

ПЕРМСКИЙ ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**АЛЬМАНАХ
ПЕРМСКОГО ВОЕННОГО ИНСТИТУТА
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ**

№ 4 (12)

Пермь
2023

ISSN 2782-6058

УДК 623/621

ББК 30/32

A57

Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. Серия: «Вооружение и военная техника» и «Военная экономика, оборонно-промышленный потенциал»: научный журнал; Пермский военный институт войск национальной гвардии / Научно-исследовательский и редакционно-издательский отдел. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2023. – № 4 (12). – 113 с.

В журнале опубликованы научные статьи, освещающие актуальные вопросы в области вооружения и военной техники и военной экономики, оборонно-промышленного потенциала, 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.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации: ПИ № ФС77-83074.

Учредителем является Федеральное государственное казенное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации».

Адрес редакции: Пермский край, город Пермь, улица Гремячий Лог, дом 1, индекс 614030.

Издатель: Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации.

Адрес издателя: Пермский край, город Пермь, улица Гремячий Лог, дом 1, индекс 614030.

*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

Кузьмицкий Геннадий Эдуардович

доктор технических наук

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Гладков Алексей Николаевич

кандидат технических наук, доцент

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Бердников Алексей Анатольевич

доктор технических наук, доцент

Бургунутдинов Альберт Масугутович

доктор технических наук, доцент

Дубовский Виталий Александрович

доктор технических наук

Ибрагимов Эмиль Наилевич

доктор технических наук

Костарев Сергей Николаевич

доктор технических наук, доцент

Пушкарев Александр Михайлович

кандидат технических наук, профессор

Стрельников Владимир Николаевич

член-корреспондент Российской академии наук, доктор технических наук, профессор

Шабалин Денис Викторович

доктор технических наук, доцент

Шилоносов Артем Владимирович

доктор технических наук, доцент

Авуза Алексей Анатольевич

доктор педагогических наук, доцент

Долинина Ирина Геннадьевна

доктор педагогических наук

Дубровский Александр Владимирович

доктор педагогических наук, профессор

Коломийченко Людмила Владимировна

доктор педагогических наук, профессор

Косолапова Лариса Александровна

доктор педагогических наук, профессор

Рогожникова Раиса Анатольевна

доктор педагогических наук, профессор

Туркин Егор Владимирович

доктор педагогических наук, доцент

Уварина Наталья Викторовна

доктор педагогических наук, профессор

Бабенков Валерий Иванович

действительный член (академик)

Российской академии ракетных и артиллерийских наук, доктор военных наук, профессор

Козин Михаил Николаевич

доктор экономических наук, профессор

Курбанов Артур Хусаинович

доктор экономических наук, профессор

Литвиненко Александр Николаевич

доктор экономических наук, профессор

Мокроусов Алексей Сергеевич

доктор экономических наук, профессор

Плотников Владимир Александрович

доктор педагогических наук, профессор

Порвадов Максим Геннадьевич

доктор экономических наук, доцент

Шангутов Антон Олегович

доктор военных наук, доцент

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вольф И.Г., Ибрагимов Н.Г., Кузьмицкий Г.Э., Ибрагимов Э.Н., Черноземцев А.В.	6
ВЫБОР РЕЦЕПТУРЫ БАЛЛИСТИЧНЫХ ПОРОХОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ	
Воронов В.В.	16
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ВОЙСКАМИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ	
Вишневков О.Ю.	23
ОСОБЕННОСТИ ОТКОЛЬНОГО ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО УДАРНО-ВОЛНОВОГО НАГРУЖЕНИЯ	
Гамидов Р.А.	29
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПАНТОГРАФА СОПЛОВОГО БЛОКА РДТТ	
Емельянов О.А.	35
ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОРУЖИЯ К СТРЕЛЬБЕ	
Зарубский В.Г.	39
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ	
Мормуль Р.В.	46
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОПЛОВОГО БЛОКА РДТТ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
Оборина И.А.	54
СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БОЕВОЙ ТЕХНИКИ ДЕЙСТВИЮ УДАРНЫХ НАГРУЗОК	
Павлов А.Н.	60
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОПРОЧНОСТИ НЕОХЛАЖДАЕМОГО СОПЛОВОГО НАСАДКА РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ	
Стенин С.В., Кокорин Л.В.	69
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ХЕШИРОВАНИЯ PYTHON	
Сурков А.М., Порвадов М.Г.	74
МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ)	
Суслов А.А.	80
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ В ХОДЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ	
Ташков Д.Ю., Перевалов А.М.	88
ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ	

ЭЛЕКТРИЗУЕМЫХ ЗАГРАЖДЕНИЙ

Толов А.В., Руденко И.И., Башко А.Ю., Трофименко А.А.

95

ОБОСНОВАНИЕ ОСНАЩЕНИЯ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ И СОВРЕМЕННЫМИ
ВИДАМИ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПРЕДЕЛЕННЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Царегородцев М.А.

104

МНОГОПОТОКОВАЯ ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБОРОННО-
ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ ПРИ ЕЕ ОБРАБОТКЕ, ХРАНЕНИИ И
ПЕРЕДАЧИ В ОБЛАЧНОЕ ХРАНИЛИЩЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

УДК 623.4.01

ВЫБОР РЕЦЕПТУРЫ БАЛЛИСТИЧНЫХ ПОРОХОВ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕРМИЧЕСКОГО РАЗЛОЖЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ

Вольф И.Г., кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения факультета артиллерийского вооружения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации.

Электронный адрес: trofimm88@rambler.ru

Ибрагимов Н.Г., доктор технических наук.

Кузьмицкий Г.Э., доктор технических наук, профессор, профессор кафедры конструкций артиллерийского вооружения факультета артиллерийского вооружения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации.

Ибрагимов Э.Н., доктор технических наук, преподаватель кафедры эксплуатации артиллерийского вооружения факультета артиллерийского вооружения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации.

Черноземцев А.В., кандидат технических наук, доцент кафедры конструкций артиллерийского вооружения, факультета артиллерийского вооружения.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации.

В статье рассмотрены процессы термического разложения и горения пороха. Особое внимание уделяется вопросу изучения разложения взрывчатых веществ, в том числе и при высоких давлениях. Предложен метод увеличения эффективности пороха путем повышения силы пороха за счет применения новых высокоэнергетических материалов и увеличения процентного содержания известных наполнителей типа октогена.

Ключевые слова: октоген; порох; взрывчатые вещества; дифференциальный термический анализ; рентгенофазовый анализ; энергетические конденсированные системы.

SELECTION OF THE FORMULATION OF BALLISTIC POWDERS IN THE ANALYSIS OF THERMAL DECOMPOSITION OF COMPONENTS

Wolf I.G., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Artillery Armament Operation, Faculty of Artillery Armament Perm Military Institute of National Guard Forces.

E-mail address: trofimm88@rambler.ru

Ibragimov N.G., Doctor of Technical Sciences.

Kuzmitsky G.E., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Artillery Armament Design, Faculty of Artillery Armament Perm Military Institute of National Guard Forces.

Ibragimov E.N., Doctor of Technical Sciences, Lecturer of the Department of Artillery Armament Operation, Faculty of Artillery Armament Perm Military Institute of National Guard Forces.

Chernozemtsev A.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Artillery Armament Design, Faculty of Artillery Armament Perm Military Institute of National Guard Forces.

The article discusses the processes of thermal decomposition and gorenje gunpowder. Special attention is paid to the issue of studying the decomposition of explosives, including at high pressures. A method is proposed to increase the efficiency of gunpowder by increasing the strength of gunpowder through the use of new high-energy materials and increasing the percentage of known fillers such as octogen.

Keywords: octogen; gunpowder; explosives; differential thermal analysis; X-ray phase analysis; energy condensed systems.

Пороха – многокомпонентные системы, обеспечивающие при закономерном взрывчатом превращении или горении работу метания пуль, снарядов, ракет за счет эффективного расширения выделяющихся продуктов разложения (пороховых газов). При рассмотрении процессов термического разложения и горения основное внимание уделяется термическому разложению отдельных компонентов пороха и химическим брутто-процессам взаимодействия газов. Исследование процессов термического разложения, процессов горения как отдельных высокоэнергетических веществ, так и составов на их основе, имеет огромный научный и практический интерес. Изучение основных процессов, происходящих на поверхности горения, в реакционных зонах конденсированной и газовой фаз, позволит целенаправленно управлять процессами горения, предсказывать поведение порохов при их функционировании в заряде или двигателе.

В первую очередь, необходим комплексный подход к изучаемой теме, выявление и рассмотрение фундаментальных вопросов, определяющих базовую модель горения порохов, и дальнейшее развитие методов управления процессами, происходящими при их сгорании. В основу современных исследований заложена количественная кинетика химических реакций с одновременным учетом физических процессов, протекающих одновременно с химическими превращениями: фазовые переходы, массо- и теплообмен, изменение структуры веществ.

Результаты исследований особенно важны при разработке рецептов артиллерийских и минометных порохов, особенности, функционирования которых достаточно специфичны в отличие от ракетных двигателей. Очень быстрое сгорание пороха в заряде и резкий подъем давления до величин 400...500 МПа затрудняет регулирование катализа горения, также проблемно изучение быстротекущих процессов термического разложения в лабораторных условиях.

К настоящему времени существует множество способов изучения процессов термического разложения конденсированных систем, которые носят, в основном, эмпирический характер. Полученные экспериментальные результаты (выделяемая теплота, продукты разложения, скорость термораспада и др.) в дальнейшем подвергаются предположительному научному обоснованию, определению ведущих химических реакций и

прогнозам взаимодействия газов между собой. Из расчетных методов изучения можно выделить несколько, на наш взгляд, наиболее достоверных и проверенных в различных институтах с хорошей корреляцией результатов.

Теоретическое (расчетное) моделирование процессов химических превращений и фазовых переходов, происходящих при высоких температурах, реализовано в нескольких программах, отличающихся достаточно высокой точностью. Можно предложить используемый многими специалистами программный комплекс «Астра» разработки МГТУ им. Н.Э. Баумана, в котором можно оценить состав продуктов сгорания и ряд термохимических показателей при различных внешних условиях, позволяющих моделировать как закрытый объем (в условиях артиллерийского выстрела или манометрической бомбы), так и сгорание топлива через сопло (ракетный двигатель) [1].

Метод дифференциального термического анализа (ДТА) является основным способом исследования термического распада компонентов. Современный ДТА является высокочувствительным и точным методом анализа фазовых характеристик конденсированных гетерогенных систем. Он позволяет определить термодинамические параметры веществ, такие как теплоемкость, изменение теплоемкости, температура и энтальпия фазовых переходов, а также кинетические характеристики процессов при линейном изменении температуры. Метод ДТА сочетает в себе простоту конструкции и надежность термоаналитических ячеек, обладая при этом высокой информативностью и выраженностью. Развитие и совершенствование метода ДТА обусловлены возрастающими требованиями к качеству материалов и продукции, эффективному использованию сырья и разработке новых технологических процессов. Это позволяет достичь более точных результатов и оптимизировать производственные процессы.

В настоящее время дифференциальный термический анализ (ДТА) с использованием рентгенофазового анализа (РФА) является основным методом для исследования фаз энергетических конденсированных систем (ЭКС) и построения фазовых диаграмм. Важной проблемой в отношении ЭКС является обеспечение их безопасности при синтезе, эксплуатации, стабилизации свойств и расчете сроков хранения, так как они являются термодинамически неустойчивыми. Устройства дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК) мощностного типа обеспечивают лучшее разрешение по температуре по сравнению с устройствами ДТА. Они работают на основе компенсации разности температур между исследуемым образцом и эталоном с использованием электрического тока. Реакционная зона таких устройств обеспечивает безопасный тепловой режим, предотвращая возможность теплового взрыва при применении различных скоростей нагрева и навесок образцов. Также в ДСК практически линейно изменяется температура вещества, что позволяет получить надежные данные о скорости реакции и теплоте разложения без необходимости знать условия теплообмена и уравнение теплового баланса. Разработаны методики для определения температуры возникновения реакции ($T_{всп.}$), теплоты разложения ($Q_{разл.}$) и кинетических параметров для одностадийных реакций [2].

Институт химической кинетики и горения (г. Новосибирск) проводит интересные исследования в области изучения горения. Для изучения структуры пламени топлив проводятся эксперименты на специальном автоматизированном масс-спектрометрическом комплексе. Этот комплекс оснащен молекулярно-пучковой системой пробоотбора и основан на времяпролетном масс-спектрометре [3-5].

Для проведения эксперимента образец топлива размещается в камере сгорания на определенном расстоянии от кончика зонда. После того как образец воспламеняется, спираль удаляется из пламени, и включается шаговый двигатель, который перемещает образец в сторону зонда со скоростью, превышающей скорость горения образца. Когда зонд касается поверхности образца, шаговый двигатель автоматически останавливается. Такой подход позволяет исследовать всю область пламени и получать профили массовых пиков продуктов горения, отобранных из различных зон пламени. На рисунках 1 и 2 представлены структуры пламени гексогена и другого вещества в качестве примера АД-Н.

В работе [6] исследования проводились на приборе Netzsch STA 409 PC в диапазоне температур от 300 до 1450 К, проводится синхронный термический анализ (СТА), включающий термогравиметрию (ТГ/ДТГ) и дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК). Этот метод позволяет получать более полную информацию, чем при использовании двух отдельных приборов.

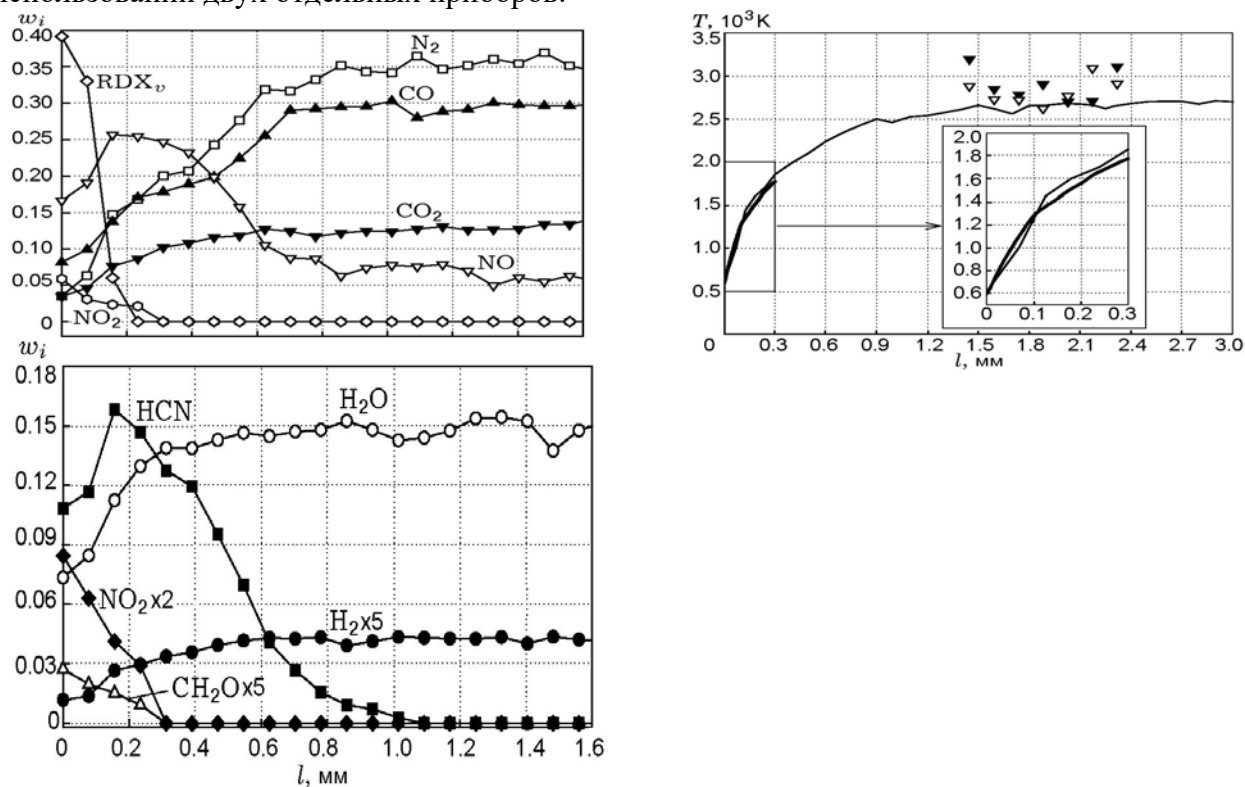


Рисунок 1 – Химическая структура пламени гексогена (в молярных долях) и распределения элементов в пламени при давлении 1 атм.

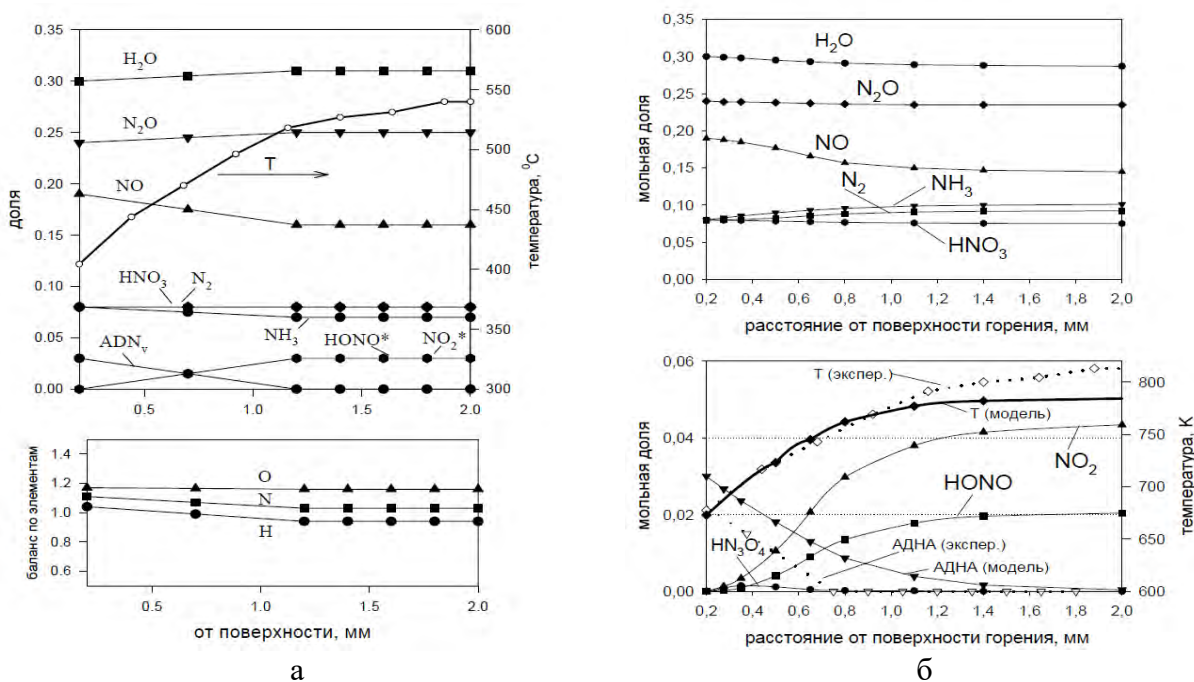


Рисунок 2 – Структура пламени АДНА при давлении 3 атм.
а – эксперимент, б – модель

Условия эксперимента для ТГ и ДСК полностью совпадают, что позволяет получать несколько наборов данных, описывающих поведение образца. Это значительно улучшает анализ сигналов и позволяет отличить различные физико-химические процессы, такие как фазовые переходы, разложение, присоединение, конденсация, пиролиз, окисление, горение и другие. Однако стоит отметить, что данная методика показывает лучшие результаты при низких давлениях, в то время как интерпретация при более высоких давлениях, более близких к реальным условиям работы артиллерийских и ракетных систем, требует более детального исследования. Одним из наиболее обширных исследований в этой области являются работы Глазковой А.П., которые посвящены изучению разложения взрывчатых веществ, включая работу с высокими давлениями, [7] и Манелиса Г.Б. [8].

Кроме изучения параметров термического распада компонентов важной характеристикой является температура горения (пламени). Методы измерения температуры пламени можно разделить на контактные и бесконтактные.

Распространенным методом является использование термоэлектрического подхода, который подразумевает размещение термопары в области исследуемой среды. Путем измерения температурных профилей горящих волн и поверхности, термопары, встроенные в порошковые образцы, могут детектировать и регистрировать эти профили. Для этой цели обычно используются П-образные термопары, такие как марка ВР 5/20 с толщиной от 3.5 до 7.0 мкм. Скорость горения определяется по времени между сигналами термопар и времени роста давления во время сгорания образца. Температура горячей поверхности определяется по месту перегиба на температурном профиле, записанном термопарами, а также с использованием термопар, прижатых к поверхности. Тем не менее в волнах горения порошков могут возникать большие температурные градиенты, и в связи с тепловыми инерциями термопар могут возникать значительные ошибки при микротермопарных исследованиях. С помощью численного моделирования процесса прохождения термопары через горящую волну горения были определены условия, при которых ошибки таких измерений минимальны и составляют менее 5 %. Этот метод широко применим для исследования процессов горения [9].

Ультразвуковой метод измерения скорости горения типичен для классической техники излучения-приема. Ультразвуковой датчик излучает упругую волну, которая проходит сквозь образец. Она отражается от горячей поверхности и возвращается обратно к преобразователю. Специальное электронное устройство позволяет проследить смещение отраженного от горячей поверхности сигнала по сравнению с его начальным положением, вплоть до момента полного выгорания топлива. Точность данного метода выше по сравнению с классическими методами (менее 2 %) [10].

Метод лазерно-индуцированной флуоресценции (LIF) основан на том, что частота лазерного излучения настроена на определенный электронный переход молекул [11]. Испускаемое молекулами излучение регистрируется, и по интенсивности сигнала можно сделать вывод о концентрации их над поверхностью горения, причем с визуализацией как конденсированной, так и газовой фазы.

Радиоволновой сверхвысокочастотный метод (СВЧ-метод) позволяет измерять скорость горения с точностью до 1 %. Этот метод основан на использовании изменения интегральных характеристик электромагнитных систем с распределенными параметрами в зависимости от измеряемых величин. Для измерения скорости горения используется изменение фазы СВЧ-излучения при его отражении от движущейся поверхности горения или при его прохождении через поверхность горения [12].

В литературе достаточно подробно исследовано термическое разложение различных высокоэнергетических соединений [8, 16-21]. Исследуя характер разложения, можно получить ряд теплофизических характеристик и спрогнозировать поведение соединения в составе пороха.

Подробно изучена основа баллистических и пироксилиновых порохов - нитраты целлюлозы различной степени этерификации, которые вне зависимости от содержания азота, разлагаются как типичные нитроэфиры. Первичный акт распада — разрыв N-O связи (энергия 168 кДж/моль) с выделением двуокиси азота. Специфика разложения зависит от физических свойств: надмолекулярной структурой, степени кристалличности, коэффициента полимеризации, полноты этерификации гидроксильных групп.

Достаточно интересную информацию дают термограммы разложения высокоэнергетических соединений. На рисунке 3 представлена термограмма октогена, где температура плавления $T_{пл}$ составляет 279 °С, тепловой эффект плавления $Q_{пл}$ – 88 Дж/г.

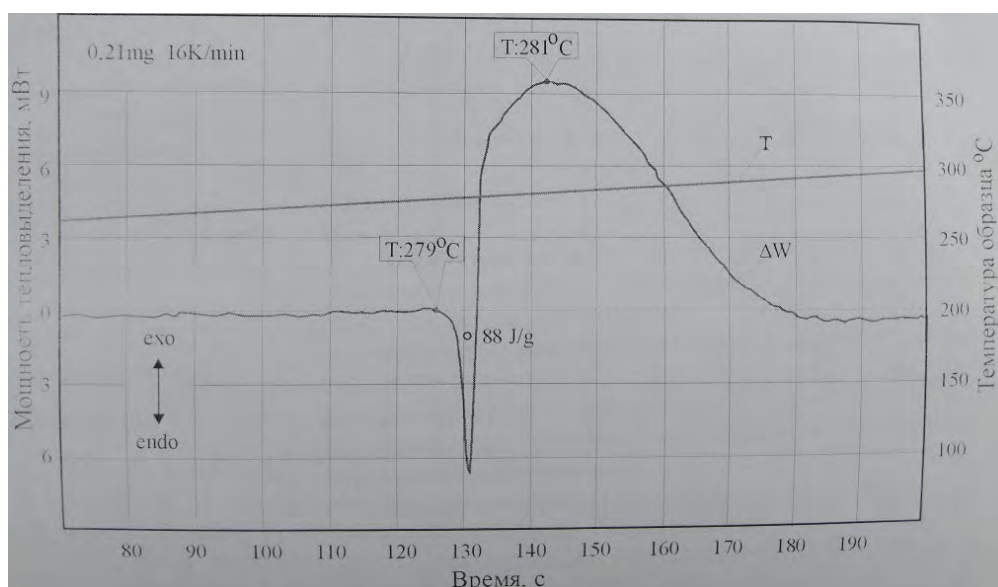


Рисунок 3 – Термограмма образца октогена массой 0,21мг

Октоген при разложении проходит стадию оплавления поверхности частиц с некоторым эндотермическим эффектом, что удлиняет кинетику процесса термодинамического разложения в целом. При этом показано, что октоген горит в очаговом режиме, что приводит к не одномерному фронту горения и может вызвать нестабильное горение порохового заряда [22]. Высказана гипотеза, что для ускорения термического разложения октогена, снятия очаговости процессов разложения, минимизации отрицательного влияния фазы его оплавления с эндотермическим эффектом необходимо ввести дополнительные компоненты с повышенной энтальпией образования и более низкой температурой разложения. Это позволит нивелировать теплотраты на плавление частиц октогена и ускорить его разложение еще в конденсированной фазе.

Рассмотрены следующие высокоэнергетические добавки – диазидотетранитразанонан (ДИАЗ-4), бис-триаминогуанидин-азатетразолят (ТАГАТ), тетранитрозотетраазадекалин (вещество Ц-2).

Для оценки влияния характера разложения компонентов на выходные характеристики составов проведено сравнительное исследование процесса термолиза образцов ТАГАТ, Ц-2 и ДИАЗ-4 на приборе синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter Netzsch при скорости нагрева 10 град/мин, в потоке аргона 70 мл/мин, в интервале температур 30... 1000 °C (рисунки 6-8).

При нагревании ДИАЗ-4 плавится при температуре 177 °C, теплота плавления около 90 Дж/г, с последующим экзотермическим разложением. Разложение протекает в одну стадию, сопровождается тепловыделением около 1250 Дж/г, завершается при 227 °C.

По полученным данным можно предположить следующий механизм разложения:

Первый пик скорости разложения (ДТГ), наблюдаемый при ~ 200 °С сопровождается потерей массы около 26 % и соответствует гомолитическому разрыву связей N-NH₂ в молекуле ТАГАТ, сопровождающемуся выделением тепла и газофазных продуктов: 6 NH₂ и 4 NH₃ + N₂.

Второй пик разложения сопровождается потерей еще 57...64 % массы образца до температуры около 320 °С, при этом, по-видимому, происходит раскрытие кольца и выделение азота и синильной кислоты. Параллельно, при температуре 260 °С происходит незначительная потеря массы образца (около 10 %), сопровождающаяся экзотермическим эффектом.

ТГ/ДСК исследование образца Ц-2 (рисунок 8) показало, что при температуре 220 °С происходит резкое падение массы, сопровождающееся экзотермическим эффектом с интегральным тепловыделением около 1500 Дж/г.

Это сопоставимо с тепловыделением в конденсированной фазе, наблюдаемом при нагревании октогена в аналогичных условиях. После пика разложения происходит медленное снижение массы образца, а к 600 °С остаточная масса образца составляет 28 % от исходной.

Полученные данные по механизму разложения высокоэнергетических компонентов показывают преимущества применения вещества ДИАЗ-4 по сравнению с октогеном и Ц-2 из-за более низкой температуры разложения и более полного разложения и, соответственно, тепловыделения еще в конденсированной фазе практически без эндоэффектов. Ограничение количества энергетически активных наполнителей по параметрам разложения

Высокое наполнение артиллерийских составов октогеном возможно приводит к неполной реализации энергетических возможностей состава при выстреле из-за вылета частиц октогена в газовую фазу и их недогорания. Кроме того, при догорании октогена образуется второй пик температуры, что резко увеличивает разгарно-эрозионное действие пороховых газов на артиллерийский ствол (рисунок 4).

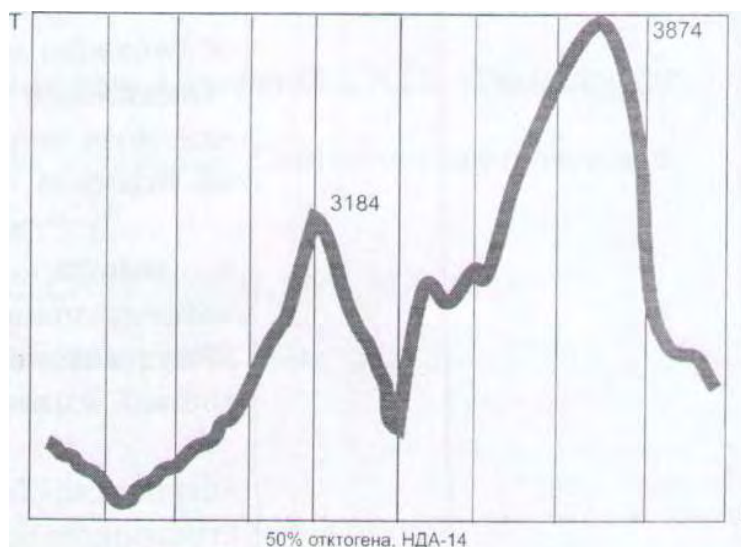


Рисунок 4 – Негативное влияние большого содержания октогена

Полученные кривые показывают, что октогенсодержащие пороха горят нештатно с 2-3 пиками, причем последний пик приближается к температуре горения чистого октогена, значительно превышая термодинамическую температуру продуктов сгорания, рассчитанную на одновременное сгорание компонентов исходного пороха.

В настоящее время для выстрелов танковой артиллерии требуются все более высокоэнергетические пороха. Увеличение эффективности пороха возможно следующими путями:

повышение «силы» пороха за счет применения новых высокоэнергетических материалов; увеличение процентного содержания известных наполнителей типа октогена.

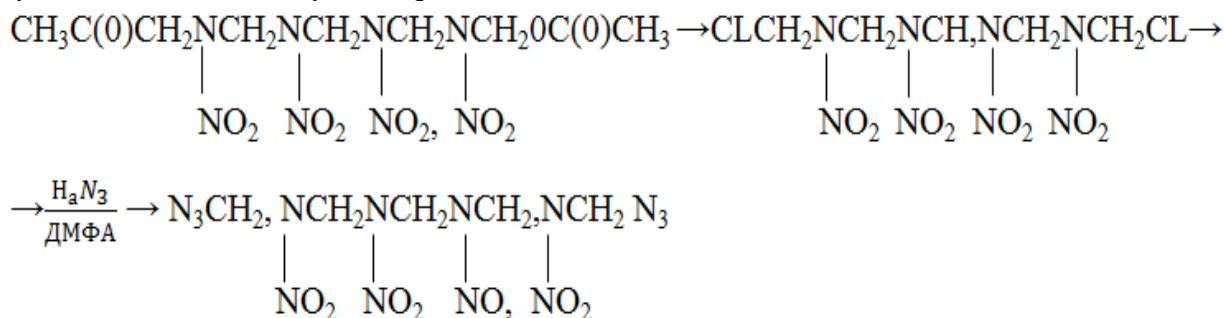
Нами предлагается линейка азидонитраминов серии ДИАЗ.

а) 1,3-дiazидонитразпропан (ДИАЗ-1). Хороший пластификатор нитратов целлюлозы:

$$\text{НГ} - \Delta H_f = -390 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} (-1630 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}) \text{ и ДНДЭГ} - \Delta H_f = -521 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}} 2178 \frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$$

Синтез освоен в условиях ИПХЭТ СО РАН (г. Бийск) и представляет собой:

б) 1,9-дiazидо-2,4,6,8-тетранитроазанонан (ДИАЗ-4). Представляет собой кристаллический наполнитель, АНГ = 461 кг (1927 кг). Синтез освоен в условиях СКТБ «Технолог» (г. Санкт-Петербург). Имеется опытная промышленная установка. Синтез осуществляется по следующей реакции:



Преимущества азидонитраминов по сравнению с октогеном и НГ следующие:

более высокие энергетические характеристики, позволяющие сформировать рецептуры мощных порохов;

разложение азидонитраминов происходит без стадии плавления, что крайне важно при мгновенной работе заряда в танковом выстреле. При горении порохов с высоким наполнением октогена последний не успевает разложиться в конденсированной фазе и часть наполнителя вылетает в газовую фазу, где происходит его догорание. Данные процесса приводят к повышению температуры и, соответственно, разгарно-эрозионному действию на менее защищенную часть ствола, и также происходит неполная реализация заложенной энергетики пороха. Для устранения негативного эффекта необходимо использование октогена с минимальным размером частиц или рецептурно-химические методы, позволяющие добиться полного разложения высокоэнергетического наполнителя в конденсированной фазе.

ДИАЗ-1 является гораздо более эффективным пластификатором НЦ. Это позволяет больше наполнить баллистические основы, что дает возможность увеличения энергетических характеристик.

Традиционным способом регулирования баллистических характеристик выстрела является использование различных форм пороховых элементов. В артиллерийских системах в составе метательного заряда используются пороховые элементы в виде трубки с одним каналом, одно или семиканальные зерна, а в ряде минометных систем – пороховые элементы ленточной или пластинчатой формы. Разработаны и отработаны технологические приемы изготовления ряда новых форм пороховых элементов: трубка с разрезом, омегаобразная, трехлепестковая, тонкощелевая, моноблочная, собранная из пластин.

В качестве заряда с малым временем работы разработаны пороховые элементы в виде спирали. Баллистическими и натурными испытаниями подтверждена высокая баллистическая эффективность использования данного заряда. Также значительный интерес представляет использование в метательных зарядах элементов слоеного типа с геометрией в виде пластин и трубок. Слоеные пороха состоят из внешнего слоя пороха, который имеет более низкую скорость горения, чем внутренний. По теоретическим расчетам разница в скоростях должна быть в три-четыре раза. В таком случае должно быть достигнуто более

полное использование площади индикаторной диаграммы с получением двухгорбовой схемы по максимальному давлению.

Исследованы теоретические методы изучения термического разложения и горения порохов и энергетически активных наполнителей в широком диапазоне давлений. Наиболее результативным и информативным методом получения требуемых термохимических и энергетических параметров является метод термогравиметрии (ТГ) в сочетании с дифференциально-сканирующей калориметрией (ДСК).

Проведена термическая оценка разложения октогена в сравнении с отдельными перспективными компонентами, показаны возможные рецептурные пути повышения эффективности артиллерийских порохов.

Выполнены расчетные исследования влияния количества энергетически активного наполнителя на выходные энергетические характеристики, намечены наиболее эффективные способы введения их в состав порохов.

Показано, что максимальное количество вводимого наполнителя с точки зрения обеспечения необходимых реологических и технологических характеристик не должно превышать 40 %. При этом исследованиями ЦНИИМ показано, что при использовании в составе более 30 % октогена его разложение при сгорании пороха становится двухстадийным. Появляется зона догорания частиц неразложившегося в конденсированной фазе октогена с повышением температуры пороховых газов в стволе до 4000 К, что значительно ухудшает ресурс ствола.

Среди оптимальных способов ввода наполнителя наиболее эффективны – использование максимально мелких частиц (измельчение, высаживание) и предварительная обработка поверхности октогена низкотемпературными добавками (ТАГАТ, Ц-2), позволяющим равномерно распределить наполнитель по составу и ускорить процесс разложения, заканчивая его в конденсированной фазе или на поверхности горения.

Наиболее перспективными путями реализации энергетического потенциала активных наполнителей являются:

использование перспективных высокоэнергетических соединений - линейных азидонитраминов (ДИАЗ-1, ДИАЗ-4) с высокой энтальпией образования и эффективным характером разложения;

применение технологических приемов ввода энергетически активных наполнителей в состав пороха на фазе «варки» пороховой массы и подготовки компонентов;

внедрение рецептурных и конструктивных решений повышения эффективности порохов, среди которых можно отметить: термодинамическую оптимизацию состава с введением эффективных модификаторов горения, использование пороховых элементов прогрессивного горения и «слоеных» порохов.

Библиографический список

1. Трусов Б.Г. Многоцелевой программный комплекс «АСТРА» моделирования химических и фазовых равновесий при высоких температурах, МГТУ им. Н.Э. Баумана, версия 2/24, 1990.

2. Мощенский Ю.В. Дифференциальный термический анализ высокого разрешения в физикохимии гетерогенных конденсированных систем. Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора химических наук – ГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет». 2008.

3. Терещенко А.Г. Зондовый метод отбора продуктов сгорания твердого ракетного топлива при температурах и давлениях, типичных для камеры сгорания ракетного двигателя. А. Г. Терещенко, О.П. Коробейничев,

4. Сковородко П.А., Палецкий А.А., Волков Е.Н. // Физика горения и взрыва, т. 38, № 1, 2002, С. 92–104.

5. Волков Е.Н. Исследование механизма горения бесхлорных смесевых

конденсированных систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, Новосибирск, 2004, 104 с.

6. Куйбида Л.В. Молекулярно-пучковая масс-спектрометрия продуктов горения твердых ракетных топлив при давлении 40 атм. Л.В. Куйбида // Физика горения и взрыва, т. 53, № 5, 2017, С. 83–86.

7. Ефремов В.П. Анализ термодинамических свойств детонационных наноалмазов, полученных при утилизации взрывчатых веществ. В.П. Ефремов, Е.И. Закатилова, А.А. Дерибас // X Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы утилизации ракет и боеприпасов. Безопасность, ресурсосбережение, экология», 24-26 августа 2015 года, Улан-Удэ.

8. Глазкова А.П. Катализ горения взрывчатых веществ. А.П. Глазкова. – М.: издательство «Наука». 1976 - 264 с.

9. Манелис Г.Б. Термическое разложение и горение взрывчатых веществ и порохов. Г.Б. Манелис, Г.М. Назин, Ю.И. Рубцов, В.А. Струнин. – М.: «Наука» – 1995. – 216 с.

10. Зенин А.А. Функции отклика скорости горения нитраминсодержащих порохов и октогена по данным микротермопарных исследований. Зенин А.А., Финяков С.В. // Физика горения и взрыва, 2000, № 1, С. 12–22.

11. Коти Ф. Ультразвуковой метод измерения скорости горения: Ошибки, шумы и чувствительность. Ф. Коти, Ч. Ерейдес // Физика горения и взрыва, 2000, № 1, С. 59–67.

12. Хэдман Т.Д. Применение высокоскоростной OH-PLIF-диагностики для исследования горения многофазных систем. Т.Д. Хэдман, К.Ю. Чо, М.А. Пфайль и др. // Физика горения и взрыва, 2016, № 1, С. 3–17.

13. Зарко В.Е. Методические проблемы измерения скорости горения твердых топлив с использованием СВЧ-излучения. В.Е. Зарко Д.В. Вдовин В.В. Перов // Физика горения и взрыва, 2000, № 1, С.68–78.

14. Шахова М.В. Термохимия, таутомерия и термическое разложение 1,5-диаминотетразола: неэмпирическое изучение на высоком уровне. М.В. Шахова, Н.В. Муравьев, Н.П. Грицан, В.Г. Киселев // J. Phys. Chem. A., № 15, 2018. С. 393-394.

15. Механизм деструкции нитроглицерина при хранении. Pei Li-guan и др. // Chin J. Energ. Mater.

16. Корреляции между скоростью детонации, теплотой сгорания, термостабильностью и кинетикой разложения сложных эфиров азота. J. Therm // Anal Calorim, 2018, С. 1391–1403.

17. Синдицкий В.П. Новые богатые кислородом фуразанотриазолы. В.П. Синдицкий и др. // Горение и взрыв. № 2, 2018, С. 111–117.

18. Коробейничев О.П. Исследование химической структуры пламени октогена. О.П. Коробейничев Л.В. Куйбида В.Ж. Мадирбаев // Физика горения и взрыва, № 3, 1984, С. 43–46.

19. Лурье Б.А. Кинетические закономерности и механизм термического разложения нитроцеллюлозы. Б.А. Лурье, Б.С. Светлов // из сборника «Вопросы теории конденсированных взрывчатых систем». Труды Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева, 1980, вып. 112. - С. 5–14.

20. Маршаков В.Н. Локальные скорости фронта очагов горения октогена. В.Н. Маршаков, Г. В. Мелик-Гайказов // Горение и взрыв, № 1, 2021, С. 59–67.

21. Трофименко А. А. Факторы снижения уровня технического состояния ствола / А. А. Трофименко, С. М. Белобородов // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения в войсках национальной гвардии Российской Федерации во взаимодействии с другими видами обеспечения: Межвузовский сборник научно-практических материалов / под редакцией Г.М. Гончаренко, В.В. Армяншина. Том Выпуск 5. – Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2021. – С. 187–191. – EDN GBXHF.

УДК 004.21

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ, ЭКСПЛУАТИРУЕМОЙ ВОЙСКАМИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Воронов В.В., преподаватель кафедры физической подготовки и спорта.
Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.
Электронная почта: vladimir.voronov95@mail.ru

В статье исследованы актуальные аспекты применения искусственного интеллекта (далее – ИИ) в контексте распознавания объектов военной техники (далее – ВТ). В статье представлены ключевые технологии и методы, связанные с применением ИИ, включая компьютерное зрение, нейронные сети, алгоритмы обработки сигналов и изображений. Основной акцент делается на разработку систем, способных автоматически распознавать и классифицировать различные типы военной техники на основе изображений и видеоаналитики больших данных. Показано практическое применение данной технологии ИИ в военных операциях, включая улучшение безопасности военнослужащих, увеличение оперативной способности вооруженных сил и сокращение вероятности ошибок в распознавании объектов ВТ в условиях сложной оперативной обстановки.

Ключевые слова: военная техника; командно-штабная машина; нейронная сеть; искусственный интеллект; метод градиентного спуска; «Python»; большие данные.

APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TASKS OF RECOGNITION OF OBJECTS OF MILITARY EQUIPMENT OPERATED BY THE TROOPS OF THE NATIONAL GUARD OF THE RUSSIAN FEDERATION

Vladimir V.V., teacher of the department of physical training and sports.
Perm Military Institute of National Guard Forces.
E-mail: vladimir.voronov95@mail.ru

The scientific article examined current aspects of the use of artificial intelligence (AI) in the context of recognizing objects of military equipment (MT). The article presents key technologies and methods related to the use of AI, including computer vision, neural networks, signal and image processing algorithms. The author's main emphasis is on developing systems capable of automatically recognizing and classifying various types of military equipment based on images and video analytics of big data. Practical applications of this AI technology in military operations are shown, including improving the safety of military personnel,

increasing the operational capability of the armed forces and reducing the likelihood of errors in recognizing military objects in a complex operational environment.

Keywords: military equipment; command and control vehicle; neural network; artificial intelligence; gradient descent method; «Python», big data.

Применение ИИ в задачах распознавания объектов военной техники приобретает стратегическое и важнейшее значение для национальной безопасности и обороны.

Современные военные конфликты становятся все более сложными, разнообразными и динамичными. Войска национальной гвардии Российской Федерации (далее – ВНГ РФ) сталкиваются с различными видами военной техники, включая бронетехнику, беспилотные летательные аппараты и другие объекты ВТ, которые требуют быстрого и точного распознавания.

Разнообразие объектов ВТ требует высокой степени автоматизации и адаптации, что достижимо с помощью ИИ.

В военных операциях часто требуется мгновенное распознавание и классификация объектов с целью принятия стратегических и тактических решений. Системы ИИ способны обрабатывать информацию с большими данными и реагировать на события оперативно.

Применение ИИ в задачах распознавания позволяет сократить риски для военнослужащих, так как они могут избегать непосредственного контакта с вражеской техникой, что особенно актуально в условиях выполнения служебно-боевых задач.

Разработки в области беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) становятся все более распространенными.

Системы ИИ могут быть интегрированы в эти беспилотные платформы, способные к самостоятельному распознаванию объектов ВТ.

В качестве распознавания объектов ВТ, эксплуатируемых в ВНГ РФ, автором рассмотрены командно-штабная машина Р-142НСА (рисунок 1), комплекс «Стена» (рисунок 2), специальная инженерная машина «ТОРНАДО» (рисунок 3).



Рисунок 1 – Командно-штабная машина Р-142НСА

Командно-штабные машины (КШМ) представляют собой специализированные мобильные платформы, разработанные для обеспечения команд и штабов вооруженных сил средствами управления и связи во время военных операций. С течением времени они претерпели значительные изменения и технологические улучшения, что сделало их неотъемлемой частью современной военной инфраструктуры войск национальной гвардии Российской Федерации.



Рисунок 2 – Комплекс «Стена» на базе автомобиля «КАМАЗ»

Высокая степень автоматизации автомобиля существенно сокращает необходимость в ручных действиях при переводе комплекса «Стена» в рабочее или транспортное положение.

Водитель и оператор находятся в защищенной кабине, изготовленной из металлических конструкций и оборудованной сетчатыми стенами. Все управляющие элементы размещены внутри кабины водителя. Кроме того, предусмотрен выносной пульт управления на кабеле, что позволяет осуществлять управление автомобилем вне кабины, при необходимости.



Рис.3. СИМ «ТОРНАДО» на базе автомобиля «Урал»

```

Voronov_Vladimir.py 7 X
C: > Users > admin > Desktop > Voronov_Vladimir.py > ...
1  import torch
2  import torch.nn as nn
3  import torch.optim as optim
4
5  # Создать класс для нейронной сети
6  class MilitaryVehicleRecognition(nn.Module):
7      def __init__(self):
8          super(MilitaryVehicleRecognition, self).__init__()
9          # Определить архитектуру сети
10         self.conv1 = nn.Conv3d(1, 32, kernel_size=3)
11         self.conv2 = nn.Conv3d(32, 64, kernel_size=3)
12         self.fc1 = nn.Linear(64 * 6 * 6 * 6, 128)
13         self.fc2 = nn.Linear(128, num_classes) # num_classes - количество классов техники
14
15     def forward(self, x):
16         x = torch.relu(self.conv1(x))
17         x = torch.relu(self.conv2(x))
18         x = x.view(-1, 64 * 6 * 6 * 6) # Размерность зависит архитектуры
19         x = torch.relu(self.fc1(x))
20         x = self.fc2(x)
21         return x
22
23 # Создать экземпляр модели
24 model = MilitaryVehicleRecognition()
25
26 # Определение функции потерь (например, кросс-энтропия) и оптимизатор (градиентный спуск)
27 criterion = nn.CrossEntropyLoss()
28 optimizer = optim.SGD(model.parameters(), lr=0.001, momentum=0.9)
29
30 # Подготовка данных (трехмерных моделей) и загрузка их в DataLoader
31
32 # Обучение модели
33 for epoch in range(num_epochs):
34     running_loss = 0.0
35     for inputs, labels in dataloader: # dataloader содержит данные объекта вооружения
36         optimizer.zero_grad()
37         outputs = model(inputs)
38         loss = criterion(outputs, labels)
39         loss.backward()
40         optimizer.step()
41         running_loss += loss.item()
42
43     print(f'Epoch {epoch + 1}, Loss: {running_loss / len(dataloader)}')
44
45 print('Обучение завершено.')

```

Рисунок 4 – Программный код обучения по распознаванию объектов ВТ

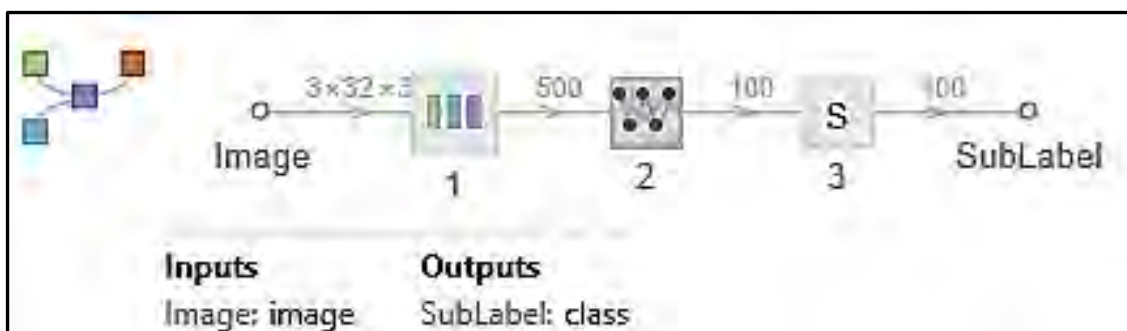


Рисунок 5 – Схема обучения по распознаванию объектов ВТ

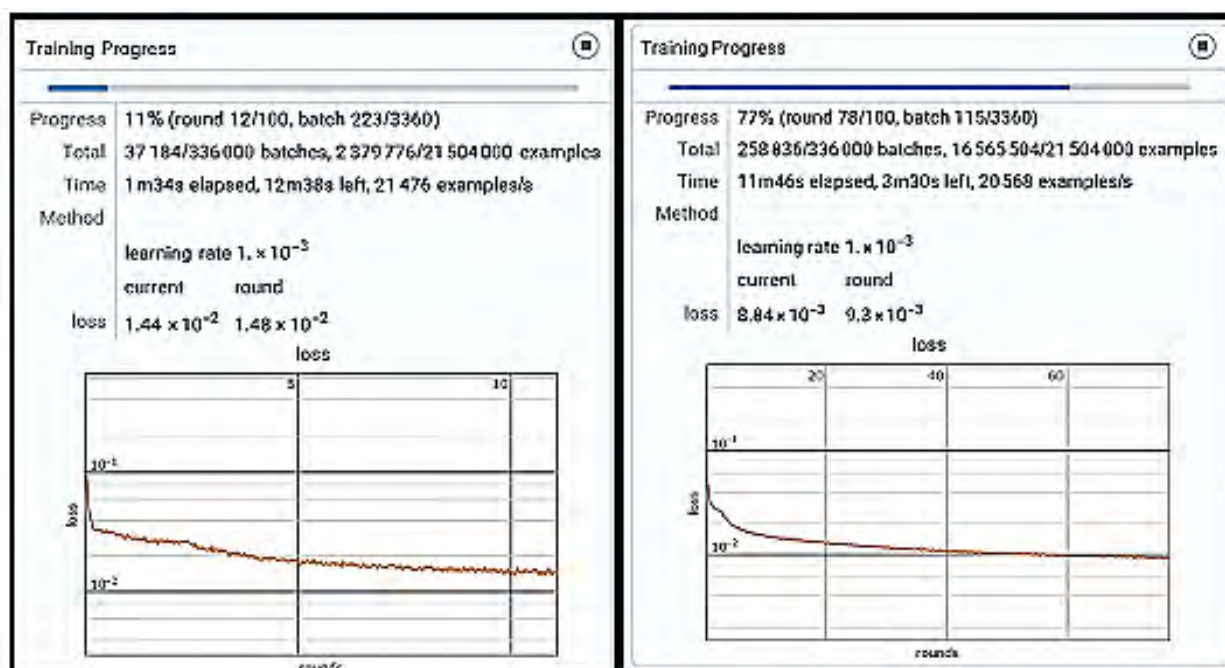


Рисунок 6 – Процесс прохождения обучения по распознаванию объектов ВТ

СИМ «ТОРНАДО» предназначен для обеспечения действий ВНГ РФ в условиях города и при выполнении специальных операций, таких как создание проходов через барьеры, поднятие и перемещение грузов, разрушение завалов.

СИМ «ТОРНАДО» разработан на базе «Урал-4320-1880-30И» и оснащен следующими устройствами и оборудованием: водометной системой с автономным насосом, бульдозерным отвалом с системой управления, краном-манипулятором, специальными средствами для отстрела гранат, раздвижной пожарной лестницей, фильтровентиляционной установкой, громкоговорителем, системой видеонаблюдения и связи. Вместимость цистерны для воды составляет 3000 литров, а для специальных средств - 120 литров.

Обучение нейронных сетей [1–5] стало важной областью исследований и применений в машинном обучении. Метод градиентного спуска [3], в свою очередь, является неотъемлемой частью процесса оптимизации параметров нейронных сетей.

Рассмотрим разнообразные вариации метода градиентного спуска, такие как стохастический градиентный спуск (SGD), адаптивные методы оптимизации. Каждая из этих вариаций имеет свои особенности и преимущества в разных контекстах.

В качестве математического аппарата при глубинном обучении нейронной сети выбран один из самых эффективных алгоритмов оптимизации «ADAM optimizer», сочетающий в себе подход адаптации скорости обучения параметров нейронной сети на основе среднего первого момента и среднего значения вторых моментов градиентов. При итерационной реализации вычислительного алгоритма определяется экспоненциальное скользящее среднее градиента и сам квадратичный градиент целевой функции:

$$v_t = \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) g_t^2. \quad (1)$$

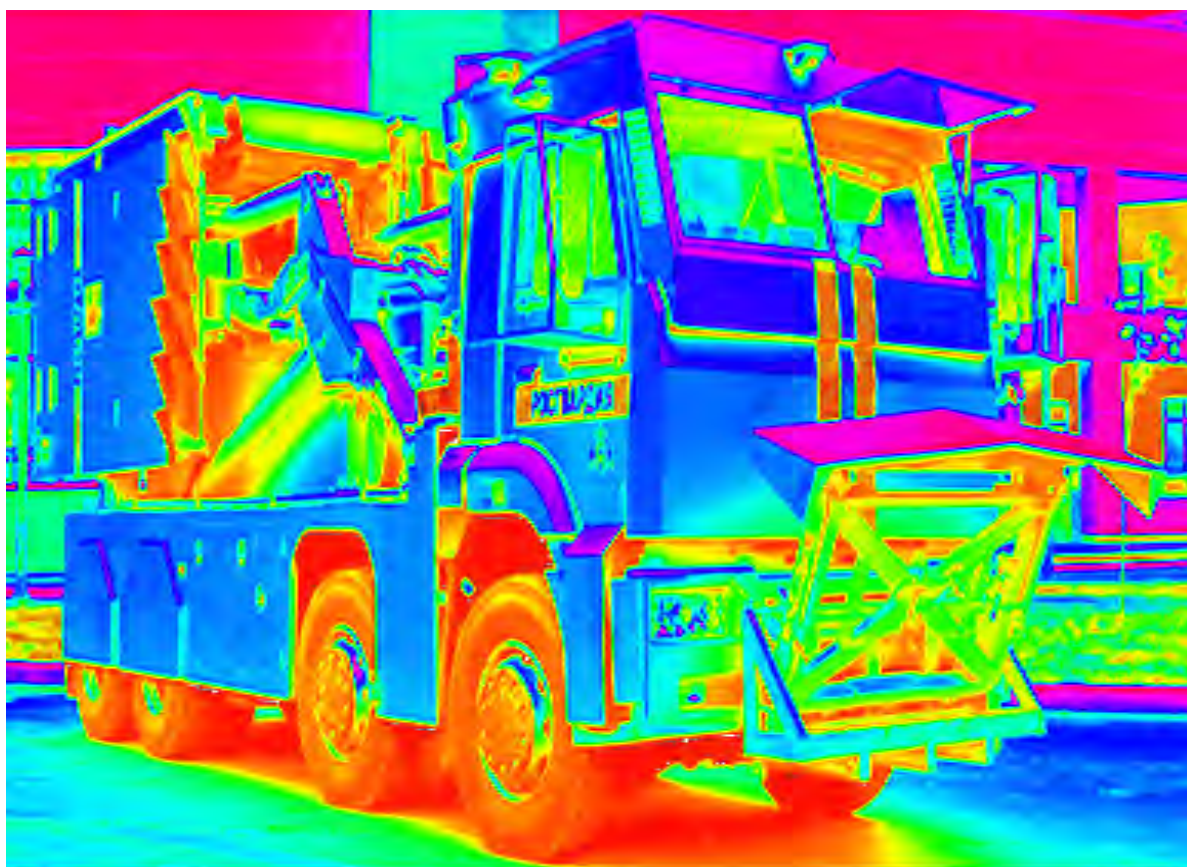
В соотношении (1): m_t – оценка первого момента (среднее градиентов); g_t – оценка второго момента (средняя нецентрированная дисперсия градиентов); β_1, β_2 – коэффициенты сохранения.

Структура нейронной сети и итерационная процедура ее обучения, а также фрагмент кода обучения, реализованный на языке «Python», приведены на рисунках 4–6.

Визуализация объектов военной техники, распознанных нейронной сетью, представлена на рисунке 7.



а



б

Рисунок 5 – Визуализация распознанных нейронной сетью объектов ВТ:

а – КШМ Р-142НСА, б – комплекс «Стена» на базе автомобиля «КАМАЗ»

В заключение статьи автор делает вывод о том, что использование ИИ в задачах распознавания объектов ВТ представляет собой перспективное направление развития, которое может повысить эффективность и оперативность войсковых подразделений ВНГ РФ. Данная научная область имеет перспективное направление развития, а дальнейшие исследования и инновации в ней будут иметь важное стратегическое значение для обороны и безопасности страны.

Библиографический список

1. Fukushima K. Neocognitron: A hierarchical neural network capable of visual pattern recognition / K. Fukushima // Neural networks. – 1988. – № 2. – Pp. 119 – 130.
2. Hinton G.E. Learning multiple layers of features from tiny images / A. Krizhevsky, G. Hinton // Computer Science Department, University of Toronto, Tech. Rep. – 2009. – № 1.4. – Pp. 7–10.
3. Hearst M.A. Support vector machines / M.A. Hearst, S.T. Dumais, E. Osman et al. // Intelligent Systems and their Applications. – 1998. – № 4, Pp. 18–28.
4. Deng L. The MNIST database of handwritten digit images for machine learning research / L. Deng // IEEE Signal Processing Magazine. – 2012. № 29.6. – Pp. 141–142.
5. Галушкин А.И. Нейронные сети: история развития теории: учебное пособие для вузов. / А.И. Галушкин, Я.З. Цыпкин. – М.: Альянс, 2015. – 840 с.

УДК 539.4+620.1

ОСОБЕННОСТИ ОТКОЛЬНОГО ХАРАКТЕРА РАЗРУШЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО УДАРНО- ВОЛНОВОГО НАГРУЖЕНИЯ

Вшивков О.Ю., доцент кафедры математики и физики (кандидат технических наук).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: olyv206@yandex.ru

В статье дана общая характеристика явлению откола – специфическому виду разрушения конструкционных материалов при интенсивном ударном нагружении. Особенно отчётливо откольный характер разрушения материалов и конструкций проявляется, когда нагружение носит ударно-волновой характер, и разрушение происходит при взаимодействии волн разрежения, следующих за фронтом ударных волн. Разрыв образца происходит в таком сечении, где раньше всего начинают выполняться критерии разрушения.

Ключевые слова: откольное разрушение; ударно-волновое нагружение; заряд взрывчатого вещества; боеприпасы; откольный слой.

FEATURES OF SPLITTING NATURE OF THE MATERIALS DESTRUCTION UNDER CONDITIONS PULSED SHOCK-WAVE LOADING

Vshivkov O.Y., Ph.D. (Engineering).

The Perm Military Institute of the National Guard's Forces of the Russian Federation, Perm.

E-mail: olyv206@yandex.ru.

The article gives a general description of the phenomenon of breakaway – a specific type of destruction of structural materials under intense shock loading. The breakaway nature of the destruction of materials and structures is especially clearly manifested when the loading is shock-wave in nature, and the destruction occurs during the interaction of rarefaction waves following the shock wave front. The rupture of the sample occurs in such a section, where the destruction criteria begin to be fulfilled first of all.

Keywords: breakaway destruction; shock-wave loading; explosive charge; ammunition; breakaway layer.

В условиях постоянного повышения эффективности использования взрывчатых веществ (далее – ВВ) в современных боеприпасах вопрос об определении параметров откольного разрушения материалов в конструкциях военной техники имеет особую значимость.

Откол – разрушение специфического вида – возникает, в частности, при сильных ударах и взрывах зарядов ВВ на поверхности тел, обладающих конечной прочностью на

разрыв. Растягивающие напряжения, вызывающие раскалывание и дробление материала, возникают при взаимодействии встречных волн разрежения после его ударно-волнового нагружения.

Работы над увеличением разрушающего действия боеприпасов во многом сводятся к управлению областью взрыва, то есть к перераспределению разлёта продуктов взрыва по различным направлениям с поверхности заряда ВВ. Известные способы управления областью взрыва (изменение формы заряда, параметров оболочки заряда, многоточечное инициирование и т. п.) направлены на изменение конфигурации фронта детонационной волны, а значит, на формирование значений параметров, характерных для кратковременных ударно-волновых импульсов, идущих на преграду.

При расчёте разрушающего действия ударной волны на сложный по своему конструктивному выполнению объект особую трудность представляет определение деформаций и напряжений, возникающих в элементах объекта. Определение зависимости параметров откольного разрушения конструкций от условий нагружения на стадии разработки фугасных боеприпасов позволяет упростить методику решения задачи. Например, для повышения эффективности фугасного действия применяют не только способы увеличения массы ВВ и поиска новых типов ВВ, но и создание боевых частей с активной оболочкой [6, 10], использование боеприпасов с объемно-детонирующими системами [1, 9]. Эти меры позволяют увеличивать не только давление на фронте ударной волны, но и сократить время её действия в непосредственной близости от преграды.

Ударно-волновой характер проявляется и при подводном взрыве, что важно учитывать для оценки поражающего действия подводных целей [4]. Одной из особенностей подводного взрыва является то, что значения удельного импульса ударной волны в воде многократно превосходят значения удельного импульса в воздухе. Например, для тротила это превосходство составляет более чем в 20 раз [11]. Другая особенность заключается в том, что на подводные объекты действует вторичная волна сжатия, значение удельного импульса которой сопоставимо со значением удельного импульса ударной волны. Кроме того, подводный взрыв сопровождается образованием пульсирующего с большой амплитудой и частотой газового пузыря, в котором начальная скорость продуктов взрыва составляет 2200. . 2500 м/с. Активные боевые действия подводные лодки ведут на глубине не более 200 м. Поэтому при подводных взрывах у свободной поверхности необходимо учитывать также и взаимодействие ударной волны сжимающих напряжений, идущей от точки подрыва, с волной растяжения, отражённой от свободной поверхности. Все эти факторы определяют ударно-волновую картину вблизи поверхности, характерную для откола воды, зону которого необходимо формировать в районе расположения подводной цели. При этом объект подвергается сильным колебаниям, сотрясениям, теряя прочностные свойства корпуса, внутренних конструкций, систем коммуникаций и их монтажа.

Аналогичное крупномасштабное явление откола проявляется и при разрушении грунта (гранита, бетона) подземным взрывом или взрывом у свободной поверхности на выброс грунта [13]. При этом интенсивное разрушение грунта – откол предшествует этапу разлёта грунта. Величина местной скорости звука C_0 имеет сильную зависимость от типа грунта, изменяется в широких пределах и во многом определяет поведение среды при взрывной нагрузке. Например, для торфяника и болотистого грунта $C_0 \approx 30...50$ м/с, а для основных конструкционных материалов аэродромных сооружений и других наземных объектов военного назначения - гранита или бетона $C_0 \approx 3000...5000$ м/с [3]. При подземном взрыве рассматривают обычно три зоны: сжатия, разрушения и зону сотрясений. Последняя является самой крупной, и в ней наиболее ярко проявляется явление откола [13]. Зону сотрясений иногда называют зоной упруго-пластической деформации грунта. В условиях влияния свободной поверхности откольное разрушение обусловливается взаимодействием волны сжимающих напряжений, излучаемой очагом взрыва, со свободной поверхностью среды, при котором волна сжатия превращается в волну растяжения. Грунты, горные породы и бетон обладают малой прочностью на растяжение по сравнению с прочностью на сжатие. По этой причине такие материалы, не разрушенные в уже ослабленной волне

сжатия, легко разрушаются в волне растяжения. Последнее и обуславливает внушительные масштабы явления откола при подземных взрывах или в условиях внедрения боеприпаса в бетонную перегородку большой толщины с последующим подрывом заряда ВВ. Объём разрушений в зоне сотрясений (зоне откола) обычно превосходит объём разрушений около центра взрыва.

Эффект откола в зарядах ВВ наблюдается в полной мере при исследовании осколочного действия боеприпасов, а точнее, при рассмотрении физической картины взрыва заряда ВВ в оболочке. Дробление оболочки заряда на осколки объясняется ударным характером действия взрывной нагрузки и действием растягивающих напряжений в области встречи волн разрежения, идущих от свободной поверхности оболочки или от открытых поверхностей заряда [2]. Именно в этой области на оболочку действует максимальное давление. Кроме того, под действием взрывной нагрузки от заряда в оболочке возникают ударно-волновые колебания, приводящие к образованию точек концентрации внутренних напряжений, под действием которых происходит разрыв оболочки на осколки [8]. Считается, что такой процесс дробления оболочки носит случайный характер, поэтому, если не принимать никаких других мер по управлению данным процессом, при взрыве образуются осколки различной массы, скорости и направления движения. В этом случае говорят о нерегулируемом дроблении оболочки на осколки. Учёт характера откольного явления в зарядах ВВ и их оболочках будет способствовать созданию новых методов управления разрушением оболочек зарядов ВВ и повышению эффективности поражающего действия осколочных боеприпасов.

Эффект откола также необходимо учитывать при оценке пробивного (механического) поражающего действия осколков боевой части боеприпаса по какому-либо агрегату цели, представленному в виде преграды из определённого материала определённой толщины. Обычно в этом случае считают, что если осколок пробил преграду, то агрегат поражён, и используют такие характеристики пробивного действия осколков, как критическое значение энергии осколка E^* , необходимое для обеспечения разрушения в объёме $V = SH$, предельные значения скорости пробития $W_{оск}^*$ и расстояния R^* , при котором осколок ещё способен пробить преграду толщиной H . Данные характеристики носят вероятностный характер и определяются экспериментальным путём. Их использование при определении эффективности поражения осколками агрегата цели делает такой подход слишком упрощённым, даёт грубую оценку, так как не учитывает поведение материалов осколка и преграды при соударении, в частности, деформирование осколка и преграды. Величину энергии осколка E^* принимают постоянной для каждого типа материала. Все агрегаты, изготовленные из разных материалов, приводят обычно к одному виду через эквивалент одного материала. Например, в авиации для дюралюминия $E_{д}^* = 10^9$ Дж/м³, а для всех других материалов используют дюралевый эквивалент преграды:

$$H_d = H \cdot (E^* / E_{д}^*) = H(\tau / \tau_d), \quad (1)$$

где τ – предел прочности материала на срез, H – толщина преграды.

Для стали $H_d = (2 \dots 2,6) H_{ст}$. Однако, для случаев несквозного проникновения осколка в преграду, когда на жизненно важные агрегаты и живую силу действуют отколовшиеся с тыльной стороны преграды вторичные осколки, для оценки поражения необходимо знать параметры откола и их зависимость от характеристик пробивного действия первичных осколков.

В связи с этим необходимым условием, например, эффективного зажигательного действия осколка является откольный характер металлической преграды, обычно защищающей топливный бак. При пробитии ёмкости бака горючее вытекает, испаряется и образуется топливно-горючая смесь. Кроме того, при соударении с преградой осколка из неё выбиваются вторичные осколки, имеющие температуру, достаточную для воспламенения горючей смеси. Это явление также считается случайным, поэтому для оценки действия, как и в предыдущем случае, используют вероятностные оценки на основе

обработки экспериментальных данных [5]. При этом по типовой конструкции производится стрельба осколками, имеющими различные сочетания параметров по массе и скорости.

Необходимо отметить иницирующее действие откола, проявляющееся при воздействии осколков по отсекам целей, содержащим боеприпасы [11]. В результате действия выбиваемой из корпуса заряда ВВ откольной пробки по заряду распространяется ударная волна, в результате чего из-за неоднородности структуры ВВ по фронту ударной волны возникают микроскопические реакции разложения ВВ [12]. При достижении определённого предельного количества таких «микровзрывов» происходит детонация ВВ. Интенсивность их возникновения зависит от удельной мощности, передаваемой заряду ВВ откольной пробкой [5]:

$$G_{\text{уд.отк}} = \mu \rho_{\text{ВВ}} S W_{\text{отк}}^3, \quad (2)$$

где $W_{\text{отк}}$ – скорость выбиваемой из корпуса заряда откольной пробки, S – площадь поперечного сечения осколка, $\rho_{\text{ВВ}}$ – плотность заряда ВВ, μ – коэффициент, зависящий от типа ВВ. Иницирующее действие осколка оценивают через вероятность $P_{\text{и}} = f(G_{\text{уд.отк}})$ [5].

Заслуживают внимания ещё два вида поражающего осколочного действия, в котором ведущую роль играет откольное разрушение: аэроудар и гидроудар. Они возникают при условии действия по замкнутым отсекам (газовым баллонам, топливным бакам и т. п.) достаточно плотного потока осколков. Это значит, что на определённую площадь внешней поверхности стенки отсека приходится достаточно большое количество осколков, имеющих примерно одинаковую скорость и подлетающих к преграде приблизительно одновременно. Чем больше будет площадь соударения осколков с преградой, тем большее количество отколовшихся от стенки отсека вторичных осколков будет образовано. При этом ударные волны от вторичных осколков объединяются и образуется одна большая ударная волна (или гидропоток для случая гидроудара), которая действует на тыльную стенку отсека, разрушая её.

При действии ударного боеприпаса откольные явления могут проявляться на последних этапах его проникания в преграду, когда на тыльной стороне преграда может разрушаться.

Современные виды брони являются гетерогенными или композиционными, то есть наружные слои преграды изготавливаются из брони высокой твёрдости, а внутренние – из брони меньшей твёрдости, но более вязкой. Кроме того, композиционный материал должен обладать высокой энергопоглощающей способностью (упругой энергией деформации). В этом случае для внешнего слоя брони высокой твёрдости эффективность броневой части действия в большей степени проявляется в виде появления с тыльной стороны преграды вторичных осколков, а также в виде деформаций сдвига и выбивания "пробки". Действие плоского (тупого) броневой части наконечника снаряда направлено на формирование области откольного разрушения в наружном слое брони, через которую на внутренние слои брони с низкой твёрдостью действует снаряд с заострённой головной частью, проникая за счёт образования и развития пластических деформаций материала. Здесь тупая головная броневая часть играет обеспечивающую роль для проникания снаряда в защищаемый отсек.

Явление откольного разрушения танковой брони проявляется обычно при воздействии на неё кумулятивных зарядов противотанковых средств поражения, формирующих поражающие элементы типа "ударное ядро". При сочетании определённых параметров кумулятивных выемок с металлической оболочкой и самого заряда ВВ во время его подрыва можно получить поражающие элементы в виде летящих с высокой скоростью (2000. . 3500 м/с) ступков металла разной формы - "ударные ядра". Эффективность поражающего действия кумулятивной струи (давление порядка 10^6 атм, скорость струи 12. . 15 км/с, температура $(6...7) \cdot 10^3$ град.) и ударных ядер определяются не только их непосредственным действием за преградой, но и вторичными осколками, которые выбиваются из брони. В этом случае говорят об эффекте "забронного действия" откольных осколков бронезащиты.

В случае бетонобойного действия ударных боеприпасов по наземным и подземным сооружениям (пункты управления, склады, ракетные шахты, укрытия) в зоне контакта с преградой происходит как измельчение материала преграды, так и появление в самом материале в результате ударно-волновых откольных явлений радиальных трещин параллельно поверхности преграды. Это также является одной из причин выброса части материала наружу, а на тыльной стороне возможны проявления откола в виде отслаивания и разрыва материала. Для ударного действия область разрушения материала преграды, в которой снижены прочностные свойства материала, оценивают в соотношении $d_p \approx 1,5d_{отв}$, где d_p – диаметр области разрушения, $d_{отв}$ – диаметр области сквозного пробития преграды [3].

Исследования данных процессов представляют большой интерес для прикладных задач в связи со спецификой ударно-волновых воздействий, которая заключается в достаточно высокой интенсивности действующих нагрузок, изменении свойств материала и самого механизма деформации. Имеется несколько причин, по которым откол является объектом пристального внимания исследователей. Во-первых, одна из причин связана с потребностями оборонной техники и народного хозяйства в целом; с непрерывным расширением используемых в промышленности технологий обработки материалов (сварка взрывом, высокоскоростная штамповка, взрывное прессование в порошковой металлургии, упрочнение взрывом и т. д.). Во-вторых, изучение откольного разрушения представляет интерес в связи с разработкой общей теории поведения материалов под нагрузкой с учётом их реологических свойств – основной проблемы механики деформируемого твёрдого тела. Расчёт ударной волны, являющейся причиной откола, теснейшим образом связан с проблемой нахождения определяющего уравнения материала, которая не решена даже для металлов. В-третьих, откол представляет интерес с позиции теории интенсивных воздействий на конденсированные среды, поскольку при отколе также исходное состояние системы существенно перестраивается. Кроме того, откол является быстропротекающим процессом и поэтому обладает целым рядом особенностей, не встречающихся при квазистатических разрушениях. Несмотря на большое количество работ и установление целого ряда важных закономерностей, механизм протекающих при отколе процессов ещё далёк от полного понимания.

Основные проблемы откольного разрушения могут быть охарактеризованы следующим образом.

Расчёт откольного разрушения сводится к расчёту ударно-волновой картины нагружения и определению степени повреждённости материала как функции параметров нагружения. Трудности расчёта ударно-волновой картины, с одной стороны, связаны с тем, что соответствующая система уравнений механики сплошной среды может быть решена только численными методами. Более того, в реалистической трёхмерной постановке такой расчёт лежит за пределами возможностей современных ЭВМ, что приводит к необходимости использования различного рода приближений. С другой стороны, для замыкания системы уравнений необходимо задать определяющее уравнение материала, а выбор реологии материала содержит известный элемент произвола, что сказывается на виде получаемых решений. Это обстоятельство существенно осложняет сопоставление теории с экспериментом и является одной из причин значительного разброса данных по откольной прочности, полученных различными исследователями при сходных режимах нагружения для близких по механическому поведению материалов.

Определение степени повреждённости материала как функции параметров нагружения также сопряжено с рядом принципиальных трудностей. Одна из них состоит в том, что из-за экспериментальных трудностей недостаточно исследована кинетика возникновения и роста микроповреждений, не решён вопрос о количестве стадий откольного разрушения и условиях перехода одной стадии в последующую. Другая трудность состоит в том, что возникновение в среде микроповреждений приводит к релаксации напряжений, изменению реологии материала, перераспределению напряжений в зависимости от размеров и формы микроповреждений.

Описание данных процессов затруднено, поскольку сводится к трудноразрешимым проблемам теории микронеоднородных сред, и поэтому является предметом интенсивных исследований. В последние десятилетия интенсивно проводятся различные экспериментальные исследования и численное моделирование по изучению откола. Постоянное усложнение экспериментов и совершенствование методики их проведения позволяют получать всё новые сведения об этом интересном явлении. Проведение подобных исследований диктуется необходимостью изучения закономерностей процесса разрушения материалов при малых временах нагружения, поскольку неизменно возрастает число современных конструкций и различного оборудования, работающих в подобных условиях. На примере откола изучается процесс разрушения материалов в микросекундном диапазоне времён нагружения.

Таким образом, налицо необходимость решения задачи по определению параметров откольного слоя в конструкциях военной техники априори на стадии её проектирования. Её актуальность определяется необходимостью поиска научно-обоснованных ответов на поставленные практикой вопросы по установлению закономерностей зависимости параметров откольного разрушения конструкционных материалов, грунтовых и водных преград от условий их нагружения. Полученные закономерности позволят предварительно оценивать степень разрушения материалов при ударных нагрузках без проведения численного моделирования и большого объёма физических экспериментов.

Библиографический список

1. Боеприпасы: учебник: в 2 т. / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; под общей ред. В.В. Селиванова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – Т.1. – 506 с.
2. Вшивков О.Ю. Критерии зависимости параметров разрушения конструкционных материалов от условий их ударно-волнового нагружения / О.Ю. Вшивков // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. – Пермь: ПВИ ВНГ РФ, 2022. – № 2(6). – С. 23– 27.
3. Дорофеев Ю.П. Инженерные мероприятия защиты от современных средств поражения / Ю.П. Дорофеев, В.К. Шамшуров. – М.: Воениздат, 1974. – 216 с.
4. Егоров С.Б. Методика экспериментальных исследований подводной ударной волны / С.Б. Егоров // Вестник технологического университета. – Казань, КНИТУ, 2015. – Т.18, № 16. – С. 249– 252.
5. Козлов В.В. Определение ущерба при совместном воздействии инертных и активных элементов / В.В. Козлов // Прикладная математика и механика. – Вестник ПГТУ. – Пермь, 2006. – № 1. – С. 153– 158.
6. Пепекин В.И. Теплоты взрывчатого разложения смесей, содержащих алюминий и энергетические вещества / В.И. Пепекин, А.С. Смирнов // Химическая физика. – 2001. – Т.20, № 11. – С. 78– 80.
7. Поражающее действие боеприпасов // Учебное пособие. Под ред. А.Н. Семёнова. – Пермь: ПВИ РВ, 2001.
8. Разрушение разномасштабных объектов при взрыве / Под ред. А.Г. Иванова. – Саратов: РФЯЦ – ВНИИЭФ, 2001. – 482 с.
9. Рыбаков А.П. Боевой отсек управляемой ракеты / А.П. Рыбаков, В.В. Козлов, Н.А. Рыбаков. – Патент на изобретение РФ № 2247927 от 10.03.2005.
10. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; под общ. ред. В.В. Селиванова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 411– 412.
11. Устройство и применение боеприпасов: Учебник / А.П. Рыбаков, В.В. Козлов, А.Л. Погудин, А.В. Черноземцев и др. – Пермь: Стиль МГ, 2004. – 400 с.
12. Физика взрыва / Под ред. Л.П. Орленко. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – Т.1. – 832 с.
13. Шишкин Н.И. К задаче разрушения скальной породы взрывом в условиях влияния свободной поверхности / Н.И. Шишкин // ПМТФ. – 1981. – № 3. – С. 128–135.

УДК 629.7

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ПАНТОГРАФА СОПЛОВОГО БЛОКА РДТТ

Гамидов Р.А. преподаватель кафедры физической подготовки и спорта.
Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.
Электронная почта: gamidovra@rosgvard.ru

В статье предложена методика расчета прочности пантографа соплового блока для ракетного двигателя твердого топлива (далее – РДТТ). Представлены результаты аналитических исследований напряженно-деформируемого состояния газодинамического тракта РДТТ. Предложены варианты повышения удельной тяги и импульса двигателя за счет механизма кинематической раздвижки сопла с использованием пантографного привода. Детально представлены схемы нагружения несущих деталей конструкции раздвижного сопла, а также для них определены минимальные запасы прочности. Анализ результатов аналитических расчетов показал, что прочность элементной базы соплового блока обеспечивается.

Ключевые слова: ракетный двигатель твердого топлива; сопловой блок; методика расчета прочности; запас прочности; нагрузка; пантограф; кинематика раздвижки сопла.

METHOD FOR CALCULATING THE STRENGTH OF THE PANTOGRAPH OF THE NOZZLE BLOCK

Gamidov R.A. captain, teacher of the Department of physical training and sports.

Perm Military Institute of National Guard Forces.

E-mail: gamidovra@rosgvard.ru

The author of the article proposed a method for calculating the strength of the pantograph of a nozzle block for a solid fuel rocket engine (solid propellant rocket engine). The results of analytical studies of the stress-strain state of the gas-dynamic path of a solid propellant rocket engine are presented. Options are proposed for increasing the specific thrust and impulse of the engine due to the mechanism of kinematic expansion of the nozzle using a pantograph drive. The loading diagrams for the load-bearing parts of the sliding nozzle structure are presented in detail, and the minimum safety margins are determined for them. Analysis of the results of analytical calculations showed that the strength of the elemental base of the nozzle block is ensured.

Keywords: SPRM; nozzle block; strength calculation method; safety margin; load; pantograph; nozzle expansion kinematics.

Конструктивное исполнение соплового блока РДТТ

Элемент раздвижного сопла РДТТ [6 – 13] – пантограф состоит из рычага, коромысла, двух кронштейнов, один из которых подсоединен к рычагу и установлен на поворотный корпус, другой – к коромыслу и крепится на шпангоуте выдвигаемого насадка. Рычаг, коромысло между собой и с кронштейнами соединены осями.

Материал рычага и коромысла – сплав алюминиевый AL-2014. Предел прочности $\sigma_B = 455$ МПа, предел текучести $\sigma_T = 400$ МПа.

Материал кронштейнов – сплав титановый Т1 6AL4V. Предел прочности $\sigma_B = 920$ МПа, предел текучести $\sigma_T = 866$ МПа.

Материал осей – сталь 15CDV6. Минимальные значения предела прочности $\sigma_B = 1075$ МПа и предела текучести $\sigma_T = 1019$ МПа.

В состав сопла входят четыре пантографа, расположенные относительно друга друг под углом 90° .

Действующие нагрузки

Расчётным случаем для оценки прочности пантографа является действие осевой и боковой нагрузок в момент присоединения выдвигаемого насадка при раздвижке сопла.

Расчёт действующих на пантографы нагрузок проведен для двух вариантов сопел, отличающихся материалом и массой раструбов, вошедших в состав выдвигаемых насадков.

На элементы конструкции пантографа действует инерционная нагрузка, обусловленная осевой перегрузкой n_x со стороны выдвигаемого насадка в момент его присоединения (величина зависит от варианта комплектации выдвигаемого насадка).

Кроме того, пантографы воспринимают нагрузку, обусловленную действием аэродинамической нагрузки (давления, действующего на поверхность раструба выдвигаемого насадка) и боковой инерционной R_n , зависящей от массы насадка и поперечной перегрузки $n_{\perp}$, действующей перпендикулярно оси сопла.

Для проведения расчёта напряжений аэродинамическая нагрузка представлена двумя составляющими:

1) осевым усилием, действующим в плоскости параллельной оси сопла на расстоянии 0,12 м;

2) боковым усилием, действующим в плоскости, перпендикулярной оси сопла, смещенным от среза выдвигаемого насадка на 0,10 м.

Плоскость действия боковой инерционной нагрузки R_n проходит через центр массы выдвигаемого насадка и перпендикулярна его оси.

Для расчёта принято наиболее неблагоприятное с точки зрения прочности сочетание действующих на выдвигаемый насадок нагрузок, воспринимаемое двумя пантографами. На рисунке 1 показано направление нагрузок, воспринимаемых пантографами № 1 и № 3.

Усилия, действующие на основные элементы пантографа от перегрузки n_x , определяются при анализе кинематической схемы движения пантографа при выдвижении насадка.

Рассмотрим систему уравнений равновесия рычага:

$$P_x^c - P_x^a = 0,$$

$$P_y^c - P_y^a = 0,$$

$$M_c + P_y^a \cdot L_c \cdot \cos(\varphi_0 - \varphi) - P_x^a \cdot L_c \cdot \sin(\varphi_0 - \varphi) = 0,$$

система уравнений равновесия коромысла:

$$P_x^a + \ddot{x}_b \cdot m_b - P_x^b = 0,$$

$$P_y^a - P_y^b = 0,$$

$$-M_b + P_x^a \cdot L_b \cdot \sin(\psi_0 - \psi) + P_y^a \cdot L_b \cdot \cos(\psi_0 - \psi) + \ddot{x}_b \cdot m_b \cdot 0,5 \cdot L_b \cdot \sin(\psi_0 - \psi) = 0,$$

где M_c и M_b – моменты поворота рычага и коромысла соответственно, Н*м; определены по формулам:

$$M_c = \frac{m_c \cdot L_c^2}{3} \cdot \ddot{\varphi}, M_b = \frac{m_b \cdot L_b^2}{3} \cdot \ddot{\psi}, \quad (1)$$

где $m_c = 0,537$ кг, $m_b = 0,384$ кг – массы рычага и коромысла;

$L_c = 150$ мм, $L_b = 110$ мм – длины рычага и коромысла;

$\ddot{\varphi}$, $\ddot{\psi}$ – угловые ускорения рычага и коромысла, c^{-2} , которые определены по формулам:

$$\ddot{\psi} = \frac{\ddot{x}}{L_b \cdot (\cos\psi_0 \cdot \tan\varphi_0 + \sin\psi_0)}, \ddot{\varphi} = \ddot{\psi} \cdot \frac{L_b \cdot \cos\psi_0}{L_c \cdot \cos\varphi_0}, \quad (2)$$

где $\ddot{x}$ – ускорение, действующее на пантограф, m/c^2 , определено по формуле:

$$\ddot{x} = n_x \cdot g, \quad (3)$$

где $g = 9,81$ m/c^2 – ускорение свободного падения;

$\varphi_0 = 42^{\circ}44'$, $\psi_0 = 6^{\circ}23'$ – углы наклона рычага и коромысла в момент присоединения выдвигаемого насадка;

$\ddot{x}_b$ – линейное ускорение коромысла, m/c^2 , определено по формуле:

$$\ddot{x}_b = L_c \cdot \ddot{\varphi} \cdot \sin\varphi_0. \quad (4)$$

Решение представленной выше системы уравнений равновесия рычага и коромысла при условии:

$$P_x^c = P_x^a; P_y^c = P_y^a = P_y^b$$

даёт значение усилий в осях крепления пантографа.

Результаты решения систем уравнений равновесия представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты аналитических расчетов прочности элементной базы соплового блока РДТТ

Параметр	Вариант 1	Вариант 2
Осевая перегрузка n_x , g	782	363
Ускорение $\ddot{x}$, m/c^2	7671	3561
Угловое ускорение коромысла $\ddot{\psi}$, c^{-2}	67702	31427
Угловое ускорение рычага $\ddot{\varphi}$, c^{-2}	67190	31189
Момент поворота коромысла M_b , Н*м	270,6	125,6
Момент поворота рычага M_c , Н*м	104,9	48,7
Линейное ускорение коромысла $\ddot{x}_b$, m/c^2	6841,3	3175,7
Результаты расчёта – усилия, Н	P_x^a	3153,4
	P_x^b	5780,4
	P_x^c	3153,4
	P_y^a	458,2
	P_y^b	458,2
	P_y^c	458,2

Для удобства проведения расчёта распределения поля напряжений [1–5] действующие нагрузки на основные элементы конструкции пантографа представлены в локальных системах координат, ориентация которых связана с положением деталей пантографа (их частей) в момент присоединения насадка (рисунок 2). Величины нагрузок показаны в таблице 2.

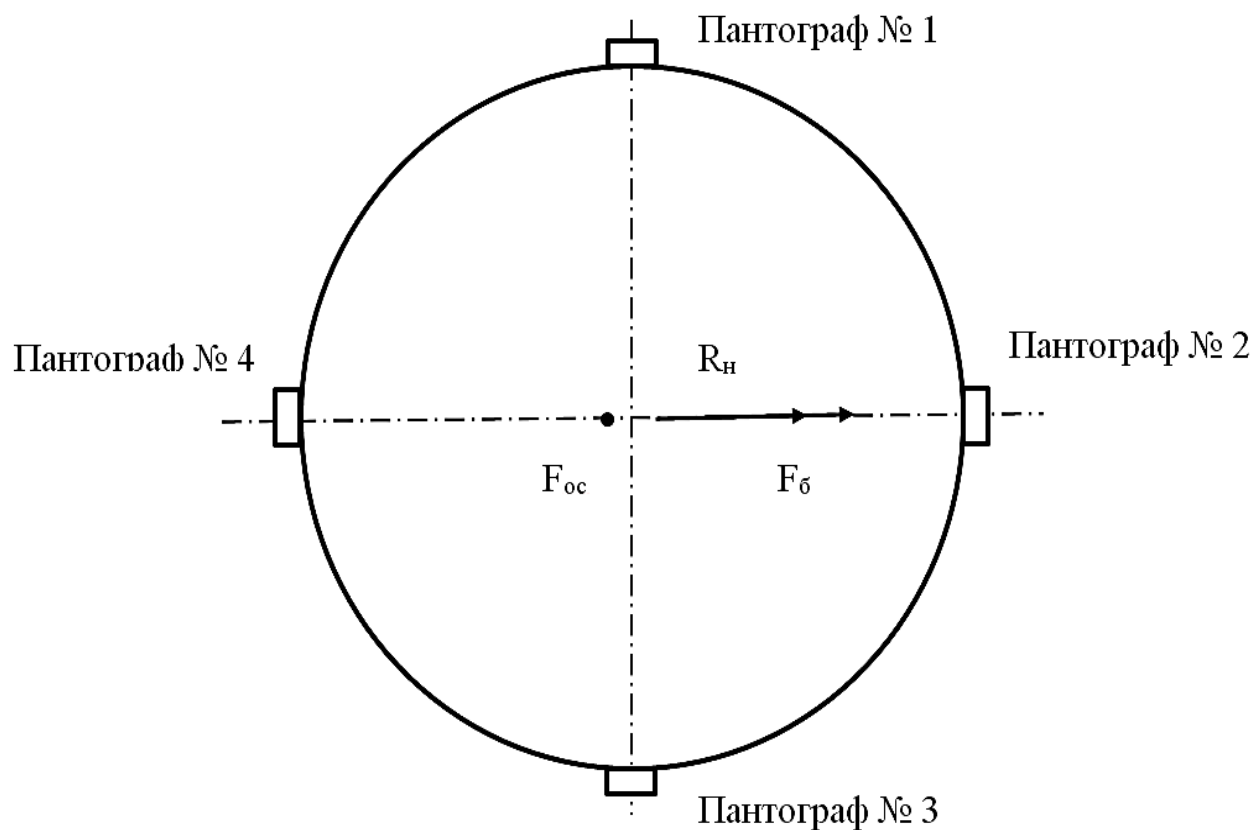


Рисунок 1 – Эскиз неблагоприятного, с точки зрения прочности, направления нагрузок по отношению к расположению пантографов

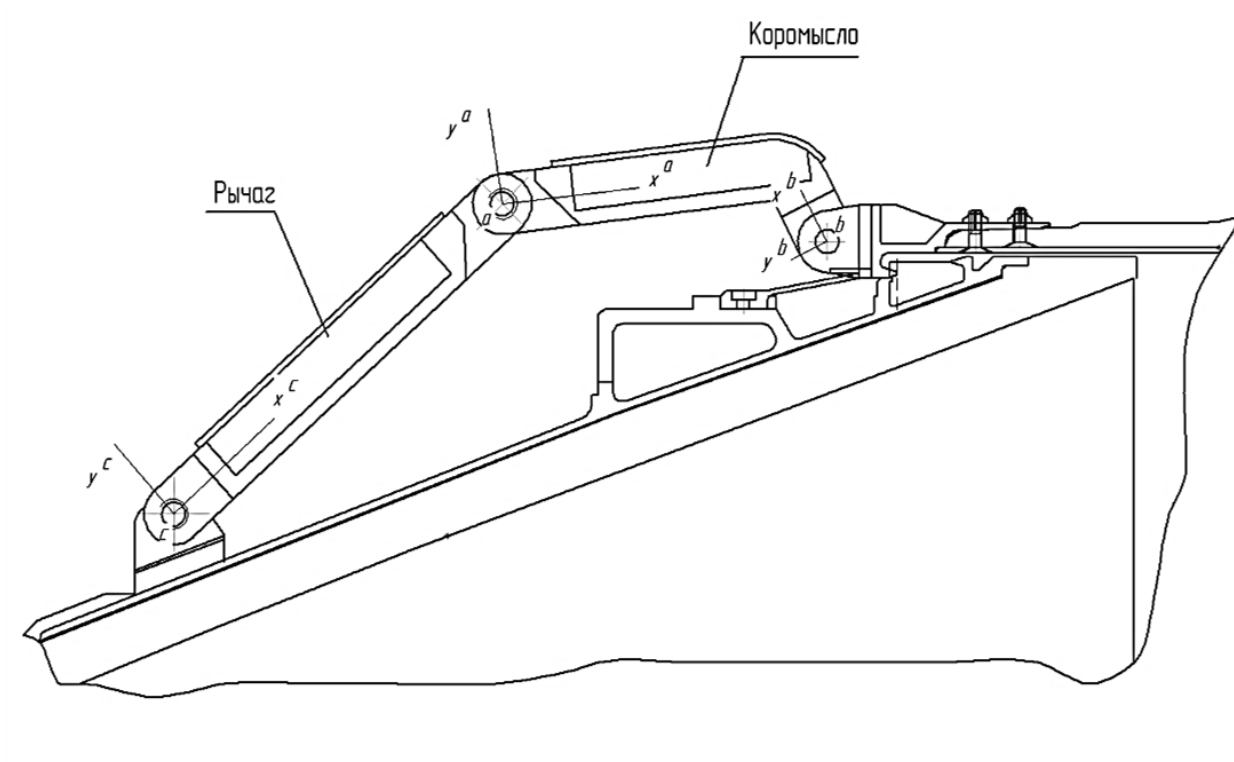


Рисунок 2 – Фрагмент конструктивного исполнения соплового блока РДТТ с пантографным приводом с введенными локальными системами координат

Таблица 2 – Действующие нагрузки на основные элементы конструкции пантографа

Деталь	Система координат (рисунок 2)	Координата по образующей детали, мм	Нагрузка	
			Вариант 1	Вариант 2
Рычаг	$cx^c y^c$	$x^c = 0$	N = 2627 Q = 1804 M = 0	N = 1213 Q = 837 M = 0
		$x^c = 75$	N = 2627 Q = 1804 M = 135300	N = 1213 Q = 837 M = 62775
		$x^c = 150$	N = 2627 Q = 1804 M = 0	N = 1213 Q = 837 M = 0
Коромысло	$ax^a y^a$	$x^a = 0$	N = 3186 Q = 85 M = 0	N = 1473 Q = 46 M = 0
		$x^a = 65$	N = 3186 Q = 85 M = 5525	N = 1473 Q = 46 M = 2990
	$bx^b y^b$	$x^b = 0$	N = 2216 Q = 5358 M = 0	N = 1029 Q = 2487 M = 0

Примечания:

1. N – сжимающее усилие, направлено по оси x, Н;
2. Q – усилие в плоскости поперечного сечения детали, направлено по оси y, Н;
3. M – изгибающий момент относительно оси z, Н*мм;
4. Ось z направлена перпендикулярно плоскости рисунка 2.

Напряжения изгиба $\sigma_{изг}$, сжатия $\sigma_{сж}$, среза $\tau_{ср}$ и эквивалентные $\sigma_{\Sigma 1}$ определены формулами:

$$\sigma_{изг} = f \cdot \frac{M}{W_z} \quad (5)$$

$$\sigma_{сж} = f \cdot \frac{N}{F} \quad (6)$$

$$\tau_{ср} = f \cdot \frac{Q}{F} \quad (7)$$

$$\sigma_{\Sigma 1} = \sqrt{(\sigma_{изг} + \sigma_{сж})^2 + 3 \cdot \tau_{ср}^2} \quad (8)$$

где $f = 1,3$ – коэффициент безопасности; M, N, Q – нагрузки, действующие в сечении рычага; W_z , F – момент сопротивления относительно оси z и площадь сечения.

Результаты расчёта напряжений представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Распределение поля напряжений в конструкции рычага

Напряжение, МПа	Вариант 1	Вариант 2
$\sigma_{изг}$	20,8	9,6
$\sigma_{сж}$	2,3	1,1
$\tau_{ср}$	1,6	0,7
$\sigma_{\Sigma 1}$	23,2	10,8

Суммарные эквивалентные напряжения σ_{Σ} в наиболее нагруженном сечении рычага и коэффициенты запаса прочности [1 – 5] η определены по формулам:

$$\sigma_{\Sigma} = \sigma_{\Sigma 1} + \sigma_{\Sigma 2} \quad (9)$$

$$\eta = \frac{\sigma_B}{\sigma_{\Sigma}} \quad (10)$$

Результаты расчёта представлены в таблице 3.

Таблица 4 – Распределение минимального запаса прочности в конструкции рычажного механизма

Параметр	Вариант 1	Вариант 2
$\sigma_{\text{э}}, \text{МПа}$	36,7	37,7
η	>10	>10

В заключении можно отметить, что прочность элементной базы раздвижного соплового блока обеспечивается с выполнением всех нормативных запасов прочности.

Библиографический список

1. Лурье А.И. Нелинейная теория упругости. – М.: Наука, 1980. – 512 с.
2. Бытев В.О., Сенашов В.И. Групповые свойства уравнений упругости и пластичности. М.: Наука, 1965.
3. Теория упругости. Автор: Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Издательство: Наука Год: 1979.
4. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
5. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 312 с.
6. Исследование ракетных двигателей на твёрдом топливе. / Под ред. М. Саммерфилда. – М.: ИЛ., 1963. – 440 с.
7. Калинин В.В., Ковалёв В.Н., Липанов А.М. Нестационарные процессы и методы проектирования узлов РДТТ. – М.: Машиностроение, 1986. – 216 с.
8. Калиткин Н.Н. Численные методы. – М.: Наука, 1978. – 512 с.
9. Липанов А.М., Алиев А.В. Проектирование ракетных двигателей твёрдого топлива. – М.: Машиностроение, 1995. – 400 с. (п.343)
10. Липанов А.М., Бобрышев В.П., Алиев А.В. и др. Численный эксперимент в теории РДТТ. / Под ред. А.М. Липанова. – Екатеринбург: УИФ "Наука", 1994. – 301 с.
11. Фролов К.В., Махутов Н.А., Каплунов С.М. и др. Динамика конструкций гидроаэроупругих систем. – М.: Наука, 2002. – 399 с.
12. Шемякин Е.И. Введение в теорию упругости. – М.: МГУ, 1993. – 96 с.
13. Гладков И.М. Двигатели специального назначения импульсного типа на твёрдом топливе, – М.: Воениздат, 1990. – 202 с.

УДК 623.4

ОСОБЕННОСТИ СОВРЕМЕННОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОРУЖИЯ К СТРЕЛЬБЕ

Емельянов О.А., начальник кафедры огневой подготовки (кандидат педагогических наук, доцент).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: oleg.emelyanov.75@mail.ru

В работе описаны некоторые аспекты отбора и подготовки штатного табельного оружия к стрельбе. Рассмотрены традиционные методы и последовательность технического осмотра вооружения. Особенности модернизации вооружения его современная техническая подготовка совершенствованными, эргономическими и дизайнерскими решениями с целью повышения функциональности вооружения при его эксплуатации стрелком в служебно-боевой обстановке.

Ключевые слова: огневая выучка; готовность; устойчивость; надежность; методология; военнослужащий; тюнинг; техническая подготовка.

FEATURES OF MODERN TECHNICAL PREPARATION OF WEAPON FOR SHOOTING

Emelyanov O.A., Head of the Department of fire training sciences (Candidate of pedagogical Sciences, associate Professor)

Perm Military Institute of the National Guard's Forces, Perm.

E-mail: oleg.emelyanov.75@mail.ru

This work describes some aspects of selection and preparing regular weapon and preparing a regular weapon for shooting. The review of traditional methods and sequence of technical checkup of armament. Armament modernization, features of its modern technical preparation by improved, ergonomic and designs to increase weapon functionality during the exploitation by shooter in various conditions.

Keywords: fire training; readiness; resistance, durability, methodology; servicemen; tuning, technical preparation.

Современная техническая подготовка вооружения к выполнению стрельб и его эксплуатация в боевой подготовке требует подробного изучения и внимания. Стабильные результаты в стрельбе можно достичь не только при наличии у обучаемого сформированных умений и навыков, а также от технически исправного и приведенного оружия к нормальному бою. В нашей работе мы хотим раскрыть цели технической подготовки и модернизации вооружения современными технически эргономическими и дизайнерскими решениями с целью повышения функциональности вооружения при его эксплуатации стрелком в боевой подготовке и в служебно-боевой обстановке.

Штатное табельное вооружение требует качественный отбор, его эксплуатацию и подготовку к стрельбе. При интенсивной эксплуатации в процессе боевой подготовки оружие может в любой момент потерять свои баллистические качества. В повседневной деятельности существует необходимость постоянного обслуживания, ухода и сбережения, ведение учета настрела оружия и приведение его к нормальному бою.

Стрельба из штатного, табельного вооружения является составной частью огневой подготовки и отражает основные требования в подготовке войск для выполнения служебно-боевых задач, находясь в тесной взаимосвязи с боевой подготовкой с целью повышения огневой выучки личного состава [3]. Поэтому есть необходимость тщательно проводить отбор оружия и закрепления его за военнослужащими. Получение и отбор оружия осуществляется путем внешнего осмотра и проверкой кучности боя оружия. Особое внимание обращается на состояние канала ствола, наличие и соответствие нарезов, состояние патронника и дульной части, состояние металла внутри ствола, не должно быть темных колец, которые говорят о раздутии канала ствола, от середины ствола и его дульной части среза диаметр не должен увеличиваться, образовывая раструб, это является самым приоритетным критерием в отборе оружия.

В дальнейшем при осмотре оружия особое внимание уделяется:

исправности прицельного приспособления, отсутствию забоин на мушке и в прорези целика, прочности установки на оружии;

целостности внешних основных частей и их надежности крепления;

безотказной работе частей и механизмов;

на внешних контурах оружия не должно быть налетов ржавчины, забоин, погнутостей, царапин;

при разборке оружия проверить соответствие номеров основных частей;

взаимодействие частей и механизмов должен быть легким при надежной фиксации.

В разобранном виде необходимо внимательно осмотреть каждую деталь и механизм на отсутствие скошенности металла, нарушений соединений, погнутости, забоин, ржавчины [2].

Для удобства при эксплуатации в боевом применении стрелкового оружия и в служебно-боевой деятельности стрелкам современный коммерческий рынок предлагает дополнительное оборудование, внешние детали (обвесы) для максимального удобства стрелка при его практическом применении, опытные стрелки, устанавливая на оружие рукоятки, цевье, телескопические приклады, компенсаторы отдачи, необходимые для технических доработок, тем самым повышают аэродинамику и точность, поражения целей это все можно отнести к отладке вооружения.

Отладка оружия – техническое дооборудование табельного вооружения предназначено для наиболее согласованной работы оружия со стрелком, позволяющим качественно выполнять стрельбу с наибольшим и стабильным результатом поражения целей.

У автомата Калашникова большой потенциал модернизации. Это позволяет совершенствовать его эргономические свойства и дизайн, что приводит к повышению функциональности [1].

Улучшение характеристик оружия можно добиться за счет модернизации вооружения с улучшением их параметров прицеливания, с оптимизированной скорострельностью, комфортным применением и эксплуатацией.

От того, насколько правильно будет произведен тюнинг оружия, зависят многие характеристики: точность поражения целей, боевая скорострельность.

Самым важным элементом в процессе подготовки вооружения к стрельбе является грамотное оснащение и качественные новейшие, современные технологии, позволяющие освоить свои практические навыки на практике.

Традиционные методы и система организации стрелковых тренировок и стрельб в войсках позволяет рассматривать применение принципа системности в мотивационной составляющей, как элемент системы военно-профессиональной подготовки военнослужащих, применение принципа системности дает возможность представить процесс дисциплины огневая подготовка в виде взаимообусловленного и взаимосвязанного комплекса всех элементов, увидеть в ней пробелы и недостатки, выявить мотивационный потенциал различных форм огневой подготовленности военнослужащих, что в итоге обеспечит построение системы формирования профессиональной составляющей военнослужащих [4].



Рисунок 1 – 5,45-мм автомат Калашникова (АК74 М)

При эксплуатации вооружения важны их характеристики: баланс оружия, вес, ресурс, износоустойчивость частей и механизмов оружия. Изменениям также могут подвергаться основные части и механизмы оружия: ударно спусковой механизм, затворная рама, газовые камера и трубка. Российские и зарубежные производители предлагают много аксессуаров для автомата Калашникова. На рисунке 1 указан один из вариантов тюнинга 5,45 мм автомата Калашникова (АК74 М).

Анатомическая пистолетная рукоятка управления огнем предназначена для удобства хвата стрелка, помогающая с различными размерами ладоней и с удобно сменяющимися накладками с нескользящими покрытиями.

Передняя тактическая рукоятка предназначена для более удобного переднего хвата рукой, располагается на оптимальном расстоянии от плеча для надежного удержания оружия без излишних усилий, чем обычный хват за цевьё или под магазин.

Рукоятка перезарядки предназначена для удобства зарядания оружия с нескользящими насечками в виде цилиндра.

Переводчик огня, имеющий дополнительный выступ, предназначен для удобства перевода режимов огня одной рукой не отвлекаясь при наблюдении за целью, в том числе во время ведения огня.

Телескопический приклад с регулировкой обеспечивает правильную прикладку по высоте и длине. В зависимости от длинны рук, используя регулировку его длинны, применяется в комплекте с щекой приклада для удобства стрельбы на большие расстояния до цели.

Дульный тормоз – компенсатор предназначен для компенсации отдачи при выстреле, для увеличения точности при стрельбе.

Пламегаситель предназначен для устранения дульной вспышки, оказывает маскирующую функцию стрелка, приглушая звук выстрела, делая его глухим, применяется специальными подразделениями и разведки.

Прибор бесшумной и беспламенной стрельбы, разновидность пламегасителя, предназначен для поглощения звука выстрела и дульной вспышки при выстреле с использованием специальных боеприпасов.

Планка Пикатинни специальное интегрированное оборудование, система рельсового крепления коллиматоров, оптических прицелов, тепловизоров и их регулировка на оружии (газовой трубки, крышки ствольной коробки).

Оптический прицел предназначен для наблюдения за целью, ведения огня на расстоянии более 200-300 метров, с использованием сетки прицела и шкалой поправок по вертикали при стрельбе по движущимся целям.

Коллиматорный прицел предназначен для удобства стрелка при ведении огня с использованием проецирования метки на экран, не увеличивая цель с обозначением места поражения цели на расстоянии до 100-200 метров, может использоваться с насадкой ночного видения, тепловизионную.

Тактический фонарь предназначен для использования стрелком при ведении огня из оружия в условиях ограниченной видимости в ночных условиях, тумана, а также при штурме зданий в закрытых помещениях, бывают как видимыми, так и работающими в инфракрасном диапазоне.

Лазерный целеуказатель используется при стрельбе для обозначения направления попадания пули в цель, делятся на видимый луч и инфракрасный, может использоваться встраиваться в коллиматор или фонарь.

Таким образом, поиск современных, технических вариантов подготовки вооружения к выполнению стрельб и его эксплуатации в боевой подготовке, а также при выполнении служебно-боевых задач требует подробного изучения и внимания, используя в образовательной сфере подготовки военных профессионалов по дисциплине огневая подготовка, является постоянно интересным и современным процессом, творчески решая проблемы методологии в обучении процесса профессиональной деятельности новых технических модернизаций вооружения, для увеличения боевой скорострельности и темпа стрельбы, что способствует результативности и выполнению меткого выстрела, согласованных действий в строгой взаимосвязи стрелок и оружие, направленной на овладении техникой стрельбы, правильным, удобным расположением частей тела, установкой владения оружием, правильным прицеливанием, доведение до автоматизма своих действий по выполнению всего цикла стрелка при выстреле.

Библиографический список

1. Боевое стрелковое оружие России. – М.: ООО «ИД Авангард», 2004. – 170 с.
2. 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.). М.: Изд. стандартов, 1983.
3. Жемчужников А.В. Огневая подготовка – системообразующая дисциплина в системе подготовки курсантов военных вузов / Научно-теоретический журнал «Ученые записки университета имени П.Ф. Лесгафта», – № 9 (163), – 2018. – С. 97–99.
4. Лымарев В.Н. Педагогические условия эффективности системы формирования мотива военно-профессиональной деятельности у курсантов военных вузов / В.Н. Лымарев // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1. – С. 478.

УДК 621.37

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ПОВЫШЕННОЙ НАДЕЖНОСТИ

Зарубский В.Г., доцент кафедры инженерно-технических средств охраны факультета (инженерного обеспечения), кандидат технических наук.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: volen3030@rambler.ru

Повышение надежности интегрированных систем безопасности в современных условиях является важной задачей в рамках обеспечения надежной охраны объектов различных категорий. В статье рассматривается вариант повышения надежности интегрированной системы безопасности путем резервирования её элементов. Также представлен пример оптимизации резерва элементов интегрированной системы безопасности на основе метода градиентного спуска, и его практическая реализация в виде программного продукта.

Ключевые слова: надежность; резервирование; оптимизация; метод градиентного спуска; интегрированная система безопасности.

APPLICATION OF THE GRADIENT DESCENT METHOD FOR OPTIMIZING THE RESERVATION OF HIGHLY RELIABLE INTEGRATED SECURITY SYSTEMS

Zarubskiy V.G., Associate Professor of the Department of Engineering and Technical Security Tools, Faculty of Engineering Support (Ph.D. (Engineering))

Perm Military Institute of the National Guard Forces, Perm.

E-mail: volen3030@rambler.ru

Enhancing the reliability of integrated security systems is an important task in ensuring the effective protection of various types of facilities in modern conditions. This article explores an approach to increasing the reliability of an integrated security system through element redundancy. It also presents an example of optimizing the redundancy of elements in the integrated security system using the gradient descent method, along with its practical implementation as a software product.

Keywords: reliability; redundancy; optimization; gradient descent method; integrated security system.

Интегрированные системы безопасности (ИСБ) представляют собой объединение на единой аппаратно-программной основе подсистемы охранной сигнализации, тревожно-вызывной сигнализации, видеонаблюдения, контроля и управления доступом, пожарной сигнализации и т. п. В настоящее время широко используются такие ИСБ как «Пахра», «Орион», «Кодос» и др. Современные ИСБ призваны повысить надежность охраны объектов различных категорий за счет интеграции входящих в её состав подсистем, и в то

же время оптимизировать материальные и финансовые затраты на оборудование данных объектов. Также необходимо отметить, что существуют объекты, к надежности охраны которых предъявляются повышенные требования, что соответственно выдвигает повышенные требования к надежности ИСБ, применяемых на таких объектах.

Согласно ГОСТ 27.002-89 надежность (Reliability, dependability) – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [1]. Надежность оценивается количественными показателями. Это вероятностные показатели – вероятность безотказной работы, интенсивность отказов и др [2].

Безусловно задача повышения надежности любой системы напрямую связана с повышением её стоимости. В связи с этим на практике принято ставить две различные задачи: достижение требуемого показателя при минимальных денежных затратах и достижение максимального показателя надежности при заданных затратах. А для сравнения различных систем целесообразно использовать показатель «эффективность/стоимость», где под эффективностью понимается некоторый достигаемый за данную стоимость уровень надежности [2].

Основными способами обеспечения надежности технических систем считается: резервирование; уменьшение интенсивности отказов системы; сокращение времени непрерывной работы; уменьшение времени восстановления и др.

Одним из вариантов повышения надежности ИСБ рассматривалось применение компьютеров повышенной надежности в качестве управляющего компьютера всей системы [3], однако данный подход требует запуска производства данных компьютеров, что весьма сложно для реализации в современных условиях. В то же время такой подход не рассматривает весь комплекс элементов ИСБ, в связи с чем не может считаться эффективным [4].

Далее в статье предлагается рассмотреть возможность повышения надежности ИСБ установленной на охраняемом объекте путем резервирования её элементов.

Резервирование – это способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и (или) возможностей, избыточных по отношению к минимально необходимым для выполнения требуемых функции [1]. Как правило, резервирование целесообразно применять в системах, работу которых можно прерывать для замены отказавшего элемента резервным. Особенность такого резервирования состоит в том, что резервный элемент включается в работу только после отказа основного, а до этого он содержится в резерве и непосредственно в работе не участвует.

Однозначно повышение надежности технических систем путем резервирования является наиболее простым, но в то же время достаточно экономически затратным способом, так как большинство элементов ИСБ являются дорогостоящими изделиями и держать их в качестве резерва на складе достаточно дорого.

Таким образом, возникает необходимость решения задачи определения оптимального по стоимости резерва элементов ИСБ при обеспечении максимальной надежности функционирования ИСБ, то есть

$$P_c(t) \rightarrow \max \text{ при } W_p \leq W_p^{\text{зад}}, \quad (1)$$

где $P_c(t)$ – вероятности безотказной работы ИСБ, W_p – стоимость резерва ИСБ, $W_p^{\text{зад}}$ – заданная стоимость на резерв ИСБ.

Решение данной задачи видится в применении метода градиентного спуска [5, 6, 7, 8] – нахождение локального минимума (максимума) функции с помощью движения вдоль градиента.

Возможность практического применения данного метода для решения задачи поиска оптимального резерва элементов ИСБ при обеспечении максимальной надежности функционирования ИСБ рассмотрим на примере абстрактного объекта охраны.

Объект охраны, оборудованный упрощенной ИСБ (включающий только основные элементы подсистемы охранной сигнализации), представлен на рисунке 1. На схеме цифрами обозначены основные элементы ИСБ: 1, 2, 3, 4 – радиолучевые датчики обнаружения 1, 2, 3, 4 участка периметра охраняемого объекта; 5, 6, 7, 8 – линии связи радиолучевых датчиков обнаружения 1, 2, 3, 4 участка периметра охраняемого объекта соответственно; 9 – приемо-контрольный прибор (ПКП); 10 – автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора ИСБ.

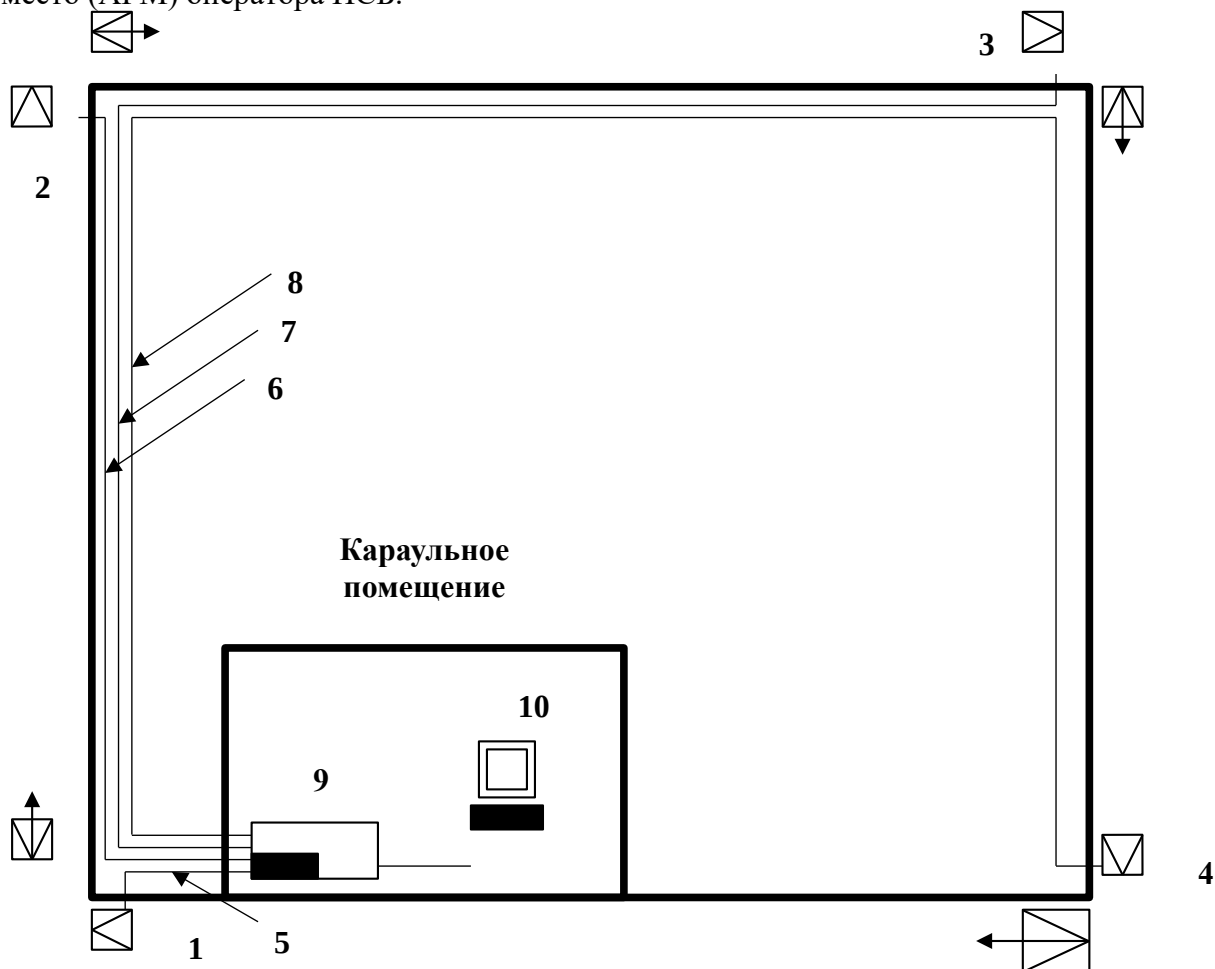


Рисунок 1 – Упрощенная схема объекта охраны оборудованного ИСБ

Соответственно каждый элемент ИСБ рассматриваемого объекта имеет свою стоимость W_i и обладает такой характеристикой, как вероятность безотказной работы $P_i(t)$. Упрощая поставленную в данном исследовании задачу, определим, что элементы 1, 2, 3, 4 идентичны и соответственно обладают одинаковыми характеристиками $W_1 = W_2 = W_3 = W_4$ и $P_1 = P_2 = P_3 = P_4$, аналогично представим элементы 5, 6, 7, 8, характеристики которых $W_5 = W_6 = W_7 = W_8$ и $P_5 = P_6 = P_7 = P_8$.

Заданные значения вероятностей безотказной работы (ВБР) подсистем: $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 0,97$, $P_5 = P_6 = P_7 = P_8 = 0,99$, $P_9 = 0,95$ и $P_{10} = 0,89$; их стоимости $W_1 = W_2 = W_3 = W_4 = 59$, $W_5 = W_6 = W_7 = W_8 = 3$, $W_9 = 30$ и $W_{10} = 150$ соответственно. Заданное (допустимое) значение стоимости системы $W_c^{\text{зад}} = 500$.

Структурная схема надежности (ССН) рассматриваемой ИСБ представлена на рисунке 2. На основании представленной ССН оценим вероятность безотказной работы всей рассматриваемой ИСБ в целом. Несмотря на то, что визуально согласно ССН элементы 1, 5;

2, 6; 3, 7 и 4, 8 подключены к элементу 9 параллельно, в действительности они не замещают друг друга и одинаково влияют на работоспособность всей ИСБ в целом, в связи с этим их необходимо рассматривать как соединенные друг с другом последовательно.

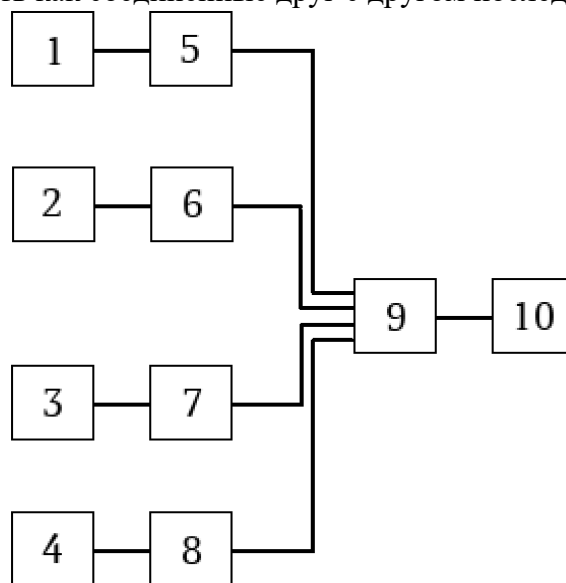


Рисунок 2 – Структурная схема надежности ИСБ

Тогда ВБР системы будет равна $P_c = \prod_{i=1}^5 P_i = 0,72$, а стоимость всей системы составит $W_c = \sum_{i=1}^{10} W_i = 428 < W_c^{\text{зад}}$.

Видно, что для нерезервированной системы условие по стоимости выполняется, но имеется запас стоимости для увеличения надежности системы, поэтому необходимо введение резервных элементов.

Введем резервирование замещением с ненагруженным режимом работы резервных подсистем, т. е. $P(t) = 1 - (1 - P)^2$.

Начнем увеличивать ВБР всей системы, учитывая условие $W_c \leq W_c^{\text{зад}}$ (таблица 1) – исходное: 0 шаг – элементы: 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1. Вводим еще один канал на каждом участке. Получаем 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2, 2.

Таблица 1 – Значения ВБР элементов ИСБ на нулевой и первой итерации

j	Значения $P_i^j(t)$									
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	$i = 9$	$i = 10$
0	0,97	0,97	0,97	0,97	0,99	0,99	0,99	0,99	0,95	0,89
1	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9975	0,9879

Определяем наиболее выигрышный участок (таблица 2). Для этого итеративно по наибольшему приращению ВБР на единицу стоимости в соответствии с выражением для градиента [3,4]:

$$(\delta_i^j)' = \max\{\delta_i^j\} \text{ для } i = \overline{1,5}, \delta_i^j = \frac{P_i^{j+1}(t) - P_i^j(t)}{W_i \cdot P_i^{j+1}(t)}.$$

Таблица 2 – Значения градиента элементов ИСБ на первой итерации

j	Значения δ_i^j									
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	$i = 9$	$i = 10$
1	0,00049	0,00049	0,00049	0,00049	0,0033	0,0033	0,0033	0,0033	0,00158	0,00066

$(\delta_i^1)' = \delta_5^1 = \delta_6^1 = \delta_7^1 = \delta_8^1$, значит, резервные элементы надо добавить к 5, 6, 7 и 8 элементам. Следовательно, ССН для шага $j = 1$ будет иметь вид (рисунок 3).

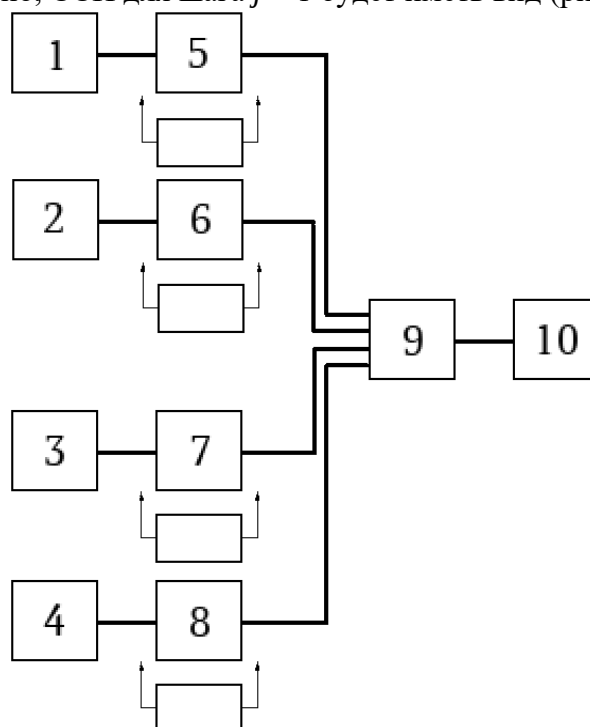


Рисунок 3 – Структурная схема надежности ИСБ для первой итерации увеличения вероятности безотказной работы

То есть резервируем 5, 6, 7 и 8 элементы, при этом ВБР будет равна $P_c^1 = 0,97 * 0,97 * 0,97 * 0,97 * 0,9999 * 0,9999 * 0,9999 * 0,9999 * 0,95 * 0,89 = 0,75$, а стоимость резервируемой системы составит $W_c^1 = 440 < W_c^{\text{зад}}$.

На втором шаге (таблица 3) опять увеличиваем резервы, в том числе и на 5, 6, 7, и 8 элементах. Получаем 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 2, 2.

Таблица 3 – Значения ВБР элементов ИСБ на первой и второй итерациях

j	Значения $P_i^j(t)$									
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	$i = 9$	$i = 10$
1	0,97	0,97	0,97	0,97	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,95	0,89
2	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,999999	0,999999	0,999999	0,999999	0,9975	0,9879

Определяем наиболее выигрышный участок (таблица 4).

Таблица 4 – Значения градиента элементов ИСБ на второй итерации

j	Значения δ_i^j									
	$i = 1$	$i = 2$	$i = 3$	$i = 4$	$i = 5$	$i = 6$	$i = 7$	$i = 8$	$i = 9$	$i = 10$
1	0,00049	0,00049	0,00049	0,00049	0,000033	0,000033	0,000033	0,000033	0,00158	0,00066

$(\delta_i^2)' = \delta_9^2$, резервный элемент добавляется к 9 элементу, следовательно ССН для шага $j = 2$ будет иметь вид (рисунок 4).

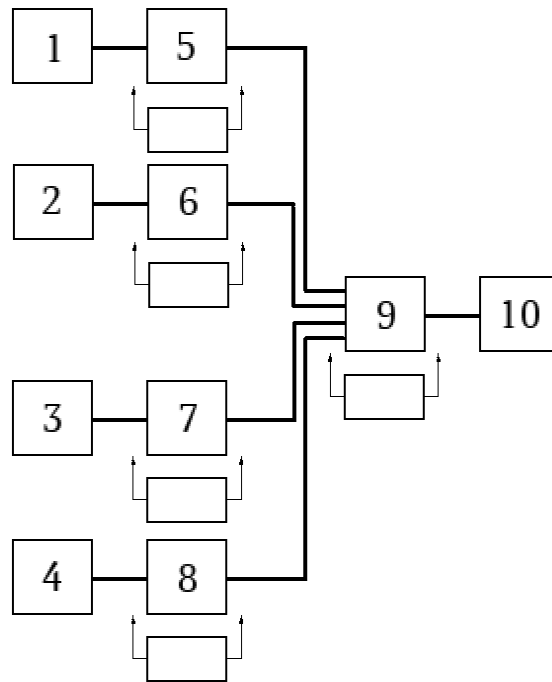


Рисунок 4 – Структурная схема надежности ИСБ для второй итерации увеличения вероятности безотказной работы

ВБР будет равна $P_c^2 = 0,79$, а стоимость резервируемой системы составит $W_c^2 = 470 < W_c^{\text{зад}}$.

Третья итерация (таблица 5): 2 шаг – увеличиваем резерв только на 9-ом участке, остальное без изменений. Каналы: 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 1. 3 шаг – опять увеличиваем резервы, в том числе и на 9-ом. Получаем 2, 2, 2, 2, 3, 3, 3, 3, 3, 2.

Таблица 5 – Значения ВБР элементов ИСБ на второй и третьей итерациях

j	Значения $P_i^j(t)$									
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	$i=9$	$i=10$
2	0,97	0,97	0,97	0,97	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9975	0,89
3	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,999999	0,999999	0,999999	0,999999	0,99985	0,9879

Определяем наиболее выигрышный участок (таблица 6).

Таблица 6 – Значения градиента элементов ИСБ на третьей итерации

j	Значения δ_i^j									
	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	$i=5$	$i=6$	$i=7$	$i=8$	$i=9$	$i=10$
1	0,00049	0,00049	0,00049	0,00049	0,000033	0,000033	0,000033	0,000033	0,000079	0,00066

$(\delta_i^3)' = \delta_{10}^3$, резервный элемент добавляется к 10 элементу, однако при следующих шагах значение W_c гарантированно выйдет за допустимые пределы.

Таким образом достигаем максимального значения $P_c(t) = 0,79$ при стоимости реализации системы $W_c = 470$ меньше заданной стоимости равной 500.

Имя подсистемы

ИСБ

Имя подсистемы: ИСБ. Средства на оптимизацию

ВБР	0.97	количество	4	стоимость	59	Удалить
ВБР	0.99	количество	4	стоимость	3	Удалить
ВБР	0.95	количество	1	стоимость	30	Удалить
ВБР	0.89	количество	1	стоимость	150	Удалить

Расчет

ID подсистемы = 0

id = 0, v = 0.97, q = 4, c = 59, w = 0.999, z = 0.017
 id = 1, v = 0.99, q = 4, c = 3, w = 1, z = 0.333
 id = 2, v = 0.95, q = 1, c = 30, w = 0.997, z = 0.033
 id = 3, v = 0.89, q = 1, c = 150, w = 0.988, z = 0.007

ВБР = 0.7190205904881801, текущая стоимость = 428, максимальная стоимость = 500

id = 1
 Добавление одного элемента, ВБР = 0.73, новый массив ВБР = [1 0.99 0.99 0.99], текущая стоимость = 431
 Добавление одного элемента, ВБР = 0.73, новый массив ВБР = [1 1 0.99 0.99], текущая стоимость = 434
 Добавление одного элемента, ВБР = 0.74, новый массив ВБР = [1 1 1 0.99], текущая стоимость = 437
 Добавление одного элемента, ВБР = 0.75, новый массив ВБР = [1 1 1 1], текущая стоимость = 440

id = 2
 Добавление одного элемента, ВБР = 0.79, новый массив ВБР = [0.997], текущая стоимость = 470

id = 3
 ВБР подсистемы = 0.7855468690973

ВБР общая = 0.7855468690973

Рисунок 5 – Скриншот окна программы после расчета оптимального резервирования ИСБ по критерию стоимости

Рассмотренный пример позволяет сделать вывод, что предложенная методика формирования оптимального резерва элементов ИСБ, основанная на методе градиентного спуска, вполне эффективна для решения поставленной задачи. Однако ИСБ, установленная на реальном объекте охраны, представляет из себя достаточно сложный комплекс технических средств (элементов) и осуществлять оптимизацию такой системы вручную достаточно сложно. В связи с этим дальнейшая реализация метода оптимизации элементов связана с его алгоритмизацией и разработкой программы для ЭВМ, позволяющей автоматизировать данный процесс (рисунок 5).

Библиографический список

1. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике Основные понятия. Термины и определения. – М.: Издательство стандартов, 1990. – 42 с.
2. Тюрин С.Ф. Надежность систем автоматизации / Пермь: Изд-во Пермского национального исследовательского политехнического университета, 2012. – 188 с.
3. Зарубский В.Г., Тюрин С.Ф. Масштабирование отказоустойчивого логического элемента FPGA для реализации реконфигурируемого управляющего компьютера интегрированной системы безопасности. Вестник Воронежского института ФСИН России. 2017. № 1. С. 99–105.
4. Здоровцов А.Г., Пушкарёв А.М. Оценка эффективности системы охраны периметров объектов и контроля за прилегающей территорией. Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. 2022. № 4 (8). С. 43–45.
5. Белов В.В., Беляев Ю.К., Давтян А.Г., и др. Надежность и эффективность в технике: Справочник. Том. 2. Математические методы в теории надежности и эффективности/ под ред. Гнеденко Б.В. – М.: Машиностроение, 1987. – 280 с.
6. Поляк Б.Т. Введение в оптимизацию. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 384 с.
7. Гасников А.В. Современные численные методы оптимизации. Метод универсального градиентного спуска: учебное пособие. – М.: МФТИ, 2018. – 291 с.
8. Гребенникова И.В. Методы оптимизации: учебное пособие. – Екатеринбург : УрФУ, 2017. – 148 с.

УДК 629.7.012.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОПЛОВОГО БЛОКА РДТТ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Мормуль Р.В. (к.т.н., профессор кафедры информатика факультета ИТ и ЗИ.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронная почта: rmormul@yandex.ru

Автором статьи предложена оптимизация габаритно-массовых характеристик элементной базы соплового блока ракетного двигателя твердого топлива (РДТТ) специального назначения на основании его экспериментальной отработки и серии многопоточных нестационарных вычислительных экспериментов. Численно методом конечных элементов (далее – МКЭ) получена карта распределения поля температуры в конструкционных материалах соплового блока, определены его минимальные запасы прочности при решении связанной термомеханической задачи. Экспериментальная отработка РДТТ и результаты численного моделирования имеют хорошую согласованность с подтверждением работоспособности конструктивных узлов соплового блока. Предложены варианты повышения энергетики твердого топлива за счет снижения времени собственной работы РДТТ.

Ключевые слова: РДТТ; сопловой блок; оптимизация; поле температуры; тензор напряжений; запас прочности; метод конечных элементов; численное моделирование.

OPTIMIZATION OF DESIGN OF A SPECIAL PURPOSE SPRM NOZZLE BLOCK

Mormul R.V. (Ph.D., Professor of the Department of Computer Science, Faculty of IT and Information Security).

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm.

E-mail: rmormul@yandex.ru

The author of the article proposed optimization of the overall dimensions and mass characteristics of the elemental base of the nozzle block of a special-purpose solid fuel rocket motor (SPRM) based on its experimental testing and a series of multi-flow non-stationary computational experiments. Using the finite element method (FEM), a map of the distribution of the temperature field in the structural materials of the nozzle block was obtained numerically, and its minimum safety margins were determined when solving a related thermomechanical problem. Experimental testing of the solid propellant rocket engine and the results of numerical modeling are in good agreement with confirming the operability of the structural components of the nozzle block. Options have been proposed to increase

the energy efficiency of solid fuel by reducing the operating time of the solid propellant rocket engine.

Keywords: solid propellant rocket motor; nozzle block; optimization, temperature field, stress tensor, safety factor, finite element method, numerical modeling.

Для оценки целесообразности применения того или иного теплозащитного покрытия (далее – ТЗП) необходимо проводить технико-экономический анализ, заключающийся в сравнении потенциальных конструкций для выбора оптимальных материалов, обладающих наилучшими свойствами при минимальной массе конструкции. В процессе анализа необходимо, помимо цены материала, учитывать стоимость изделия и всей системы в целом. При расчете эффективности применения материала следует учитывать не только уменьшение массы, но и сопутствующие факторы.

Рассмотрим уравнения массовых характеристик. Масса РДТТ складывается из массы двигательной установки и массы топлива:

$$m_{РДТТ} = m_{ДУ} + m_{ТТ} \quad (1)$$

В свою очередь, масса двигательной установки в общем случае определяется выражением:

$$m_{ДУ} = m_{Ц} + m_{ДН} + m_{ТЗП} + m_{БР} + m_{СБ} + m_{УК}, \quad (2)$$

где $m_{Ц}$ – масса цилиндрической части камеры сгорания; $m_{ДН}$ – масса переднего и заднего днищ; $m_{ТЗП}$ – масса теплозащитного покрытия; $m_{БР}$ – масса бронировки заряда; $m_{СБ}$ – масса соплового блока без ТЗП; $m_{УК}$ – масса узлов крепления днищ, воспламенителя и деталей сборки.

Задача оптимизации теплозащиты соплового блока специального назначения с точки зрения веса и надежности включает в себя:

выбор материалов, оптимальных для каждой зоны соплового блока в зависимости от температуры давления и состава продуктов сгорания, габаритов двигателя, времени его работы и других параметров;

выбор минимальных потребных толщин материалов с учетом их разрушения и разброса характеристик с целью обеспечения работоспособности и минимального веса конструкции.

В соответствии с результатами вычислительного эксперимента и данными измерительного анализа нестационарного теплового состояния соплового блока зоны термодеструкции ТЗП крестовины имеют слабовыраженный локальный характер.

Существуют лишь небольшие по площади участки ТЗП крестовины, температура нагрева которых превышает 300 °С (рисунок 1). В целом температура нагрева ТЗП крестовины варьируется в диапазоне от 23 до 30 °С. Таким образом, габаритно-массовые характеристики ТЗП крестовины можно оптимизировать. Полностью исключить ТЗП крестовины не представляется возможным, так как необходимо конструктивно обеспечить упруго-демпферные связи системы «теплозащитный стакан – ТЗП – крестовина» при действии динамической нагрузки.

Массу ТЗП крестовины (смесь резиновая 51-2101) определим как:

$$m_{ТЗП_КР}^{2101} = \rho_{ТЗП_КР}^{2101} \cdot V = 1100 \text{ кг/м}^3 \cdot 0.0016731 \text{ м}^3 = 1.8404 \text{ кг}$$

Для снижения массы ТЗП крестовины автор статьи предлагает использовать менее плотный эластичный ТЗМ – смесь резиновую 51-5467 «Теплан».

$$m_{ТЗП_КР}^{5467} = \rho_{ТЗП_КР}^{5467} \cdot V = 900 \text{ кг/м}^3 \cdot 0.0016731 \text{ м}^3 = 1.5894 \text{ кг}$$

Снижение массы ТЗП крестовины в таком случае составит:

$$\Delta m_{ТЗП_КР} = m_{ТЗП_КР}^{2101} - m_{ТЗП_КР}^{5467} = 251 \text{ г} \approx 13.63 \% m_{ТЗП_КР}^{2101}$$

Наиболее существенный вклад при снижении массы соплового блока управления можно достичь за счет выбора теплозащитного материала (далее – ТЗМ) стакана в пользу углепластика ЭПАН-2Б, вместо стекловолокнита АГ-4В.

Физико-механические характеристики (далее – ФМХ) углепластика ЭПАН-2Б приведены в таблице 1.

Соотношения между ФМХ [9, 10] материалов тепловой защиты представлены на рисунке 2.

Таблица 1 – ФМХ углепластика ЭПАН-2Б

Характеристики	Температура, °С					
	20	300	500	1500	2000	2500
Модуль упругости при растяжении, не более, $E \cdot 10^{-3}$, МПа	10.9	6.1	1.3	1.7	2.0	2.0
Модуль упругости при сжатии, не более, $E \cdot 10^{-3}$, МПа	8.6	4.8	5.4	3.6	1.5	1.0
Предел прочности при растяжении не менее, МПа	27.4	11.5	4.7	5.7	5.9	5.2
Предел прочности при сжатии, не менее, Па	118.9	60.0	33.6	38.7	30.3	20.8
Относительная деформация сжатия при разрушении, не менее, %	1.71	1.9	1.0	0.8	2.1	2.1
Коэффициент Пуассона	0.318	0.318	0.318	0.318	0.318	0.318
Коэффициент линейного термического расширения не более, $\alpha \cdot 10^{-6}$, град ⁻¹	18.3	14.9	- 0.1	- 2.6	1.8	4.2

В рамках твердотельного моделирования при численном определении динамики теплового состояния газодинамического тракта РДТТ [1–8], при длительном воздействии тепловых потоков использовано уравнение нестационарной теплопроводности, которое в интегральной формулировке с некоторой весовой функцией $W = W(r, \theta, z)$ примет вид:

$$\int_{\Omega} W \rho C \frac{\partial T}{\partial t} dV = \int_{\Omega} W \{ \nabla^T \cdot K_{ij} \nabla T \} dV + \int_{\Omega} W Q dV \quad (3)$$

Для численной аппроксимации уравнения (3) применяется МКЭ. При этом для вывода соответствующих определяющих уравнений используется подход на основе метода Галеркина:

$$\left[\int_{\Omega} W \rho C \frac{\partial T}{\partial t} dV \right] \left\{ \frac{dT}{dt} \right\} = \left[\int_{\Omega} \tilde{N} \nabla^T \cdot [K_{ij} \nabla \tilde{N}] dV \right] \tilde{T} + \left[\int_{\Omega} \tilde{N} Q dV \right] \quad (4)$$

Начальным условием уравнения (3) служит равномерное распределение температуры по толщине многослойной стенки:

$$T(r, \theta, z) = T_0 \quad (5)$$

Граничным условием является граничное условие (Неймана) 2-го рода:

$$-\lambda \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_{r=r_w} = \frac{\alpha}{C_p} (I_e - I_w) + \xi_{эф} \sigma_{SB} (T_{\infty}^4 - T_w^4) \quad (6)$$

Аппроксимация производной поля температуры по времени работы двигателя выполнена методом конечных разностей следующим образом:

$$T_{n+1} = \xi^{-1} T_{n+\xi} + (1 - \xi^{-1}) T_n \quad (7)$$

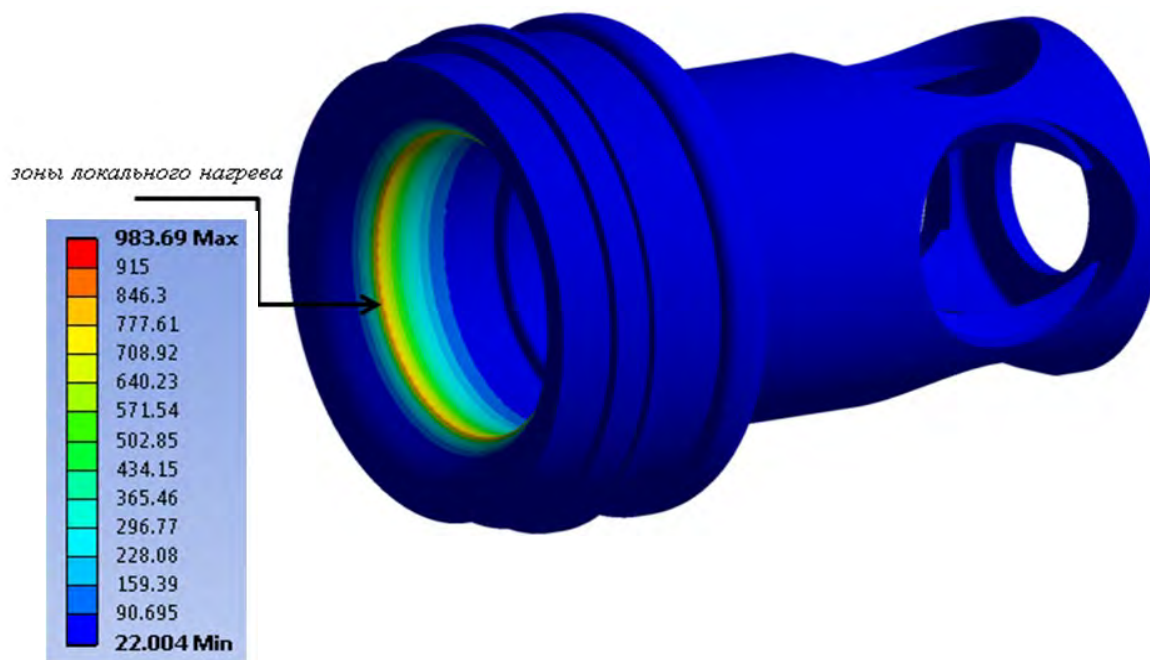


Рисунок 1 – Распределение поля температуры на поверхностях ТЗП крестовины

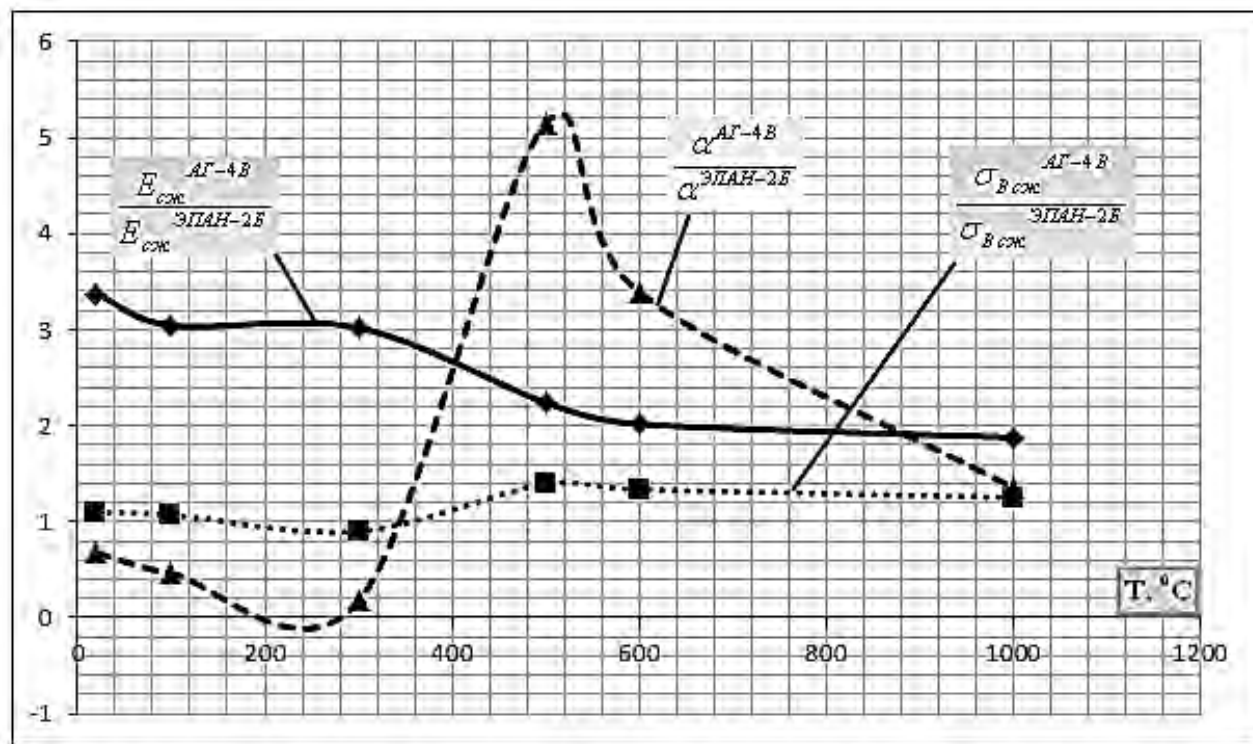


Рисунок 2 – Соотношения между ФМХ ТЗМ АГ-4В и ЭПАН-2Б

Теплофизические характеристики (далее – ТФХ) углепластика ЭПАН-2Б приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – ТФХ углепластика ЭПАН-2Б

температура, С	плотность, кг/м ³	коэффициент теплопроводности, Вт/(м С).	удельная (массовая) теплоемкость, кДж/(кг С).
20	1425	0.80	0.90
50	–	0.85	1.11
80	–	0.87	1.15
100	–	0.96	1.19
150	–	0.97	1.18
200	–	0.98	1.36
250	–	0.99	1.38

Анализ ТФХ и результатов вычислительного эксперимента показал, что тепловое состояние теплозащитного стакана, выполненного из ТЗМ ЭПАН-2Б на момент окончания работы РДТТ близко к распределению поля температуры данного теплозащитного элемента (стакана), изготовленного из стекловолокнита АГ-4В (рисунок 3). Толщина «живых» слоев ЭПАН-2Б на 14 % ниже, чем у стеклопластика АГ-4В.

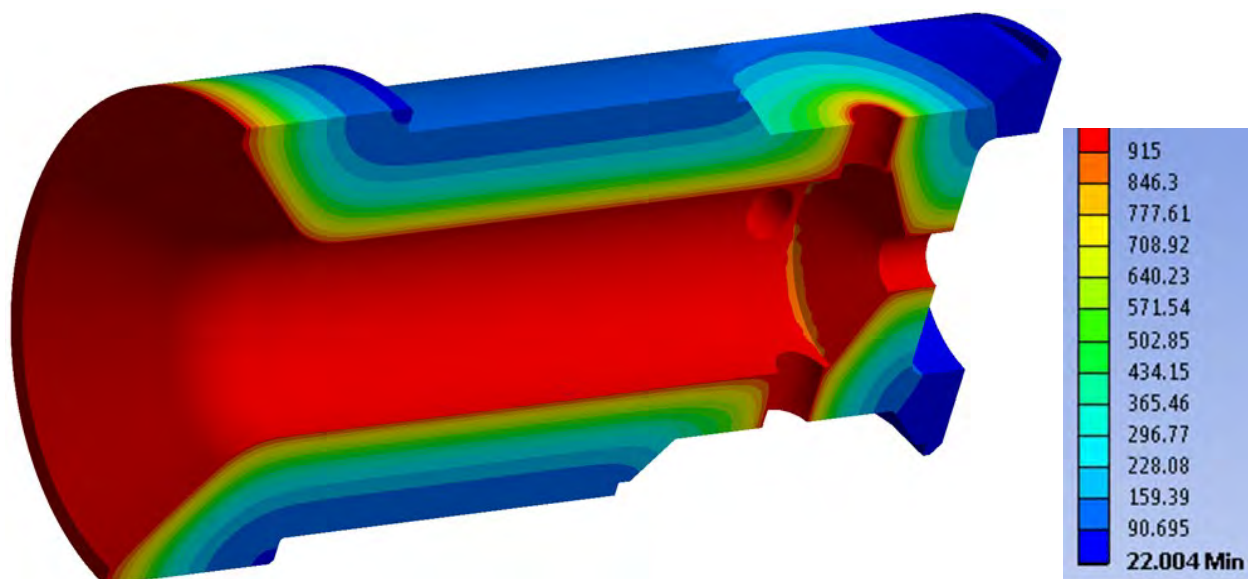


Рисунок 3 – Распределение поля температуры на поверхностях теплозащитного стакана (ЭПАН – 2Б)

В силу того, что коэффициент линейного теплового расширения в зависимости от температуры нагрева ТЗМ ЭПАН-2Б ниже, чем у пресс-материала АГ-4В, следует, что тепловые деформации поверхностей стакана будут также ниже.

Принимая во внимание, что предел прочности в зависимости нагрева углепластика при сжатии и растяжении незначительно ниже у стекловолокнита, ТЗМ ЭПАН-2Б можно использовать в качестве тепловой защиты стакана.

Снижение массы теплозащитного стакана в таком случае составит:

$$\Delta m_{\text{СТАКАНА}} = V \cdot (\rho^{\text{АГ-4В}} - \rho^{\text{ЭПАН-2Б}}) = 0.001124 \text{ м}^3 \cdot (1800 - 1425) \text{ кг} / \text{м}^3 = \\ = 0.4215 \text{ кг} \approx 20.83\% m_{\text{СТАКАНА}}$$

В соответствии с картой распределения запаса прочности крестовины, полученной в рамках численной реализации связанной задачи термомеханики, автор статьи предлагает произвести утонение конструкции крестовины эквидистантно наружным поверхностям в четырех местах установки корпуса подшипников на 2.7 мм по схеме, представленной на рисунке 4. Также в связи с уменьшением объема навески воспламенителя на 15 % (в рамках запланированного мероприятия по снижению пика унимодальной кривой давления) предлагается (эквидистантно) произвести утонение места установки крышки задней с крестовиной на 2 мм.

Снижение массы крестовины в этом случае составляет:

$$\Delta m_{\text{КР}} = \Delta V \cdot \rho^{\text{ОТ4}} = 0.0000885417 \text{ м}^3 \cdot 4550 \text{ кг} / \text{м}^3 \approx 0.4 \text{ кг} \approx 4.65\% m_{\text{КР}}$$

Суммарное снижение массы соплового блока управления составляет:

$$\Delta m_{\Sigma} = \sum_i \Delta m_i = \Delta m_{\text{ТЗП-КР}} + \Delta m_{\text{СТАКАНА}} + \Delta m_{\text{КР}} \approx (0.2510 + 0.4215 + 0.4000) \text{ кг} = 1.0725 \text{ кг}$$

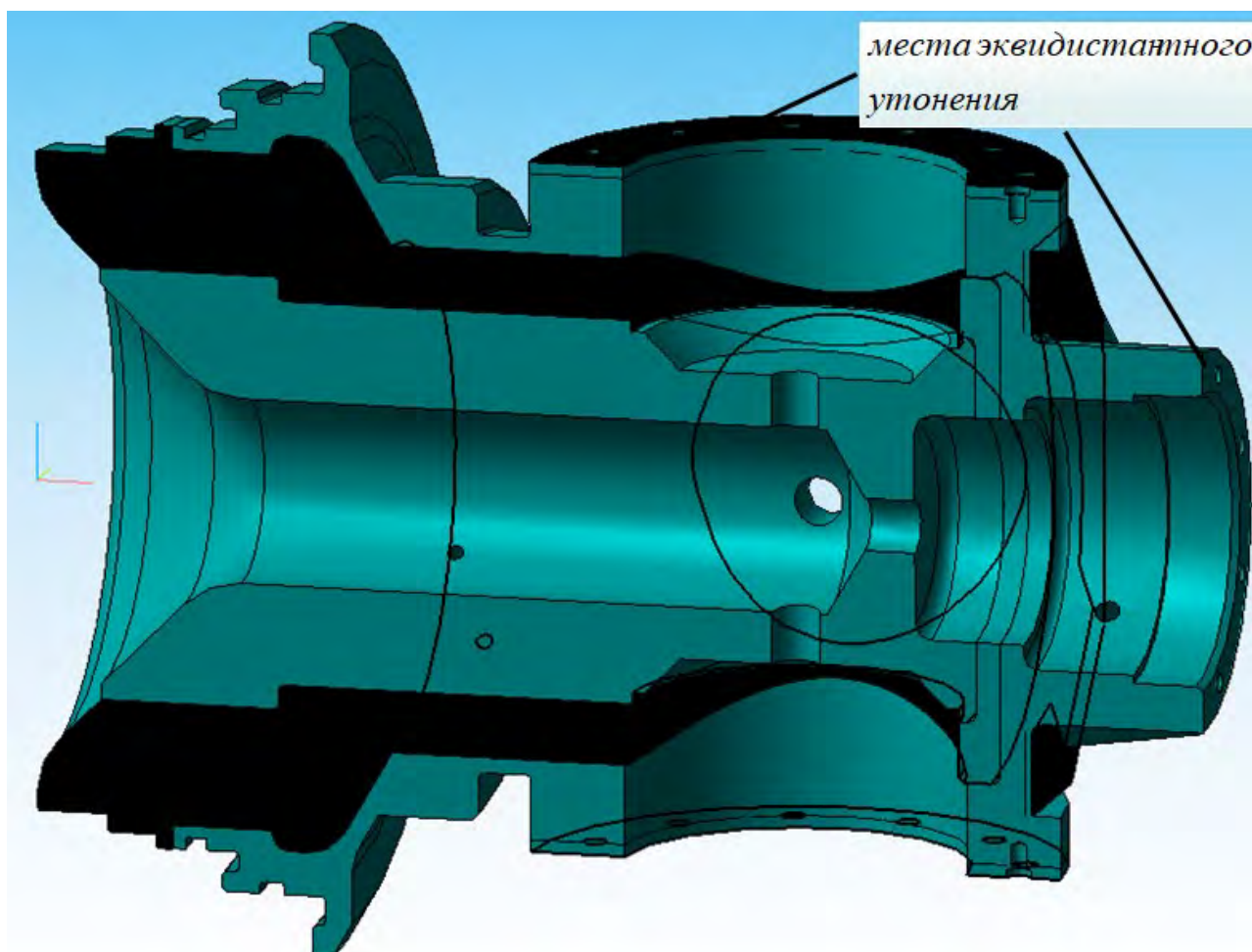


Рисунок 4 – Схема утонения крестовины

Возможные пути повышения энергетики РДТТ специального назначения

Анализ актов дефектации двигателя после огневых стендовых испытаний (ОСИ) и результатов серии вычислительных экспериментов по определению параметров теплонапряженного состояния элементов конструкции РДТТ при длительном действии

термомеханических нагрузок показал, что нормативные запасы прочности обеспечиваются с учетом коэффициента безопасности $f=1.3$, принятого для газодинамической группы сил. Работоспособность РДТТ подтверждена стендовыми испытаниями.

Таким образом, энергетика исследуемого РДТТ специального назначения может быть увеличена.

Повышение энергетики РДТТ специального назначения (удельной тяги и импульса) можно добиться за счет выбора ТТ другого класса. При этом необходимо сократить время работы двигателя во избежание прогара переднего днища, значительного повышения глубины термодеструкции ТЗП корпуса и ТЗМ соплового блока управления.

Следует отметить, что энергетика твердого топлива, используемого в штатной конструкции двигателя, крайне низкая. Немаловажным фактором в обеспечении надежности функционирования соплового блока при повышении энергетики данного РДТТ является температура нагрева подшипников и смазки. При превышении температуры $T_{cr}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$ смазка SILICOT, ЦИАТИМ-221 не будут обеспечивать моментные характеристики вращающихся управляющих сопел (ВУС), при этом значительно возрастет уровень напряжений между контактными поверхностями элементной базы ВУС. Таким образом, необходимо обеспечить дополнительную тепловую защиту подшипников для работоспособности смазки.

Полный импульс давления в камере сгорания РДТТ управления определим как:

$$J = \int_0^t P_k(t) dt$$

Повышение энергетики ТТ сопровождается, в частности, изменением и увеличением его среднеобъемной температуры горения, амплитудно-частотными характеристиками внутрикамерного давления (неустойчивость горения ТТ, повороты газодинамических потоков продуктов сгорания, вклад инерционно-массовых сил, отклонение ВУС), что немедленно приводит к увеличению величин комплекса нестационарных термомеханических нагрузок и снижению запаса прочности несущих деталей конструкции РДТТ.

В таблице 3 автором работы предложены некоторые типы твердых топлив, физико-химические характеристики (ФХХ) которых выше, чем у штатного ТТ.

Таблица 3 – Относительные ФХХ ТТ (по отношению к исходному ТТ)

Баллистические топлива					
№	$\frac{T_{ПС}^{ТОПЛИВА}}{T_{ПС}^{ИСХ}}$	$\frac{J^{ТОПЛИВА}}{J^{ИСХ}}$	$\frac{u_{ПС}^{ТОПЛИВА}}{u_{ПС}^{ИСХ}}$	$\frac{v_{ПС}^{ТОПЛИВА}}{v_{ПС}^{ИСХ}}$	$\frac{\rho^{ТОПЛИВА}}{\rho^{ИСХ}}$
1.	1.44	1.63	2.40	0.93	1.00
2.	1.55	1.44	6.51	0.36	1.03
3.	1.95	1.82	6.85	0.46	1.04
Смесевые безметалльные топлива					
4.	1.75	1.74	5.80	0.74	1.20
5.	1.74	1.85	6.00	0.65	1.03
6.	1.86	1.86	2.40	-2.50	1.01
7.	1.36	1.69	5.00	0.65	1.04

Примечание: $T_{ПС}^{ТОПЛИВА}$ – температура ПС, $J^{ТОПЛИВА}$ – удельный импульс,
 $u_{ПС}^{ТОПЛИВА}$ – скорость горения ПС, $v_{ПС}^{ТОПЛИВА}$ – константа в законе горения,
 $\rho^{ТОПЛИВА}$ – плотность топлива.

Разработанный автором статьи комплекс физико-математических моделей и вычислительных программ, а также алгоритмов численного моделирования нелинейных и нестационарных комплексно-сопряженных и связанных процессов, протекающих в РДТТ специального назначения, является универсальным и позволяет получить расчетную информацию о распределении параметров двигателя во всей трехмерной криволинейной области интегрирования для произвольного класса твердых топлив.

Оценка времени работы исследуемого РДТТ при повышении его энергетики определяется формой и ФХХ твердотопливного заряда и требует серьезной экспериментальной стендовой отработки.

Библиографический список

1. Алиев А.В., Суворов С.В. Моделирование процессов теплопроводности в среде с существенно неоднородными свойствами // Вестник Ижевского государственного технического университета, 2009, № 4, С. 182–186.
2. Внутренняя баллистика РДТТ / РАРАН; А.В. Алиев и др. / Под ред. акад. А.М. Липанова, Ю.М. Милёхина. - М.: Машиностроение, 2007. – 504 с.
3. Горохов М.С., Липанов А.М., Русяк И.Г. Основы современной теории внутренней баллистики орудий. – М.: ЦНИИИТИ и ТЭИ, 1988.
4. Ерохин Б.Т. Теория внутрикамерных процессов и проектирование РДТТ. – М.: Машиностроение, 1991. – 560 с.
5. Ильющин А.А. Механика сплошной среды. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 312 с.
6. Новожилов Б.В. Нестационарное горение твердых ракетных топлив / Б.В. Новожилов. – М.: Наука, 1973. – 176 с.
7. Соркин Р.Е. Теория внутрикамерных процессов в ракетных системах на твёрдом топливе. – М.: Наука, 1983. – 288 с.
8. Фахрутдинов И.Х. Ракетные двигатели на твёрдом топливе. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
9. Христианович С.А. Избранные работы: речная гидравлика, теория фильтрации, аэродинамика и газовая динамика, горное дело, теория пластичности, энергетика. – М.: Изд-во МФТИ, 1998. – 336 с.
10. Шемякин Е.И. Введение в теорию упругости. – М.: МГУ, 1993. – 96 с.

УДК 539.3

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ БОЕВОЙ ТЕХНИКИ ДЕЙСТВИЮ УДАРНЫХ НАГРУЗОК

Оборина И.А., заведующая кафедрой общетехнических дисциплин, кандидат физико-математических наук.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь.

Электронный адрес Oborina53@mail.ru

В статье автор рассматривает применение приближенной теории удара к расчету на прочность элементов боевой техники и вооружения при изучении дисциплины сопротивление материалов. Приведен алгоритм расчета на продольный удар противооткатного устройства при его неисправности: цилиндр тормоза отката пробит пулей или осколком снаряда, а жидкость вытекла. Показано, что расчет, не учитывающий собственный вес штока поршня цилиндра, дает заниженное значение его прочности при ударе на 21 %.

Ключевые слова: продольный удар; противооткатные устройства; цилиндр тормоза отката; неисправность; расчетная схема; прочность; динамические напряжения, вес штока.

RESISTANCE OF ELEMENTS OF MILITARY EQUIPMENT TO IMPACT LOADS

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

The Perm Military Institute of the National Guard's Forces of the Russian Federation.

E-mail: Oborina53@mail.ru

In the article, the author considers the application of the approximate theory of impact to the calculation of the strength of elements of military equipment and weapons in the study of the discipline resistance of materials. The algorithm for calculating the longitudinal impact of the recoil device in case of its malfunction is given: the cylinder of the recoil brake is pierced by a bullet or a shell fragment, and the liquid has leaked out. It is shown that the calculation, which does not take into account the own weight of the cylinder piston rod, gives an underestimated value of its impact strength by 21%.

Keywords: longitudinal impact; anti-rollback devices; rollback brake cylinder; malfunction; design scheme; strength; dynamic stresses, rod weight.

В статье [3] рассмотрены примеры расчета ряда конструкций автомобильной техники на прочность при действии ударных нагрузок с привлечением инженерной методики сопротивления материалов. Данная методика, в основе которой лежит приближенная

теория удара [1] широко используется также и при расчетах на прочность многих элементов боевой техники и вооружения. От действия ударных нагрузок разрушаются, например, такие конструкции, как противооткатные устройства при их неисправности, оси автомобилей, нагруженных боеприпасами при попадании в канаву, клапаны модераторов при откате орудий в момент открытия, торсионные валики кривошипов с закрепленными на них колесами орудий при наезде последних на препятствие и другие детали.

Сущность явления удара при импульсивном нагружении, например, при нагружении оболочки снаряда взрывом или при ударе снаряда о преграду, состоит в том, что соударяющиеся тела реагируют на возрастание напряжений в их объеме не мгновенно по всему объему. Возмущения и напряжения от точки или зоны приложения ударной нагрузки распространяются в объеме путем волновой передачи энергии, вызывая специфические явления деформации и разрушения.

Явление удара возникает всегда при резком, порядка нескольких микросекунд по времени, изменении скоростей движения соударяющихся тел, систем или их частей.

Характеристиками ударного нагружения могут быть:

скорость деформации

$$\dot{e} = \frac{de}{dt}, \text{ так как } e = \frac{u}{\ell}, \text{ где } u - \text{перемещение, } \ell - \text{длина ударяемого тела, получим}$$

$$\dot{e} = \frac{1}{\ell} \cdot \frac{du}{dt}.$$

Но $\frac{du}{dt}$ – это скорость перемещения $v = \frac{du}{dt}$, следовательно, скорость деформации может быть выражена как отношение скорости перемещения к длине:

$$\dot{e} = \frac{v}{\ell}; \quad (1)$$

динамичность нагружения, которая характеризуется скоростью перемещения

$$v = \frac{du}{dt}; \quad (2)$$

критическая скорость перемещения, вызывающая возникновение явлений удара:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2}{\rho} \int_0^{\ell} \sigma_i \cdot de_i + \frac{9}{2} \cdot k \cdot \ell^2}, \quad (3)$$

где σ_i , e_i – интенсивность напряжений и деформаций в точке или зоне удара; ρ – плотность материала; k – модуль объемного сжатия, определяется по формуле:

$$k = \frac{E}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu)} = \frac{2 \cdot G \cdot (1 + \mu)}{3 \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}. \quad (4)$$

Связь между напряжениями и деформациями в упругой области при ударе остается такой же, как и при статическом нагружении, то есть

$$\sigma_d = E \cdot \varepsilon_d, \quad (5)$$

где σ_d – напряжения в рассматриваемом сечении при ударном нагружении; ε_d – относительная деформация; E – модуль упругости материала.

Расчеты элементов конструкций артиллерийского вооружения и военной техники, работающих при ударном нагружении в упругой области, осуществляются аналогично другим расчетам при следующих допущениях [1]:

ударяющее тело – абсолютно жесткое;

ударяемое тело имеет обобщенные перемещения, пропорциональные соответствующим обобщенным силам как при статическом, так и при динамическом нагружении;

удар неупругий, то есть отскока ударяющего тела от ударяемого не происходит, но общие деформации ударяемого тела упругие;

вид деформации ударяемого тела такой же, как и при статическом нагружении соответствующей обобщенной силой, приложенной в месте соударения в направлении удара;

скорость ударяемого тела мала по сравнению со скоростью распространения ударной волны по объему тела, а время соударения значительно больше времени распространения этих волн по всему объему ударяемого тела.

При этих допущениях динамические усилия P_d , нормальные σ_d и касательные τ_d напряжения, перемещения δ_d в ударяемом теле могут быть найдены по зависимостям:

$$\sigma_d = k_d \cdot \sigma_{CT}; P_d = k_d \cdot P_{CT}; \tau_d = k_d \cdot \tau_{CT}; \delta_d = k_d \cdot \delta_{CT}, \quad (6)$$

где k_d – динамический коэффициент; $P_{CT}, \sigma_{CT}, \tau_{CT}, \delta_{CT}$ – усилия, напряжения и перемещения, определяемые для данных видов нагружения по зависимостям статического нагружения.

Если ударяющее тело весом Q при встрече с ударяемым телом весом Q_0 движется в направлении ускорения силы тяжести со скоростью v_c и вызывает в элементах ударяемого тела поступательные перемещения, то динамический коэффициент вычисляют по формуле:

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{v_c^2}{g \cdot \delta_{CT}} \cdot \frac{1}{1 + \kappa_T \frac{Q_0}{Q}}}, \quad (7)$$

где κ_T – коэффициент приведения массы к зоне удара.

$$\kappa_T = \frac{1}{t_0} \cdot \int_0^t \left(\frac{\delta_Z}{\delta} \right)^2 dt_0 \quad (8)$$

или для прямолинейных стержней постоянного сечения

$$\kappa_T = \frac{1}{\ell} \cdot \int_0^\ell \left(\frac{\delta_Z}{\delta} \right)^2 d\ell, \quad (9)$$

где t_0 – масса элемента, движущегося со скоростью v_0 ; δ и δ_Z – обобщенные перемещения в зоне соударения и произвольном сечении при статическом действии обобщенной силы, соответствующей виду деформации системы при ударе и приложенной в зоне соударения.

В большинстве случаев массу ударяемого тела можно не учитывать, то есть принять значение

$$\frac{1}{1 + \kappa_T \frac{Q_0}{Q}} \approx 1, \quad (10)$$

что дает некоторое увеличение запаса прочности.

Поэтому значение k_d можно определять не по зависимости (7), а по зависимости:

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{v_c^2}{g \cdot \delta_{CT}}}. \quad (11)$$

Кроме этого, при свободном падении тела $v_c^2 = 2 \cdot g \cdot H$, где H – высота падения тела.

В этом случае динамический коэффициент может быть найден по зависимости:

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot H}{g \cdot \delta_{CT}}}. \quad (12)$$

Если жесткость ударяемого тела при данном виде его деформации C , то линейное перемещение точки или зоны соударения при статическом действии ударяющего тела весом Q в направлении удара

$$\delta_{CT} = \frac{Q}{C} \text{ или } C = \frac{Q}{\delta_{CT}}. \quad (13)$$

Например, при растяжении-сжатии: $\delta_{CT} = \frac{Q \cdot \ell}{E \cdot F}$, где Q – сжимающий или растягивающий брус длиной ℓ , площадью поперечного сечения F и изготовленного из материала с модулем упругости E .

Погонная жесткость этого бруса

$$C = \frac{Q}{\delta_{CT}} = \frac{E \cdot F}{\ell}. \quad (14)$$

Следовательно, динамический коэффициент может быть выражен и с учетом жесткости ударяемого тела:

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{v_c^2 \cdot C}{Q \cdot g} \cdot \frac{1}{1 + \kappa_T \frac{Q_0}{Q}}}. \quad (15)$$

или

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{v_c^2 \cdot C}{Q \cdot g}}. \quad (16)$$

Из зависимостей (15) и (16) видно, что если ударная сила приложена внезапно, то есть

$$v_c = 0, \text{ то } k_d = 2.$$

Если $\frac{v_c^2}{g \cdot \delta_{СТ}} = \frac{v_c^2 \cdot C}{Q \cdot g} > 100$, то с погрешностью до 10 % динамический коэффициент можно определять по зависимости

$$k_d = \sqrt{\frac{v_c^2 \cdot C}{Q \cdot g}} = \sqrt{\frac{v_c^2}{g \cdot \delta_{СТ}}}. \quad (17)$$

В соответствии с вышерассмотренным динамические силы напряжения и перемещения, определяемые по зависимостям (6), могут обеспечить расчеты прочности и жесткости при ударе по условиям прочности и жесткости:

$$\sigma_{Дтах} = k_d \cdot \sigma_{СТтах} \leq [\sigma_D]; \quad \tau_{Дтах} = k_d \cdot \tau_{СТтах} \leq [\tau_D]; \quad (18)$$

$$\delta_{Дтах} = k_d \cdot \delta_{СТтах} \leq [\delta_D]. \quad (19)$$

Рассмотрим пример на продольный удар.

Продольный удар в артиллерийской практике может осуществляться при выстреле, когда неисправны противооткатные устройства: цилиндр тормоза отката пробит пулей или осколком снаряда, а жидкость вытекла [4]; при ручном зарядании миномета и в других случаях.

Расчетная схема ударного растяжения-сжатия во всех подобных случаях аналогична приведенной на рисунке 1.

На расчетной схеме показано, что стержень длиной ℓ и площадью поперечного сечения F неподвижно закрепленный в сечении А, имеет на конце В жесткую площадку, воспринимающую продольный удар от груза Q , свободно падающего с высоты h .

Определить допускаемую высоту падения груза h с учетом и без учета собственной массы стержня, если он изготовлен из материала, имеющего удельный вес γ и величину допускаемого напряжения $[\sigma_D]$.

Решение.

При статическом действии груза Q статические напряжения

$$\sigma_{СТ} = \frac{Q}{F}, \text{ МПа.}$$

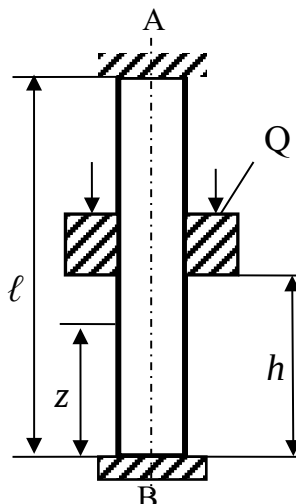


Рисунок 1 – Схема нагружения штока тормоза отката при ударном растяжении

2. Скорость движения груза Q к моменту удара $v_c = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$. Погонная жесткость стержня $C = \frac{E \cdot F}{\ell}$. Коэффициент приведения массы K_m может быть найден по зависимости (9):

$$K_T = \frac{1}{h} \cdot \int_0^h \left(\frac{z}{h}\right)^2 dz = \frac{1}{h} \cdot \frac{h^3}{3 \cdot h^2} = \frac{1}{3}.$$

Собственный вес стержня $Q_0 = \gamma \cdot F \cdot \ell$. В соответствии с этим по зависимости (15) имеем

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot g \cdot \ell} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\gamma \cdot F \cdot \ell}{Q}}} = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot \ell} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\gamma \cdot F \cdot \ell}{Q}}}$$

или

$$k_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2 \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot \ell \cdot \left(1 + \frac{1}{3} \cdot \frac{\gamma \cdot F \cdot \ell}{Q}\right)}} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{6 \cdot E \cdot F}{3 \cdot Q \cdot \ell + \gamma \cdot F \cdot \ell^2}\right) \cdot h}.$$

Динамический коэффициент по зависимости (17) равен:

$$K_d = \frac{[\sigma_d]}{\sigma_{CT}} = \frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q},$$

следовательно

$$\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q} = 1 + \sqrt{1 + \left(\frac{6 \cdot E \cdot F}{3 \cdot Q \cdot \ell + \gamma \cdot F \cdot \ell^2}\right) \cdot h}.$$

или

$$\left(\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q} - 1\right)^2 = 1 + \left(\frac{6 \cdot E \cdot F}{3 \cdot Q \cdot \ell + \gamma \cdot F \cdot \ell^2}\right) \cdot h,$$

откуда

$$h = \frac{\left[\left(\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q} - 1\right)^2 - 1\right] \cdot (3 \cdot Q \cdot \ell + \gamma \cdot F \cdot \ell^2)}{6 \cdot E \cdot F}.$$

Без учета массы стержня по зависимости (17) имеем

$$\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q} = \sqrt{\frac{v_c^2 \cdot C}{Q \cdot g}} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot g \cdot \ell}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot \ell}}$$

или

$$\left(\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q}\right)^2 = \frac{2 \cdot h \cdot E \cdot F}{Q \cdot \ell},$$

откуда

$$h = \left(\frac{F \cdot [\sigma_d]}{Q}\right)^2 \frac{Q \cdot \ell}{2 \cdot E \cdot F}.$$

При $Q = 80 \text{ Н}$; $\gamma = 8 \cdot 10^4 \text{ Н/м}^2$; $\ell = 2 \text{ м}$; $F = 4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$; $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$ получим:

с учетом собственного веса стержня $h = 0,315 \text{ м}$;

без учета собственного веса стержня $h = 0,25 \text{ м}$.

Следовательно, расчет, не учитывающий собственный вес стержня, дает заниженное значение безопасной высоты падения груза Q на 21 %.

Рассмотренную в статье приближенную теорию удара и ее использование для решения задач расчета на прочность элементов боевой техники и вооружения при действии ударных нагрузок курсанты изучают в теме «Динамическое действие нагрузок» курса

Сопротивление материалов в рамках профессионально ориентированного преподавания этой дисциплины [2].

Библиографический список

1. Александров А.В. Сопротивление материалов, часть 2 / В.Д. Потапов, Б.П. Державин. М.: Издательство, Юрайт, 2023. – 273 с.
2. 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. – С. 110–114.
3. Суходоева А.А., Вяткин А.Н. Ударные нагрузки в автомобильной технике // Сборник статей межвузовской научно-практической конференции «Научно-исследовательская деятельность курсантов в образовательной среде военного вуза». ПВИ ВНГ РФ, Пермь, 2019. – С. 42–47.
4. Устройство и эксплуатация артиллерийского вооружения Российской армии: учебное пособие / В.А. Иванов, Ю.Б. Горовой. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2005.

УДК 355.233

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕРМОПРОЧНОСТИ НЕОХЛАЖДАЕМОГО СОПЛОВОГО НАСАДКА РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Павлов А.Н., кандидат технических наук, доцент кафедры информатики факультета ИТ и ЗИ.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь

Электронный адрес: pal0707@mail.ru

Научная статья представляет собой численное исследование и моделирование нестационарной тепловой нагрузки и прочностных характеристик сопловой конструкции неохлаждаемого насадка (НСН) ракетного двигателя (РД). Статья основывается на применении современных методов численного моделирования, таких как метод конечных элементов (МКЭ) и анализа распределения поля напряжений в конструкции соплового насадка. Численно и экспериментально подтверждена работоспособность сопловой конструкции ракетного двигателя при длительном воздействии комплекса термомеханических нагрузок.

Ключевые слова: ракетный двигатель; теплонапряженное состояние; термомеханическая нагрузка; численное моделирование; метод конечных элементов; сопло; прочность.

NUMERICAL MODELING OF THE THERMAL STRENGTH OF AN UNCOOLED ROCKET ENGINE NOZZLE

Pavlov A.N., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Computer Science, Faculty (IT and Information Security).

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm

E-mail: pal0707@mail.ru

The scientific article is a numerical study and modeling of unsteady thermal load and strength characteristics of the nozzle structure of an uncooled rocket engine nozzle (REN). The article is based on the application of modern numerical modeling methods, such as the finite element method (FEM) and the analysis of the stress field distribution in the nozzle nozzle design. The performance of the rocket engine nozzle structure under long-term exposure to a complex of thermomechanical loads was confirmed numerically and experimentally.

Keywords: rocket engine; thermally stressed state; thermomechanical load; numerical modeling; finite element method; nozzle; strength.

Научные исследования в области внутренней баллистики, термодинамики и механики деформированного состояния узлов конструкции РД [1–12] играют важную роль при их разработке и совершенствовании на этапе конструкторского и эскизного

проектирования. Одной из ключевых задач является оптимизация габаритно-массовых характеристик (потребных толщин) НСН РД при термомеханическом нагружении. Тепловые нагрузки, возникающие в процессе собственной работы двигателя, могут привести к повышению деформации, абразивному износу и другим дефектам материала сопловой конструкции, что, в свою очередь, может негативно сказаться на эффективности и надежности работы двигателя.

В данной статье проведено численное моделирование и анализ прочности НСН РД. Моделирование и численные расчеты реализованы с использованием современных вычислительных технологий, которые обеспечивают высокую точность результатов. Полученные результаты численного исследования позволяют повысить эффективность и надежность работы РД [5–11] в условиях длительного воздействия комплекса термомеханических нагрузок.

Напряженно-деформированное состояние НСН обусловлено действием:

осевого усилия при фиксации насадка выдвижного (далее – НВ);

высокотемпературного нестационарного нагрева и переменного по профилю внутреннего давления при работе двигателя.

Величина осевого усилия при фиксации НВ составляет:

при прямом ударе - $T_{пр} = 2000$ Н,

при обратном ударе - $T_{об} = 2000$ Н.

Величины давлений p_i , действующих на внутреннюю поверхность НСН в различных сечениях при работе двигателя, приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Величины давлений

Диаметр, мм	960	1100	1260	1380	1520	1800	1950
Давление, p_i , МПа	0,0064	0,0037	0,0029	0,0025	0,0020	0,0012	0,0009

Численное моделирование прочности неподвижного и выдвижного насадков при работе двигателя реализовано МКЭ.

В качестве расчетной схемы насадка неподвижного (далее – НН) принята осесимметричная, многослойная оболочка со шпангоутом, шарнирно опертая по узкому краю и находящаяся под действием внутреннего переменного по профилю давления, температурных перепадов и газодинамической осевой силы $T_{нв} = 2000$ Н со стороны насадка выдвижного. В качестве расчётной схемы НВ принята осесимметричная, многослойная оболочка со шпангоутом, шарнирно опертая по узкому краю и находящаяся под действием внутреннего переменного по профилю давления, температурных перепадов.

Физико-механические характеристики УУКМ в зависимости температуры нагрева приведены в таблице 2, для сплава титанового ОТ-4 – в таблице 3.

Таблица 2 – Физико-механические характеристики УУКМ в зависимости от температуры нагрева

Характеристики	Температура, °C				
	20	1000	1200	1500	2000
Модуль упругости при растяжении, $E \cdot 10^4$, МПа:					
в осевом направлении	2,4	3,1	3,2	3,2	1,8
в кольцевом направлении	1,8	2,5	2,5	2,2	1,2
Модуль упругости при сжатии, $E \cdot 10^4$, МПа:					
в осевом направлении	2,4	2,7	2,9	2,5	1,9
в кольцевом направлении	1,8	2,4	2,4	2,5	1,2
Предел прочности в осевом направлении, МПа:					
при растяжении	66,6	79,9	75,9	83,3	92,6
при сжатии	88,2	102,3	87,3	93,5	107,6
Предел прочности в кольцевом направлении, Па:					
при растяжении	34,4	42,2	41,9	40,1	58,7
при сжатии	63,9	56,8	62,5	57,1	65,0
КЛТР, $\alpha \cdot 10^{-6}$, град ⁻¹ :					
в осевом направлении	3,00	3,00	3,24	3,60	4,20
в кольцевом направлении	3,00	3,00	3,14	3,36	4,20

Таблица 3 – Физико-механические характеристики титанового сплава ОТ-4 в зависимости от температуры нагрева

Характеристики	Температура, °С			
	100	300	400	700
Модуль упругости, $E \cdot 10^4$, МПа	11,0	8,6	7,3	5,7
Предел текучести, МПа	500	340	320	100
Предел прочности, МПа	650	420	400	130
КЛТР, $\alpha \cdot 10^{-6}$, град $^{-1}$	8,0	8,5	8,8	9,1

Конструктивное исполнение элементной базы соплового блока РД приведено на рисунке 1.

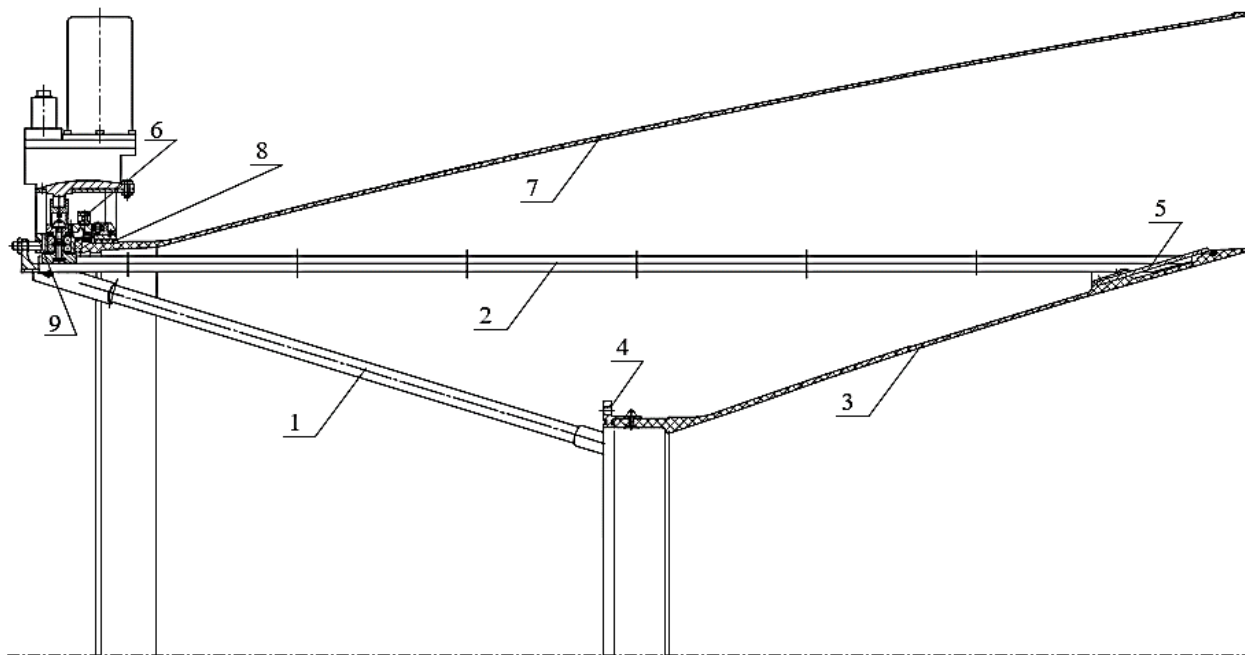


Рисунок 1 – Конструктивное исполнение элементной базы соплового блока РД:

- 1 – стойка; 2 – направляющая; 3 – раструб внутренний;
 4 – шпангоут; 5 – цанга; 6 – синхронизирующее колесо;
 7 – раструб наружный; 8 – подложка; 9 – кронштейн

Фрагмент кода и численный алгоритм расчета, реализованный на языке программирования «Python», представлен ниже:

```
{
# Определение геометрии сопла, начальных условий и тепловой нагрузки
# Определение начальных условий
# Определение газодинамической нагрузки
# Расчет методом конечных элементов
# Шаг по времени
dt = 0.01
# Число узлов сетки конечных элементов
num_nodes = 1000000
# Число элементов
num_elements = num_nodes - 1
# Создание глобальной матрицы жесткости
```

```

stiffness_matrix = np.zeros((num_nodes, num_nodes))
# Создание вектора силовых нагрузок
force_vector = np.zeros(num_nodes)
# Цикл по времени
for t in range(0, t_f):
# Цикл по элементам
for element in range(num_elements):
# Локальная матрица жесткости элемента
local_stiffness_matrix = np.zeros((2, 2))
# Локальный вектор силовых нагрузок элемента
local_force_vector = np.zeros(2)
# Рассчитываем локальную матрицу жесткости и вектор силовых нагрузок элемента
# Добавляем локальную матрицу жесткости и вектор силовых нагрузок элемента к
глобальным
global_element_indices = [element, element + 1]
for i in range(2):
for j in range(2):
stiffness_matrix[global_element_indices[i], global_element_indices[j]] +=
local_stiffness_matrix[i, j]
force_vector[global_element_indices[i]] += local_force_vector[i]
# Решение системы линейных уравнений для получения перемещений
displacements = np.linalg.solve(stiffness_matrix, force_vector)
# Обновление глобальной матрицы жесткости и вектора силовых нагрузок для
следующего шага по времени
stiffness_matrix = np.zeros((num_nodes, num_nodes))
force_vector = np.zeros(num_nodes)
# Рассчитываем новые значения глобальной матрицы жесткости и вектора силовых
нагрузок
# Обновляем граничные условия и применяем тепловую нагрузку
# Рассчитываем теплонапряженное состояние конструкции сопла
# Вывод результатов для текущего временного шага
# Визуализация результатов
}

```

Результаты численного моделирования отображены на рисунке 2–5.

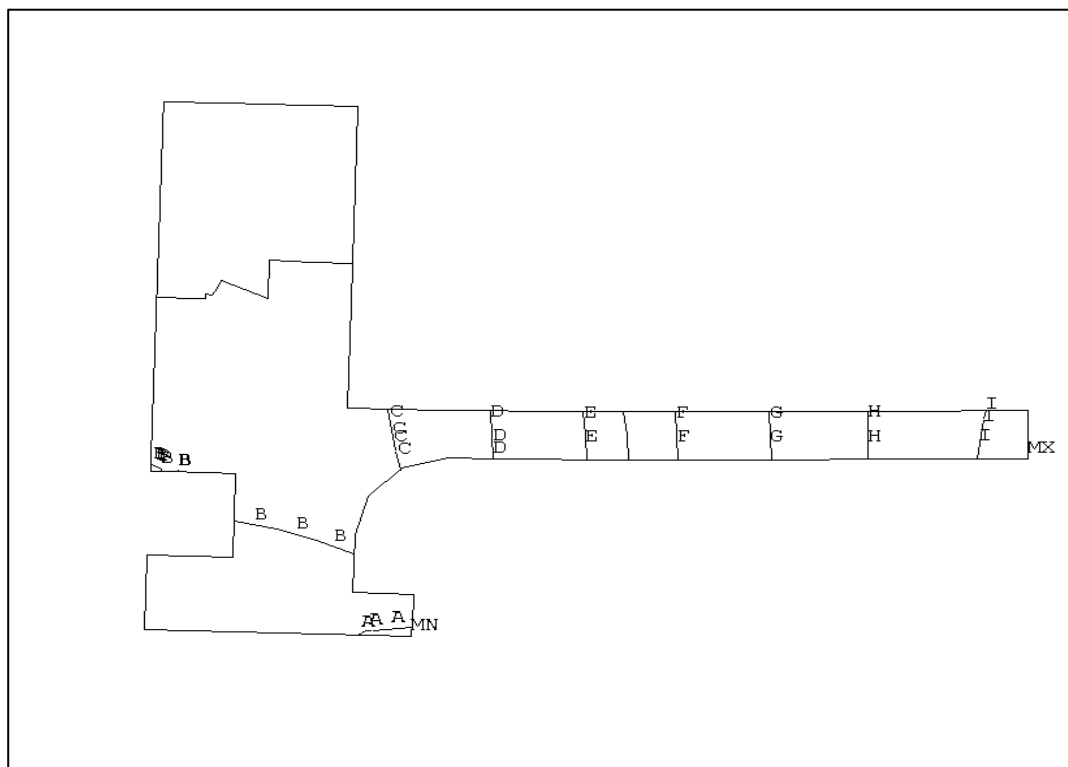


Рисунок 2 – Результат численного моделирования: $T_{\max} (MX) = 468 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_{\min} (MN) = 158 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $A = 175 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $B = 210 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $C = 244 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $D = 279 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $E = 313 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $F = 347 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $G = 382 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $H = 426 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $I = 451 \text{ }^{\circ}\text{C}$

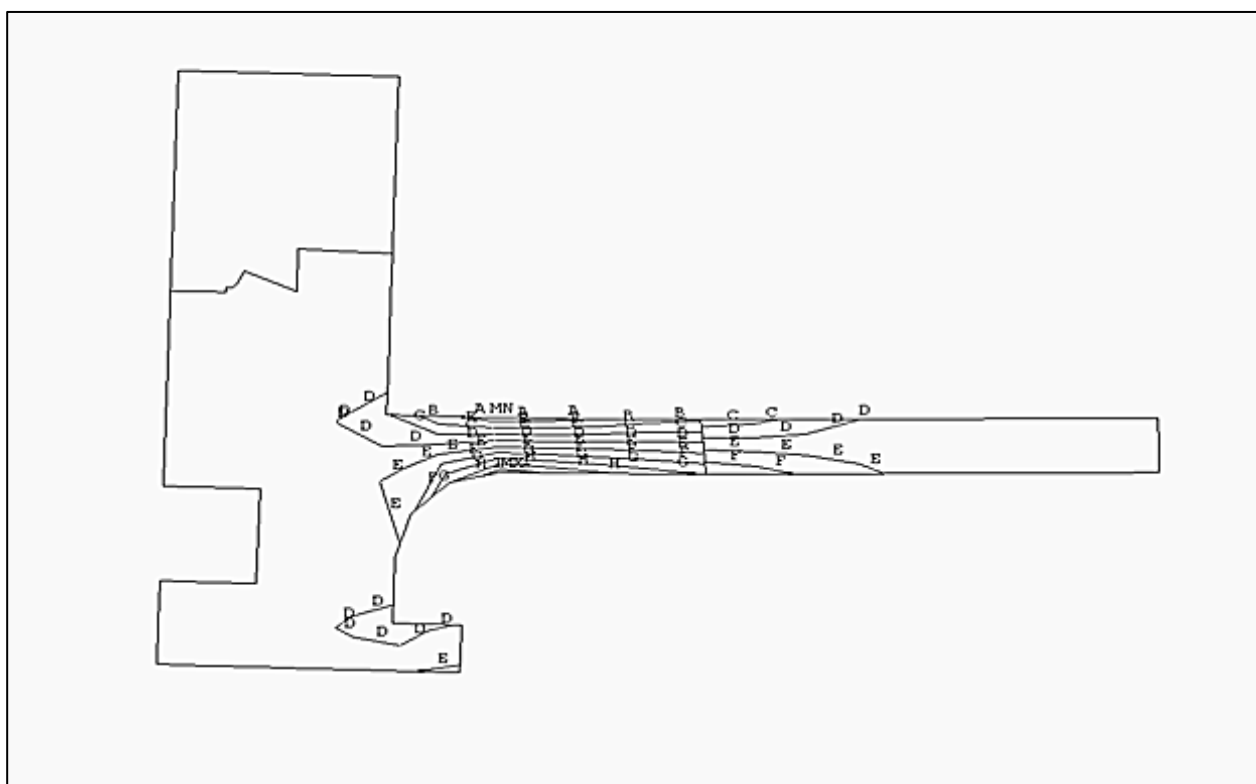


Рисунок 3 – Распределение температур в шпангоуте: $\sigma_{\text{oc}}^{\min} = -240,7 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{oc}}^{\max} = 278,2 \text{ МПа}$, $A = -222 \text{ МПа}$, $B = -163 \text{ МПа}$, $C = -103 \text{ МПа}$, $D = -43 \text{ МПа}$, $E = 16 \text{ МПа}$, $F = 76 \text{ МПа}$, $G = 135 \text{ МПа}$, $H = 195 \text{ МПа}$, $I = 255 \text{ МПа}$.

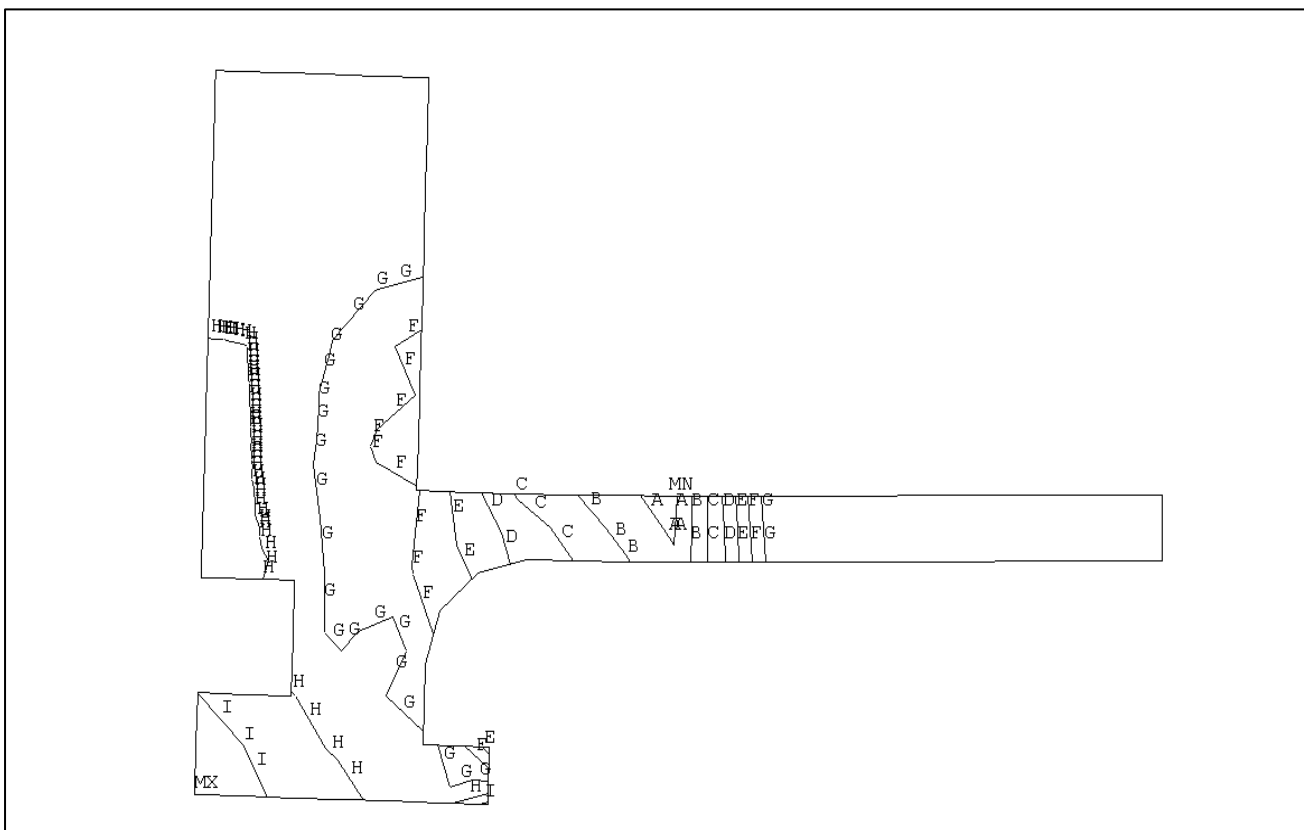


Рисунок 4 – Распределение осевых напряжений в шпангоуте: $\sigma_{\text{кол}}^{\min} = -148,4 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{кол}}^{\max} = 37,2 \text{ МПа}$, A=-138 МПа, B=-117 МПа, C=-97 МПа, D=-76 МПа, E=-55 МПа, F=35 МПа, G= -14 МПа, H=6 МПа, I=27 МПа

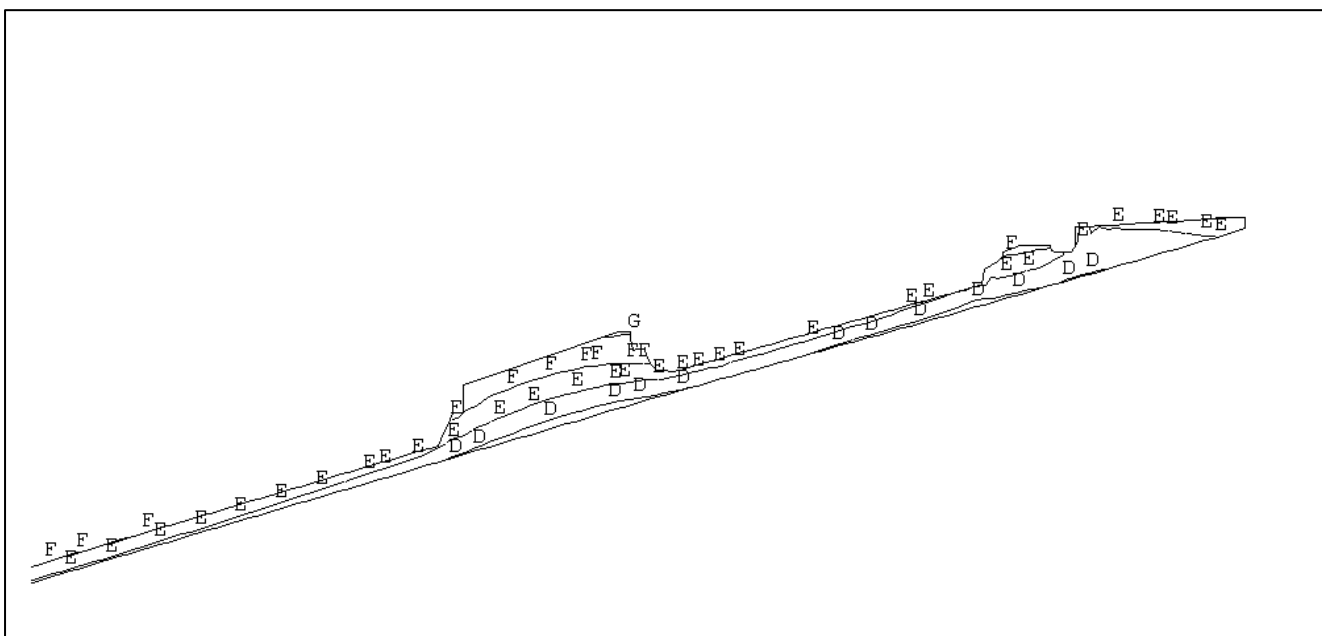


Рисунок 5 – Распределение кольцевых напряжений: сверху в шпангоуте, снизу в раструбе: $\sigma_{\text{кол}}^{\min} = -76,5 \text{ МПа}$, $\sigma_{\text{кол}}^{\max} = 70,6 \text{ МПа}$, A=-62 МПа, B=-52 МПа, C=-36 МПа, D=-19 МПа, E=-3 МПа, F=13 МПа, G= 30 МПа, H=46 МПа, I=62 МПа

Минимальные коэффициенты запасов прочности раструба НН из УУКМ по результатам расчета составили:

- по растягивающим осевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_s^{\text{рас}}}{\sigma_s} = 1,01;$$

по сжимающим осевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_s^{\text{сж}}}{\sigma_s} = 1,03;$$

по растягивающим кольцевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_\theta^{\text{рас}}}{\sigma_\theta} = 1,00;$$

по сжимающим кольцевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_\theta^{\text{сж}}}{\sigma_\theta} = 1,18.$$

Минимальные коэффициенты запасов прочности раструба НВ из УУКМ равны:
по растягивающим осевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_s^{\text{рас}}}{\sigma_s} = 1,01;$$

по сжимающим осевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_s^{\text{сж}}}{\sigma_s} = 1,87;$$

по растягивающим кольцевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_\theta^{\text{рас}}}{\sigma_\theta} = 1,02;$$

по сжимающим кольцевым напряжениям:

$$\eta = \frac{\sigma_\theta^{\text{сж}}}{\sigma_\theta} = 2,27.$$

В заключение следует отметить, что численно и экспериментально подтверждена прочность элементной базы исследуемого автором статьи соплового блока РД [7] при длительном воздействии комплекса термомеханических нагрузок.

Библиографический список

1. Энергетические конденсированные системы. Краткий энциклопедический словарь / Под ред. Б.П. Жукова. – М.: Янус-К, 2000. – 596 с.
2. Абугов Д.М., Бобылев В.М. Теория и расчет ракетных двигателей твердого топлива.- М.: Машиностроение, 1987. – 294 с.
3. Полежаев Ю.В., Шишков А.А. Газодинамические испытания тепловой защиты: Справочник. – М.: Промедэк, 1992. – 248 с.
4. Проектирование зенитных управляемых ракет // И.И. Архангельский, П.П. Афанасьев, И.С. Голубев и др. / Под ред. И.С. Голубева, В.Г. Светлова. – М.: Изд-во МАИ, 2001. – 732 с.
5. Веницкий А.М. Ракетные двигатели на твердом топлив. – М. Машиностроение, 1973. – 327 с.
6. Бабкин А.И., Белов С.В., Рутковский Н.Б., Соловьев Е.В. Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками.- М.: Машиностроение. – 1986. – 456 с.
7. Веницкий А.М., Волков В.Т., Волковицкий И.Г., Холодилов С.В. Конструкция и отработка РДТТ. – М.: Машиностроение, 1980. – 230 с.
8. Фахрутдинов И.Х., Котельников А.В. Конструкция и проектирование ракетных двигателей твердого топлива. – М.: Машиностроение, 1987. – 328 с.
9. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 592 с.
10. Липанов А.М., Алиев А.В. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива. – М.: Машиностроение, 1995. – 400 с.
11. Конструкции ракетных двигателей на твердом топливе / Под ред. Лаврова Л.Н.- М.: Машиностроение, 1993. – 215 с.
12. Венгерский В.В., Александер Т.Г. Особенности конструкций узлов соединений из композиционных материалов. Учебное пособие. – М. : МВТУ, 1989. – 34 с.

УДК 004.056

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СТАНДАРТНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ХЕШИРОВАНИЯ PYTHON

Стенин С.В., преподаватель кафедры информационных технологий и защиты информации.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: steninserg@yandex.ru

Кокорин Л.В., курсант факультета (информационных технологий и защиты информации).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: kokorinleonid83@mail.ru

В данной статье исследованы алгоритмы хеширования, описанные в стандартной библиотеке hashlib языка программирования Python. Рассмотрены основные свойства хеш-функций: зависимость быстродействия от объема входных сообщений; время, необходимое для нахождения коллизий; лавинный эффект. Вынесены предложения по применению алгоритмов хеширования при разработке программного обеспечения.

Ключевые слова: хеш-функция; алгоритм; криптография; анализ; быстродействие; целостность.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STANDARD HASHING TOOLS

Stenin S.V., lecturer of the Department of Information Technology and Information Security.

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm.

E-mail address: steninserg@yandex.ru.

Kokorin L.V., cadet of the Faculty (Information Technology and Information Security).

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm.

E-mail address: kokorinleonid83@mail.ru.

This article examines the hashing algorithms described in the standard library hashlib of the Python programming language. The main properties of hash functions are considered: the dependence of speed on the volume of input messages; the time required to find collisions; avalanche effect. Suggestions on the use of hashing algorithms in software development are made.

Keywords: hash function; algorithm; cryptography; analysis; speed performance; integrity.

Внедрение информационных технологий в системы управления вооружением и военной техникой является одним из перспективных направлений развития войск [1]. Одним из требований к информации, хранимой, передаваемой и обрабатываемой в

автоматизированных системах управления вооружением является её целостность. Проверка целостности файлов осуществляется в том числе с помощью алгоритмов хеширования — функций, которые однозначно преобразуют входные сообщения в битовые последовательности определенной длины.

В операционной системе Astra Linux, внедряемой в России в качестве альтернативы Microsoft Windows в государственных организациях, механизм контроля целостности файлов включает в себя такие алгоритмы хеширования, как MD5, SHA1, SHA256, ГОСТ Р 34.11-2012, часть из которых описана в стандартной библиотеке hashlib языка программирования Python.

Python является высокоуровневым языком программирования, позволяющим повысить производительность разработчиков за счет упрощения синтаксиса и повышения читаемости кода. Данный язык используется в сфере анализа данных, машинном обучении, разработке программного обеспечения и других областях программирования.

Исследуем функции хеширования MD5, SHA1, SHA256 и SHA512, предоставляемые в стандартном наборе инструментов языка, и рассмотрим возможности их применения при разработке информационных систем.

К криптографическим хеш-функциям, то есть таким функциям, использование которых допустимо для защиты информации, предъявляются следующие требования:

сложность поиска прообраза — такого сообщения, хеш-код которого равен заданному коду;

сложность поиска второго прообраза — такого сообщения, хеш-код которого совпадет с хеш-кодом заданного сообщения;

стойкость к коллизиям: коллизией называется пара различных сообщений, имеющих одинаковый хеш-код.

Также для использования хеш-функций в криптографии важно, чтобы их значения значительно изменялись при малейшем изменении аргумента. Данное свойство называется «лавинный эффект», его реализация обеспечивает непредсказуемость изменений хеш-кода и его необратимость.

Рассмотрим возможные уязвимости исследуемых алгоритмов, способы атаки на них, а также время, необходимое для их реализации.

Атаки на хеш-функции — поиск прообразов и коллизий — могут использовать особенности построения хеш-кода в данной функции либо применять методы перебора, универсальные для всех алгоритмов хеширования. Из методов перебора входных сообщений следует выделить: атаку «грубой силы», атаку «дней рождений».

Атака «грубой силы» подразумевает под собой перебор сообщений, хеш-значения которых сравниваются с хеш-значениями исходного сообщения. Данный метод для нахождения прообраза требует 2^n операций, где n - длина хеш-кода в битах. Использование парадокса «дней рождений» позволяет снизить количество необходимых операций до $2^{n/2}$, но при этом обладает несколькими существенными недостатками:

данный метод используется для поиска коллизий, то есть не обеспечивает нахождения прообраза для заданного сообщения;

данный метод подразумевает хранение пар «сообщение»-«хеш-код» и сравнение хеш-кодов новых сообщений с уже сохраненными, что приводит к повышению требований к памяти и быстродействию вычислительных устройств, реализующих атаку.

Применение «радужных таблиц», варианта таблиц поиска, является способом организации хранения пар «сообщение»-«хеш-код», снижающим потребляемую память, однако повышающим время, необходимое для поиска совпадений. Существуют методы, исключающие применение подобных таблиц: модификация и усложнение преобразуемых сообщений, что приведет к увеличению возможных комбинаций хеш-значений.

Уязвимости и методы поиска коллизий алгоритмов хеширования MD5 и SHA1 уже найдены и описаны. На данный момент данные алгоритмы не используются в криптографических системах. Однако могут применяться как этап многоступенчатого

хеширования, с использованием «соли» либо в структурах хранения данных в качестве указателей.

Алгоритм MD5 был описан в 1991 году. В 1996 для него были найдены псевдоколлизии, получаемые с использованием инициализирующих векторов, отличных от описанных в алгоритме; в 2005 – был опубликован алгоритм, позволяющий найти 2 различных сообщения, имеющих одинаковый хеш [6]; в 2006 году описан алгоритм, использование которого позволяет находить коллизии на обычном компьютере с любыми инициализирующими векторами. В 2009 году было опубликовано описание алгоритма, позволяющего сократить количество операций, необходимых для нахождения коллизий, до 2^{39} .

Алгоритм SHA1 описан в 1995 году. За следующие 22 года были найдены способы атаки сложностью в 2^{69} , 2^{57} и $9 \cdot 10^{18}$ операций [5]. До этого момента широко использовался в криптографических системах и алгоритмах, применялся в качестве элемента блочных шифров. С 2014 года начался постепенный отказ от применения данного алгоритма в цифровых подписях. Из-за своей структуры данный алгоритм уязвим для атак удлинением сообщения и коллизиям при частичном хешировании сообщения.

При разработке современных алгоритмов хеширования поколения SHA2, в который входят SHA256 и SHA512, уязвимости предыдущих версий были учтены: на данный момент описаны атаки только на усеченные версии алгоритмов, состоящие из 31 раунда из 64 для SHA256 и 27 раундов из 80 для SHA512 [4]. Во всех рассматриваемых хеш-функциях применяется метод Меркла-Дамгора, использующий функцию сжатия и инициализирующие векторы для преобразования исходного сообщения.

При использовании алгоритмов хеширования в структурах хранения данных, например, ассоциативных массивах либо фильтрах Блума, одной из основных характеристик является скорость вычисления хеш-кода сообщений различной длины. Также от быстродействия хеш-функций зависит производительность антивирусных систем, сканирующих файлы на предмет совпадения их фрагментов с кодом вирусных программ. На рисунке 1 приведены линейные зависимости времени вычисления хеш-значений от длины входных сообщений. При исследовании применялся набор из 10^{10} псевдослучайно сгенерированных сообщений различной длины. Как видно из рисунка 1 увеличение объема входных сообщений сильнее сказывается на быстродействии алгоритмов поколения SHA2. Рост времени, необходимого для вычисления хеш-значений, может привести к снижению эффективности работы систем.

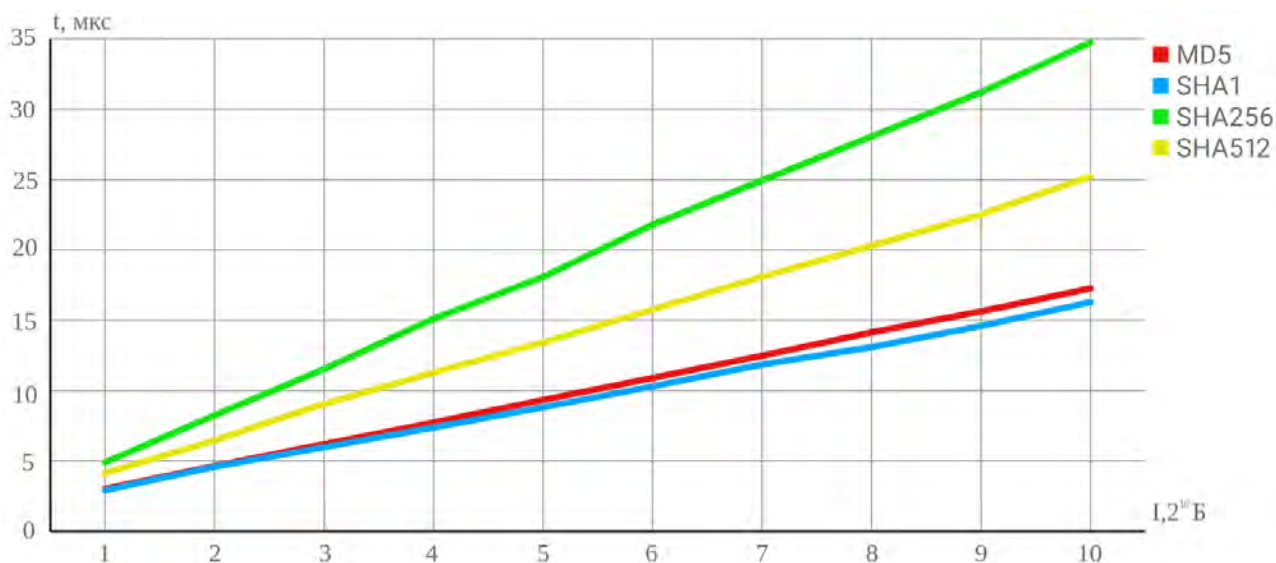


Рисунок 1 – Зависимость времени, в среднем затрачиваемого для вычисления хеш-значения, от объема сообщений для исследуемых алгоритмов

Следует учесть, что от быстродействия оптимизированной версии алгоритма зависит его стойкость, так как во время осуществления атаки используется та же хеш-функция, на которую и производится атака. В таблице 1 приведены результаты исследования уязвимостей рассматриваемых алгоритмов хеширования. Предполагается, что для атаки используется набор сообщений, длина которых минимальна.

Таблица 1 — Ожидаемое время осуществления атаки на исследуемые хеш-функции при использовании 1 GPU

Функция хеширования	Разрядность, бит	Методы перебора		Использование уязвимостей	Методы перебора		Использование уязвимостей
		Поиск коллизии, операций	Поиск прообраза, операций		Поиск коллизии, часов	Поиск прообраза, часов	
MD5	128	$1,8 \cdot 10^{19}$	$3,4 \cdot 10^{38}$	$5,5 \cdot 10^{11}$	$6,2 \cdot 10^9$	$1,1 \cdot 10^{29}$	184,78
SHA1	160	$1,2 \cdot 10^{24}$	$1,4 \cdot 10^{48}$	$1,4 \cdot 10^{17}$	$3,8 \cdot 10^{14}$	$4,62 \cdot 10^{38}$	$4,5 \cdot 10^7$
SHA256	256	$3,4 \cdot 10^{38}$	$1,6 \cdot 10^{77}$	-	$1,3 \cdot 10^{29}$	$4,5 \cdot 10^{67}$	-
SHA512	512	$1,6 \cdot 10^{77}$	$1,3 \cdot 10^{154}$	-	$5,15 \cdot 10^{67}$	$5,95 \cdot 10^{144}$	-

Из таблицы 2 видно, что атака на алгоритмы семейства SHA2 требует наибольшего количества временных и вычислительных ресурсов. Время, необходимое для нахождения коллизий и прообразов, может быть уменьшено за счет применения распределенных вычислений, увеличения количества устройств, производящих атаку, и их вычислительных мощностей, однако на данный момент произвести атаку на алгоритмы SHA256 и SHA512 за время, позволяющее эффективно использовать реализованные уязвимости, не представляется возможным. Использование же алгоритмов SHA1 и MD5 в криптографических системах недопустимо из-за низкой стойкости к нахождению коллизий и построению прообразов.

Одним из требований к криптографическим хеш-функциям является невозможность вычисления входного сообщения или его части из его хеш-кода. Данное требование достигается за счет зависимости всех выходных битов от каждого входного бита. Одним из способом проверки данного эффекта является лавинный критерий [3]. Криптографический алгоритм удовлетворяет ему, если изменение одного бита приводит в среднем к изменению половины бит результирующего кода.

В таблице 2 приведено распределение доли измененных бит для исследуемых хеш-функций и доля изменяемых бит в среднем. Рассматривалось изменение хеш-значений, псевдослучайно сгенерированных сообщений, в сравнении с хеш-значениями сообщений, отличающихся от них последним битом.

Таблица 2 — Распределение доли измененных бит для исследуемых функций хеширования

Функция хеширования	0-5 %	5-10 %	10-15 %	15-20 %	20-25 %	25-30 %	30-35 %	35-40 %	40-45 %	45-50 %
MD5	0	0	0	0	0	0	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$
SHA1	0	0	0	0	0	0	$4,9 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-3}$	$8,5 \cdot 10^{-2}$	$3,8 \cdot 10^{-1}$
SHA256	0	0	0	0	0	0	0	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-1}$
SHA512	0	0	0	0	0	0	0	0	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$2,8 \cdot 10^{-1}$
50-55 %	55-60 %	60-65 %	65-70 %	70-75 %	75-80 %	80-85 %	85-90 %	90-95 %	95-100 %	Средняя доля, %
$3,9 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$8,4 \cdot 10^{-2}$	$8,2 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-6}$	0	0	0	0	51,26
$4,1 \cdot 10^{-1}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$6,8 \cdot 10^{-3}$	$8,1 \cdot 10^{-5}$	0	0	0	0	0	0	47,81
$5,2 \cdot 10^{-1}$	$3 \cdot 10^{-1}$	$2,6 \cdot 10^{-2}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	0	0	0	0	0	0	51,04
$6,7 \cdot 10^{-1}$	$5,1 \cdot 10^{-2}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	0	0	0	0	0	0	0	48,82

Результаты исследования распределения изменяемых бит для сообщений, различающихся значением одного бита, подтверждают соответствие исследуемых функций лавинному критерию. Однако, как видно из таблицы 2, для алгоритмов MD5 и SHA1 имеются отдельные пары входных сообщений, разница хеш-кодов которых до 30 % отклоняется от среднего значения, что может быть использовано для восстановления исходного сообщения либо подбора второго прообраза.

Таким образом, стандартные инструменты хеширования Python позволяют выполнять отдельные задачи при разработке программного обеспечения. Результаты проведенного исследования показали, что при использовании библиотеки hashlib для реализации механизма контроля целостности в криптографических системах предпочтительно применение алгоритмов SHA256 и SHA512, при этом следует учесть большее потребление памяти для хранения хеш-значений и меньшее быстродействие при увеличении объема входных сообщений. Применение алгоритмов MD5 и SHA1 допустимо в структурах хранения и обработки данных, использующих хеш-значения в качестве указателей, либо в некриптографических системах для сравнения версий документов.

Библиографический список

1. Калинин Е.А. Возможности внедрения искусственного интеллекта в конструкции автобронетанковой техники / Калинин Е.А., Сотников Н.Б., Микитенко А.Н. // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. – 2022. – № 4(8). – С.66–71.
2. Пермяков И.Н. Внедрение свободного программного обеспечения в государственные организации / Пермяков И.Н., Науменко И.Д. // Альманах Пермского военного института войск национальной гвардии. – 2022. – №4(8). – С.131–136.
3. Isl VERGILI, Avalanche and Bit Independence Properties for the Ensembles of Randomly Chosen $n \times n$ S-Boxes / Isl VERGILI, Melek D. YUCEL // Turk J Elec Engin. – 2001. – vol.9 – p. 137.
4. Sanadhya, S.K., Non-linear Reduced Round Attacks against SHA-2 Hash Family /Sanadhya, S.K., Sarkar, P. //Lecture Notes in Computer Science. – 2008. – vol 5107. – pp 254 – 266.
5. Wang, X. How to Break MD5 and Other Hash Functions / Wang, X., Yu, H. // Lecture Notes in Computer Science. – 2005. – vol 3494. – pp 19–35.
6. Wang, X. Finding Collisions in the Full SHA-1 /Wang, X., Yin, Y.L., Yu, H. // Lecture Notes in Computer Science. – 2005. – vol 3621. – pp 17–36.

УДК 338.245

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МАТЕРИАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЙСК (СИЛ)

Сурков А.М., профессор кафедры Вольского военного института материального обеспечения (кандидат военных наук).

Филиал Военной академии материально-технического обеспечения, г. Вольск.

Электронный адрес: surkov320@mail.ru

Порвадов М.Г., заместитель начальника кафедры гуманитарных и социальных наук (доктор экономических наук, доцент).

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронный адрес: porvadov@mail.ru

В статье раскрываются основные этапы методики обоснования рациональных структуры и состава подразделений материального обеспечения войск (сил), обеспечивающих развертывание системы материального обеспечения воинской части.

Ключевые слова: система материального обеспечения; тыловое обеспечение; ресурсное обеспечение; устойчивость системы; рациональная структура.

METHODOLOGY FOR JUSTIFICATION OF RATIONAL STRUCTURE AND COMPOSITION OF MATERIAL SUPPORT UNITS OF TROOPS (FORCES)

Surkov A.M., professor of the department of the Volsky Military Institute of Material Support (candidate of military sciences).

branch of the Military Academy of Logistics, Volsk.

Email: surkov320@mail.ru

Porvadov M.G., deputy head of the department (Doctor of Economic Sciences, Associate Professor).

Perm Military Institute of National Guard Troops, Perm.

Email: porvadov@mail.ru

The article reveals the main stages of the methodology for substantiating the rational structure and composition of material support units for troops (forces) that ensure the deployment of a material support system for a military unit.

Key words: material support system; logistics support; resource support; system stability; rational structure.

Методика формирования рациональных структуры и состава подразделений материального обеспечения (далее – МатО) (рисунок 1) основана на описании процесса их

функционирования на этапе развертывания системы материального обеспечения (далее – СМО) как решения частных задач, выполнение которых одним структурным подразделением невозможно.



Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма методики обоснования рациональных структуры и состава подразделений МатО

В основу формирования структуры подразделений МатО положен принцип декомпозиции, заключающийся в разбиении генеральной цели системы на подцели, реализация которых требует создания структурных подразделений, обладающих соответствующими свойствами [1, 2, 8].

Декомпозиция генеральной цели осуществлялась с учетом задач, выполняемых отдельно каждой подсистемой СМО. Генеральной целью подразделений МатО является обеспечение готовности сил и средств служб МатО воинской части к выполнению задач по предназначению. В этой связи требуется создание базовых структурных подразделений для

решения системных задач [6, 7, 10]. В последующем данные подразделения объединяются в единую организационную структуру [3, 9]. При этом возможны два способа формирования структуры. Первый из них состоит в том, что и задачи подсистем распределяются между существующими (заранее известными) организационными структурами (отделениями, взводами, ротами) с учетом их организационной и технической возможностей. Во втором способе предполагается, что число подразделений и количество уровней иерархии неизвестны, а декомпозиция генеральной цели осуществляется исходя из возможностей структурных подразделений по решению поставленных задач. В этой связи для построения организационной структуры подразделений МатО необходимо выполнить ряд последовательных этапов.

На первом этапе требуется проведение декомпозиции генеральной цели C_0 на множество подцелей C_i , которые, в свою очередь, необходимо разбить на множество элементарных (частных) задач $Z=\{Z_1, Z_2, \dots, Z_f\}$ (таблица 1). В роли исполнителей задач будут выступать базовые элементы структуры (должностные лица либо отделения).

Таблица 1 – Декомпозиция генеральной цели формируемой структуры подразделений МатО

Наименование генеральной цели	Подцели	Частные задачи
C_0	C_i	$\{Z_i\}$
Обеспечение готовности сил и средств МатО к выполнению задач по предназначению	Повышение эффективности управления СМО; сокращение времени на развертывание элементов СМО; сокращение времени на создание запасов материальных средств (МатС); обеспечение поставок МатС, соответствующих требованиям ГОСТ, ТУ; обеспечение максимальной эффективности подсистемы технического обеспечения по службам МатО; обеспечение минимальных затрат на развертывание СМО	Управление развертыванием СМО; взаимодействие с местными органами власти; ведение учета движения МатС; управление обеспечением МатС; развертывание складов; развертывание авиационного склада горючего; развертывание топливозаправочного комплекса; прием, хранение и выдача МатС; подвоз материальных средств; развертывание батальонного заправочного пункта; заправка ВВСТ; развертывание лаборатории горючего; проведение испытаний горючего; развертывание батальонного продовольственного пункта; приготовление пищи и выпечка хлеба; развертывание банно-прачечного пункта; помывка личного состава; стирка вещевого имущества; развертывание ремонтных органов; техническое обслуживание и ремонт средств служб МатО

Качество декомпозиции цели на элементарные задачи определяется выполнением следующих условий

$$Z = \bigcup_{v=1}^{\phi} Z_v \quad (1)$$

$$Z_v = \bigcap Z_{\mu} = \emptyset, \quad v \neq \mu, \quad (2)$$

где Z – множество элементарных задач по достижению i -ой цели;
 Z_v и Z_{μ} – соответственно v -я и μ -я элементарная задача;

$$C_0 = \max_v \{v: Z_1 \neq \emptyset, \dots, Z_v \neq \emptyset, \dots, Z_{\phi} \neq \emptyset, \dots, Z_{\phi+1} \neq \emptyset, \dots, Z_{\phi+2} \neq \emptyset, \dots\} \quad (3)$$

По результатам разбиения составляется вектор элементарных задач Z , являющийся исходной информацией для формирования структурных подразделений.

На втором этапе с использованием декомпозиции целей проводится детализация задач и формирование вариантов решения этих задач базовыми элементами структуры, образующих множество $ST = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$. Каждый из вариантов имеет свои специфические особенности и отличается от других показателями, характеризующими эффективность и качество выполнения задач по назначению.

Построение множества базовых элементов должно осуществляться с учетом анализа существующих организационных структур, выполняющих задачи по МатО, оценки их эффективности и возможности адаптации к новым ограничениям.

Итогом данного этапа построения модели должно стать множество X вариантов "базовых элементов" создаваемой организационной структуры. Элементы множества X являются переменными модели линейного программирования.

На третьем этапе на основе моделируемых условий развертывания и функционирования СМО формируется система ограничений, обусловленных свойствами и требованиями, которыми должны обладать организационная структура подразделений МатО.

В соответствии с разработанной системой ограничений их классификация включает несколько подмножеств: затраты на создание, содержание и функционирование $\{C\}$; требуемые объемы основных задач (работ) по развертыванию материально-технической базы $\{Q_Z\}$, требуемые объемы обеспечивающих задач (работ) $\{Q_{OZ}\}$, временных параметров $\{T\}$, а также показателей качества, формирующих свойства организационной структуры. Далее осуществляется составление уравнения ограничений на основе коэффициентов, представляющих собой показатели a_{ij} , количественные значения которых соответствуют вкладу каждого j -го варианта «базового элемента» организационных структур подразделений МатО X_{ij} в выполнение i -го требования к ней. Расчет данных показателей для затрат, требуемых объемов работ, а также свойств формируемой структуры и определение их весовых показателей значимости выполняется на основе квалиметрической модели [4, 5]. Далее составляется уравнение ограничений, каждое из которых утверждает, что алгебраическая сумма вкладов каждого «базового элемента» в достижение одного из требований $(Q_Z, Q_{OZ}, T, \dots)$ больше либо равно (для T меньше либо равно) его численному значению. При этом вклад представляет произведение коэффициента ограничений a_{ij} на количество x_{ij} подразделений i -го вида j -го варианта.

На четвертом этапе проведено моделирование условий функционирования подразделений МатО. Моделирование осуществлялось с использованием генератора случайных чисел, равномерно распределенных на отрезке от 0 до 1.

На пятом этапе метода осуществляется прогнозирование показателей стратегической эффективности для каждого варианта базового элемента. Использование показателей стратегической эффективности составляет основу и новизну методики, так как они являются определяющими для принятия рациональных решений при обосновании структуры подразделений МатО.

Определение показателей стратегической эффективности (далее – СЭ) осуществляется на начало развертывания и момент обеспечения готовности СМО [3].

Далее, для каждого частного показателя СЭ базового элемента определена стратегическая эффективность $СЭ_q$.

$$СЭ_q = \frac{K_q^{CЭ}(t_{YT}) - K_q^{CЭ}(t_0)}{K_q^{CЭ}(t_0)} \rightarrow \min(\max), \quad (4)$$

где $K_q^{CЭ}(t_0)$ – q -й показатель стратегической эффективности на начало развертывания СМО; $K_q^{CЭ}(t_{YT})$ – q -й показатель стратегической эффективности на момент готовности СМО.

На пятом этапе завершено уточнение массива альтернативных вариантов базовых элементов. Из начального множества базовых элементов исключены те, у которых показатель СЭ имеет тенденцию к снижению.

На заключительном этапе составляется уравнение целевой функции организационной структур, которое позволит выбрать из всех допустимых переменных x_{ij} , соответствующих наилучшему (наиболее эффективному) варианту организационной структуры подразделений МатО.

Требуется определить такой состав организационной структуры (количество, специализацию и иерархию «базовых элементов», при которой обеспечивается выполнение требований $TR = \|TR_i\|$ с минимальными затратами.

Формальную постановку этой задачи можно записать в следующем виде.

Минимизировать целевую функцию

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (5)$$

при следующих ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^B \cdot x_{ij} \geq TR_i, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{ij}^\phi \cdot x_{ij} \geq TR_n, \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} \geq 1, \quad (8)$$

$$x_{ij} - \text{целочисленные для } \forall_{ij} \quad (9)$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad (10)$$

$$x_{ij} \leq H_{\text{упр}}, \quad (11)$$

где i – индекс специализации (типа) «базового элемента» организационной структуры и ряда требований к структуре, выполнение которых необходимо для достижения цели $Ц_0$; j – индекс вида (варианта) «базового элемента» i -го типа; x_{ij} – количество «базового элемента» организационной структуры i -го типа j -го вида; C_{ij} – суммарные приведенные затраты по i -му типу и j -му варианту «базового элемента» организационной структуры; TR_i – численное значение i -го требования; Q_{ij}^B и Q_{ij}^ϕ – соответственно нормативные и потенциальные (обеспечиваемые системными свойствами) возможности элемента x_{ij} по выполнению i -го требования; $H_{\text{упр}}$ – верхняя граница возможного изменения переменной x_{ij} , которая определяется нормой управляемости, которая составляет для отделения – 7-10, взвода – 3-4, роты – 3-4, батальона – 3-5.

Научная новизна предлагаемой методики состоит в том, что в отличие от существующих, в ней впервые сформирован поход к обоснованию рациональных решений

по формированию организационной структуры и состава СЭ на основе прогнозирования величины изменения показателей СЭ функционирования СМО на этапе её развертывания.

Таким образом, применение данной методики органами военного управления позволит должностным лицам принять рациональное решение на формирование сил и средств МатО, что повысит эффективность выполнения задач по развертыванию СМО войск (сил).

Библиографический список

1. Бабенков В.И. Обоснование мест содержания запасов материальных средств группировки войск национальной гвардии / В.И. Бабенков, А.О. Шангутов, Р.В. Атаманов // Стратегическая стабильность. – 2022. – № 1(98). – С. 70–73.
2. Бабенков В.И. Оптимизационные модели параметров запасов материальных средств в войсках национальной гвардии Российской Федерации / В.И. Бабенков В.В. Чешина // Актуальные вопросы материально-технического обеспечения войск национальной гвардии Российской Федерации: сборник статей X Всероссийской научно-практической конференции (18 февраля 2022 г.), Ч. I. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2022. – С. 33–38.
3. Бондарь М.С. Система обеспечения горючим группировки войск (сил) за пределами Российской Федерации: закономерности и принципы функционирования / М.С. Бондарь, А.М. Сурков // Военная мысль. – 2020. – № 10. – С. 56–64.
4. Викулов С.Ф. Военно-экономическая безопасность системы материально-технического обеспечения Вооруженных Сил / С.Ф. Викулов, В.И. Бабенков // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В.Хрулева. – 2016. – № 3(7). – С. 117–120.
5. Викулов С.Ф. Понятие, показатели и критерии рискоустойчивости системы материально-технического обеспечения боевой готовности Вооруженных Сил / С.Ф. Викулов, А.О. Зубов, Ю.А. Никитин // Финансы и кредит. – 2022. – Т. 28, № 4(820). – С. 732–747.
6. Литвиненко А.Н. Теоретические вопросы экономической безопасности системы в контексте проблемы экономической устойчивости / А.Н. Литвиненко, М.Г. Порвадов // Экономика и управление: теория и практика: Сборник научных трудов IV-й Национальной научно-практической конференции научно-педагогических и практических работников с международным участием (20 мая 2021 г.), Т.1. – Ярославль: Ярославский филиал Финуниверситета, 2021. – С. 69–74.
7. Порвадов М.Г. Программные средства повышения военно-экономической безопасности системы продовольственного обеспечения войск национальной гвардии / М.Г. Порвадов // Проблемы материально-технического обеспечения Росгвардии в современных условиях и пути их решения: сборник научных статей XI научно-практической конференции с международным участием (Пермь, 20 октября 2022 г.). – Ч.2 – Пермь: Изд-во ПВИ войск национальной гвардии, 2022. – С. 201–205.
8. Серба, В.Я. Экономическая база региона как фактор повышения устойчивости материально-технического обеспечения войск / В.Я. Серба // Научные проблемы материально-технического обеспечения Вооружённых Сил Российской Федерации. – 2021. – № 4(22). – С. 47–53.
9. Тришункин В.В. Концептуальные основы упреждающего развертывания системы обеспечения горючим группировки войск (сил) за пределами территории Российской Федерации / В.В. Тришункин, М.С. Бондарь, А.М. Сурков // Военная мысль. – 2020. – № 2(84). – С. 60–68.
10. Шаронов А.Н. Метод оценки вклада служб материального обеспечения в боевой потенциал войск / А.Н. Шаронов, В.В. Соколов, Е.А. Шаронов // Актуальные проблемы военно-научных исследований. – 2022. – № 3(23). – С. 30–40.

УДК 621.37-39

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ В ХОДЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

Суслов А.А., заместитель начальника кафедры инженерно-технических средств охраны.

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь

Электронный адрес: suslov_alex@mail.ru

Описываются обстоятельства, ограничивающие возможность применения технических средств охраны, приводятся образцы технических средств охраны, показавшие наибольшую эффективность применения, рассматриваются их достоинства и недостатки, направления возможного совершенствования.

Ключевые слова: технические средства охраны; мобильное; быстроразвертываемое; средство обнаружения; охраняемый объект; пункт временной дислокации; специальная военная операция.

FEATURES OF THE USE OF TECHNICAL MEANS OF PROTECTION DURING THE SPECIAL MILITARY OPERATION

Suslov A.A., deputy head of the department of engineering and technical means of security.

Perm military Institute of National Guard Troops, Perm.

E-mail: suslov_alex@mail.ru

Describes the circumstances limiting the possibility application of technical security means, examples of technical security means that have shown the greatest effectiveness are given applications, their advantages and disadvantages, directions possible improvement.

Keywords: technical means of security; mobile; rapidly deployable; detection means; protected object; temporary deployment point; special military operation.

В ходе инженерного обеспечения служебно-боевой деятельности подразделений, воинских частей и соединений войск национальной гвардии, принимающих участие в специальной военной операции на Украине, выявлены особенности выполнения таких задач, как:

устройство и содержание инженерных заграждений (рубежей обнаружения);

оборудование (участие в оборудовании) охраняемых объектов (важных государственных объектов и специальных грузов, объектов на коммуникациях, собственных объектов войск национальной гвардии) инженерно-техническими средствами охраны и их эксплуатация [1].

Главной особенностью применения технических средств охраны (далее – ТСО) в ходе специальной военной операции является быстроменяющаяся обстановка и

необходимость частой смены мест временного размещения, что исключает возможность применения некоторых образцов ТСО [2].

Для обеспечения требуемой высокой маневренности в районах расположения воинских частей в пунктах временной дислокации необходимо использовать мобильные быстроразвертываемые системы инженерно-заградительных препятствий, охранной сигнализации, охранные телевизионные, тревожно-вызывной сигнализации, электропитания и линейно-кабельных сооружений [3]. Но ввиду отсутствия достаточного количества мобильных комплексов ТСО в районе проведения специальной военной операции используются стационарные ТСО.

С начала специальной военной операции специалистами только Северо-Кавказского округа войск национальной гвардии Российской Федерации в районе выполнения задач оборудовано: инженерно-заградительных препятствий общей протяженностью 1260 метров; рубежей обнаружения общей протяженностью 4870 метров.

Из общего перечня применяемого оборудования выделены ТСО, которые показали наиболее высокую эффективность их применения в охране мест размещения тактических групп при расположении воинских частей в пунктах временной дислокации. К ним относятся: мобильный сигнализационный комплекс (далее – МСК) «Радиобарьер», сигнализационный комплекс охраны периметра – мобильный охраны периметра «СКОП-М», мобильная система охранная телевизионная, электроконтактное средство обнаружения обрывного типа «Трепанг-М», обрывное средство обнаружения «Леер-А» и «Леер-Р», быстроразвертываемый комплект периметровых средств обнаружения «Периметр-С», двухпозиционное радиоволновое средство обнаружения «Предел-200», прибор приемно-контрольный (далее – ППК) «Сигнал-20».

Каждое из перечисленных ТСО имеет свои индивидуальные особенности, характерные для конкретного типа извещателя.

МСК «Радиобарьер»

МСК «Радиобарьер» (рисунок 1) предназначен для охраны протяженных и локальных участков местности, подступов и периметров особо важных объектов.

В ходе специальной военной операции МСК «Радиобарьер» применяется для оборудования периметров пунктов временной дислокации, мест хранения оружия и боеприпасов.

Основными отмеченными достоинствами явились: возможность беспроводной передачи информации по двухстороннему радиоканалу, наличие в комплекте радиосигнализаторов различного принципа действия, камер видеонаблюдения с инфракрасной подсветкой и тепловизионных камер.

В ходе применения по назначению в условиях специальной военной операции выявлены следующие характеристики, имеющие низкие эксплуатационные показатели:

низкое разрешение камер РС-ТВ, которое влияет на различение и идентификацию объекта наблюдения;

слабая инфракрасная подсветка, не обеспечивающая достаточную дальность наблюдения ночью;

большие габариты и вес аккумуляторных батарей, при их малой емкости, что увеличивает человеческие трудозатраты и снижает время эффективной работы радиосигнализаторов.



Рисунок 1 – Основные радиосигнализаторы МКС «Радиобарьер»

Одним из направлений развития и совершенствования МСК «Радиобарьер» является замена аккумуляторных батарей из состава комплекта на источники питания большей емкости с меньшими габаритами и весом.

Сигнализационный комплекс охраны периметра – мобильный «СКОП-М»

Сигнализационный комплекс охраны периметра – мобильный «СКОП-М» (рисунок 2) предназначен для создания временных рубежей охраны различной конфигурации.

Основным достоинством сигнализационного комплекса охраны периметра – мобильный «СКОП-М» является возможность беспроводной передачи информации по радиоканалу, наличие в комплекте технических средств охраны различного принципа действия.

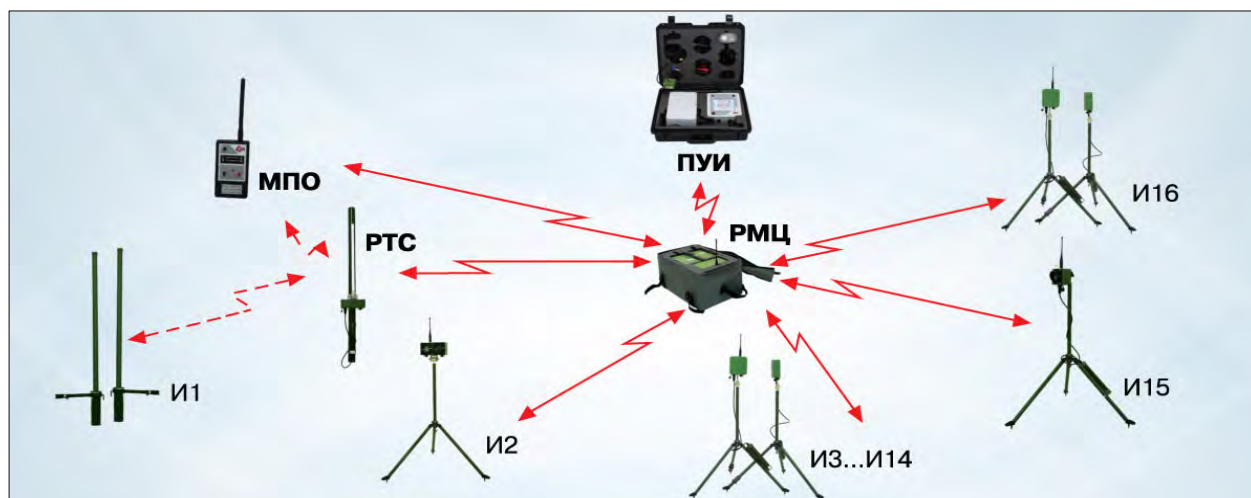


Рисунок 2 – Сигнализационный комплекс охраны периметра – мобильный «СКОП-М»

В ходе специальной военной операции комплекс применяется в охране периметров мест расположения тактических групп, складов оружия и боеприпасов.

Недостатки по результатам эксплуатации: большие габариты и вес аккумуляторных батарей при их малой емкости.

Предложения по результатам эксплуатации: замена аккумуляторных батарей из состава комплекта на аккумуляторные батареи большей емкости с меньшим весом.

Комплекс технических средств охраны «Периметр-С»

Комплекс технических средств охраны «Периметр-С» предназначен для создания временных рубежей охраны различной конфигурации с передачей информации по радиоканалу.

Основным достоинством комплекса технических средств охраны «Периметр-С» является возможность беспроводной передачи информации по радиоканалу, наличие в комплекте технических средств охраны различного принципа действия.

Основным недостатком является малая емкость аккумуляторных батарей.

Мобильный охранный извещатель «Трепанг-М»

Мобильный охранный извещатель «Трепанг-М» – средство обнаружения обрывного типа (рисунок 3) предназначен для блокирования участков местности на направлениях вероятного движения нарушителя, а также полов, стен и крыш.

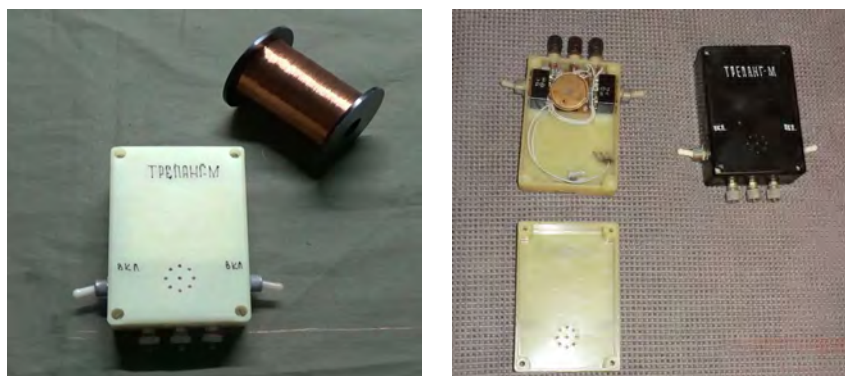


Рисунок 3 – Мобильный охранный извещатель «Трепанг-М»

В специальной военной операции «Трепанг-М» применяются в основном для прикрытия направлений вероятного движения нарушителя на взводных опорных пунктах, заставах, блок-постах, а также блокировки мест хранения оружия.

Основными достоинствами «Трепанг-М» являются быстрота установки, простота в использовании, небольшие габариты.

Недостатки по результатам эксплуатации:

короткий срок службы элементов питания;

неточная информация об участке обрыва;

недостаточная влагозащищенность;

в полевых условиях большой расход чувствительного элемента;

необходимость возврата чувствительного элемента в исходную точку блока.

Предложения по результатам эксплуатации:

обеспечить катушки с сигнальным проводом на каждый прибор.

Быстроразвертываемый мобильный комплект обрывного средства обнаружения «ЛЕЕР-А» («ЛЕЕР-Р»)

Быстроразвертываемый мобильный комплект обрывного средства обнаружения «ЛЕЕР» предназначен для создания временных скрытых рубежей обнаружения (рисунок 4).

Комплект обеспечивает обнаружение обрыва шлейфа сигнализационного, размещенного на охраняемом участке и оповещения о тревоге в виде звукового и светового сигналов.



Рисунок 4 – Обрывное средство обнаружения «Леер-А»

«ЛЕЕР-А» («ЛЕЕР-Р») в специальной военной операции применяют в охране уязвимых участков в пунктах временной дислокации, застав тактических групп, заслонов, вероятных направлений движения противника на взводных опорных пунктах.

Основным достоинством «ЛЕЕР-Р» в отличие от «ЛЕЕР-А» является наличие в составе последнего «Приемника тревог», который позволяет получать тревожные извещения дистанционно – по радиоканалу.

Недостатки по результатам эксплуатации:

отсутствие в комплекте достаточного количества катушек сигнального провода.

Предложения по результатам эксплуатации:

предусмотреть поставку дополнительных катушек сигнальных проводов.

Мобильные системы охраны телевизионные

В ходе специальной военной операции мобильные системы охраны телевизионные (рисунок 5) применяются в местах размещения войск в пунктах временной дислокации для осуществления визуального контроля мест хранения оружия и боеприпасов, а также периметров мест расположения.

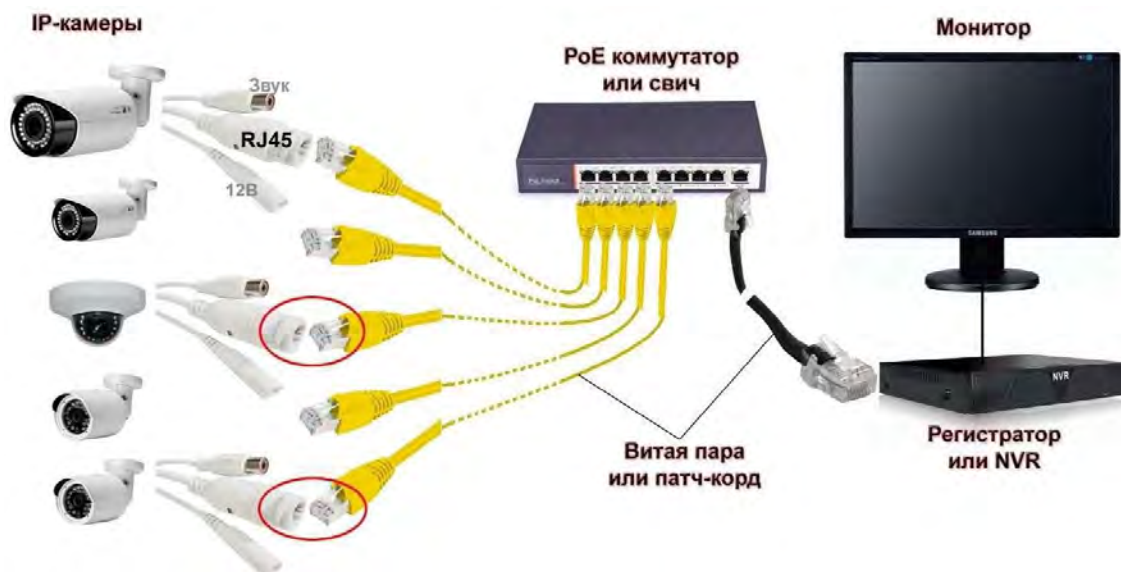


Рисунок 5 – Состав мобильной системы охраны телевизионной

Системы охранные телевизионные позволяют обеспечить визуальный контроль, а в некоторых случаях и видеодокументирование обстановки на объектах (местах размещения), проверку поступающих сигналов тревоги, анализ причин и развития нештатных ситуаций, получение дополнительной визуальной информации для принятия оперативных решений.

Основным достоинством является возможность быстрого создания непрерывных, замкнутых рубежей дистанционного визуального контроля обстановки в пунктах временной дислокации.

Недостатки по результатам эксплуатации:

отсутствие универсальных креплений для монтажа (на стены, крыши, столбы) (рисунок 6);

недостаточное количество кабельной продукции для монтажа без использования радиоканала типа «Mikrotik»;

высокая чувствительность блоков питания к скачкам напряжения;

необходимость использования большого количества расходных материалов (кабелей питания и проводов для передачи видеосигнала), что лишает маневренности в условиях быстроменяющейся обстановки и необходимости смены мест расположения тактических групп;

низкая чувствительность инфракрасной подсветки.



Рисунок 6 – Крепление видеокамеры на штангу

Предложения по результатам эксплуатации:

предусмотреть комплектацию мобильных систем охранных телевизионных с универсальными креплениями типа трубка, хомут, кронштейн;

в целях защиты передаваемой информации с видеокамер использовать радиомосты типа «Mikrotik» в защищенном протоколе связи NV2;

обеспечить программным обеспечением с возможностью подключения широко спектра камер видеонаблюдения с различными тактико-техническими характеристиками.

Извещатель охранный радиоволновый линейный «Предел-200»

Извещатель «Предел-200» предназначен (рисунок 7) для обнаружения нарушителя, пересекающего зону обнаружения и характеризуется малой шириной зоны обнаружения.



Рисунок 7 – Извещатель охранный радиоволновый «Предел-200»

В ходе специальной военной операции применяется для оборудования периметров пунктов временной дислокации и мест хранения оружия и боеприпасов с выводом сигнала срабатывания на прибор приемно-контрольный «Сигнал-20».

Основным достоинством прибора является узкая зона обнаружения шириной не более 1 метра.

Недостатки по результатам эксплуатации: необходимость прокладки кабельных линий для передачи информации о сигналах срабатываний.

Предложения по результатам эксплуатации:

обеспечить возможность передачи сигналов срабатывания по радиоканалу на расстояние до 500 метров;

в целях обеспечения мобильности и уменьшения габаритов следует разработать к комплекту телескопические стойки.

Прибор приемно-контрольный «Сигнал-20»

ППК «Сигнал-20» (рисунок 8) предназначен для использования в автономном режиме или в составе интегрированной системы охраны «Орион» для контроля различных типов охранных не адресных извещателей, контакторов и сигнализаторов с нормально-замкнутыми или нормально-разомкнутыми контактами и релейного управления внешними исполнительными устройствами.

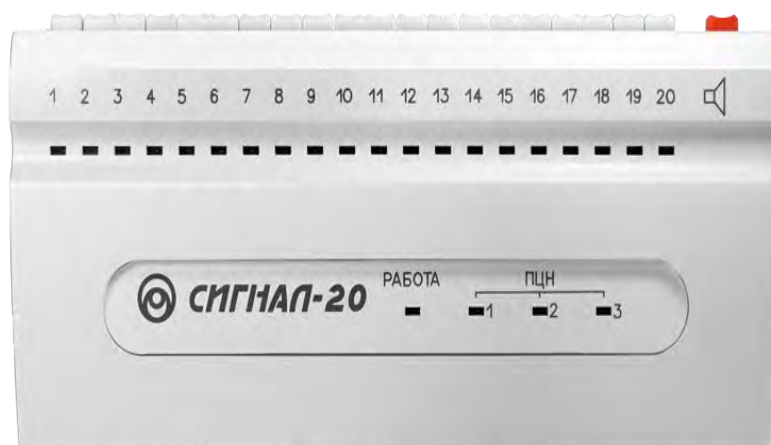


Рисунок 8 – Внешний вид прибора приемно-контрольного «Сигнал-20»

В ходе специальной военной операции применяется в автономном режиме для контроля различных типов охранных извещателей, установленных в пункте временной дислокации по периметру и в местах хранения оружия и боеприпасов.

Недостатки по результатам эксплуатации:

необходимость прокладки кабельных линий;

отсутствие встроенного источника резервного питания.

Возможные пути совершенствования прибора и способов его эксплуатации:

установку осуществлять с источниками бесперебойного питания.

В целях сокращения времени развертывания и обеспечения маневренности, внедрить в комплект прибора блоки приема и передачи информации по радиоканалам, с возможностью передачи информации на расстоянии до 500 метров.

Таким образом, проведенный анализ особенностей применения ТСО в ходе специальной военной операции показывает эффективность имеющихся на вооружении мобильных комплексов ТСО, с учетом их возможной доработки и внедрения новых современных образцов. Вместе с тем количество таковых комплексов не всегда является достаточным для выполнения всех требований по оборудованию объектов ТСО.

В целях обеспечения высокой маневренности подразделений войск, для развертывания в пунктах временной дислокации в полевых условиях требуется рассмотреть вопрос разработки новых, перспективных образцов мобильных ТСО с максимальным уменьшением масса-габаритных показателей, в том числе подвижных комплексов ТСО на базе автомобильной техники с выдвижной установкой комплекса технических средств охраны типа «Муром 1СВ».

Отдельно необходимо отметить существующую угрозу несанкционированного доступа противника к передаваемой информации по радиоканалу, в особенности к видеоизображению передаваемого от камер систем охранных телевизионных, устанавливаемых в местах расположения войск по незащищенным беспроводным каналам. Кроме того, при использовании технических средств охраны, передающих сигналы срабатывания по беспроводным каналам, существует угроза воздействия средств радиоэлектронной борьбы противника.

Библиографический список

1. Временное наставление по инженерному обеспечению войск национальной гвардии Российской Федерации, утвержденное приказом Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации от 27.03.2019 № 108.

2. Исаев А.И., Абрамов Т.В. и др. Тактика подразделений (отделение, взвод, войсковой наряд) с учетом опыта участия в специальной военной операции: учебное пособие/ Под общей редакцией заместителя директора Росгвардии генерал-полковника В.А. Ершова., – М.: Главное управление подготовки войск (сил), 2023 г.

3. Ташков Д.Ю. Особенности тактики применения мобильных быстроразвертываемых ТСО в пунктах временной дислокации. 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). С. 158–163.

УДК 623-9

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЗУЕМЫХ ЗАГРАЖДЕНИЙ

Ташков Д.Ю., старший преподаватель кафедры инженерно-технических средств охраны факультета (инженерного обеспечения).

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь.

Электронный адрес: dimondlion@mail.ru

Перевалов А.М., курсант факультета (инженерного обеспечения).

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь.

В статье рассматриваются основные этапы развития и совершенствования мобильных электризуемых заграждений, области их применения на современном этапе и основные преимущества их использования.

Ключевые слова: мобильное электризуемое заграждение; система безопасности; надежность охраны; области применения мобильных электризуемых заграждений.

STAGES OF DEVELOPMENT AND PROSPECTS FOR THE USE OF MOBILE ELICTRIZABLE BARRIERS

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

Perevalov.A.M., cadet of the faculty (engineering support).

Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation, Perm.

The article discusses the main stages of development and improvement of mobile elictrizable barriers, the scope of their application at the present stage and the main advantages of their use.

Keywords: mobile elictrizable barrier; security system; security reliability; areas of application of mobile elictrizable barriers

В современном мире мобильные электризуемые заграждения являются одной из наиболее эффективных и разносторонних систем безопасности. С их помощью можно эффективно контролировать доступ к объектам, обеспечивая их безопасность и охрану (рисунок 1).



Рисунок 1 – Вариант использования электризуемых заграждений для контроля доступа к объекту

Осуществление контроля доступа на объект важно в различных сферах деятельности, начиная от государственных учреждений и промышленных объектов, заканчивая важными государственными и собственными объектами. Однако применение электризуемых заграждений требует не только технической оснащённости, но и адекватной оценки их особенностей и применения.

Принцип работы электризуемых заграждений основан на создании электрического заряда на поверхности заграждения при помощи специальных проводников или электродов. Этот заряд представляет собой электрическое напряжение, которое обеспечивает защиту и оборону территории от возможных вторжений или проникновений [2].

Составляющие и компоненты мобильных электризуемых заграждений (далее – МЭЗ) включают в себя различные элементы. Основными из них являются:

генераторы или источники электропитания, которые обеспечивают постоянное или переменное электрическое напряжение для подачи на заграждение;

проводники или электроды, которые перемещаются вдоль либо крепятся к заграждению и создают заряд;

управляющая система, которая контролирует работу заграждения, включая включение и выключение, регулировку напряжения, мониторинг и т. д;

защитные и безопасные системы, которые обеспечивают безопасность для людей и животных, находящихся рядом с заграждением.

Мобильные электризуемые заграждения и их история развития связаны с усовершенствованием тактики действий нарушителей, пытающихся проникнуть на охраняемый объект или незаметно его покинуть. Первые системы электризуемых заграждений начали появляться в начале XX века (рисунок 2). Они использовались для защиты периметра объектов, военных учреждений и тюрем. Такие системы предлагали дополнительную защиту от несанкционированного проникновения, создавая электрические разряды на заграждении, чтобы отпугнуть или замедлить потенциальных нарушителей.



Рисунок 2 – Первые системы электризуемых заграждений

Основные этапы развития и усовершенствования МЭЗ [5]:

1. В начале XX века первые системы электризации заграждений были достаточно простыми. Они включали проволочные заграждения, подведенные к источнику электричества.
2. В 1930-1940 годах технология электризации заграждений продолжала развиваться, вводились новые материалы и совершенствовались системы.
3. Во время Второй мировой войны системы электризуемых заграждений были использованы для обороны объектов и учреждений от вражеских атак.
4. В 1950-1960 годах появились первые мобильные системы электризации заграждений, которые могли быть быстро развернуты и перемещены. Такие системы были широко использованы в военных операциях и лагерях временного содержания.
5. В 1980-1990 годах технология электризации заграждений подверглась революции с появлением новых материалов и разработкой интеллектуальных систем контроля и безопасности.
6. В настоящее время мобильные электризуемые заграждения продолжают развиваться с использованием передовых технологий, таких как беспроводные системы управления и мониторинга, а также интеграция с другими системами безопасности.

Основные области применения мобильных электризуемых заграждений войсками национальной гвардии Российской Федерации:

охрана территорий: мобильные электризуемые заграждения используются для создания временных барьеров или оград для обеспечения безопасности на публичных мероприятиях или других местах, требующих временной защиты (рисунок 3);

охрана объектов: в случае нарушения целостности ограждений, для временного выставления инженерного заграждения на периметре охраняемого объекта.

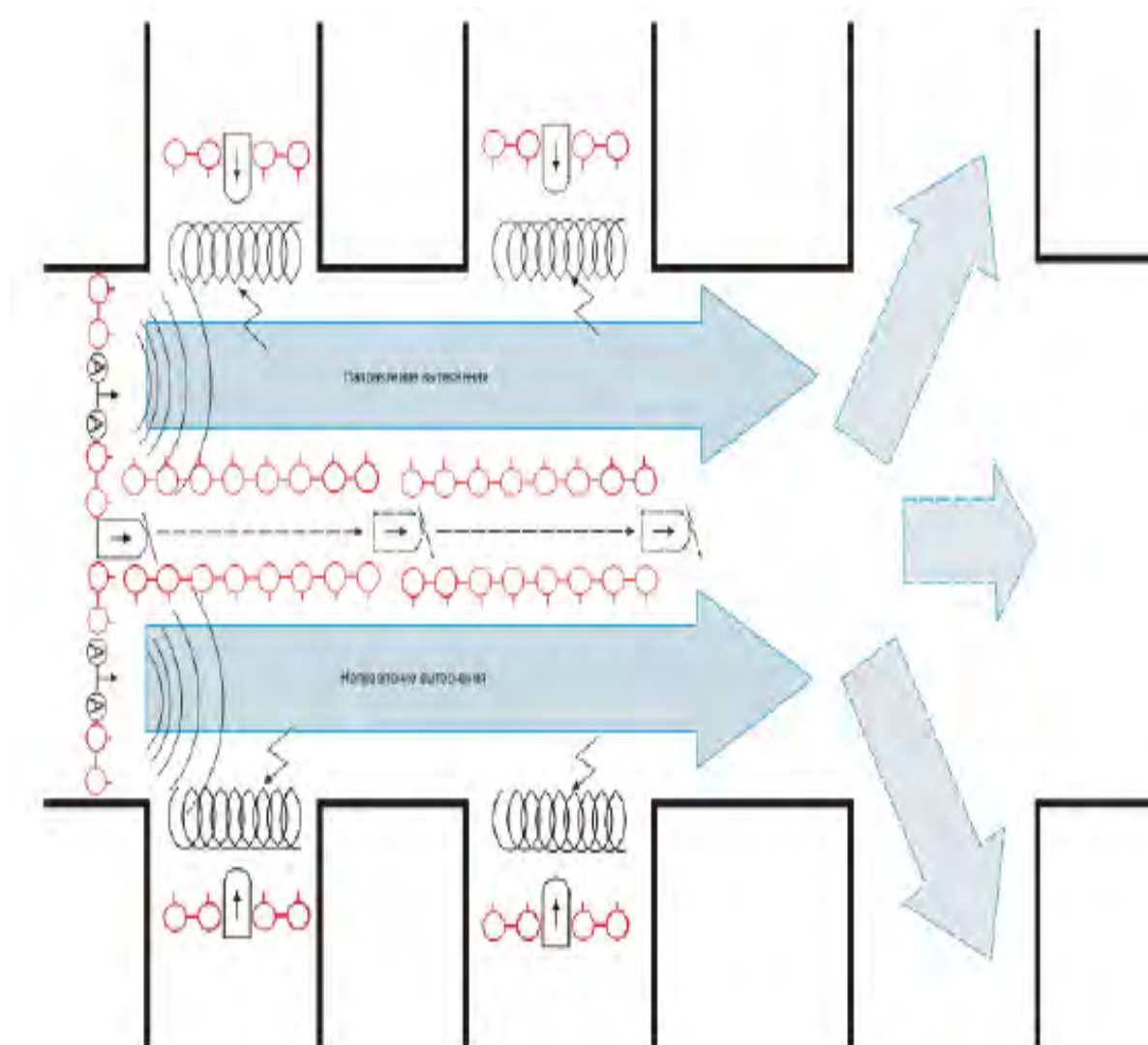


Рисунок – 3 Вариант применения мобильных электризуемых заграждений при проведении массовых мероприятий

В настоящее время растет необходимость в применении современных систем безопасности, которые бы обеспечивали надежную защиту различных объектов [7]. Мобильные электрифицированные заграждения предлагают новый уровень безопасности, который перевешивает многие традиционные методы контроля доступа. Однако, применение таких систем необходимо адекватно осмыслить и исследовать, чтобы учесть особенности и возможные проблемы их применения. Это актуальная проблема требует участия квалифицированных специалистов в области эксплуатации инженерно-технических средств охраны (далее – ИТСО) [1].

Перед использованием мобильных электризуемых заграждений специалистами ИТСО необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить технические характеристики мобильных электрифицированных заграждений и их применение в различных сферах деятельности.
2. Определить эффективность применения мобильных электрифицированных заграждений в сравнении с традиционными методами контроля доступа.
3. Исследовать возможные проблемы и ограничения при применении мобильных электрифицированных заграждений.
4. Предложить рекомендации по оптимальному применению мобильных электрифицированных заграждений для обеспечения надежности охраны объекта.

Технические характеристики и показатели эффективности МЭЗ зависят от конкретной модели и производителя. Основные показатели включают мощность, выходное напряжение, длину заграждения, число проводников, режимы работы, степень защиты от взлома, уровень безопасности и т. д. Чем выше эти показатели, тем эффективнее будет работать заграждение и тем большую защиту оно обеспечит.

Требования к установке и обслуживанию МЭЗ могут быть различными в зависимости от конкретных условий и месторасположения. Однако, в целом, установка таких заграждений требует определенных навыков и знаний о системе, а также соблюдение всех инструкций и стандартов безопасности [6]. Также, чтобы обеспечить длительную и надежную работу заграждения, необходимо проводить регулярное обслуживание, включая проверку и замену элементов, очистку от грязи и наледи, ремонт или замену поврежденных частей и т. д.

Использование мобильных электризуемых заграждений имеет несколько преимуществ:

1. Высокая надежность охраны. Мобильные электризуемые заграждения предоставляют высокий уровень безопасности, так как они действуют как физический барьер и отпугивают потенциальных злоумышленников. Прикосновение к электризуемому заграждению может вызвать сильный электрический удар, что делает его очень опасным для несанкционированного доступа.

2. Мобильность. Электризуемые заграждения в мобильном исполнении могут быть легко перемещены с одного места на другое. Это позволяет гибко организовывать и изменять систему защиты в зависимости от изменяющихся обстоятельств и требований без необходимости установки постоянных заграждений.

3. Эффективность. Мобильные электризуемые заграждения представляют собой эффективную систему защиты, так как отпугивают злоумышленников и делают несанкционированный доступ на государственные объекты чрезвычайно сложным. Это сокращает риск вандализма, кражи и других противозаконных действий.

4. Гибкость. Мобильные электризуемые заграждения могут быть настроены на различные уровни электрификации в зависимости от требований безопасности. Они могут быть адаптированы к специфическим потребностям и условиям конкретного объекта, что делает их эффективными в различных ситуациях.

5. Низкая стоимость. Покупка и установка постоянной системы защиты для государственных объектов может быть очень дорогостоящей. В то же время использование мобильных электризуемых заграждений обходится гораздо дешевле и может быть экономически выгодным вариантом для обеспечения безопасности на важных государственных объектах.

В России используются различные мобильные электризуемые заграждения для обеспечения безопасности и контроля движения на различных объектах. Некоторые из них включают:

1. Барьеры типа «скорпион» – представляют собой закрытую систему с вертикальными столбиками, которые могут электрифицироваться для предотвращения несанкционированного проникновения.

2. Мобильные заборы – секции заборов, оснащенные электрическими проволоками с низким напряжением в комбинации с ограждающими элементами, такими как металлические панели или сетки.

3. Электрические ограды – металлические ограды, которые могут быть электрифицированы, чтобы предотвратить проникновение на охраняемую территорию.

4. Мобильные столбики-барьеры – высокие столбики, оснащенные электрическими проводами, которые могут быть размещены для ограничения движения и обеспечения безопасности на дорогах.

5. Мобильные ворота-барьеры – перемещаемые ворота, которые могут быть электрифицированы и использоваться для ограничения доступа на охраняемые территории или объекты.

Примерами мобильных электризуемых ограждений, используемых в России, могут служить «Аэробарьер», «Рысь», «Фригат», «Антирам», «Буран-М», «Молния» (рисунок 4) и другие подобные системы [4].



Рисунок 4 – Мобильное электризуемое ограждение компании «Молния»

Важный вклад в развитие технологий электризуемых ограждений внесли такие компании, как Gallagher, П-100, Zabag и др. Они продолжают инновационные разработки в этой области, активно совершенствуют и расширяют возможности этих систем для более эффективной защиты владений и собственности. Они предлагают широкий спектр продуктов, включая гибкие барьеры, электризованные заборы (рисунок 5) и системы контроля доступа.



Рисунок 5 – Мобильные электризуемые ограждения Gallagher, П-100, Zabag

Различные компании продолжают работать над улучшением и развитием систем электризуемых заграждений, внедряя новые материалы, разрабатывая интеллектуальные алгоритмы управления и совершенствуя системы мониторинга и контроля.

Перспективы применения электризуемых заграждений в военной сфере огромны. Они могут быть эффективно использованы для охраны важных военных объектов, в том числе военных баз, складов оружия, границ и других стратегических мест. Благодаря постоянному развитию технологий, электризуемые заграждения становятся более гибкими в применении, мобильными и адаптивными.

Однако, несмотря на все преимущества электризуемых заграждений, их применение должно продолжаться с соблюдением этических норм и надлежащего контроля, чтобы минимизировать потенциальные негативные последствия. Военные организации должны соблюдать международные законы и конвенции, чтобы избежать неправомерного использования этих систем.

Библиографический список

1. Звездинский С.С. О сигнализационной надежности периметровых средств обнаружения // БДИ. 2004. № 2.
2. Справочник основных терминов и определений офицера специалиста технических средств охраны внутренних войск МВД России. / Под общей редакцией А.А. Заровнятных и В.В. Баранова. – М.: Редакция журнала «На боевом посту», 2014.
3. Средства нелетального воздействия, их технические характеристики и порядок применения: Методическое пособие / ИУ Росгвардии. М., 2018 г.
4. СОНЭВ «МОЛНИЯ» [Электронный ресурс]. URL: https://securportal.ru/catalog/perimetralnaya_okhrana/kompleksy_okhrany/1697 (дата обращения: 19.09.2023).
5. История электризуемых заграждений [Электронный ресурс]. URL: https://turbo.pikabu.ru/story/istoriya_yelektrizuemyikh_zagrazhdeniy_yez_6108560 (дата обращения: 18.09.2023).
6. 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.
7. Багаев А.В. «Концепция модернизации образцов вооружения, военной и специальной техники». Альманах ПВИ ВНГ РФ. Серия: технические науки и военное дело. – Пермь: ПВИ войск национальной гвардии, 2021. – № 4(4). – 451 с.

УДК 621.7.024/623.4

ОБОСНОВАНИЕ ОСНАЩЕНИЯ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПЕРСПЕКТИВНЫМИ И СОВРЕМЕННЫМИ ВИДАМИ ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОПРЕДЕЛЕННЫМ КЛИМАТИЧЕСКИМ ЗОНАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Толов А.В., офицер отделения научных исследований в области развития стрелкового оружия, боеприпасов, приборов наблюдения, разведки и прицеливания 3 научного отдела (исследования общих направлений и проблем развития вооружения, автобронетанковой и специальной техники) центра научно-технических исследований Главного центра научных исследований Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации.

Электронный адрес: anton.tolov@mail.ru

Руденко И.И., старший офицер отделения научных исследований в области развития стрелкового оружия, боеприпасов, приборов наблюдения, разведки и прицеливания 3 научного отдела (исследования общих направлений и проблем развития вооружения, автобронетанковой и специальной техники) центра научно-технических исследований Главного центра научных исследований Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации.

Башко А.Ю., офицер отделения научных исследований в области развития стрелкового оружия, боеприпасов, приборов наблюдения, разведки и прицеливания 3 научного отдела (исследования общих направлений и проблем развития вооружения, автобронетанковой и специальной техники) центра научно-технических исследований

Главный центр научных исследований Федеральной службы войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Москва.

Трофименко А.А., преподаватель кафедры технической подготовки факультета (технического обеспечения).

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь.

В статье рассмотрены способы обоснования оснащения войск национальной гвардии Российской Федерации перспективными и современными видами вооружения, военной и специальной техники применительно к определенным климатическим зонам Российской Федерации. Особое внимание уделяется повышению эффективности применения вооружения в разных климатических зонах. Предложен алгоритм формирования перечня образцов вооружения, предлагаемых к применению в той или иной климатической зоне.

Ключевые слова: войска национальной гвардии; современные образцы; перспективные образцы; программное обеспечение; база данных; способы обоснования, климатическая зона.

**JUSTIFICATION OF EQUIPPING THE NATIONAL SECURITY
FORCES THE GUARDS OF THE RUSSIAN FEDERATION
ARE PROMISING AND MODERN TYPES OF WEAPONS,
MILITARY AND SPECIAL EQUIPMENT APPLIED TO CERTAIN
CLIMATIC ZONES OF THE RUSSIAN FEDERATION FEDERATIONS**

Tolov Anton Vladimirovich, Officer of the Department of Scientific Research in the field of development of small arms, ammunition, surveillance devices, reconnaissance and aiming 5 of the scientific Department (research of general directions and problems of development of weapons, armored vehicles and special equipment) of the Center for Scientific and Technical Research of the Main Center for Scientific Research of the Federal Service of the National Guard of the Russian Federation

E-mail: anton.tolov@mail.ru

Rudenko I.I., Senior officer of the Department of Scientific Research in the field of development of small arms, ammunition, surveillance devices, reconnaissance and aiming 5 of the scientific Department (research of general directions and problems of development of weapons, armored vehicles and special equipment) of the Center for Scientific and Technical Research of the Main Center for Scientific Research of the Federal Service of the National Guard of the Russian Federation.

Bachko A.Y., Officer of the Department of Scientific Research in the field of development of small arms, ammunition, surveillance devices, reconnaissance and aiming 5 of the scientific Department (research of general directions and problems of development of weapons, armored vehicles and special equipment) of the Center for Scientific and Technical Research of the Main Center for Scientific Research of the Federal Service of the National Guard of the Russian Federation

Trofimenko A.A., lecturer of the Department of Technical Training of the Faculty (technical support).

Perm Military Institute of the National Guard Troops of the Russian Federation, Perm.

The article considers the ways to justify equipping the troops of the National Guard of the Russian Federation with promising and modern types of weapons, military and special equipment in relation to certain climatic zones of the Russian Federation. The Federation pays special attention to improving the effectiveness of the use of weapons in different climatic zones. An algorithm for forming a list of weapons samples proposed for use in a particular climatic zone is proposed.

Keywords: National Guard troops modern samples perspec promising samples software; database methods of justification; climatic zones

В настоящее время действия ряда недружественных стран направлены на ослабление влияния Российской Федерации как основного геополитического игрока международной арены. Экономические санкции, информационная война, усиление политического давления позволяют спрогнозировать необходимость повышения готовности войск национальной гвардии Российской Федерации (ВНГ РФ) к любому сценарию развития обстановки как на территории России, так и за рубежом [1].

При этом эффективность выполнения служебно-боевых задач определяется наличием в войсках систем и комплексов вооружения, военной специальной техники (ВВСТ) и готовностью их к боевому применению с учетом особенностей выполнения задач, в том числе применительно к определенным климатическим зонам Российской Федерации.

Климатические условия являются фактором, который оказывает существенное влияние на хранение, обслуживание и работоспособность ВВСТ.

Климатические зоны с низкими температурами могут вызывать замерзание механизмов и ухудшение работоспособности электрических систем. В таких условиях необходимо использовать специальные смазки и обогревательные системы для поддержания оптимальной работы оборудования. В климатических зонах с повышенной температурой ВВСТ подвергается перегреву и повреждению систем охлаждения, поэтому необходимы дополнительные системы охлаждения и защиты.

Географические особенности также влияют на использование ВВСТ. В горных регионах затрудняется работа авиации и безопасность полетов. Быстрое изменение высоты также может повлиять на точность баллистических ракет и попадание в цель. В северных регионах с частыми снегопадами и ледяными условиями возникают сложности с передвижением и обеспечением снабжения.

Зоны с повышенной влажностью требуют наиболее глубокого рассмотрения. Повышенная влажность может привести к коррозии и повреждению электроники. Густая растительность затрудняет обнаружение и маневрирование, что может усложнять транспортировку и использование тяжелых вооружений.

Особенность географического положения Российской Федерации подразумевает возможность применения войск со штатными ВВСТ в различных климатических зонах в течение всего периода изменения погоды и температуры окружающего воздуха от -50 до $+50$ °C, что в свою очередь окажет негативное воздействие на тактико-технические характеристики (ТТХ) ВВСТ [2].

Проведенный анализ применения ВВСТ в разных климатических зонах указывает на необходимость адаптации ТТХ к конкретным климатическим условиям, чтобы обеспечить его надежность и эффективность.

Таким образом, основная мотивация дальнейшей работы состоит в неудовлетворённой потребности эффективного применения ВВСТ к определенным климатическим зонам, в том числе для обоснования оснащения войск основными видами ВВСТ.

Следовательно, задача оснащения и повышения эффективности применения ВВСТ может быть решена разработкой соответствующего научно-методического аппарата и соответствующей математической моделью.

Математическую модель для определения оптимального оснащения ВНГ РФ перспективными и современными видами ВВСТ, применительно к определенным климатическим зонам, можно сформулировать следующим образом:

1. Определяем переменные:

X_{ij} : бинарные переменные, где $X_{ij} = 1$, если вид ВВСТ - i выбран для климатической зоны j , и $X_{ij} = 0$ в случае если вид ВВСТ не выбран для определенной климатической зоны.

2. Вводим ограничения:

$\sum (X_{ij}) \leq B$: общее количество выбранного ВВСТ не должно превышать бюджет B .

$\sum (X_{ij} * C_{ij}) \leq C_j$: суммарные затраты в климатической зоне j не должны превышать заданные ограничения на затраты C_j .

$\Sigma(X_{ij}) \geq \text{Min}_{ij}$: обеспечение минимального количества выбранного ВВСТ.

3. Формулируем целевую функцию:

максимизация эффективности и защищенности дѣяте национальной гвардии в рамках заданных бюджетных ограничений. Это может быть выражено следующим образом:

$$\text{maximize } Z = \Sigma(X_{ij} * E_{ij}) \quad (1)$$

где E_{ij} – коэффициент эффективности и защищенности выбранного вооружения и техники i в климатической зоне j . Коэффициент E_{ij} может быть определен на основе технических характеристик, таких как мощность, скорость, дальность, скорострельность, защитные возможности и другие соответствующие факторы.

Пусть:

N – общее количество видов вооружения и техники;

M – общее количество климатических зон;

C_{ij} – стоимость видов вооружения и техники i в климатической зоне j ;

B – бюджетные ограничения;

C_j – ограничения на затраты в климатической зоне j ;

Min_{ij} – минимальное количество выбранного вооружения и техники i в климатической зоне j ;

Тогда математическая модель может быть записана следующим образом:

$$\text{Minimize } \Sigma \Sigma(X_{ij} C_{ij}) \text{ for } i = 1 \text{ to } N, j = 1 \text{ to } M \quad (2)$$

$$\Sigma \Sigma(X_{ij}) \leq B \quad (3)$$

$$\Sigma(X_{ij} C_{ij}) \leq C_j \text{ for } j = 1 \text{ to } M \quad (4)$$

$$\Sigma \Sigma(X_{ij}) \geq \text{Min}_{ij} \text{ for } i = 1 \text{ to } N, j = 1 \text{ to } M \quad (5)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\} \text{ for } i = 1 \text{ to } N, j = 1 \text{ to } M \quad (6)$$

Эта модель позволяет найти оптимальное решение, которое минимизирует общие затраты на выбранное ВВСТ, при условии бюджетных ограничений и ограничений на затраты в каждой климатической зоне, при этом обеспечивая минимальное количество выбранного вооружения и техники в каждой зоне.

Научно-методический аппарат (НМА) обоснования оснащения вооружением включает в себя методы анализа современных угроз, оценки существующих и перспективных систем, разработки критериев эффективности, направленных на обеспечение эффективной защиты от различных угроз. В рамках этого аппарата можно выделить следующие основные этапы и направления работы (рисунок 1).

Работа с предлагаемой структурной схемой подразумевает тщательную и предварительную подготовку исходных данных.

Приоритетными направлениями для подготовки исходных данных являются:

проведение моделирования и анализа боевых ситуаций: оценка возможностей вооружения в условиях различных сценариев применения, учёт особенностей местности, погодных условий и других факторов;

разработка методик оценки эффективности вооружения: применение математического моделирования, статистического анализа данных, экспертных оценок и других инструментов;

разработка рекомендаций по оптимальному оснащению войск национальной гвардии вооружением с учетом конкретных требований и условий, а также прогнозирование развития и обновления парка вооружения;

подготовка и оформление научно-методических материалов, отчётов и рекомендаций по оснащению войск, обоснование выбора конкретных изделий, предложение решений по совершенствованию существующих систем и разработке новых;

проведение научных исследований и разработок в области вооружения, разработка новых технологий и методик, направленных на повышение эффективности и надежности систем защиты войск [3, 4].

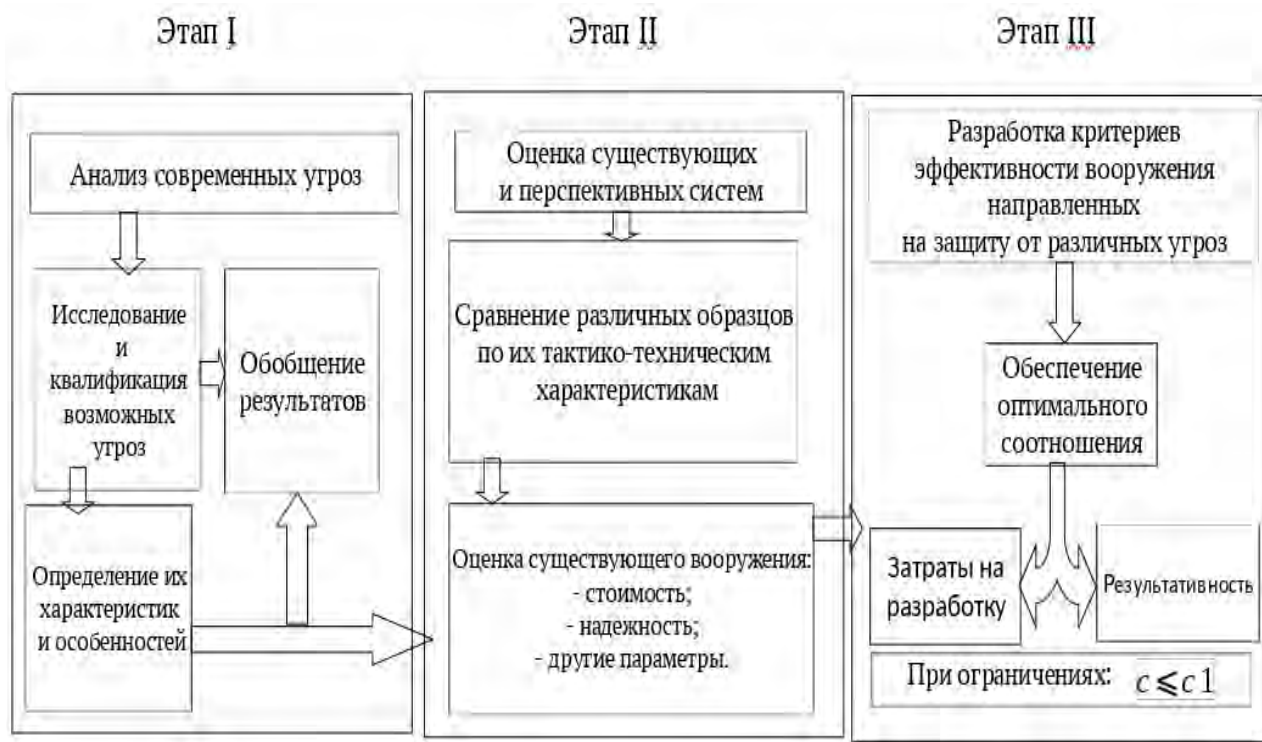


Рисунок 1 – Структурная схема обоснования оснащения вооружением,
с – стоимость

При этом моделирование боевых ситуаций является одним из ключевых этапов НМА обоснования оснащения войск вооружением. Моделирование позволяет определить наиболее эффективные способы применения вооружения, а также выявить нерешенные технические задачи и недостатки существующих систем.

Таким образом, научно-методический аппарат обоснования оснащения войск вооружением представляет собой комплекс методов и подходов, которые позволяют проводить анализ, оценку и разработку новых решений в области вооружения с целью обеспечения эффективности защиты войск.

Обоснование начинается обычно с оперативно-стратегического анализа, в ходе которого определяются цели и требования, которые должны быть выполнены вооружением [5].

Обоснование необходимости создания, улучшения или применения вооружения следует проводить следующим образом:

1. Уточнение цели, задач и условий применения вооружения в различных климатических зонах и в рамках военных действий с учетом развития вооружения потенциального противника.
2. Анализ требований, предъявляемых к вооружению в современных условиях и выявление недостатков в реализации этих требований имеющимся вооружением.

3. Определение путей устранения недостатков в реализации требований путем создания нового вооружения или усовершенствования существующего.

4. Выбор наиболее рациональных путей устранения недостатков на основе сравнительного анализа различных возможностей усовершенствования или создания нового вооружения.

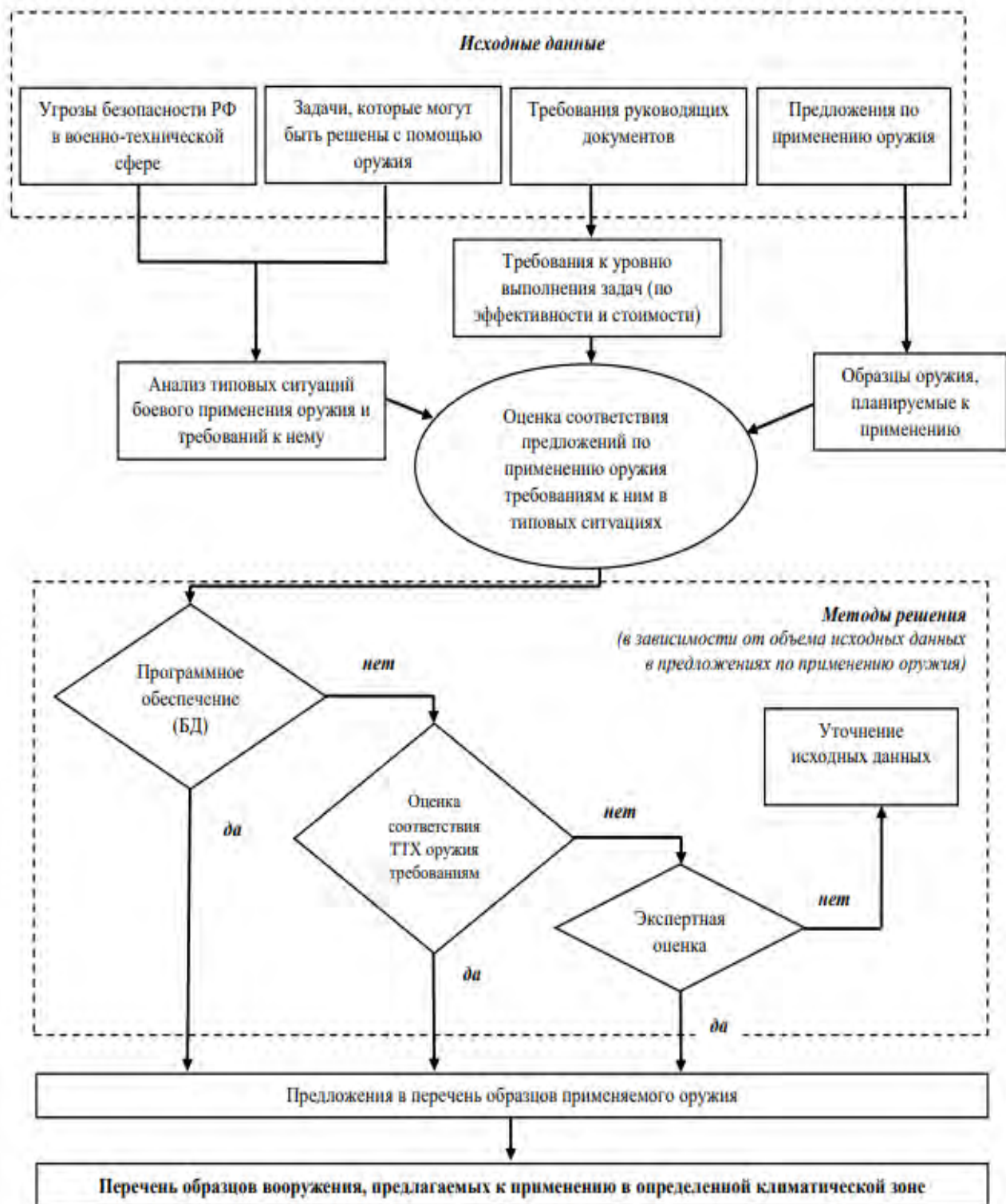


Рисунок 2 – Блок-схема общего алгоритма формирования перечня образцов вооружения, предлагаемых к применению в той или иной климатической зоне

Результаты обоснования являются основой для проведения оперативно-тактического анализа, включающего:

1. Обоснование задач, которые может выполнять вооружение в соответствии с его целью.
2. Обоснование состава основных элементов вооружения.
3. Обоснование способов применения вооружения.

Обоснование задач, решаемых вооружением, основывается на данных о функционировании аналогичных систем вооружения, военно-техническом анализе или описании работы новых систем вооружения [6].

В решении задачи по обоснованию оснащения вооружением может помочь программное обеспечение, которое обладает базой данных и позволяет пользователю быстро и достоверно определить образцы, способные функционировать в заданных климатических условиях.

Актуальность разработки программного обеспечения для формирования перечня перспективного и современного оружия обусловлена увеличением угроз безопасности Российской Федерации, особенно в военно-технической сфере, возникновением новых задач которые нельзя эффективно решить традиционными средствами, (необходимо обосновать создание или улучшение вооружения) [7, 8].



Рисунок 3 – Анализ факторов, влияющих на применение вооружения в типовых ситуациях

Помимо этого, важную роль играют факторы, связанные с особенностями разработки вооружения:

неопределенность исходных данных при формировании и реализации программ вооружения;

неопределенность исходных данных при формировании и реализации программ и планов создания и развития оружия;

отсутствие прототипов оружия;

уникальность важнейших технологий и сложность их применения в промышленности;

высокая наукоемкость и технологическая сложность разрабатываемого оружия;
неопределенность в количественно-качественном составе перспективного оружия и организационной структуре его использования;
отсутствие серийного производства для большинства образцов оружия.

В связи с этим предлагается использовать блок-схему общего алгоритма для формирования перечня образцов вооружения, рекомендуемых для использования в определенных климатических зонах (рисунок 2).

Главная цель введения концепции «типовой ситуации» заключается в использовании типовых ситуаций для обоснования разумного состава образцов вооружения. Вместо отдельных образцов вооружения рассматриваются типовые ситуации, которые включают в себя множество возможных вариантов использования оружия в боевых действиях. Типовая ситуация определяется как наиболее целесообразный способ использования конкретного вида вооружения для выполнения задач с точки зрения военно-технических и экономических аспектов [9].

На боевое применение вооружения в процессе эксплуатации оказывает воздействие множество факторов (рисунок 3), обуславливающих множество вариантов его применения.

Множество факторов определяет появление различных вариантов боевого применения оружия в типовых ситуациях. К ним относятся: организационно-штатные формирования, формы и способы боевого применения, виды вооружения и их задачи, механизмы воздействия на цель, объекты-цели, совместное использование с традиционным оружием и обеспечивающими средствами, характеристики разрабатываемых образцов вооружения и климатические условия.

Таким образом, унификация множества возможных вариантов боевого применения оружия достигается с использованием типовых ситуаций, что упрощает обоснование предложений и обеспечивает согласованность результатов для различных подходов к решению задачи [10].

Важно отметить, что обоснование оснащения ВНГ РФ перспективными и современными видами ВВСТ является всегда актуальной задачей, позволяющей обеспечить эффективность деятельности войск в различных климатических зонах Российской Федерации.

Анализ климатических условий и оперативно-тактической обстановки позволяет определить требования к использованию определенных видов вооружения и техники, а также адаптировать их к конкретным условиям боевых действий.

Учитывая постоянно меняющиеся вызовы и угрозы в современном мире, постоянное совершенствование и модернизацию вооружения и техники является неотъемлемой частью развития и обеспечения готовности войск. Качественный подход к выбору перспективных и современных видов ВВСТ позволят повысить эффективность выполнения поставленных задач и обеспечить безопасность граждан Российской Федерации.

Таким образом, осуществление обоснованного оснащения войск национальной гвардии Российской Федерации перспективными и современными видами вооружения, военной и специальной техники является необходимым и важным элементом обеспечения национальной безопасности и защиты интересов государства.

Важно отметить, что в каждой климатической зоне необходимы специальные модификации оружия, а также обучение и подготовка военных для работы в данных условиях. Технические характеристики оружия должны быть адаптированы к конкретным климатическим условиям, чтобы обеспечить его надежность и эффективность.

Библиографический список

1. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Инновационно-технологические пути обеспечения национальной безопасности России. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 268 с.

2. Зайцев Д.В., Сосков Д.Ю., Салов В.Е., Орлянский В.И. Проблемы математического моделирования боя с применением оружия направленной энергии и возможные пути их решения. – Сергиев Посад: 12 ЦНИИ МО РФ, 2017. – 64 с.
3. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения. – М.: Машиностроение, 2010. – 368 с.
4. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. – М.: Граница, 2007. – 408 с.
5. Викулов С.Ф. Военно-экономический анализ: Учебник. – М.: ВУ, 2015. – 340 с.
6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1989. – 316 с.
7. Семенов С.С. Оценка качества и технического уровня сложных систем: Практика применения метода экспертных оценок. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 352 с.
8. Ирзаев Г.Х. Экспертные методы управления технологичностью промышленных изделий. – М.: Инфра-Инженерия, 2010. – 192 с.
9. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений. – М.: Патент, 1996. – 241 с.
10. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Хованов Д.Г. Методика определения приоритетов научно-технологического развития в военной сфере с учетом финансовых ограничений // Транспортное дело России. – 2015. – Вып. 1. – С. 85-89.

УДК 004.27

**МНОГОПОТОКОВАЯ ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ
КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО
ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ
В ОБОРОННО-ПРОМЫШЛЕННЫХ КОМПЛЕКСАХ
ПРИ ЕЕ ОБРАБОТКЕ, ХРАНЕНИИ И ПЕРЕДАЧИ В ОБЛАЧНОЕ
ХРАНИЛИЩЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ**

Царегородцев М.А. начальник спортивного комплекса кафедры физической подготовки и спорта.

Пермский военный институт войск национальной гвардии, г. Пермь.

Электронная почта: yasahabeeva@bk.ru

В статье разработана методика цифрового контроля рисков информационных систем (ИС), используемых в оборонно-промышленных комплексах (ОПК) при эксплуатации объектов вооружения и военной техники (В и ВТ) с учетом архитектуры параллельных вычислений при совместном использовании GPU и CPU – процессоров. Разработанные вычислительные методики расчета и прогноза рисков, как системы связанных процессов, могут быть успешно использованы при проектировании и отработке новых объектов В и ВТ, а также деятельности ОПК в целом.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов и изображений; архитектура параллельных вычислений; блочное шифрование; хэширование данных; вооружение и военная техника; информационная система.

**MULTI-THREADED NUMERICAL IMPLEMENTATION OF PARALLEL
CRYPTOGRAPHIC ALGORITHMS TO PROTECT CONFIDENTIAL
INFORMATION OF MILITARY-INDUSTRIAL COMPLEXES DURING ITS
PROCESSING, STORAGE AND TRANSMISSION TO THE BIG DATA
CLOUD STORAGE**

Mikhail A.T., head of the sports complex of the Department of physical training and sports.

Perm Military Institute of National Guard Forces, Perm.

E-mail: yasahabeeva@bk.ru

The author of the article has developed a methodology for digital risk control of information systems (IS) used in military-industrial complexes (DIC) during the operation of weapons and military equipment (W and ME), taking into account the architecture of parallel computing when using GPU and CPU processors together. The developed computational methods for calculating and forecasting risks as a system of related processes can be successfully used in the design and development of new military and industrial facilities, as well as the activities of the defense industry in general.

Keywords: digital signal and image processing; parallel computing architecture; block encryption; data hashing; weapons and military equipment; information system.

Современная информационная технология диктует новые требования к защите конфиденциальности и безопасности обработки, хранения и передачи данных в облачных хранилищах. Особенно это касается отраслей, связанных с оборонной промышленностью, где безопасность и защита данных имеют первостепенное значение. Для обеспечения безопасности данных в ОПК автор работы применил криптографические алгоритмы параллельного действия, которые позволили обрабатывать большие объемы данных в короткие сроки.

Многопоточная численная реализация криптографических алгоритмов [1 – 10, 12] параллельного действия позволила автору работы обрабатывать большие объемы данных в короткие сроки и улучшить защиту конфиденциальной информации. Для этого в работе были применены различные алгоритмы параллельной обработки данных, такие как MapReduce, MPI, OpenMP и другие.

Реализация многопоточной численной обработки криптографических алгоритмов параллельного действия на практике позволила получить следующие преимущества:

1. Увеличение скорости обработки данных, что позволило сократить время на обработку больших объемов данных.

2. Снижение нагрузки на процессор, что позволило более эффективно использовать вычислительные ресурсы.

3. Увеличение уровня защиты конфиденциальной информации путем применения более сложных алгоритмов шифрования и защиты.

Алгоритмы хэширования данных

Автором статьи в качестве примера исследован алгоритм хэширования «SHA-512», являющийся более современным в сравнении с алгоритмом «MD2», принадлежит к семейству хэш-функций Secure Hash Algorithm (SHA), разработанному компанией NIST. Данный алгоритм работает с сообщениями, длина которых не превышает 2128 бит (216 терабайт) и обрабатывает их блоками по 1024 бит. Если длина сообщения не кратна 1024 бит, то к нему дополнительно добавляется бит 1, затем максимально возможное количество нулевых бит до длины, кратной 1024 бит, и в конце добавляется 128-битный блок с длиной входного сообщения.

«SHA-512» использует для работы два основных элемента: начальное значение хэша H , которое состоит из 8 64-битных слов и используется для инициализации хэш-функции, и константные значения K , которые формируются из первых 64 бит дробных частей квадратных корней первых восьми простых чисел (2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19). Программный код реализации хэширования данных по алгоритму «SHA-512» представлен автором ниже на рисунке 1, язык программирования C++ с библиотекой OpenSSL.

Алгоритм «SHA-512» состоит из 80 итераций, в которых входной блок разделяется на 16 64-битных слов, которые затем расширяются до 80 слов. Каждая итерация преобразования включает перемешивание, перестановку, циклические сдвиги и бинарные операции OR, XOR и AND с 8 64-битными словами, включающими текущее значение H и входные данные. После обработки всех блоков входного сообщения, значение H становится окончательным хэшем.

«CRC32» – это алгоритм, используемый для проверки целостности данных в цифровых устройствах, сетевых протоколах и программном обеспечении. Алгоритм работает путем создания таблицы из 256 значений и инициализации регистра «CRC32» нулями. Данная рекуррентная процедура повторяется для каждого байта сообщения до тех пор, пока не будут обработаны все байты. Наконец, биты регистра инвертируются для

получения 32-битного целого числа, которое является результатом хэша «CRC32». Программа, реализующая этот криптографический алгоритм, показана на рисунке 2.

```
#include <openssl/sha.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>

int main() {
    unsigned char hash[SHA512_DIGEST_LENGTH]; // переменная для хранения хэша
    int i;

    SHA512((unsigned char*)data, strlen(data), hash);

    printf("SHA-512 hash of '%s': ", data);
    for(i = 0; i < SHA512_DIGEST_LENGTH; i++) {
        printf("%02x", hash[i]);
    }
    printf("\n");

    return 0;
}
```

Рисунок 1 – Листинг программы хэширования данных по криптографическому алгоритму «SHA-512»

```
#include <stdio.h>
#include <stdint.h>

uint32_t crc32(const void *data, size_t size) {
    const uint8_t *bytes = (const uint8_t *)data;
    uint32_t crc = 0xffffffff;

    for (size_t i = 0; i < size; i++) {
        uint8_t byte = bytes[i];

        for (int j = 0; j < 8; j++) {
            uint32_t mask = ~(crc & 1);
            crc = (crc >> 1) ^ (0xedb88320 & mask);
            mask = ~(byte & 1);
            byte = byte >> 1;
            crc ^= (0xedb88320 & mask);
        }
    }

    return ~crc;
}

int main() {
    uint32_t hash = crc32(message, sizeof(message) - 1);
    printf("Hash value: %08x\n", hash);
    return 0;
}
```

Рисунок 2 – Листинг программы хэширования данных по криптографическому алгоритму «CRC32»

Автор статьи отмечает, что также необходимо обеспечить регулярное обновление программного обеспечения для ИС и прошивок устройств, чтобы исправить уязвимости и улучшить защиту от атак. Важно проводить регулярные проверки на наличие уязвимостей и слабых мест в сети и исправлять их в течение наименьшего возможного времени.

Существуют различные способы защиты передаваемой информации, расположенной в ИС, такие как SSL/TLS, которые могут использоваться для шифрования трафика между клиентом и сервером. Ниже на рисунке 3 автором работы вычислены и приведены хэш-коды при записи содержимого данных IP-протокола в облачное хранилище.

Adler32	2 568 206 894
CRC32	3 698 685 538
MD2	3 651 105 828 591 533 779 908 189 414 874 845 136
MD4	308 414 705 166 566 515 580 567 333 997 213 880 752
MD5	23 922 489 334 481 108 750 796 021 429 815 884 548
RIPEND160	629 064 443 198 016 301 390 204 106 705 205 099 970 329 146 955
RIPEND160SHA256	169 460 670 807 352 463 729 280 579 704 400 075 251 730 810 166
SHA	39 783 868 015 593 504 184 709 306 694 872 422 054 558 511 163
SHA256	396 869 904 250 017 835 275 321 517 275 863 815 609 995 734 063 955 043 368 990 271 340 421 774 555
SHA256SHA256	112 242 382 403 570 464 328 073 253 984 685 399 063 544 904 817 628 538 642 980 430 866 131 002 384 027
SHA384	7 616 831 706 971 326 021 294 763 969 047 312 213 080 423 154 103 941 071 113 859 274 028 385 669 568 681 330 687 542 461 601 501 249 129 681 685 339 064
SHA512	9 265 547 807 145 068 401 978 406 003 241 444 286 892 072 620 148 964 972 949 780 216 222 672 463 649 372 153 098 643 004 524 456 555 956 841 222 620 684 582 673 704 751 487 036 865 805 278 539 267 432 948

Рисунок 3 – Криптографические хэш-коды при записи содержимого данных IP-протокола в облачное хранилище

Ниже на рисунке 4 приведен пример использования OpenSSL для создания защищенного соединения с использованием SSL/TLS протокола на языке «C++».

Защищенные протоколы передачи информации по сетям являются основным инструментом для обеспечения безопасности передачи данных. Они реализуются для защиты информации от несанкционированного доступа, таких как, например:

IPsec, который обеспечивает защиту IP-трафика для VPN-соединений;

SSH, протокол безопасной удаленной работы с операционной системой Linux, который обеспечивает шифрование [1 – 10] и аутентификацию пользователей.

Рассмотренные автором статьи и протоколы используют различные методы шифрования, аутентификации и ключевые обмены, что позволяет уменьшить вероятность утечки конфиденциальной информации через сети. Они также обладают улучшенной функциональностью, которая обеспечивает четкое представление состояний сетевой безопасности, обнаружение и управление угрозами.

Цифровые двойники [11] объектов В и ВТ являются важным инструментом для эффективного управления ими в режиме и после эксплуатации. Автор работы полагает, что поскольку цифровые двойники содержат критически важную информацию, такую как конструкция и возможности объектов, они подвержены угрозам безопасности.

Для шифрования цифровых двойников автор работы использовал различные алгоритмы, такие как «AES» (Advanced Encryption Standard), «RSA» (Rivest-Shamir-Adleman), «SHA» (Secure Hash Algorithm) и многие другие.

«AES» и «DES» оба используют блочное шифрование, но «AES» является более безопасным в сравнении с «DES». Одной из основных причин этого является длина ключа – размер ключа в «AES» может быть до 256 бит, в то время как размер ключа в «DES» составляет всего 56 бит. «AES» более устойчив к атакам с перебором.

Ниже на рисунке 5 представлен код программы, реализующей шифрование цифрового двойника по криптографическому алгоритму «AES».

Автор работы приводит пример шифрования цифрового двойника – объекта В и ВТ на базе БТР-80(90) с помощью криптографического алгоритма «AES».

БТР-80(90) – это легкий колесный бронетранспортёр, который создан для обеспечения высокой мобильности и защиты личного состава и других боевых единиц в условиях ближнего боя.

```
#include <openssl/ssl.h>
#include <openssl/err.h>

int main() {
    SSL_CTX *ctx;
    SSL *ssl;
    int sockfd;

    // Инициализация библиотеки OpenSSL
    SSL_library_init();
    ERR_load_crypto_strings();
    SSL_load_error_strings();

    // Создание контекста SSL
    ctx = SSL_CTX_new(SSLv23_method());

    // Загрузка сертификата и ключа для сервера
    SSL_CTX_use_certificate_file(ctx, "server.crt", SSL_FILETYPE_PEM);
    SSL_CTX_use_PrivateKey_file(ctx, "server.key", SSL_FILETYPE_PEM);

    // Создание сокета и установка соединения
    sockfd = socket(AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
    connect(sockfd, (struct sockaddr*)&server_addr, sizeof(server_addr));

    // Создание объекта SSL
    ssl = SSL_new(ctx);

    // Связывание объекта SSL с сокетом
    SSL_set_fd(ssl, sockfd);

    // Установка защищенного соединения
    SSL_connect(ssl);

    // Отправка и получение данных
    SSL_read(ssl, buffer, sizeof(buffer));

    // Закрытие соединения и освобождение ресурсов
    SSL_shutdown(ssl);
    SSL_free(ssl);
    SSL_CTX_free(ctx);

    return 0;
}
```

Рисунок 4 – Листинг программы для защищенного соединения с использованием SSL протокола

БТР-80(90) очень эффективен во многих отношениях. Он обладает высокой мощностью, достаточной для того, чтобы быстро передвигаться по различным типам местности. Автор работы отмечает, что он также способен достаточно быстро перевозить

личный состав войск, обеспечивая им возможность мгновенно переходить от одной позиции к другой, обеспечивая более высокое время перестройки и в целом комплексную мобильность.

```
#include <stdio.h>
#include <openssl/aes.h>

void encrypt(unsigned char *plaintext, int plaintext_len, unsigned char *key,
             unsigned char *iv, unsigned char *ciphertext)
{
    AES_KEY enc_key;
    AES_set_encrypt_key(key, 128, &enc_key);
    AES_cbc_encrypt(plaintext, ciphertext, plaintext_len, &enc_key, iv, AES_
)

void decrypt(unsigned char *ciphertext, int ciphertext_len, unsigned char *key,
             unsigned char *iv, unsigned char *plaintext)
{
    AES_KEY dec_key;
    AES_set_decrypt_key(key, 128, &dec_key);
    AES_cbc_encrypt(ciphertext, plaintext, ciphertext_len, &dec_key, iv, AES_
)

int main()
{
    unsigned char key[] = "1234567890abcdef";
    unsigned char iv[] = "fedcba9876543210";
    int plaintext_len = sizeof(plaintext) - 1;

    unsigned char ciphertext[128];
    encrypt(plaintext, plaintext_len, key, iv, ciphertext);
    printf("Ciphertext: ");
    for (int i = 0; i < plaintext_len; ++i) {
        printf("%02x", ciphertext[i]);
    }
    printf("\n");

    unsigned char decryptedtext[128];
    decrypt(ciphertext, plaintext_len, key, iv, decryptedtext);
    printf("Decrypted text: %s\n", decryptedtext);

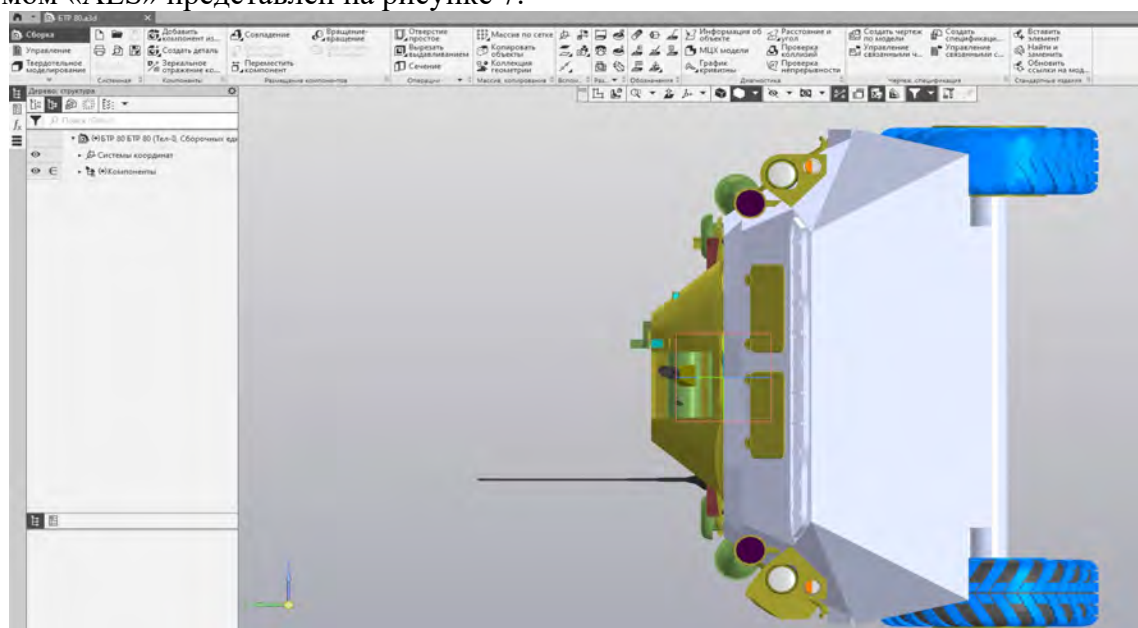
    return 0;
}
```

Рисунок 5 – Листинг программы шифрования данных по стандарту «AES»

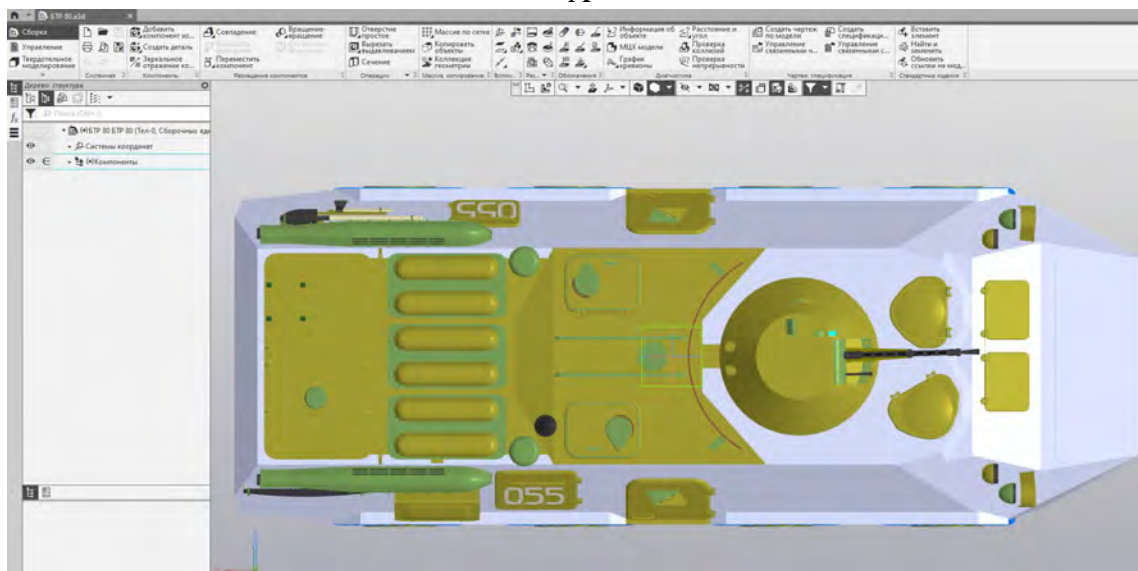
В САПР «Компас-3D» v.20 автором работы разработана полноразмерная модель БТР-80 с учетом всех его габаритно-массовых характеристик.

Изометрические проекции А., Б. и В. модели БТР-80 представлены на рисунке 6.

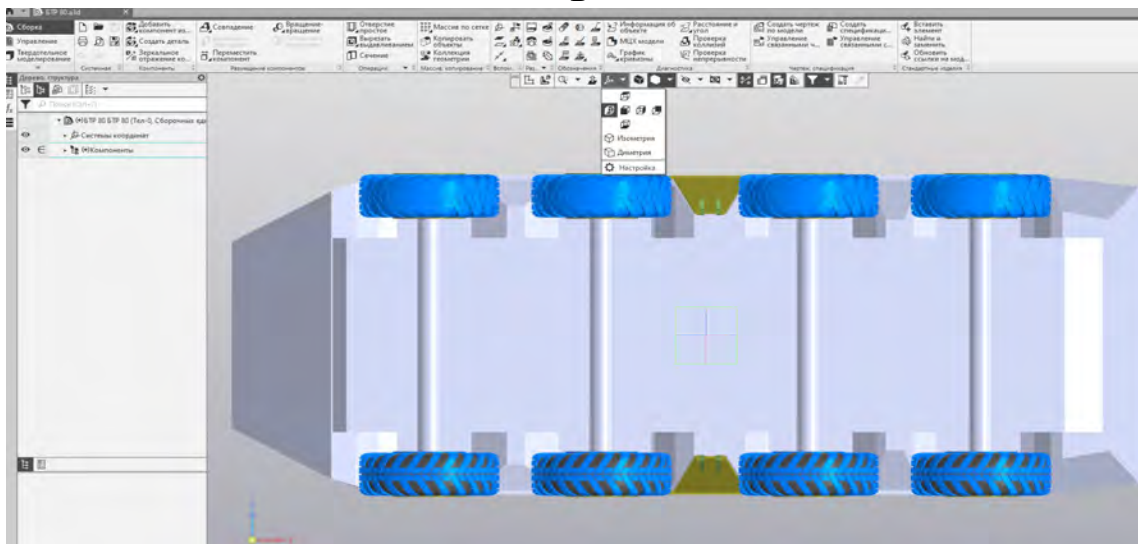
Фрагмент зашифрованных данных цифрового двойника БТР-80 в соответствии с алгоритмом «AES» представлен на рисунке 7.



А



Б



В

Рисунок 6 – Полноразмерные изометрические проекции цифрового двойника БТР-80

```

EncryptedObject[["Cipher" -> "AES256", "BlockMode" -> "CBC",
  "InitializationVector" -> ByteArray[
    "uo0D80f8Q9AIzCI2X+/bGg=="],
  "Data" -> ByteArray["c3WOP4u0oUq33cLp1kvn86eg/gFzu1hlRmWJX7+
sa63dA94xkkU3+1kRySKz8xJa39yFz2Wuff5rTzzofk7HejT2LQAq4rsxtfU4
V/8xPxoxLrr07eKTKu7F9TulsoCJl/tZHu0yMeLyCZSaMR7KYgtcX3u+i0Ee0L8
akxZzGj5ZTmfJhnd3ZrQ2itDwXI7r1uqSbzgAIj/3rzDNT66NrB9RMnFBz3Xn33
p6uZt14p5+0A582CH78r9wFCULSCME83YgeyIwIMI66cJ/fbVP5nGiAZfQILYdj
hhF8/bZIdk6Y6Z/XvAvffXnoaitbN3Mss0QxhjDe4iqupXHUNDFEMJpfqN18gB
Qewc1AgjPzTL+1lCkoa0E3jHtrZePNyp7FsCTmvoyoZ6yTV2Wsur9HKTlN6uuak
q9qt90YeAgCvM78H2s/ePBE6ptAQi+4vE8ptbwnpTF3tmTAqVCNmyh1oTE5Wn/v
WRMFdU/Ikiug0kkVju2e9XYnGjGV1R0E6TQ740s86GZkmZ2qyFK5ldsN8NvZNp
+ZUXMuovLekqv0v8TiNkjFFLxqZRAUdmvz6m5/4G1hV1qcSljPc28Y5Vn6RJ27
gW6HPAhtU5UskCRs8NjIvSdPMFPbk9odB2uwj3qWqnVu16H+Ce/+1ywVXpt6Vb2
Pt7rWxS2oSsJbnR9H3KNnxWYw8bh3neLyPQkoLA06M7HCh4fkrQIOpHF6Jj0zw5
v8C1laPal/4trjxBpSMcRnYIy7Zf7+3zDBI3eBH2grsrLSPxtNwpq0lyFYiUPpg
aQ00ypNgqkdGnStCyGs8UNIib16AoAi00aPS04fHZCRc/lyWh18R8y0mR+rI6/x
02z1sTMI8r7nCaT3TcRYaF12jyHB1EEGg0Lrkniyw7gYhFMG0XadX+Aq6N0XySX
wpSDhnh9VawmNQ0kvQIjK8k0JQ6PnAd8A56xaCUFyf0YzRca4pZX5Pq4KeionX9
eT7GAGOMFh1+uKm0+xK/5IqJSq8EiTA1aH3kxaAkFAeGN9raIa0wIZib3gKbo4k
nXN1H1WxPVsvfBzpuWH4KobTAqwt4bBhgZ7nTMYzew7XtLZyh5GopDVzovgUj
Kv7L3snh69dJ7Hp9asopup4x2QRMXxeY+kTsJl+wGWNbstwK9oh1NLB/4YzcFhb
Q1eRWNYi++bJJvvhGpvD78TLvqMgpw/p+pKyXCOWe2HQAI3otgbNiIvDoDDSsKv
hxBshyvaGMCa8DT4sTXCs3aIaCvDB12fKuWkpxlGwySHFKpxXpZ0WiHA7guzEE
CFp/OUM0dW5UWEyw2UTfGp//QzQ2AB8sqyVQ/SQahcyEgy2reVeUHVvgTXsnvBL
Tmt3gmJ0XdFndAqda15b1F1pa8ebVwBD102HymebPdAd3J9lgq3lITsXvkve6Vw
cS0Fjxv19QCTKw/kSMgZA7N+E3AZYMGUd7rAk+gHHmCOgyIHmhJqptbuSJFjeXn
0H0qfC1S//ZcfCanT8tNQe9DLLA7TZhsX0i1A5iVr155eXtVmildA4kYoZtASIA
IjvE9KPSIU4/7YZ9PIWm8A3GjqTS+JrpKTVPeXqBvxfNgB7u2m1WwQ50vL5Qj+V
Z4XdaHmQEWpbDILPyIvWEI3m9gyTMFcYnX6j797yDvM7k9dg/ke3iqhnbHCMTZ5
jOVfxRwszwUCGB7Yt5owri6rJWyr1GPw0riAJ1EhcR1spcwRebqCAEP+IiqEdj
Pfg4hQ+o5WH1sQYRMfrMVNg0/jKP3jzgJtW0XQZpjvVvwywhpAIhy+4dCORHox9
jUnthWHe73yt/USynn/Hip8t8q8zITy7hJ45Bo7JbPEljclDy/d4NxnclKE19C
MNDjckf0E0ztjYg6v6rJMqrqgmgnEm16yowV6RqRGZMTNKDEU5QiIMDBhMsrR
md9LSwV5e1nvq+tB2qPMEahf9niegvFfs48c/ynDev1XcPFND0d89M8q2Z0mLD2
/Ux4fBtVZSYvj1HKksEeTQknZpRdtedvy8ur+wAvx6EEDTgWaw13TG9s/h00azj
MDh76zc+2JPe1W0pj4U1bXTLCju6bJAObiYv+ZN0YYRqmYI3DzNuXLjK2gLLsd
SQYB9x49v5WApZmjnonyH9HKxrVVLcOPSA/A6kdQXYBcVx5bCTix81Xm7k3JcgIA
WHRQRIE0wL2ZLnyfvjilKmkMzD2JSksCN7r1vAnf7kuBs7frg3+wtPLKnu1E6aB
ypEqr5wuY3t+Fb0E0U0H4ApiKlFXbGM0adxLJkjjUJImpsrj9fMNHbVgdLxa9Cd
d41wI7C5kjz8HVspZL+oNi/ALDGTdyoWnor3d80X7raslINDtIy6Swk6ud4ra7
zQ2njCKl0c0G0/O+n75z4xVS86WvIRCpPLG16AHKEEWw0eMVf5ZCxU3MSMNwJvQ
NJycrs4hr9ybetyLno980TG2Mf7+uMfa7do3HuvE4FNhgr4sUVwH6z2TR2nFdHS
JLq/hDc9ieQAhOWzRAY7UyT6mCiy1If/vJg/Ag1cEj+8R8CXk4DBh3mSYEH9ZN6
VPvTgw0u8041Cr0Qjke3iQw9IypoShQd7VPi2YEMk3r+pSsPVJRddzaHZkBEZ7C
Tatvd4AAChTW6raujb2HjmCbDpeT/iGayNB8PNNc9N3D/i/gTu5S8PN/5vjo0Sv
RZQJWj0+YqtKnL7athhFP+uLMSXPv5jqNDSCdal4R978k/6lUENwOU80cOxuWXM
mh8U60kn5jau7upDPzxUJpV0tTZ82t9GjTHDmHxYEE0fxGnuyt5S3WSkZdVzXad
Yu5b10BL2zLx632JENuDgoZRSXy5PIzDzLZXJ0CKVpOZ7Qizr7PEHnGK8MobqTB
fD60jhfpNGCXd9mzNpCHtrGellWnpzuMqNSPPT+2tvMX0+Ghi8N+o6wUCb1YLRJ
M4u/B0u0Z916UTsLzr/9+zEp+4Yxfypf3o1L4jofyF3kZg6PyxtRrq+jy+mGDDO
GQyC+rpWTH+YvA7niT8er8Sqqpwf52ohVlqYKvm5p/bVAME8dMRzjFLCMPiktVM
234AfygYdyL18skEH64Xgh70q0MGrT7ghGQora4W5tXm4qmr4rma0re1HfSgytM
sS8m2h8LIFfkWn4UBsg3g2Hon706a2TObpY3RNTBENjBjQc22300fNhbQ86aI0L
/nnf+54tuC7kwfH4zgBk3LLocmrTn6KJ3vTL3Dh4hcb00d5ZPEFITgcbmHZyUKq
Gd2ke3V0fRur044nC10scJh+W+Ox+Tjb9g6QKSzi4+FgAU8lNyxGhpmedoNxPba
i69MyRCx8d8pP/1NzZfnj69V8IfHV8H5E3myeHUU8nR19a9uh+5n+gs6hyW0rGS
9YG+R11JYutCHFdAewUQT55wFVwd3CewQxiV5QNCBhfEBtadkYPHE9mMqh4M8Q
poMPWiFpJm/v5Gm4sOKXIbuJOTq5mi/0is7w6fv09g/QF/FX/gFLym9HjD7Vq2l
O/RzLvayx5d07KheqgWxQgJvPYVRAN44zCot+2/VzZnn40a0Xa1uLagwfcF5Wh/
6IYKHAMR5vs1V5rSc5vtj/3yoG13F+TxEq30jBpItet2oV1gdIroK0MvIEfJmAY
HsUpHOURbJN6D6GecGx8JiJsG3Vcjrmpn5TmnoMH/jdKTI14h/GD8J7VAdKhpmQ
w2qGfmVfTqDvIG1UnOgX5nb0i81980whyvg/Mtz3jWwzmCJwgvaXKu03Tw15n7r
clmZhv8TMOSXfnivrbLA70Yke7AB8dYOLPB4diJr3TSxa0GHZ4+fdJ/VxFOYXN

```

**Рисунок 7 – Фрагмент зашифрованных данных цифрового двойника
БТР-80 в соответствии с алгоритмом «AES»**

Таким образом, в статье проанализирована проблематика управления и цифрового контроля рисками ИС в деятельности ОПК, проведена серия вычислительных экспериментов с использованием архитектуры параллельных вычислений для многопоточного шифрования цифровых двойников объектов В и ВТ, хэширования «больших данных» при их передаче по сетям. Разработанные вычислительные алгоритмы могут быть успешно использованы при проектировании и обработке новых объектов В и ВТ, а также деятельности ОПК в целом.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 34.12-2015. Информационная технология (ИТ). Криптографическая защита информации. Блочные шифры.
2. ГОСТ 28147-89. «Системы обработки информации. Криптографическая защита. Алгоритм криптографического преобразования».
3. ГОСТ 34.10-2018. Информационная технология (ИТ). Криптографическая защита информации. Процессы формирования и проверки электронной цифровой подписи (с Поправкой) от 4 декабря 2018
4. ISO / IEC 12207-195 «Информационные технологии. Процессы жизненного цикла программного обеспечения». - М.: Издательские стандарты ИПК, 2010.
5. Shihab Dhafer Taha. Реализация алгоритма RC4 на CBuilder / Dhafer Taha Shihab, Laith Talab Rashied. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2014. – № 8 (67). – С. 60–67.
6. Babenko L., Ischukova E., Maro E. GOST Encryption Algorithm and Approaches to its Analysis // Theory and Practice of Cryptography Solutions for Secure Information Systems, IGI Global book series Advances in Information Security, Privacy, and Ethics (AISPE) Book Series, Published in the United States of America by Information Science Reference. 2013. P. 34–61
7. Бабенко Л.К., Ищукова Е.А., Ломов И.С. Математическое моделирование криптографического алгоритма «Кузнечик» // Информационное противодействие угрозам терроризма. 2015. № 24. С. 166–176.
8. Баричев С., Криптография без секретов [Текст] / С. Баричев – М.: 2008. - ISBN 5-79735-034-2.
9. Барсуков, В., С., Водолазский В.В. Современные технологии безопасности [Текст] / В.С. Барсуков, В.В. Водолазский – М.: «Нолидж», 2006. - ISBN 5-74735-079-1.
10. Басовский Л.Е. Управление: Проф. Пособие для университетов. – М: ИНФРА-М, 2013 г.
11. Березин, Б., В., Дорошкевич, П., В., Цифровая подпись на основе традиционной криптографии [Текст] / Б.В. Березин, П.В. Дорошкевич - Защита информации, вып.2. М.: МП «Ирбис - П», 2002.
12. Брассар Ж., Современная криптология [Текст] / Ж. Брассар – М.: «Полимед», 1999. - ISBN 5-56737-187-2.

ПЕРМСКИЙ ВОЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АЛЬМАНАХ ПЕРМСКОГО ВОЕННОГО ИНСТИТУТА ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ

№ 4 (12)

Редактор: А.Г. Здоровцов
Технический редактор: Ю.А. Черемных
Корректор: А.А. Мехоношина

Подписано в печать 25.12.2023 г.
Выход в свет: 27.12.2023 г.
Формат 60х84, 1/8. Бумага ВХИ.
Усл. печ. л. 13,56. Уч.-изд. л. 5,58.
Тираж 1000 экз. Заказ № 257

Стоимость издания по подписке: свободная цена.
Подписка оформляется через АО «Почта России».
Номер подписного индекса: «ПК229».

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии ПВИ войск национальной гвардии.
Адрес типографии: Пермский край, город Пермь,
улица Гремячий Лог, дом 1, индекс 614030.

Пермь
2023