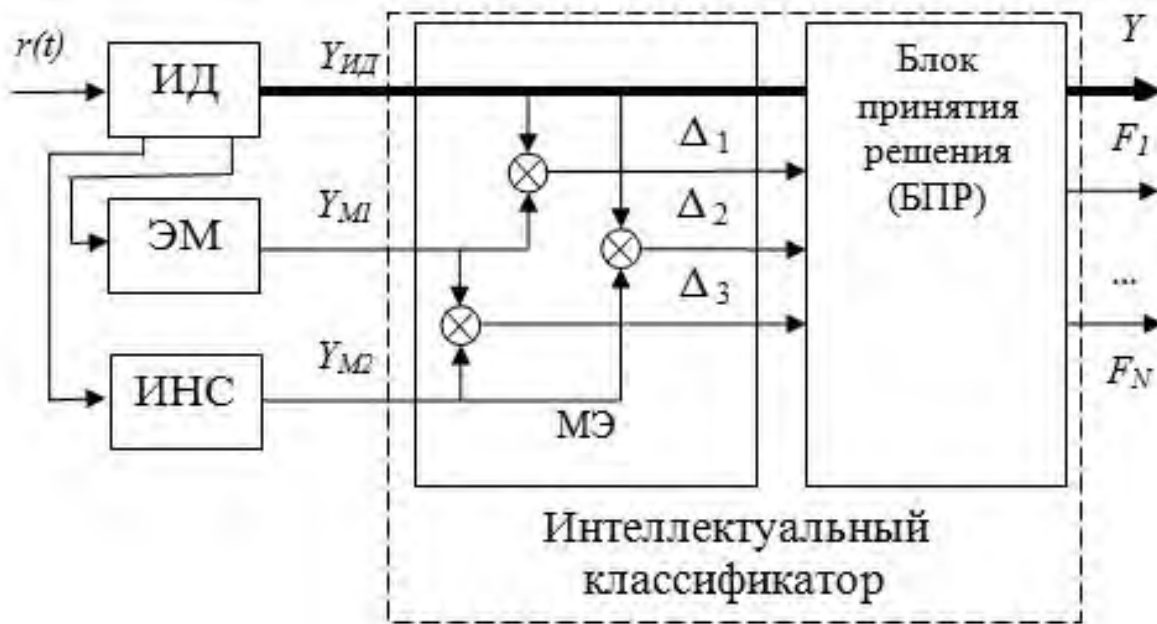


Рисунок 6 – Схема отказоустойчивого ИД с мажоритарным элементом и БПР, основанном на работе термножеств нечеткой логики

Где $\Delta_1 = Y_{ИД} - Y_{М1}$, $\Delta_2 = Y_{ИД} - Y_{М2}$, $\Delta_3 = Y_{М1} - Y_{М2}$ – погрешности между текущими векторами, полученные от датчика ($Y_{ИД}$), эталонной модели $Y_{М1}$ и ИНС, обеспечивающей восстановление отсутствующей информации $Y_{М2}$.

Представленная схема на рисунке 5 предполагает возможность распознавания отказов самого измерительного прибора и двух нейросетевых моделей. Для этого задаются значения лингвистической переменной: «Большое», «Малое» для компонентов векторов Δ_1 , Δ_2 , Δ_3 . В блоке принятия решений с использованием алгоритмов нечеткой логики задается система правил, по которым формируются выходные реакции $F_1, \dots, F_N$ (в данном случае их будет пять). Приведем в качестве примера правило, определяющее событие отказа блока с ИНС, участвующей в восстановлении отсутствующей информации:

ЕСЛИ (Δ_1 = Малое И Δ_2 = Большое И Δ_3 = Большое), ТО ($F_1 = 0$, $F_2 = 0$, $F_3 = 0$, $F_4 = 1$).

Подобным образом определяются правила для других вероятных отказов.



Рисунок 7 – Структурная схема реконфигурируемого интеллектуального датчика

На рисунке представлена доработанная структурная схема интеллектуального датчика, в которой помимо преобразователей сигнала из механического перемещения в электрическую компоненту, вычислительного блока, дополнительно включены блок коррекции для учета влияния деструктивных факторов, блок восстановления отсутствующей измерительной информации, блок самоконтроля.

Таким образом, в статье предложено развитие концепции построения реконфигурируемого интеллектуального датчика для обеспечения точными измеряемыми параметрами сложного динамического объекта, функционирующего в условиях внешнего деструктивного воздействия. Реконфигурирование интеллектуального датчика предполагается реализовывать с использованием программных алгоритмов, либо с использованием программируемых логических интегральных схем, что позволит при необходимости имеющийся датчик дополнить требуемыми функциями (коррекция с учетом деструктивных факторов, восстановление отсутствующей информации, самоконтроль).

Библиографический список

1. Абрамов Н.С., Заднепровский В.Ф., Талалаев А.А., Фраленко В.П. Применение искусственных нейронных сетей в задачах контроля и диагностики подсистем космических аппаратов // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 3; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=13242> (дата обращения: 15.10.2021).
2. Андреев В. Д. Теория инерциальной навигации. Корректируемые системы. - М.: Наука, 1967. - 648 с.
3. Белозубов Е.М., Васильев В.А., Чернов П.С. Метрологический самоконтроль в интеллектуальных датчиках для информационно-измерительных и управляющих систем. Материалы Международной научно-технической конференции. МИРЭА.: М. 2016 г. – С 95-98.
4. Буянкин, В. М. Применение искусственной нейронной сети в режиме идентификации динамических параметров электродвигателя // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». — 2006. — №3. — С. 25—30.
5. Буянкин, В. М. Нейроидентификация статических и динамических характеристик электропривода // Известия вузов. Машиностроение. — 2008. — №9. — С. 43—45.
6. ГОСТ Р 8.673-2009 Датчики интеллектуальные и системы измерительные интеллектуальные
7. Макаров А.С. Алгоритмы контроля и диагностики систем управления авиационными ГТД на основе нейросетевых моделей и нечеткой логики. Автореф. дис. канд. техн. наук. Специальность 05.13.01 г. Уфа, 2011 г. С.16
8. Марченко И.О. Система проектирования многофункциональных реконфигурируемых интеллектуальных датчиков – Дис. канд.техн.наук – Новосибирск: 2015 – 181 с.
9. Тесленко В.А. Датчики в системах сбора данных и управления / В.А. Тесленко // Промышленные измерения, контроль, автоматизация, диагностика – 2004. – №2. С. 50–56.
10. Шилоносоев А.В. Метод восстановления кинематических параметров движения летательного аппарата каскадом искусственных нейронных сетей в условиях прерывания работы системы управления. Труды "НПЦАП". Системы и приборы управления. 2022. № 1 (59). С. 38-47.

ПЕРМСКИЙ ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АЛЬМАНАХ ПЕРМСКОГО ВОЕННОГО ИНСТИТУТА ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ

№ 2 (10)

Редактор: А.Г. Здоровцов
Технический редактор: Ю.А. Черемных
Корректор: Н.О. Устюжанцева

Подписано в печать 30.06.2023 г.
Формат 60х84, 1/8. Бумага ВХИ.
Усл. печ. л. 21,1. Уч.-изд. л. 9,1.
Тираж 1000 экз. Заказ №_____

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ПВИ войск национальной гвардии,
г. Пермь

Пермь
2023

