



Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова»

«КАЛАШНИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

Материалы VII Всероссийской научно-практической
online-конференции
10 ноября 2020 г.

В рамках III Молодежного форума студентов
и курсантов оборонных специальностей
вузов России «С именем Калашникова»
10–11 ноября 2020 г.



Издательство ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2020

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет
имени М. Т. Калашникова»

«КАЛАШНИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

Материалы VII Всероссийской научно-практической
online-конференции

10 ноября 2020 г.

В рамках III Молодежного форума студентов и курсантов
оборонных специальностей вузов России
«С именем Калашникова»

10–11 ноября 2020 г.



Издательство ИзГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2020

Оргкомитет

Ю. Б. Брызгалов, доктор технических наук, профессор
декан М-факультета

С. А. Писарев, доктор технических наук, кандидат экономических наук
профессор, заведующий кафедрой «Стрелковое оружие»

Н. П. Устинова, руководитель группы
управления воспитательной работы со студентами

К17 **Калашниковские чтения** [Электронный ресурс] : Материалы VII Всероссийской научно-практической online-конференции (10 ноября 2020 г.) : В рамках III Молодежного форума студентов и курсантов оборонных специальностей вузов России «С именем Калашникова» (10–11 ноября 2020 г.) / [Оргкомитет: Ю. Б. Брызгалов, С. А. Писарев, Н. П. Устинова]. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2020. – 190 с. – 12,8 МБ (PDF).

ISBN 978-5-7526-0894-0

Издание содержит доклады, представленные на VII Всероссийской научно-практической конференции «Калашниковские чтения», проходившей в рамках III Молодежного форума студентов и курсантов оборонных специальностей вузов России «С именем Калашникова», по актуальной теме «Совершенствование стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия» и в целях укрепления обороноспособности страны.

Рекомендовано студентам, аспирантам, преподавателям технических университетов и высших военных университетов.

УДК 623.41(06)

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1. Ракетная техника

<i>Антонов Д. О., Шаров И. Л., Семашко М. Ю.</i> Тенденции и пути развития минометных выстрелов	5
<i>Байбурун Р. Д., Пешков Р. А.</i> Исследование динамики движения в пусковом контейнере проектируемой сверхлегкой ракеты-носителя при воздушном старте	8
<i>Ваганов И. В., Пешков Р. А.</i> Разработка композитного топливного бака проектируемого космического аппарата	12
<i>Виссарионова Е. К., Уразбахтин Ф. А.</i> Исследование напряженного состояния головной части ракеты при старте	17
<i>Войтов И. К., Войтов А. С.</i> Лазерный оптико-электронный метод воздействия на беспилотные летательные аппараты	21
<i>Гребёнкин Г. А., Ашихмин М. С., Семашко М. Ю., Кувшинова Н. Л.</i> Вопросы конструирования минометных выстрелов из композиционных материалов	25
<i>Лазорак Р. А., Панфилов А. В.</i> Определение схемы стартового комплекса ракеты-носителя сверхтяжелого класса	29
<i>Лившиц И. И.</i> Роботизированный комплекс с системой стабилизации	34
<i>Микрюков К. А., Барановская Ю. А.</i> Системы термостатирования космических летательных аппаратов	37
<i>Подшивалова М. С., Зарницына Е. А.</i> Конструкция, область применения и принцип работы солнечного паруса	41
<i>Сазонова В. А., Зарницына Е. А.</i> Применения ядерных ракетных двигателей в ракетно-космической технике	45
<i>Силин А. А., Уразбахтин Ф. А.</i> Обзор конструкции головных частей боевых ракет	49
<i>Тугева Е. А., Уразбахтин Ф. А.</i> Твердотопливные регулируемые двигательные установки	53
<i>Тыщенко П. Д.</i> Создание комплекса с крылатой ракетой П-5 стратегического назначения для вооружения Военно-Морского Флота СССР	58
<i>Федотов Д. А., Мурашов А. Е., Хажиахметов К. И.</i> Принцип работы и особенности применения ракетных двигателей с центральным телом	61
<i>Шаров И. Л., Антонов Д. О., Зарницына Е. А.</i> Экспериментальная установка для исследования параметров теплообменных устройств РКТ	66

Секция 2. Стрелково-пушечное вооружение, боеприпасы и взрыватели

<i>Антоненко Е. Д., Егоров В. В., Кудряшова И. А., Филенко А. В.</i> Исследование решений для уменьшения изгиба артстволов	71
<i>Бажутин А. А., Полунин Е. А.</i> Теоретические основы и предпосылки разработки проекта устройства для разряжания минометов	76
<i>Головин Н. Д., Гончаров А. Ю.</i> 40-мм подствольный гранатомет ГП-25 (6Г15) «Костер»	79
<i>Гончаров А. Ю., Головин Н. Д.</i> 7,62-ММ Снайперская винтовка Драгунова	82
<i>Громов А. А., Спирин К. А., Перекусихина К. А.</i> Анализ и модернизация образцов стрелкового оружия с помощью 3D-моделирования	85
<i>Громов А. А., Федосеев К. А., Духанов О. В.</i> Применение метода теории катастроф при управлении безопасностью в сборочно-ремонтном производстве арсеналов для предупреждения аварийных состояний боеприпасов	89
<i>Громов А. А., Федосеев К. А., Духанов О. В.</i> Определение особо опасных операций при утилизации боеприпасов на основе метода экспертного опроса	92
<i>Десятков С. В., Сеферов М. С.</i> Обзор современных приборов наблюдения и разведки	95
<i>Егоров В. В., Косолапова П. А., Шалмин С. А.</i> Внутрибаллистическое решение для перспективного авиационного гранатомета	98
<i>Ихтисанов И. И., Бардин С. С.</i> Компьютерное 3D-моделирование в образовании	103
<i>Колобов А. С., Гужвенко В. Ю.</i> Модернизация традиционных видов оружия	106
<i>Кондратюк К. Д.</i> Тенденции и перспективы совершенствования конструкций спортивных карабинов	107
<i>Романов Р. О., Гужвенко В. Ю.</i> Перспективы развития смарт-технологий в пушечном вооружении БТР-82А	112
<i>Сирица Ф. В., Егоров В. В.</i> Оценка осколочного действия перспективного дальнобойного снаряда 130-мм	114
<i>Соловьев С. А., Саблин К. В., Шеманаева Л. И.</i> Электронный комплект модернизации стрелкового вооружения	119

Секция 3. Эксплуатация военной техники

<i>Бобинова Н. В.</i> Создание комплексов управляемого вооружения танка с полуавтоматической системой управления ракетой по лучу лазера «Свирь» и «Рефлекс»	123
<i>Вольф И. Г., Холкин Д. С.</i> Перспективные методы консервации вооружения	126
<i>Громов А. А., Ёлкин Д. С., Перекусихина К. А.</i> Разработка мобильной аккумуляторной станции для заряда и технического обслуживания щелочных аккумуляторных батарей радиотехнических средств	129

<i>Егорова А. А., Вихарева Н. А.</i> Современное состояние приборов ночного видения	131
<i>Ижбульдин Д. А., Греченевский А. С., Хацевич Т. Н.</i> Проблемы в проектировании и тенденции развития LWIR-объективов	134
<i>Колмогорцев Н. И., Хацевич Т. Н.</i> Зрительная труба большого увеличения в военной оптике	138
<i>Корноухов А. Ю., Балныкин Д. А.</i> Система алгоритмизации работы специалиста артиллерийско-технического обеспечения	142
<i>Муралев А. А., Воскобойников И. С.</i> Анализ системы технического обслуживания вооружения	145
<i>Муралев А. А., Потеряев С. А.</i> Актуальность совершенствования процесса технического обслуживания вооружения	149
<i>Неверов А. И., Янущик М. И.</i> Анализ эффективности современных бронезилетов отечественного производства	151
<i>Пушкарьев А. М., Семиколонов П. А.</i> Синтез комплексной системы технического обслуживания и ремонта вооружения и военной техники	154
<i>Сливко Д. С., Чурсин А. А.</i> Основные понятия, виды, состояние и периоды эксплуатации вооружения	158
<i>Степанов Р. В.</i> Применение боевых машин БМ-13 и реактивных снарядов М-13 в годы Великой Отечественной войны	161
<i>Сятчихин В. В., Швачка А. В.</i> Особенности восстановления вооружения, военной и специальной техники в подразделениях войск национальной гвардии Российской Федерации по опыту их действий в условиях вооруженного конфликта	166
<i>Усанин С. Н., Серикбаев А. К.</i> Анализ перспективных способов восстановления защитных покрытий	169
<i>Усанин С. Н., Хамов А. А.</i> Перспективы развития приборов и приспособлений для проведения технического обслуживания и ремонта 30-мм гранатометов АГС-17 и АГС-30	173
<i>Хоченков С. А., Аубакиров К. Я., Кузьмин И. Д., Макеев А. В.</i> Аттенюаторы – нагрузки для систем технического обслуживания и контроля радиопередающих устройств специального назначения	176
<i>Шадрин И. Д., Юдинцев Д. В.</i> Современные методы проектирования военных гусеничных машин в <i>Siemens imagine.LAB LMS</i>	180
<i>Шмелев Е. В., Хацевич Т. Н.</i> Проектирование оптических систем прицелов с дискретной сменой увеличения	185

Секция 1. РАКЕТНАЯ ТЕХНИКА

УДК 629.76 + 628.431

Д. О. Антонов, студент; И. Л. Шаров, студент; М. Ю. Семашко, доцент
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

ТЕНДЕНЦИИ И ПУТИ РАЗВИТИЯ МИНОМЕТНЫХ ВЫСТРЕЛОВ

Рассматриваются основные пути развития минометных выстрелов. Перспективными направлениями в этом вопросе являются увеличение дальности, повышение точности стрельбы, а также внедрение приспособлений для ведения малозаметного огня.

Ключевые слова: минометный выстрел, пути развития минометных выстрелов, повышение точности, дальность, малозаметность, миномет.

Введение

С каждым годом развитие военной отрасли в мире происходит все с большей скоростью. В армии различных стран поступают все более совершенные виды оружия, заменяя старые образцы вооружения. Несмотря на это, миномет остается незаменимым средством огневой поддержки пехоты и эффективного поражения живой силы, огневых средств и техники, особенно там, где их уничтожение возможно только стрельбой по навесной траектории. Чтобы успешно держать планку в стремительной гонке вооружений, минометные выстрелы должны наращивать свои тактико-технические характеристики.

Как показал современный опыт ведения боевых действий, особенно в ходе локальных войн и вооруженных конфликтов, наблюдается устойчивая тенденция дробления частей и соединений на более мелкие подразделения тактического звена. В таких условиях мелкие пехотные подразделения нуждаются в собственных эффективных средствах поражения противника.

Созданные в последние десятилетия системы штурмового оружия (реактивные противотанковые и штурмовые гранаты, реактивные противотанковые гранатометы и огнеметы) и оружия огневой поддержки (крупнокалиберные пулеметы и снайперские винтовки, подствольные и автоматические гранатометы, переносные противотанковые ракетные комплексы и безоткатные орудия) не способны заменить на поле боя миномет малого калибра. Он незаменим в ближнем бою при уничтожении противника в окопах и складках местности, за обратными скатами высот, домами и заборами. Именно такие задачи стоят перед ротными минометами в современном бою. При этом нахождение минометчиков непосредственно в боевых порядках пехотных подразделений упрощает командирам управление огнем и способствует оперативному реагированию на быстро меняющуюся боевую обстановку [1].

Условия повышения эффективности минометных выстрелов

Насыщение вооруженных сил механизированными средствами, повышение защищенности целей и обеспечение личного состава подразделений защитными средствами от пуль и осколков привели к необходимости существенного повышения эффективности минометных боеприпасов, в том числе кинетической энергии их поражающих элементов (осколков). Рассредоточенность боевых порядков и значительное увеличение глубины эшелонирования частей и подразделений в условиях высокоманевренных боевых действий приводят к необходимости повышения дальности стрельбы минометов, точности стрельбы. Улучшение средств обнаружения противника приводит к необходимости повышения незаметности самого минометного выстрела, а также мины в полете. Исходя из этого представим в таблице основные направления повышения эффективности минометных выстрелов.

Для повышения начальной скорости применяются усиленные метательные заряды и заряды из порохов новых рецептур, обеспечивающие ее прирост без существенного увеличения давления в канале ствола, удлиняется ствол миномета. Для снижения энергетических потерь совершенствуется конструкция и компоновка метательных зарядов, повышается качество стабилизаторов и корпусов с целью улучшения аэродинамической формы мин. Дополнительно увеличить скорость на траектории полета

позволяют новые активно-реактивные мины, обеспечивающие, кроме того, прирост начальной скорости на 125 м/с и более [2].

Несмотря на значительные достоинства активно-реактивных мин, у них есть недостатки:

- увеличение массы мины;
- повышение стоимости производства;
- заметность мины в полете.

Основные направления повышения эффективности минометных выстрелов

Направления	Решение
Повышение дальности стрельбы минометных выстрелов	Повышение начальной скорости мины Уменьшение потерь скорости мины в полете Увеличение скорости мины на траектории и при подлете к цели (использование активно-реактивных мин)
Увеличение точности и кучности стрельбы минометных выстрелов	Совершенствование конструкции метательных зарядов: – улучшение аэродинамической формы мины; – создание новых обтюрирующих устройств. Повышение устойчивости мины на траектории. Разработка новых прицельных устройств. Оснащение минометов современными средствами обеспечения стрельбы и управления огнем
Снижение демаскирующих эффектов производства выстрела	Разработка устройств, для бесшумной и беспламенной стрельбы

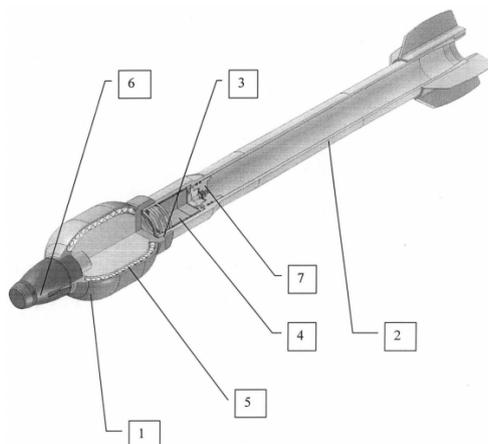
Несмотря на различные пути повышения точности стрельбы, основной тенденцией развития на данный момент является создание управляемых боеприпасов. Так, в ФРГ еще с 1975 г. разрабатывалась 120-мм мина «Буссард», оснащенная полуактивной системой наведения с лазерной головкой самонаведения, которой необходимо обязательное наличие устройства для облучения цели, что не всегда возможно в условиях современного боя. В последние годы проводятся работы по созданию мин с инфракрасной или радиолокационной головкой самонаведения (миллиметровый диапазон волн), которые действуют по принципу «выстрелил – забыл». В этом случае на нисходящем участке траектории полета мины производится круговое сканирование земной поверхности полем зрения ГСН.

На английской 81-мм мине «Мерлин» установлена головка самонаведения миллиметрового диапазона (94 ГГц), позволяющая точно идентифицировать цели в любых погодных условиях днем и ночью. После вылета мины из ствола раскрывается хвостовое оперение, включается источник питания и взводится взрыватель. Площадь сканирования в поисках подвижной цели составляет 300×300 м. Если цель не обнаружена, то начинается поиск неподвижной цели на площади 100×100 м [3]. Электронный блок способен различать цели по их размерам и не фиксируется, например, на зданиях с железной крышей. После обнаружения цели ГСН переключается на режим наведения и путем перемещения рулей наводит мину в геометрический центр цели. Угол атаки постепенно увеличивается, и мина пикирует почти вертикально, что обеспечивает максимальную бронепробиваемость. Детонация заряда боевой части производится ударным взрывателем при встрече с целью. Первая партия мин серийного производства была выпущена в конце 1992 г. Полигонные испытания прошли успешно.

Разработка управляемых мин с активной системой наведения проводится также в ФРГ, США, Швеции и Франции. Принятие на вооружение управляемых боеприпасов позволит оснастить минометные подразделения новым эффективным средством борьбы с бронированной техникой. Совокупность таких факторов, как большая точность стрельбы, скорострельность, надежная защита экипажа и высокая маневренность самоходных автоматических минометов, позволит наносить удары по наступающим или движущимся в колоннах бронированным целям и быстро менять огневые позиции для выхода из-под огня противника. Такая самоходная система была бы более выгодна с точки зрения эффективности затрат, чем самоходная противотанковая пушка или ПТРК. В то же время сложность конструкции и высокая стоимость управляемых боеприпасов, по мнению некоторых зарубежных специалистов, являются крупными недостатками этого вида вооружения. При этом подчеркивается, что минометы не могут конкурировать с противотанковым оружием, так как они не в состоянии выполнять свою основную задачу по оказанию непосредственной огневой поддержки пехотных подразделений, когда других средств для этого нет, а сами они вынуждены вести борьбу с бронированной техникой противника.

Для повышения незаметности производства выстрела необходимо избавиться от таких демаскирующих факторов, как вспышка, ударная волна, громкий хлопок, пламя и др. Это удалось сделать

российским инженерам: они создали бесшумный и беспламенный выстрел (см. рисунок) для 82-мм миномета «Галл» [4]. Маскирующее действие обеспечивается путем запирания продуктов горения метательного заряда внутри ствола снаряда. Запирание продуктов горения осуществляется поршнем, который останавливается в улавливающем конусе хвостовой части ствола снаряда, причем улавливающий конус выполнен заодно со стабилизатором и навинчивается на ствол. Конец штока стреляющего механизма устанавливается в цилиндрический паз поршня по скользящей посадке. Снаряд снабжен моноблочным метательным зарядом, который не подлежит быстрому демонтажу.



Общий вид минометного бесшумного выстрела к 82-мм миномету «Галл»

Подобную концепцию можно использовать и в других минометных выстрелах, при этом необходимо помнить о следующих недостатках данного технического решения:

- вызывает сомнение надежность механического соединения ствола и улавливающего конуса с точки зрения прочности как наиболее нагруженного узла конструкции;
- применение в прототипе моноблочного варианта метательного заряда сужает диапазон применения боеприпаса по дальности стрельбы;
- установка в цилиндрический паз поршня конца штока стреляющего механизма приводит к заклиниванию последнего при внедрении поршня в улавливающий конус, следствием чего возможно снижение точности и кучности стрельбы из-за появления неконтролируемых колебаний пусковой установки или миномета.

Таким образом, реализация решений данных направлений по повышению эффективности минометных выстрелов позволяет говорить о создании качественно новых минометных систем и увеличения тактико-технических характеристик уже стоящих на вооружении систем. Необходимо понимать комплексность подхода к реализации новых решений. Только общая совокупность факторов позволит создать эффективное оружие.

Основываясь на произведенном обзоре, авторы считают, что при создании новых образцов минометов для пехотных подразделений целесообразно делать основной упор на бесшумности минометного выстрела и незаметности мины в полете. В условиях современного боя пехотным подразделениям важнее скрывать позиции ведения огня от противников, жертвуя дальностью стрельбы. Если говорить о крупнокалиберных минометах, то основными характеристиками для них являются дальность и точность выстрела. Достижение необходимых параметров возможно путем создания мин с активно-реактивным действием, а также внедрения в них средств самонаведения.

Список литературы

1. Опыт боевого применения минометов [Электронный ресурс]. – URL: http://www.fastmarksman.ru/1_pytl/2_specnaz_8.php (дата обращения: 26.10.2020).
2. Перспективы развития вооружения и пути усовершенствования и модернизации минометов [Электронный ресурс]. – URL: https://studwood.ru/2057661/bzhd/perspektivy_razvitiya_vooruzheniya_puti_usovershenstvovaniya_modernizatsii_minometov (дата обращения: 26.10.2020).
3. Соколов, В.Н. Оружие будущего. Тайны новейших военных разработок.
4. Заявка 2011134376/11 Российская Федерация, МПК7 F42B 5/00, F42B 5/02, F42B 30/10. Минометный бесшумный выстрел/ В. А. Авенин (РФ); патентообладатель Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство Обороны Российской Федерации (RU), ООО «Государственный научно-исследовательский институт машиностроения им. В. В. Бахирева» (ОАО «ГосНИИмаш») (RU); заявл. 16.08.2011; обупл. 27.09.2013.

Р. Д. Байбурин, студент; Р. А. Пешков, канд. техн. наук, доцент
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ДВИЖЕНИЯ В ПУСКОВОМ КОНТЕЙНЕРЕ ПРОЕКТИРУЕМОЙ СВЕРХЛЕГКОЙ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПРИ ВОЗДУШНОМ СТАРТЕ

Рассматривается возможность удешевления и повышения эффективности запуска ракеты-носителя с помощью системы «воздушный старт». Рассмотрено влияние параметров продуктов сгорания порохового аккумулятора давления, при помощи которого ракета-носитель выталкивается из пускового контейнера на время выхода и величину максимального давления, которое является определяющей нагрузкой при расчете пускового контейнера на прочность.

Ключевые слова: ракета-носитель, динамика выхода, воздушный старт, сверхлегкий класс ракет.

Введение

В связи с развитием современной науки и техники в ближайшее время ожидается рост числа запусков и орбитальных группировок нано-, микро-, мини- и малых космических аппаратов. Для их выведения требуется создание перспективных отечественных ракет-носителей сверхлегкого класса (РН СЛК), обладающих конкурентным преимуществом по оперативности и стоимости запуска.

Развитие технологий в области приборостроения, конструктивных материалов и новые схемно-технические решения ведут к развитию тенденции уменьшения массово-габаритных характеристик космических аппаратов (КА) – от тяжелых КА массой в несколько тонн до малых КА (МКА) – микро- и наноспутникам – массой в несколько килограммов. Грузоподъемность ракет легкого класса избыточна для выведения на орбиту единичных микро- и наноспутников, поэтому МКА запускают на ракетах совместно с более крупногабаритными (попутный запуск) или крупными партиями (кластерный запуск). При попутном запуске часто возникает ситуация, когда задержка с созданием основной полезной нагрузки приводит к тому, что сроки запуска попутных грузов сдвигаются. Соблюдение графика выведения особенно критично при развертывании орбитальных группировок, состоящих из нескольких аппаратов [1].

Для еще большего уменьшения массово-габаритных характеристик (ГМХ) РН СЛК возможен воздушный старт с борта самолета-доставщика. Концепция воздушного старта заключается в том, что пуски ракеты-носителя со спутниками на борту происходят на высоте 10–11 км с воздушной стартовой платформы, в качестве которой будет использоваться модификация самого тяжелого в мире серийного транспортного самолета Ан-124-100 «Руслан» [2].

Проект «Воздушный старт»

В настоящее время реализацией проекта «Воздушный старт» занимается Государственный ракетный центр (ГРЦ) им. Макеева, который разрабатывает его совместно с частной компанией «Полет». Специалисты ГРЦ им. Макеева планируют запуск двухступенчатой РН «Полет» с борта самолета Ан-124-100 «Руслан». Самолет с ракетой на борту, которая находится в многоразовом контейнере (рис. 1), в заданном районе на высоте около 10 000 м выполняет маневр «горка». В этот момент ракета выбрасывается из контейнера при помощи парогазогенератора; на удалении 200–250 м от самолета у нее включается маршевый двигатель, и начинается управляемый полет на заданную траекторию орбиты. Специалисты ГРЦ им. Макеева подчеркивают ряд главных достоинств комплекса с таким методом старта: отсутствие необходимости возведения дорогостоящих стартовых наземных комплексов, использование различных районов пуска, заблаговременное планирование зон отчуждения для падения отделяемой ступени ракеты, а также возможность увеличения полезной нагрузки.

В расчетной зоне пуска ракеты для создания максимально комфортных начальных условий полета самолет-носитель выполняет фигуру пилотажа «горка» с выходом на параболическую траекторию, которая позволяет обеспечить на 6–10 с режим полета, который близок к невесомости. В этот момент нормальная перегрузка на ракету «Полет» не превысит 0,1–0,3 ед. Такое решение позволяет в 2–2,5 раза увеличить десантируемую массу ракеты по сравнению с обычным десантированием в режиме горизонтального полета, а значит, повысить ее грузоподъемность.

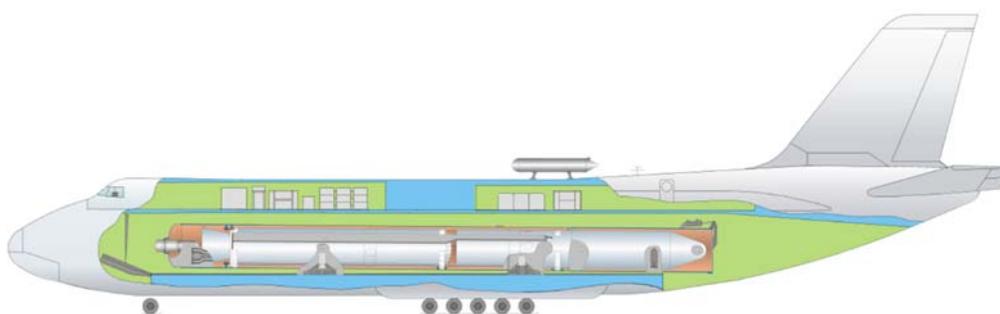


Рис. 1. Схема расположения РН на борту самолета

В момент, когда самолет-носитель на режиме «горка» достигнет максимального угла наклона траектории к местному горизонту (20°), происходит выброс ракеты из самолета при помощи специального пускового контейнера с применением пневматической системы выталкивания, оснащенной пороховым аккумулятором давления. Процесс выхода ракеты «Полет» из «Руслана» занимает порядка 3 с, продольная перегрузка в этот момент не превышает 1,5 ед. После процедуры десантирования ракеты и последующей реализации участков полета ее первой и второй ступеней, а также космического разгонного блока, осуществляется отделение космического спутника и его выход на заданную орбиту [3].

Так как РН СЛК значительно меньше по габаритам функционально эффективным будет являться «батарейный» запуск нескольких ракет с борта одного самолета.

В качестве исходных данных при проектировании РН СЛК использовались:

- масса полезного груза – до 300 кг;
- высота старта изделия – 10 000 м;
- высота выведения полезного груза – 200 км (низкая околоземная орбита);
- топливная пара – жидкий кислород + керосин.

В итоге были получены основные габаритно-массовые характеристики [4]:

- длина изделия – 21 м;
- стартовая масса изделия – 16 800 кг;
- стартовая масса топлива – 14 605 кг;
- диаметр – 1,2 м.

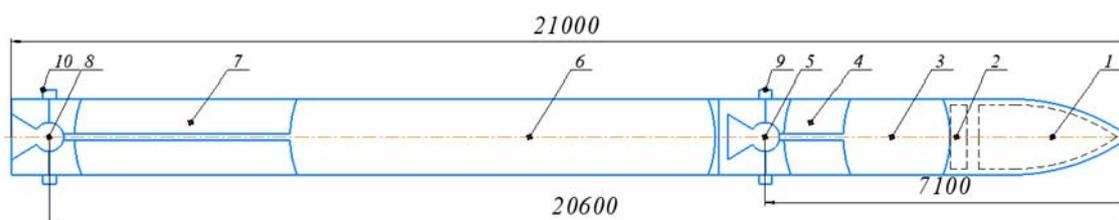


Рис. 2. Компоновочная схема проектируемого изделия: 1 – полезный груз; 2 – система управления; 3 – бак «О» второй ступени; 4 – бак «Г» второй ступени; 5 – ДУ второй ступени; 6 – бак «О» первой ступени; 7 – бак «Г» первой ступени; 8 – ДУ первой ступени; 9 – первый опорно-ведущий пояс; 10 – второй опорно-ведущий пояс

Одним из основных вопросов является обеспечение динамики выброса РН из транспортно-пускового контейнера (ТПК). Выброс ракеты происходит под действием порохового аккумулятора давления (ПАД), расположенном на дне ТПК.

Для размещения изделия в транспортно-пусковом контейнере необходимы ведущие опорные пояса. Опорные пояса размещаются в месте стыковки рамы ДУ 1-й ступени с корпусом и в месте стыковки рамы ДУ 2-й ступени с корпусом. Расстояние от носка ракеты до среза шахты принимается 1 м. Первый и второй опорно-ведущие пояса располагаются на расстоянии 7,1 и 20,6 м от носка соответственно.

Для оценки динамики движения воспользуемся системой уравнений, которая описывает движение ракеты в контейнере:

$$\begin{cases}
\frac{dp}{dt} = \frac{k-1}{V} \left[\frac{k}{k-1} \dot{m}(t) RT - \frac{k}{k-1} p \frac{dV}{dt} \right], \\
\frac{dx}{dt} = v, \\
m_p \frac{dv}{dt} = \frac{\pi d_k^2}{4} (p - p_h) - m_p g - F_{mp}, \\
\frac{dV}{dt} = \frac{dx}{dt} \frac{\pi d_k^2}{4}, \\
\frac{d\rho}{dt} = \frac{1}{V} \left[\dot{m} - \rho \frac{dV}{dt} \right], \\
T_1 = \frac{p}{\rho R}, \\
\dot{m}(t) = \frac{\sqrt{2gn_x(l-h)} m_p g (n_x + 1)}{RT},
\end{cases} \quad (1)$$

где p – давление в ТПК; ρ – плотность в ТПК; T_1 – температура в ТПК; k – показатель адиабаты; m – масса изделия; R – газовая постоянная; V – объем подракетного пространства; v – скорость ракеты; d_k – диаметр ракеты; $\dot{m}(t)$ – массовый расход газа; g – ускорение свободного падения; n_x – осевая перегрузка; l – длина контейнера; h – высота подракетного пространства; T – температура продуктов сгорания; R – универсальная газовая постоянная продуктов сгорания.

Высота начального подракетного пространства определяется по выражению

$$\begin{cases}
h = \frac{V}{S} \\
S = \frac{\pi d_k^2}{4}
\end{cases} \Rightarrow h = \frac{4V}{\pi d_k^2} = \frac{4 \cdot 1}{\pi \cdot 1,2^2} = 0,885 \text{ м.}$$

С целью оценки влияния параметров продуктов сгорания ПАД, при помощи которого ракета выталкивается из ТПК, на величину максимального давления, которое является определяющей нагрузкой при расчете ТПК на прочность, и время выхода РН проведены соответствующие расчеты с реальными параметрами продуктов сгорания твердых топлив. Термодинамические параметры продуктов сгорания твердотопливных зарядов зависят от марки топлив, содержащих различные массовые доли химических компонентов, и в целом слабо отличаются; так, для различных эксплуатационных давлений они могут составлять [5]:

- температура – от 2800 до 3800 К;
- газовая постоянная – от 290 до 330 Дж/кг·К;
- показатель адиабаты – от 1,05 до 1,25.

Из приведенной системы уравнений (1) температура продуктов сгорания на пройденный путь и скорость температура практически не влияет, это связано с тем, что температура, входящая в уравнение для изменения давления и массовый секундный расход взаимно сокращаются. Влияние увеличения показателя адиабаты не оказало существенного на время выхода ракеты из транспортно-пускового контейнера (ТПК) и максимальное давление, как и изменение газовой постоянной.

Вывод

Таким образом, можно сделать вывод, что изменение параметров продуктов сгорания ПАД в таких узких пределах не оказывает существенного влияния на динамику выхода РН из ТПК в рамках принятых допущений (не учитывался теплообмен газа со стенками контейнера и процессы диссоциации и рекомбинации при взаимодействии продуктов сгорания с кислородом воздуха в ТПК). В дальнейшем планируется проведение численного моделирования газодинамических процессов при входе РН из ТПК, расчет траектории РН и детальная проработка конструктивных элементов РН и системы выброса из ТПК.

Список литературы

1. Международная научно-практическая конференция – 2014 [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22724155>
2. *Бальмонт, Б. В.* Российский аэрокосмический проект «Воздушный старт» / Б. В. Бальмонт, А. С. Карпов, Р. К. Иванов [Электронный ресурс]. – URL: <http://eurasian-defence.ru/?q=node/2644>
3. *Юферев, С.* Россия работает над созданием «Воздушного старта» // Военное образование [Электронный ресурс]. – URL: <https://topwar.ru/32976-rossiya-rabotaet-nad-sozdaniem-vozdushnogo-starta.html>
4. *Павлюк, Ю. С.* Баллистическое проектирование ракет : учеб. пособие для вузов. – Челябинск : Изд-во ЧГТУ, 1996. – 92 с.
5. *Конюхов, С. Н.* Минометный старт межконтинентальных баллистических ракет / С. Н. Конюхов, П. П. Логачёв. – Днепрпетровск : НАН, НКА Украины, Ин-т техн. механики, ГКБ «Южное», 1997. – 211 с.

И. В. Ваганов, студент; Р. А. Пешков, кандидат технических наук, доцент
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИТНОГО ТОПЛИВНОГО БАКА ПРОЕКТИРУЕМОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Рассматриваются результаты разработки металлокомпозитного бака горючего для размещения компонентов топлива космического аппарата, предназначенного для посадки на небесное тело с малой гравитацией. Приведены результаты расчета системы вытеснения топлива и силовой оболочки из композиционных материалов.

Ключевые слова: космический аппарат, топливный бак, композиционные материалы.

Введение

Космический аппарат, предназначенный для посадки на небесное тело с малой гравитацией, выполнен по блочно-модульному принципу и содержит модуль двигательной установки и модель системы управления (рис. 1). Для осуществления мягкой посадки на космическом аппарате предусмотрены посадочные опоры. Выбор места посадки осуществляется с помощью камер, размещенных на нижней поверхности аппарата [1].

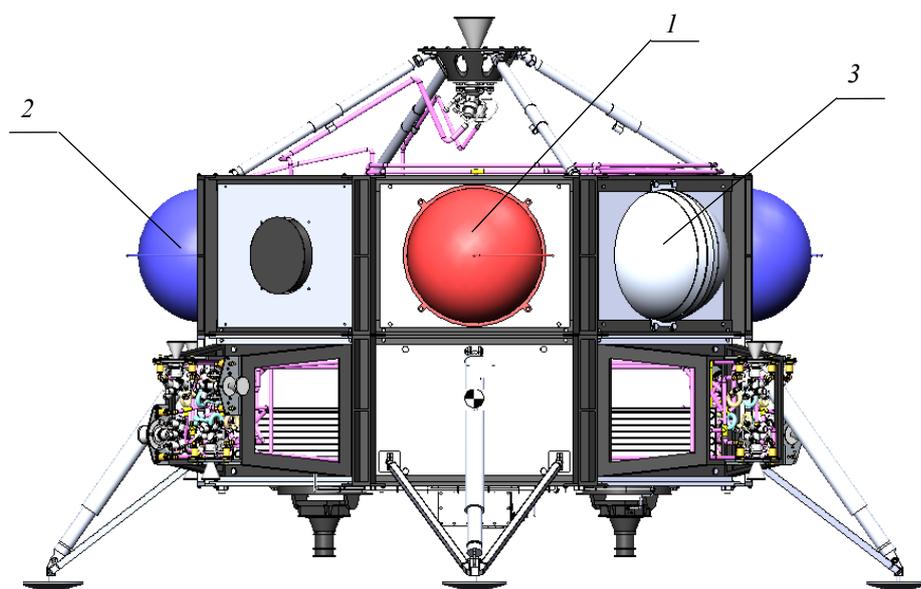


Рис. 1. Общий вид космического аппарата: 1 – бак горючего; 2 – бак окислителя; 3 – газовый баллон

Космический аппарат доставляется на расстояние 100 км от небесного тела, после чего начинается сближение. Сближаясь с поверхностью, аппарат синхронизирует вращение по крену с частотой вращения астероида. Сближение аппарата с небесным телом занимает по времени не более 1 ч с учетом выбора места посадки.

Проектирование и расчет

В состав двигательной установки космического аппарата входит 1 двигатель орбитального маневрирования, 12 двигателей стабилизации и ориентации и 24 двигателя точной коррекции. Топливная пара выбранных двигателей АТ + НДМГ. Система подачи – вытеснительная с помощью газа азота, размещенного в газовом баллоне. Отношение массовых расходов компонентов топлива при работе равно 1.

На рисунке 2 приведен общий вид разработанного бака горючего. Конструкция бака включает в себя силовую оболочку из углепластика, алюминиевый лейнер, систему вытеснения, штуцеры крепления к трубопроводам и присоединительный шпангоут.

Масса размещаемого в баке компонента с учетом гарантийного запаса составляет 29 кг. Рабочее давление внутри бака – 2,5 МПа. Сухая масса бака составляет 6,1 кг. Максимальный радиус оболочки бака – 210 мм.

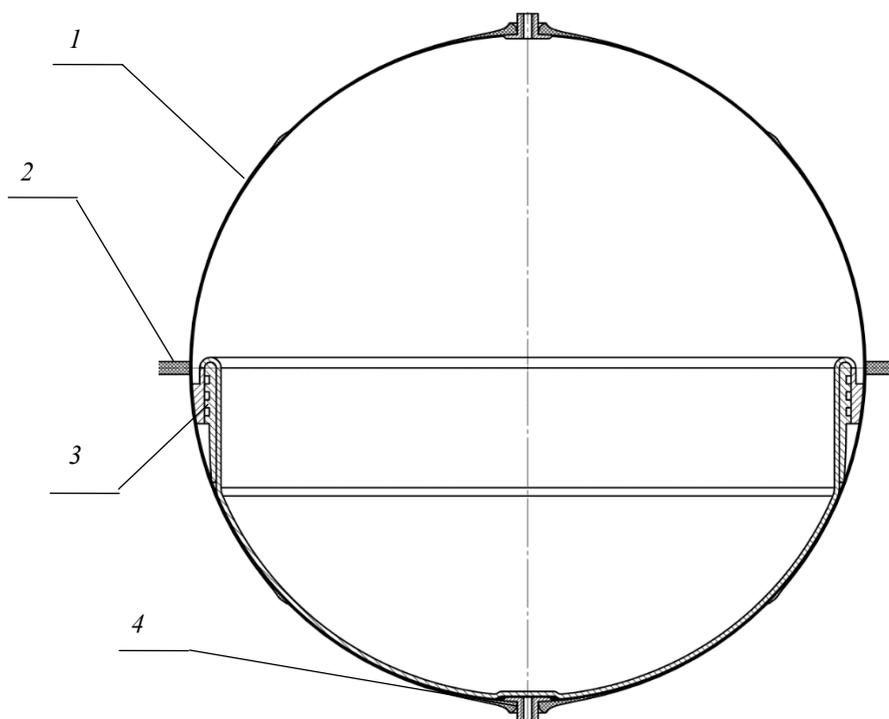


Рис. 2. Общий вид бака горючего:

1 – силовая оболочка и лейнер; 2 – присоединительный шпангоут; 3 – система вытеснения; 4 – штуцер

Силовая оболочка в баке служит для восприятия нагрузок при работе баллона и выполнена из композиционных материалов, что позволило снизить массу бака в сравнении с металлическими аналогами.

Выбор материала силовой оболочки осуществлялся по критериям высокой удельной прочности, высокой удельной жесткости и низкому значению коэффициента линейного температурного расширения. В качестве наполнителя рассматривались отечественные органические и углеродные волокна. На основе сравнительного и стоимостного анализа, а также после предварительных расчетов на прочность было выбрано волокно марки UMT380.

Выбор типа связующего осуществлялся на основе условий монолитности материала [2]. Самое близкое приближение к выполнению этих условий наблюдалось при использовании эпоксидных смол. Среди этого класса смол марка выбиралась по параметрам удельных прочности и жесткости, а также адгезионной прочности и низкой вязкости. На основе анализа была выбрана марка связующего ЭХД.

При проектировании силовой оболочки участие лейнера в восприятии нагрузок не учитывалось, так как в алюминиевых лейнерах при нагружении напряжения, как правило, достигают предела текучести, а дальше практически не растут. Также вводилось допущение о том, что напряженно-деформированное состояние как силовой оболочки, так и лейнера являются плоскими, а деформации силовой оболочки в меридиональном и окружном направлении равны соответствующим деформациям лейнера.

Сферические оболочки изготавливают многослойной намоткой лент по кругу большого радиуса. Наибольшее распространение при изготовлении сферической оболочки получил метод зональной намотки [3]. При этом оболочка состоит из нескольких шаровых поясов, вложенных друг в друга. Такие оболочки не являются равнонапряженными и имеют большую массу, чем чечевицеобразные равнонапряженные. Положение каждого шарового пояса (зоны) определяется зональным углом α_{zi} .

Число зон определялось по формуле

$$m = \frac{h_0}{2h_n}, \quad (1)$$

где h_0 – толщина композитной оболочки на экваторе, м; h_n – толщина ленты материала, м.

Толщина оболочки на экваторе определялась из условия равнопрочности слоев на экваторе:

$$h_0 = \frac{fpR}{\sigma_1^+}, \quad (2)$$

где $f = 1,5$ – коэффициент безопасности; p – рабочее давление в баке, Па; R – радиус оболочки бака, м; σ_1^+ – предел прочности композиционного материала на разрыв в продольном направлении, Па.

Толщина ленты и предел прочности на разрыв зависят от массового соотношения компонентов композиционного материала. Путем изменения этого параметра было получено, что оптимальное по массе число зон равно 2.

Толщина i -й зоны на текущей широте α определялась по формуле

$$h_i(\alpha) = h_n \frac{z_i}{\pi} \Delta\varphi_{zi}(\alpha), \quad (3)$$

где $\Delta\varphi_{zi}$ – безразмерная функция толщины слоя [3]; z_i – число витков в зон,

$$z_i = \frac{2\pi R \sin(\alpha_{zi})}{t}, \quad (4)$$

где $t = 10$ мм – ширина ленты, приближенно принимаемая как $0,05R$.

Распределение толщины оболочки по меридиану представлено на рисунке 3.

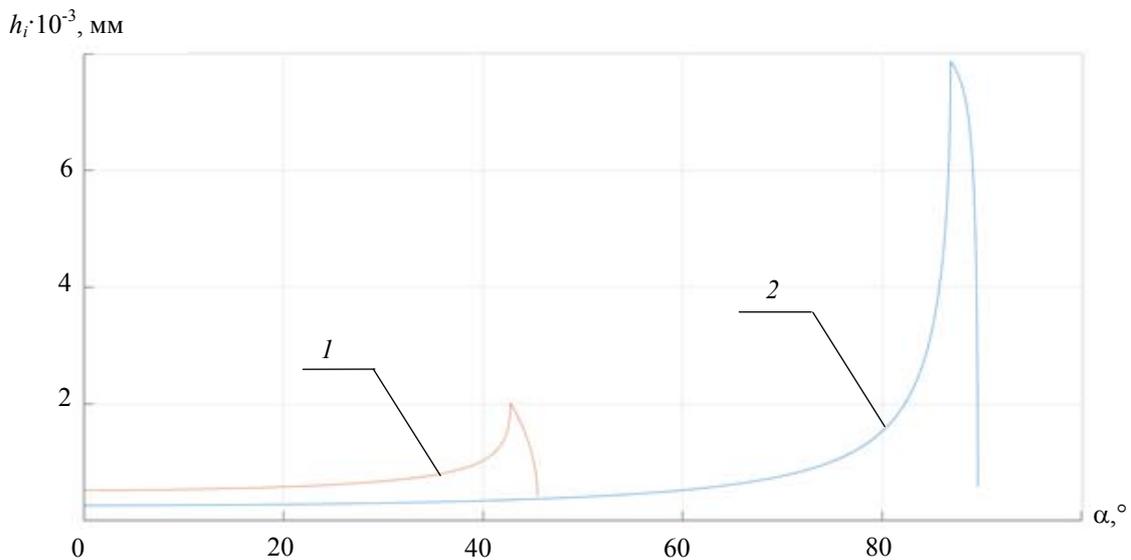


Рис. 3. Распределение толщин слоев по меридиану оболочки: 1 – зона № 1; 2 – зона № 2

В качестве критерия прочности материала силовой оболочки использовался критерий Цая – Хилла [4]:

$$f_{\text{цх}}(\alpha) = \left(\frac{\sigma_{1i}(\alpha)}{\sigma_1^+} \right)^2 - \frac{\sigma_{1i}(\alpha)\sigma_{2i}(\alpha)}{\sigma_1^+\sigma_2^+} + \left(\frac{\sigma_{2i}(\alpha)}{\sigma_2^+} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{12i}(\alpha)}{\tau_{12}^+} \right)^2 \leq 1, \quad (5)$$

где $f_{\text{цх}}(\alpha)$ – функция Цая – Хилла; $\sigma_{1i}(\alpha)$ – напряжение в i -м слое в направлении вдоль волокон на широте α , Па; $\sigma_{2i}(\alpha)$ – напряжение в i -м слое в направлении поперек волокон на широте α , Па; $\tau_{12i}(\alpha)$ – напряжение в i -м слое в направлении поперек волокон на широте α , Па; σ_2^+ – предел проч-

ности композиционного материала на разрыв в поперечном направлении, Па; $\bar{\tau}_{12}$ – предел прочности композиционного материала на сдвиг, Па.

Использование метода сетчатого анализа [3] при проведении расчета на прочность дает большие погрешности, поэтому для определения деформаций использовались следующие формулы [5]:

$$\frac{fpR}{2} = B_{mm}\varepsilon_m + B_{mo}\varepsilon_o; \quad (6)$$

$$\frac{fpR}{2} = B_{om}\varepsilon_m + B_{oo}\varepsilon_o, \quad (7)$$

где ε_m – меридиональные деформации; ε_o – окружные деформации; B_{mm} , B_{mo} , B_{om} , B_{oo} – обобщенные жесткости оболочки, Н/м.

Переход от деформаций к напряжениям осуществлялся по известным формулам из механики композиционных материалов [5]. На рисунке 4 приведено распределение функции Цая – Хилла вдоль меридиана оболочки.

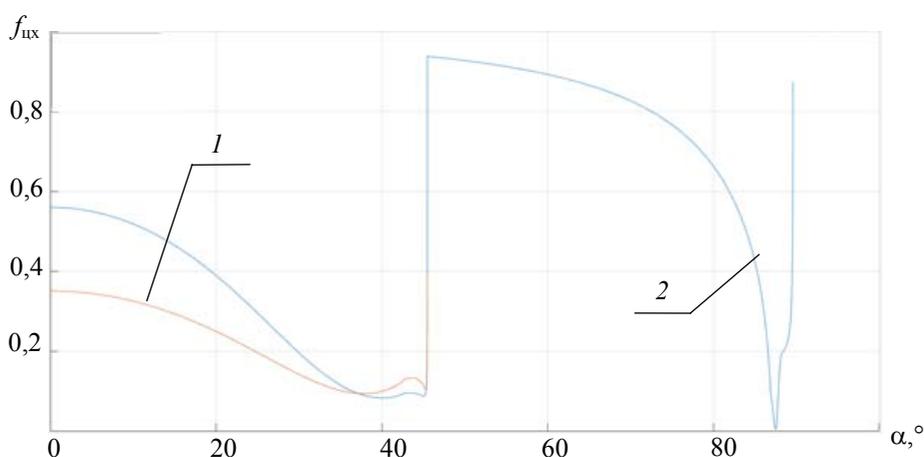


Рис. 4. Распределение функции Цая – Хилла по меридиану оболочки: 1 – зона № 1; 2 – зона № 2

Система вытеснения топлива представляет собой вытеснительную диафрагму. Диафрагма выполнена из технического чистого алюминия и получена методом штамповки. В исходном состоянии внешняя поверхность диафрагмы плотно прилегает к внутренней поверхности металлического лайнера. Под действием подаваемого в бак газа наддува диафрагма выворачивается, и топливо поступает в двигателя. Жидкая и газовая среды при этом оказываются разделены, что необходимо для бесперебойной работы двигательной установки аппарата в условиях невесомости. Срединная поверхность диафрагмы представляет собой комбинацию из сферической, цилиндрической и двух торовых поверхностей.

Проектный расчет системы вытеснения проводился на основе приближенной методики [6]. Эта методика предусматривает ряд допущений:

- 1) материал обладает идеальной пластической характеристикой (билейное кинематическое упрочнение);
- 2) кинематика процесса выворачивания представляется как процесс перекачивания тора по поверхности разделителя в относительном движении;
- 3) центральная недеформированная часть разделителя до зоны перекачивания не меняет своей формы, а лишь перемещается по оси выворачивания;
- 4) в процессе выворачивания зона перекачивания всегда может быть аппроксимирована окружностью;
- 5) деформации меридиана малы по сравнению с деформациями параллелей.

Задача проектирования при этом является задачей оптимизации. К директивным параметрам при этом относятся объем жидкой фазы и рабочее давление, при котором происходит выворачивание диафрагмы. К переменным параметрам относятся радиус и широта границы сферической поверхности диафрагмы, толщина диафрагмы и радиус торового закругления. Целевой функцией являлось значение паразитного объема, т. е. объема, не занятого жидкой средой в исходном состоянии.

Задача решалась методом последовательных приближений. В результате масса диафрагмы составила 2,29 кг, паразитный объем – 1008 см³, а остаточный объем невытесненного топлива – 847 см³.

В качестве материала лейнера использовался алюминиевый сплав АМгб. Толщина лейнера определялась из условия устойчивости композиционного материала при намотке ленты под давлением и составила 0,75 мм. Проектная степень герметичности определялась по ОСТ 134-1019–98 и составила $9 \cdot 10^{-7}$ Вт. Расчет штуцеров бака проводился по ГОСТ 34233.3–2017.

Для облегчения массы бака в качестве материала присоединительного шпангоута использовался капролон с пластификатором. Для установки на аппарате в шпангоуте предусмотрено 6 отверстий под болты. Расчет шпангоута проводился численно в программном комплексе Ansys Workbench.

Список литературы

1. Ваганов, И. В. Проектирование космического аппарата на основе модульного принципа / И. В. Ваганов, Р. А. Пешков // Гагаринские чтения – 2020 : сб. тезисов докладов. – Москва, 2020. – С. 53–54.
2. Михайлин, Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике / Ю. А. Михайлин. – Санкт-Петербург : Научные основы и технологии, 2019. – 720 с.
3. Комков, М. А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения : учеб. пособие / М. А. Комков, В. А. Тарасов. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 431 с.
4. Муйземнек, А. Ю. Механика деформирования и разрушения полимерных слоистых композиционных материалов : учеб. пособие / А. Ю. Муйземнек, Е. Д. Карташова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2017. – 77 с.
5. Васильев, В. В. Механика конструкций из композиционных материалов / В. В. Васильев – Москва : Машиностроение, 1988. – 272 с.
6. Ефремов, В. Н. Металлические диафрагмы разделители топливных баков : диссертация на соискание звания кандидата технических наук, спец. 05.07.02. – Москва, 1998. – 304 с.
7. ОСТ 134-1019–98. Изделия ракетно-космической техники. Методы расчета проектных и технологических норм герметичности: утвержден и введен в действие информационным указателем отраслевых НДС ФГУП «НИИ машиностроения», дата введения 1998-03-03.
8. ГОСТ 34233.3–2017 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Укрепление отверстий в обечайках и днищах при внутреннем и наружном давлениях. Расчет на прочность обечаек и днищ при внешних статических нагрузках на штуцер : принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 июля 2017 г. № 101-П). – Москва : Изд-во стандартов, 2017. – 58 с.

Е. К. Виссарионова, студент
Ф. А. Уразбахтин, доктор технических наук, профессор
Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ РАКЕТЫ ПРИ СТАРТЕ

Представлен анализ напряженного состояния головной части ракеты в момент старта. Рассмотрены основные параметры, влияющие на ее напряженное состояние.

Ключевые слова: напряженное состояние, головная часть, головной обтекатель, ракета, прочность, моделирование.

В момент старта ракеты и на протяжении дальнейшей работы первой ступени головная часть ракеты испытывает большие перегрузки. Это связано в первую очередь с тем, что на ракету, в том числе и на ее головную часть, одновременно действуют несколько силовых нагрузок: тяга двигательной установки, сила веса и аэродинамические силы.

Поскольку значения аэродинамических сил непосредственно зависят от скорости движения ракеты и плотности атмосферы, то их максимальное значение будет достигнуто на 30–60-й секунде после старта ракеты [1]. Именно в этот период времени в головной части ракеты возникает наибольшее напряженное состояние.

Чтобы конструкция была прочной, необходимо, чтобы напряжения головной части ракеты не превосходили предела текучести материала, из которого она изготовлена. Чтобы оценить напряженное состояние в головном обтекателе в момент старта с помощью программного комплекса «Компас 3D» [2] построим 3D-модель (рис. 1) головной части ракеты с геометрическими параметрами:

- диаметр головной части $d = 400$ мм;
- длина головной части $l = 400$ мм;
- угол наклона конической части $\alpha = 15^\circ$;
- толщина стенки $\delta = 17,5$ мм.



Рис. 1. 3D-модель головной части ракеты

С помощью программы APM Win Machine прикладываем к нашей 3D-модели нагрузки, эквивалентные нагрузкам во время полета ракеты. На головную часть действует сила тяги; в среднем она достигает значения 889,64 кН. Поскольку на головную часть действует сила лобового сопротивления, в первом приближении примем ее равной силе тяги. Силу веса полезной нагрузки примем равной 1 кН.

Рассмотрим, зависимость напряженного состояния от силы тяги в процессе ее увеличения от 0 до 889,64 кН. Результаты моделирования представлены в таблице 1. По ним на рисунке 2 построен гра-

фик зависимости напряженного состояния от тяги двигателя. Из графика видно, что напряженное состояние головной части прямо пропорционально возрастанию силы тяги.

Таблица 1. Напряженное состояние при разных значениях тяги

Тяга, кН	0	100	200	300	400	500	600	700	800	889,64
Напряжение, МПа	0,55	9,37	18,64	27,90	37,13	46,44	55,62	64,93	74,20	82,50

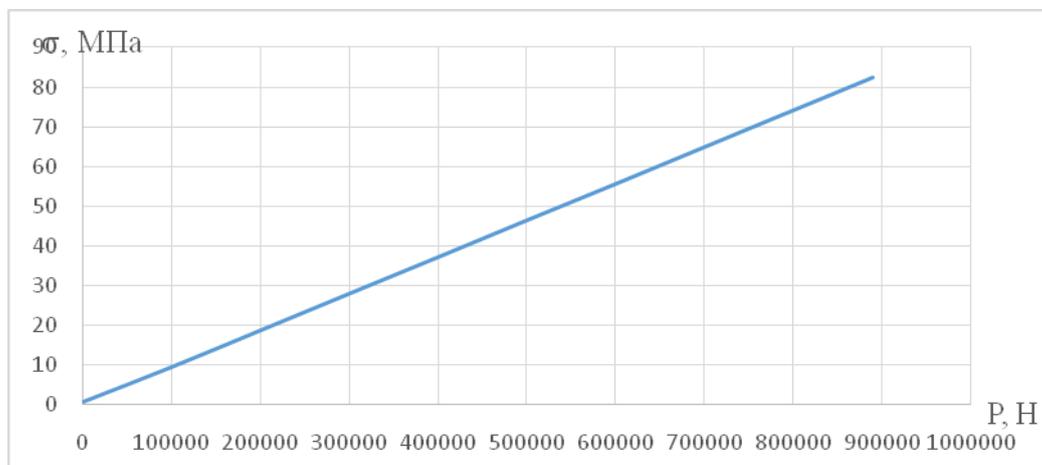


Рис. 2. График зависимости напряжений в головной части ракеты от тяги двигателя

Из анализа модели головной части видно, что максимальное напряженное состояние (красный пояс) возникает при переходе конической части в цилиндрическую (рис. 3). Это связано в первую очередь с тем, что место смены профиля является концентратором напряжений. Самым малонапряженным участком головной части в данном случае является наконечник (синий цвет).

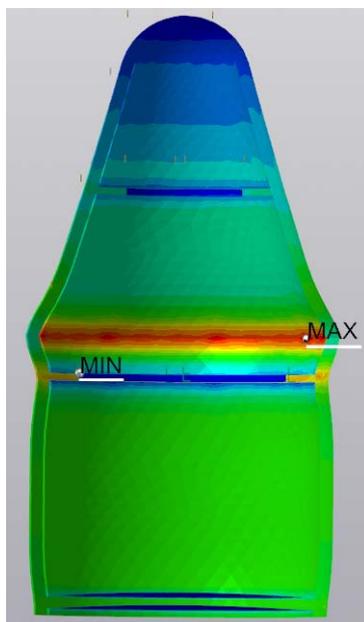


Рис. 3. Напряженное состояние 3D-модели головной части при тяге 889,64 кН

Проанализируем напряженное состояние модели при тяге 889,64 кН, если место смены профиля упрочнить шпангоутом, либо за счет утолщения профиля корпуса. Увеличим общую толщину в месте соединения конической и цилиндрической части на 5 мм на расстоянии 20 мм в каждую сторону. Как видно на рис. 4, напряженное состояние стало более равномерным ввиду того, что влияние концентратора напряжения уменьшилось. Максимальное напряжение стало 65,48 МПа, что значительно меньше напряжения в предыдущем варианте (см. рис. 3).

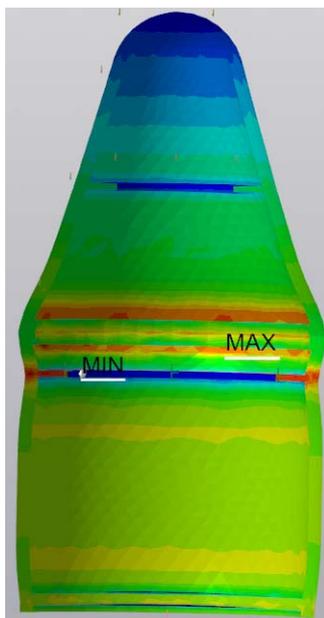


Рис. 4. Напряженное состояние упрочненной 3D-модели при тяге 889,64 кН

Выясним, какие факторы оказывают наибольшее влияние на напряженное состояние в головной части.

Обтекаемость формы головной части зависит от различных параметров, таких как диаметр d , угол наклона конической части α , а также скорость полета ракеты [3]. Оценим влияние угла наклона конической части α , который в среднем выбирается в диапазоне 10–30 градусов. Исследуем, какие напряжения возникнут в головной части при разных значениях угла наклона α . Результаты исследования при значении тяги 800 кН представлены в таблице 2.

Таблица 2. Напряженные состояния при разных значениях угла наклона

Угол наклона, град	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30
Напряжения, МПа	52,53	59,76	74,48	81,14	85,20	91,33	96,03	102,40	107,80

По полученным результатам построим график (рис. 5).

В начале графика наблюдаются флуктуации, которые связаны с очень маленьким углом наклона и невозможностью построить модель с достаточной точностью [4]. Далее график представляет собой линейную зависимость, которая показывает, что увеличение напряжения происходит прямо пропорционально увеличению угла наклона.

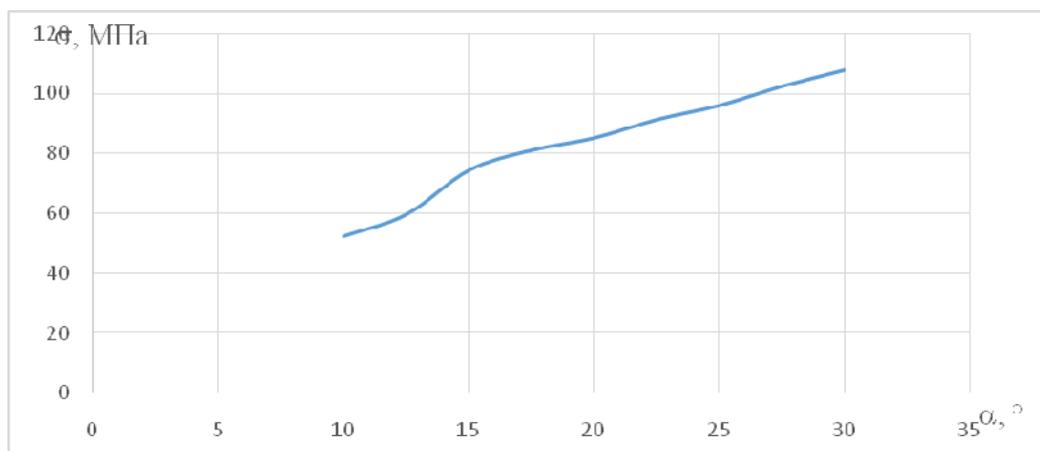


Рис. 5. График зависимости напряжений от угла наклона

Также на напряжения в головной части влияет толщина стенки головного обтекателя [5]. Исследуем, как будут изменяться напряжения, если варьировать толщиной стенки от 5 до 20 мм. В таблице 3 представлены результаты исследования при тяге 800 кН.

Таблица 3. Напряженное состояние при различных значениях толщины стенки

Толщина, мм	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Напряжение, МПа	748,35	231,20	125,50	98,53	83,19	71,31	59,20

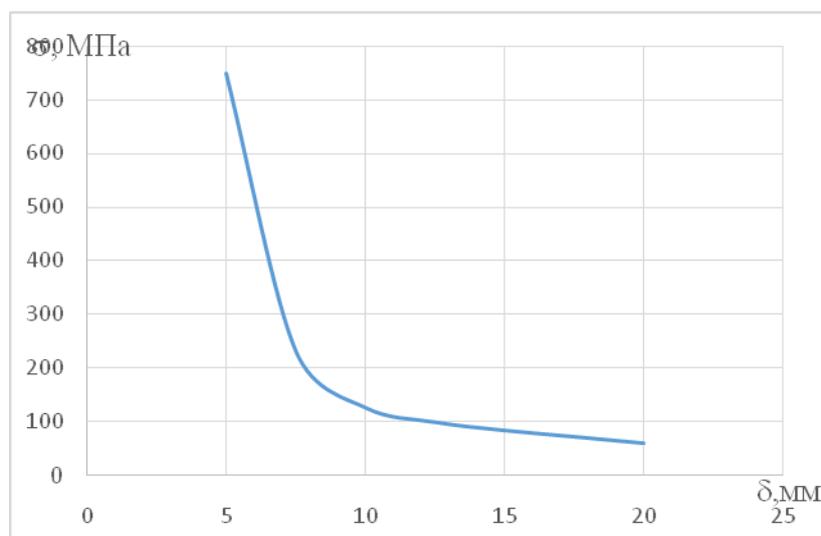


Рис. 6. График зависимости напряженного состояния от толщины стенки

График имеет вид гиперболы. На участке от 5 до 8 мм с увеличением толщины стенки напряженное состояние резко уменьшается. Участок от 8 до 12,5 мм является участком перегиба. На этом участке напряженное состояние уменьшается прямо пропорционально увеличению толщины стенки. Далее от 12,5 до 20 мм с увеличением толщины стенки наблюдается медленное уменьшение напряженного состояния.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

1. Максимальное напряженное состояние возникает в месте смены профиля, которое связано с наличием концентратора напряжений. Для более равномерного распределения и уменьшения напряженного состояния в этих местах необходимо устанавливать силовые элементы.

2. Наиболее оптимальным углом наклона конической части α является значение в диапазоне 20–25 градусов, что позволяет при относительно небольшом напряжении максимально компактно разместить полезный груз, не удлинняя головную часть, чтобы не увеличивать массу головного обтекателя.

3. Наиболее оптимальная толщина стенки составляет 10–15 мм. При толщине стенки больше заданного диапазона напряжения уменьшаются незначительно, но при этом происходит увеличение массы головного обтекателя, что неблагоприятно отражается на тяговых характеристиках. В то же время с толщиной стенки меньше 10 мм напряжения резко возрастают, что негативно сказывается на прочности головного обтекателя.

Список литературы

1. Моссаковский, В. И. Прочность ракетных конструкций / В. И. Моссаковский. – Москва : Высшая школа, 1990. – 359 с.
2. Ганин, Н. Б. Трёхмерное проектирование в КОМПАС-3D / Н. Б. Ганин. – Москва : ДМК-Пресс, 2012. – 784 с.
3. Авдонин, А. С. Расчет на прочность космических аппаратов / А. С. Авдонин. – Москва : Машиностроение, 1979. – 200 с.
4. Авдонин, А. С. Прикладные методы расчета оболочек и тонкостенных конструкций / А. С. Авдонин. – Москва : Машиностроение, 1969. – 402 с.
5. Виссарионова, Е. К. Исследование влияния коэффициента избытка окислителя на силовые характеристики ракеты / Е. К. Виссарионова, Ф. А. Уразбахтин // Гагаринские чтения – 2019 : Сборник тезисов докладов XLV Международной молодежной научной конференции / Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет). – Москва, 2019. С. 154.

И. К. Войтов, студент, Voytov.ilya@bk.ru
А. С. Войтов, преподаватель, avojtov33@gmail.com
Новосибирский авиационный технический колледж имени Б. С. Галушцака

ЛАЗЕРНЫЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Рассматривается принцип действия и эффективность лазерного излучения для борьбы с беспилотными летательными аппаратами. Рассмотрены особенности работы инфракрасного излучения в атмосфере. Изучены основные достоинства и ключевые недостатки, требующие решения для повышения работы лазерного оптико-электронного метода.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, БПЛА, ПВО, лазерный оптико-электронный метод, инфракрасный диапазон.

Развитие и значение беспилотных летательных аппаратов

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), или дронов, является перспективным направлением в развитии современных технологий военного и гражданского применения. Это обусловлено рядом их достоинств в сравнении с традиционными методами пилотируемой авиации, в частности низкой стоимостью использования. Экономически выгодным является использование малых БПЛА для получения визуальной информации с территории, на которой трудно разместить оператора (наблюдателя).

Активное развитие БПЛА вызвано рядом их важных достоинств, а именно: отсутствие экипажа на борту устраняет риск людских потерь; возможность выполнения маневров с перегрузкой, превышающей физические возможности летчиков, большая продолжительность и дальность полета при отсутствии фактора усталости экипажа; способность одновременно вести разведывательные и ударные функции в тактической фронтовой и в стратегической зонах противника; относительно небольшая стоимость БЛА, малые затраты на их эксплуатацию и возможность массового производства недорогих, но весьма эффективных в боевых условиях летательных средств.

В настоящее время сложилась ситуация, когда уровень развития микротехники позволяет ожидать нового качественного скачка в развитии БПЛА и начала нового этапа развития беспилотных летательных аппаратов – создания летательных микроаппаратов (ЛМА), способных осуществлять воздушную разведку и выполнять ряд других задач, традиционно стоящих перед БПЛА [3].

Современные виды борьбы с беспилотными летательными аппаратами

В настоящее время для эффективного противодействия БПЛА применимы и используются следующие средства и методы: средства поражения противовоздушной обороны (ПВО), радиоэлектронные, лазерные.

Поражение БПЛА зенитно-ракетными комплексами (ЗРК) в большинстве случаев является низкоэффективным, при этом приводит к высокому расходу боеприпасов – невозможности материального ресурса [1].

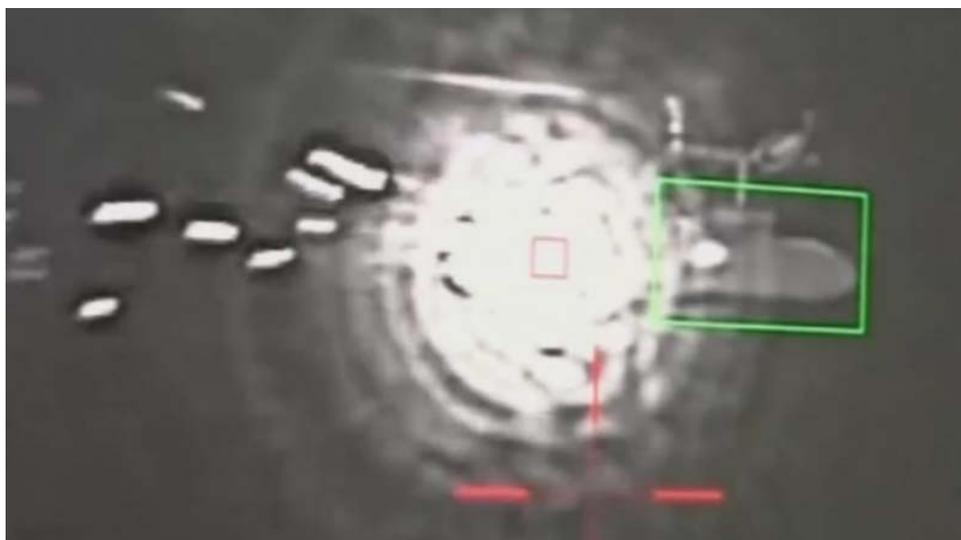
Для увеличения эффективности применения стрелкового оружия необходима модернизация боеприпасов. Появление боеприпасов с интеллектуальными взрывателями и заданным воздействием позволяет добавить возможности по борьбе с БПЛА в существующие системы вооружения.

В связи с этим перспективным направлением противодействия БПЛА считается применение средств радиоэлектронного подавления (РЭП), ресурс которых при наличии внешнего питания практически не ограничен. Основным недостатком средств РЭП, основанных на подавлении каналов управления и навигации БПЛА радиоэлектронными помехами, является то, что излучение соответствующих помех никак не гарантирует требуемой реакции БПЛА на подобное воздействие, а именно прекращение полета в направлении защищаемого объекта.

Одним из перспективных направлений борьбы с БПЛА является использование лазерного излучения. Мощность, яркость и направленность излучения определяет круг объектов воздействия, а также методику воздействия на объекты. К объектам воздействия лазера можно отнести оптические элементы, электронику, элементы корпуса [2].

Оптические элементы летательного аппарата легко выходят из строя при воздействии импульсного лазерного излучения в силу концентрации излучения. Электроника может повреждаться при сильном нагреве, вызванном длительным воздействием лазерного излучения. Элементы корпуса под действием лазерного излучения деформируются и могут выйти из строя.

На рисунке показан пример возгорания обшивки БПЛА под действие лазерного луча.



Разрушение конструкции БПЛА вследствие ее нагрева лазером

Сегодня функциональное поражение БПЛА является еще экспериментальной технологией. Однако результаты испытаний первых прототипов позволяют утверждать, что именно данный тип поражения малых коммерческих БПЛА имеет высокую эффективность и наилучшие перспективы развития [4].

Принцип действия лазерного оптико-электронного метода борьбы с беспилотными летательными аппаратами

Метод предусматривает установку, которая сравнительно быстро разворачивается в сторону цели и точно ее удерживает в поле зрения благодаря специальной системе слежения. Подготовка к выстрелу ведется в несколько этапов. Сначала радар обнаруживает цель и передает координаты в компьютер системы управления лазером. Компьютер начинает «грубое» слежение, разворачивая лазер в сторону цели, а уже затем переходит к точному отслеживанию цели. После того как цель достаточно точно отслеживается в течение некоторого времени, лазер получает команду на выстрел. Цель облучается лазером до ее полного разрушения. По данным отечественных и зарубежных испытаний, объект должен находиться под воздействием лазера 3,5–15 сек.

Сформированное лазером электромагнитное излучение обладает достаточно высокой степенью пространственно-временной когерентности. Временная когерентность поля достигает значения 0,1 сек, благодаря чему удается получить сигнал с узким спектром. Высокая степень пространственной когерентности позволяет с помощью простых оптических устройств концентрировать лазерную энергию в весьма узком телесном угле. Эта способность лазера позволяет при сравнительно небольшой энергии излучения на выходе оптической системы даже на больших расстояниях формировать электромагнитное излучение с плотностью энергии, которой достаточно для достижения эффекта функционального поражения на значительных расстояниях (до 10 км). Однако вследствие весьма малого сечения лазерного луча на расстоянии от 20 км и выше возникает проблема точного наведения луча на цель [5, 6].

Особенность работы лазерного оптико-электронного прибора в инфракрасном диапазоне

Лазер, являющийся оптическим квантовым генератором, способен формировать сильное электромагнитное излучение в оптическом диапазоне волн с высокой плотностью энергии в весьма узком телесном угле. Свойство узкой направленности луча и высокая энергетическая плотность излучения позволяют применять лазер в качестве средства поражения летательных аппаратов.

Атмосфера прозрачна для лазерного излучения в диапазоне длин волн 0,3–1 мкм. Лазеры способны генерировать электромагнитное излучение в широком оптическом диапазоне, однако как средства функционального поражения практический интерес представляют оптические квантовые генераторы,

работающие в так называемых окнах прозрачности. Инфракрасную область спектра принято разделять на четыре части: ближнюю (0,75–3 мкм), среднюю (3–6 мкм), дальнюю (6–15 мкм) и очень дальнюю (15–1000 мкм). Между полосами прозрачности имеются полосы полного поглощения инфракрасного излучения атмосферой: парами воды H₂O (2,7; 3,2; 6,3 мкм), углекислым газом CO₂ (2,7; 4,3; 15 мкм), закисью азота (4,7; 7,8 мкм), окисью углерода (4,8 мкм) и метана (3,2; 7,8 мкм) [7].

Но даже в диапазоне прозрачности атмосферы лазерный луч рассеивается в облаках, тумане, на аэрозолях и пылинках.

Из всего многообразия лазеров наиболее целесообразными к использованию в качестве лазерного оружия считаются твердотельные, химические, со свободными электронами и др.

Основные проблемы, требующие решения в лазерном оптико-электронном методе

Современное стремительное развитие лазерного метода свидетельствуют об огромном интересе к нему. Первые упоминания о применении лазеров против БПЛА датируются 2008 г. Следует отметить, что за прошедшее время принципиального прорыва в данном направлении не произошло. Трудности реализации данного проекта связаны с физикой процесса, и полученные экспериментальные и опытные результаты позволяют сделать вывод, что эффективное применение лазеров против БПЛА возможно лишь на ограниченных дальностях и при ограниченных условиях [8].

К недостаткам и проблемным вопросам использования лазерных средств поражения можно отнести следующее:

- эффективность лазерных средств поражения существенно зависит от метеоусловий. Низкая облачность, дымка, туман, осадки – все это резко снижает эффективность применения данных средств;
- эффективность лазерных средств поражения может быть существенно снижена, даже фактически сведена к нулю, применением одиночными или группой БПЛА таких элементарных способов маскировки, как распыление аэрозолей типа дымовая завеса;
- лазерные средства поражения требуют высокоточного внешнего целеуказания, как правило, от РЛС или ОЭС;
- для достижения эффекта поражения БПЛА требуется удержание лазерного луча на цели в течение 0,5–15 сек, что на высоких дальностях и при маневренном полете БПЛА является достаточно сложной технической задачей;
- с развитием и широким распространением технологий лазерного поражения ожидается переход к использованию в корпусах БПЛА материалов, специально ориентированных на отражение или рассеивание лазерного излучения.

Перспективы развития лазерного оптико-электронного метода борьбы с беспилотными летательными аппаратами

В статье представлены результаты систематизации и анализа различных способов и средств противодействия БПЛА. В основу систематизации положен анализ открытых источников, что позволило вскрыть основные особенности БПЛА как объекта функционального поражения, а также провести подробный анализ перспективных комплексов и их потенциальной эффективности при работе по беспилотным летательным объектам. Элементом новизны работы являются выявленные общие особенности процессов функционального поражения БПЛА. Представлены достоинства и недостатки лазерного метода поражения летательных аппаратов и ключевые моменты, которые необходимо решить для повышения эффективности работы.

Список литературы

1. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко. – Ч. 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 1. – С. 109–146.
2. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко. – Ч. 2. Огневое поражение и физический перехват // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 1. – С. 147–197.
3. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам / С. И. Макаренко. – Ч. 3. Радиоэлектронное подавление систем навигации и радиосвязи // Системы управления, связи и безопасности. – 2020. – № 2. – С. 101–175.
4. Макаренко, С. И. Робототехнические комплексы военного назначения – современное состояние и перспективы развития / С. И. Макаренко // Системы управления, связи и безопасности. – 2016. – № 2. – С. 73–132.

5. *Перунов, Ю. М.* Зарубежные радиоэлектронные средства / Ю. М. Перунов, В. В. Мацукевич, А. А. Васильев ; под ред. Ю. М. Перунова. – В 4 книгах. – Кн. 2. Системы радиоэлектронной борьбы. – Москва : Радиотехника, 2010. – 352 с.
6. *Куприянов, А. И.* Радиоэлектронная борьба. Основы теории / А. И. Куприянов, Л. Н. Шустов. – Москва : Вузовская книга, 2011. – 800 с.
7. *Леньшин, А. В.* Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж : Научная книга, 2014. – 590 с.
8. *Буренок, В. М.* Теория и практика планирования и управления развитием вооружения / В. М. Буренок, В. М. Ляпунов, В. И. Мудров ; под ред. А. М. Московского. – Москва : Вооружение. Политика. Конверсия, 2005. – 418 с.

*Г. А. Гребёнкин, студент; М. С. Ашихмин, студент
М. Ю. Семашко, канд. техн. наук; Н. Л. Кувшинова, ст. преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск*

ВОПРОСЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ МИНОМЕТНЫХ ВЫСТРЕЛОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассматривается исследование штатной конструкции минометного выстрела, а также модель выстрела из композиционного материала.

Ключевые слова: минометный выстрел, композиционные материалы, макет, мина, конструкции, конструирование, модель объекта.

Введение

Цель исследования – рассмотреть и изучить конструкцию существующей мины; проанализировав нежелательные эффекты, предложить модель выстрела из композиционного материала с устранением недостатков.

Минометный выстрел широко распространен и по сей день, однако технологии идут вперед, и подобные конструкции выстрелов уже морально устарели, как и способы их получения. Для развития военной промышленности, в частности в области артиллерийского вооружения, нужно придумать что-то новое, с использованием современных конструкционных материалов и технологий, но в то же время не уступающее существующим тактико-техническим характеристикам. Например, использование в конструкции полимерных и композиционных материалов.

Композиционными материалами называются материалы, состоящие из множества компонентов, керамической, пластичной полимерной, углеродной, металлической или другой базы (матрицы), которая армирована различными наполнителями. Изменяя их состав и соотношение, используя специальные дополнительные реагенты, можно получить множество материалов, обладающих требуемыми свойствами [1–5].

Вследствие стремительного развития материаловедения использование композиционных материалов (КМ) стало повсеместным. Появление новых КМ с уникальным сочетанием свойств, которые превосходят свойства классических материалов, требует разработки и внедрения новых технологических методов их обработки, характеризующихся повышенной точностью и производительностью [6].

Улучшение прочностных характеристик конструкционных материалов считается одной из основных проблем в машиностроении. Повышение прочности материалов ведет к резкому снижению их пластичности, склонности к хрупкому разрушению. Все это крайне ограничивает применение материалов, имеющих высокую прочность, в качестве конструкционного материала. Эта проблема решается путем использования композиционного материала.

Для модернизации любой технической системы необходимо провести ее структурный и функциональный анализ [7].

Структурный анализ системы

Цель проведения функционально-структурного анализа – принципиальное изменение объекта. Данные по объекту анализа представлены на рисунке 1.

Известные НЭ (нежелательные эффекты):

НЭ 1 – избыточный вес;

НЭ 2 – радиозаметность;

НЭ 3 – коррозия металла;

НЭ 4 – высокая стоимость производства;

НЭ 5 – морально устарела.

Условия применения объекта

Минометы как класс вооружения, получили широкое распространение в годы Второй мировой войны. Именно тогда это вооружение стало одним из основных артиллерийских средств огневой поддержки пехотных подразделений тактического звена (взвод, рота, батальон).

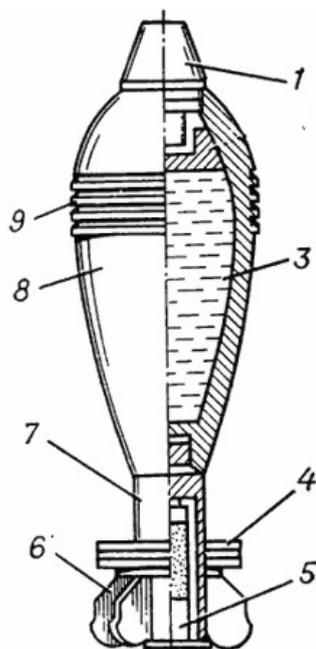


Рис. 1. Осколочная мина: 1 – взрыватель; 3 – разрывной заряд; 4 – пакеты метательного заряда; 5 – основной метательный заряд; 6 – перья стабилизатора; 7 – стабилизатор; 8 – корпус; 9 – центрирующее утолщение

На основе анализа нескольких патентов (патент РФ № 2522342, F42В 12/00, 2014 г. «Стелс снаряд»; патент РФ № 2625056, F42В 12/00, 2016 г. «Снаряд-невидимка»), а также приобретенных в процессе обучения по специальности 17.05.01 «Боеприпасы и взрыватели» знаний предложена идея мины-снаряда из композиционного материала, а именно из асботекстолита (рис. 2). Данный материал достаточно дешевый, податлив к механической обработке, обладает хорошими физическими свойствами и высокой термостойкостью [8].

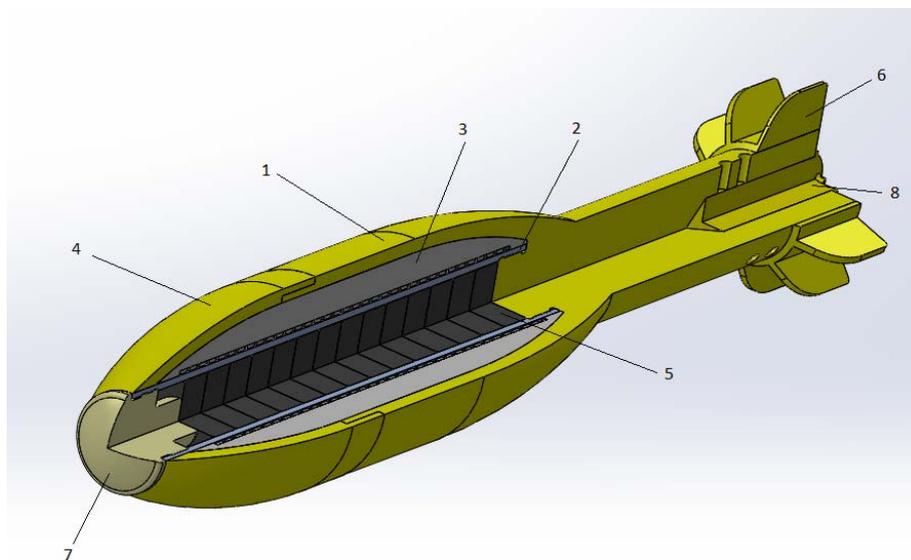
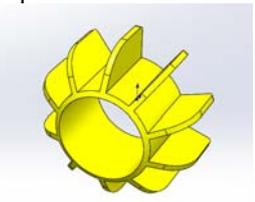
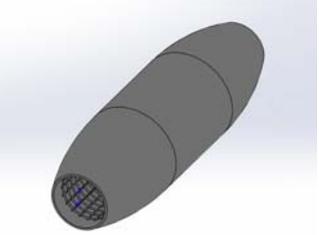
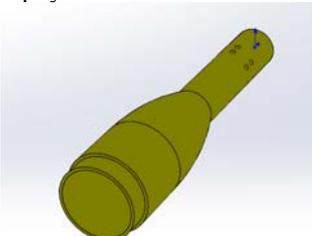
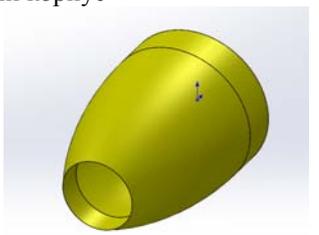


Рис. 2. Макет мины: 1 – задний корпус; 2 – лейнер; 3 – поражающий элемент заданного дробления; 4 – передний корпус; 5 – прессованный гексоген; 6 – стабилизатор; 7 – заглушка взрывателя; 8 – заглушка стартового заряда

Структурные элементы предлагаемой системы представлены в таблице.

Предлагаемая модель макета из композиционного материала, на наш взгляд, перед штатной конструкцией обладает следующими преимуществами: относительно невысокая себестоимость производства, более длительный срок хранения, коррозионная устойчивость.

Структура предлагаемой системы

Элементы (компоненты) системы	Примечания
<p>1. Стабилизатор</p> 	<p>1. Изготавливается, например, из асботекстолита. Устанавливается на задний корпус, предварительно смазанный эпоксидной смолой этал-370</p>
<p>2. Лейнер</p> 	<p>2. Накручивается на резьбу заднего корпуса М36х1,5-9Н/8g. Служит оболочкой для ВВ</p>
<p>3. Поражающий элемент заданного дробления</p> 	<p>3. Устанавливается внутрь заднего корпуса на лейнер. Изготавливается из материала электрокорунд 14а по ГОСТ 28812-90</p>
<p>4. Задний корпус</p> 	<p>4. Изготавливается, например, из асботекстолита</p>
<p>5. Передний корпус</p> 	<p>5. Накручивается на резьбу заднего корпуса. Для надежного фиксирования перед установкой смазывается внутренняя поверхность переднего корпуса клеем БФ-10Т по ГОСТ 22345-77</p>
<p>6. Прессованный гексоген</p> 	<p>6. Устанавливаются в размере 14 единиц внутрь лейнера</p>

Все увеличивающееся количество производителей композитных материалов и рост их предложений на рынке позволяет потребителям выбирать нужный материал надлежащего качества с учетом целого ряда их преимуществ:

- невероятно легки;
- чрезвычайно прочны;
- стойки к агрессивным химическим реагентам, не ржавеют, не разъедаются;
- менее подвержены механическому резонансу, поэтому детали с резьбовыми соединениями, выполненные из таких материалов, с меньшей долей вероятности ослабятся и отвинтятся при воздействии ударов и сильной вибрации;
- некоторые композиты неэлектропроводны, это важно, потому что часто композитные материалы необходимы там, где нужна прочность и высокие электроизоляционные свойства [9].

В результате работы рассмотрена конструкция штатной мины, оценены существующие негативные эффекты, изучены композиционные материалы и их свойства, предложена экспериментальная конструкция макета минометного выстрела из композиционных материалов.

Список литературы

1. *Воронина, Ю.* Рынок композиционных материалов к 2020 году может вырасти в 10 раз // Российская Бизнес-газета. – 2012. – № 864 (35).
2. *Гуменюк, Н. С.* Применение композитных материалов в судостроении / Н. С. Гуменюк, С. С. Грушин // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 8 (1). – С. 116–117.
3. *Лифиц, И. М.* Конкурентоспособность товаров и услуг : учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Юрайт-Издат, 2009. – 460 с.
4. *Тялина, Л.Н.* Новые композиционные материалы : учеб. пособие/ Л. Н. Тялина, А. М. Минаев, В. А. Пручкин. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2011. – 80 с.
5. Сравнение стоимости композитной и металлической арматуры. – URL: <http://komposit-nn.ru/sravnenie.html>
6. *Приписнов, Я. А.* Современные методы механической обработки композиционных материалов / Я. А. Приписнов, О. И. Гришина.
7. Применение функционально-стоимостного анализа и теории решения изобретательских задач при проектировании и производстве боеприпасов : учеб. пособие / М. Ю. Семашко, Ю. Ф. Прохоров, С. И. Кухаренко, Е. А. Хмельников. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2020. – 206 с.
8. Федеральный институт промышленной собственности. URL: <https://www1.fips.ru/>
9. Вестник электроники : Журнал для инженеров и конструкторов. – 2014. – № 1 (470).

Р. А. Лазорак, студент; *А. В. Панфилов*, ст. преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СХЕМЫ СТАРТОВОГО КОМПЛЕКСА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ СВЕРХТЯЖЕЛОГО КЛАССА

Рассматриваются различные концепции стартовых комплексов ракет-носителей сверхтяжелого класса, которые эксплуатировались разными странами. На опыте предыдущих разработок предлагается новая схема стартового комплекса.

Ключевые слова: стартовый комплекс, ракета-носитель сверхтяжелого класса, башня обслуживания, стартовая площадка, транспортно-установочный агрегат.

Введение

Для современной ракетно-космической отрасли большое значение имеет промышленное освоение астероидов, планет Солнечной системы, вывод на орбиту Земли больших грузов. Для этих целей требуются ракеты-носители сверхтяжелого класса (РН СТК) – космические аппараты, способные выводить на космические орбиты высотой более 200 км полезную нагрузку массой 35 т и более.

За полувековую историю создания ракетно-космической техники был спроектированы десятки РН различных классов. Существовало 4 РН СТК, а именно: «Сатурн-5» (США, масса полезной нагрузки 140 т, было совершено 13 пусков в период 1967–1973 гг., все успешные), «Спейс шаттл» (США, эксплуатировалась в 1981–2011 гг., 114 т, 135 пусков, из них 2 – неудачные), «Н-1» (СССР, 1969–1972 гг., 95 т, 4 пуска – все неудачные), «Энергия» (СССР, 1987–1988 гг., 105 т, 2 пуска, все успешные). Существовали и другие проекты РН СТК, которые не были реализованы. В эксплуатации находится Falcon Heavy (США, 63,8 т). Разрабатываются Space Launch System (США, 70–130 т), Starship (США, 100–250 т), «Енисей» (Россия, 88–115 т).

РН СТК имеют определенные схожие черты, среди которых:

- диаметр топливных баков до 10 м;
- стартовая масса от 3000 т и более;
- использование ЖРД тягой от 700 тс и более в качестве двигателей первой ступени [5].

Для обслуживания и запуска таких ракет необходимо было создать новые стартовые и пусковые комплексы, подходящие по всем техническим параметрам.

Программа «Сатурн» – «Аполлон»

Так, для трехступенчатой ракеты «Сатурн-5» с космическим аппаратом (КА) «Аполлон» общей длиной 110,7 м, массой с топливом более 2,9 тыс. т был предложен принципиально новый стартовый комплекс LC-39. К основным конструкциям, необходимым для сборки, обслуживания, управления программой «Сатурн – Аполлон» относятся:

- здание вертикальной сборки (Vertical Assembly Building). Включает в себя 4 верхних отсека (4 high bays) для сборки и проверки РН с КА, нижние отсеки (low bays) для проверки отдельных ступеней;
- пункт управления пуском ракет (Launch Control Center). Четырехэтажное здание, предназначенное для наблюдения и контроля пуска РН СТК «Сатурн-5». Здесь же размещены наземные компьютерные системы «Сатурна» (Saturn Ground Control Systems) [12];
- мобильная пусковая платформа (Mobile Launch Platform). Конструкция размером 49×41×7,6 м с квадратным отверстием 14×14 м посередине, выступающим в роли части газоотвода. Около него находятся 4 устройства (4 hold-down arms), удерживающих ракету в вертикальном положении по мере набора требуемой для старта тяги. Частью сооружения явилась 120-метровая 18-уровневая стартовая кабель-заправочная башня (Launch Umbilical Tower), оборудованная 9 подвижными манипуляторами, осуществлявшими подачу топлива, электропитания. Они предоставляли доступ персонала к агрегатам обслуживания РН [11]. Верхняя «рука» № 9 использовалась астронавтами для входа в КА, 4 убирались перед запуском, 5 – непосредственно во время старта [10];

- гусеничные транспортеры (2) (Crawler-Transporters). Платформы размером 35×40×6–8 м с 4 двойными гусеницами (4 double tracked crawlers), каждая высотой 3 м, длиной 12 м. Время на доставку РН на стартовую площадку – 7 ч [10];

- Подвижная башня обслуживания (Mobile Service Structure). Сооружение высотой 125 м, оборудованное 3 лифтами и 5 рабочими платформами. Верхние 3 обслуживали КА, нижние 2 – РН СТК. После доставки «Сатурн-5» на пусковой стол второй транспортер подкатывал подвижную башню обслуживания к первому [8];

- стартовые площадки (2) (Launch Pads). Идентичные бетонные площадки формы правильного восьмиугольника примерно 1000 км в длину. Расположены на расстоянии 2660 м друг от друга. Оборудованы газоотводом 13×18×137 м [10]. Железобетонный газоотражатель, покрытый 10-сантиметровым слоем черной керамики, 12×15×23 м весом 650 т заводится на позицию незадолго до старта посредством железнодорожных путей [9].

Для охлаждения стартовой площадки использовалась система водяного охлаждения, способная подавать в газоотвод до 180 м³ воды в минуту. Каждая платформа также была оборудована спасательным каналом (escape tube) и фуникулером (cab on slidewire), которые вели во взрывозащищенные комнаты [10].

На расстоянии примерно в полкилометра от стартовой позиции размещена шаровая емкость заправки жидким кислородом объемом около 3500 м³, с противоположной стороны находятся баки для хранения керосина емкостью 350 м³ [4].

Ступени ракеты и КА доставлялись баржей или самолетом из центров производства в Космический Центр Кеннеди (Kennedy Space Center), разгружались и перемещались в здание вертикальной сборки. Первая ступень «Сатурн-5» поднималась в верхний отсек, после помещалась на мобильную пусковую установку, где ее осматривали и тестировали. В то же время остальные ступени проверялись в нижних отсеках. Затем сверху при помощи мобильных мостовых кранов монтировались вторая, третья ступени и корабль «Аполлон» [7]. Гусеничный транспортер по специально подготовленной дороге доставлял РН на стартовую площадку, куда затем подводилась подвижная башня обслуживания. За 7 часов до старта она отводилась от пусковой площадки на расстояние 2100 м. Железобетонный газоотражатель, покрытый 10-сантиметровым слоем черной керамики, 12×15×23 м весом 650 т заводится на позицию незадолго до старта посредством железнодорожных путей [9].

В дальнейшем было решено разработать полностью многоуровневую космическую систему, известную сегодня как многоуровневый транспортный космический корабль (МТКК) «Спейс Шаттл» (Space Shuttle) суммарной высотой около 47 м и стартовой массой 2000 т.

Ранее упомянутый стартовый комплекс LC-39, все его сооружения и оборудование с необходимыми модификациями планировалось использовать при запуске «Спейс Шаттла». Полностью новыми сооружениями стали:

- здание технического обслуживания ОПФ (OPF). Оборудовано тремя верхними отсеками размерами 60×45×29 м, нижним отсеком размерами 71×30×8 м. В здании ОПФ проводились ТО корабля и его модификации для последующих миссий;

- посадочная полоса челнока (Shuttle Landing Facility). Представляет собой бетонную площадку длиной 4572 м.

Наиболее заметная модификация мобильных пусковых платформ – ликвидация подвижной башни обслуживания и замена ее у каждой стартовой площадки (LC-39 А, LC-39 В) неподвижных башен обслуживания с добавлением к ним поворотных башен обслуживания (rotating service structure). Помимо загрузки грузов последняя защищает ракету от дополнительных ветровых нагрузок, а система защиты от непогоды (weather protection system) дополняет ее [13].

От каждой башни к ракете протянуты три стрелы: одна для входа экипажа в кабину, две – для обеспечения дренажа из газовых подушек бака топлива. Башня оборудована аварийной системой покидания экипажем корабля.

На стартовой площадке А был проведен ряд крупных модификаций: перестройка систем обеспечения КТ, устранение системы подачи горючего РЛ-1 (RL-1), замена старого газоотражателя новым [2]. Он представляет собой конструкцию размером 11,6×22×17,6 м, которая одним скатом воспринимает газодинамические и температурные нагрузки от главных двигателей челнока, а другими – от твердотопливных ускорителей. К нему верхней частью примыкает пламеотражатель ТТУ. Отражатели стальные и покрыты теплозащитным материалом абляционного типа толщиной примерно 13 см [13].

Для защиты корабля от акустических нагрузок применяется водяная система подавления акустических колебаний (sound suppression water system). Во время пуска вода из водяного бака вместимо-

стью 1140 тыс. л подается через 16 сопел на газоотражатель, мобильную пусковую платформу, что снижает уровень шума до 142 дБ [15].

Хранилища топлива (propellant storage facilities) расположены на обеих стартовых площадках. Включают в себя шарообразные баки с жидким кислородом вместимостью 3400 тыс. л и такие же баки с жидким водородом вместимостью 3200 тыс. л [13].

Из здания технического обслуживания КА доставлялся в здание вертикальной сборки, где поднимался в вертикальное положение и помещался на мобильную пусковую платформу рядом с внешним топливным баком и двумя ТТУ [14]. После установки мобильной платформы с загруженным на нее «Спейс Шаттлом» на стартовую площадку подводилась поворотная башня обслуживания и производилось техническое обслуживание РН. После проводились испытания и проверки РН и КА, заканчивался процесс подготовки к заправке, на время которой персонал покидал стартовую площадку. Завершение вышеуказанных операций соответствует моменту готовности комплекса, что происходит примерно за два часа до пуска. Последующие операции соответствовали посадке экипажа, переходу на автоматическое управление и пуску ракеты [2].

Советская космическая программа

Советская космическая программа также не стояла на месте. Рядом постановлений правительства СССР в 1960-х годах были начаты работы по созданию РН СТК «Н-1». Длина ракеты составляла 101 м, стартовая масса – 2800 т [6].

Сборка и изготовление ступеней ракеты «Н-1» осуществлялись на космодроме Байконур в специально построенном заводе и МИК на площадке № 112 в горизонтальном положении. В таком же положении ракета транспортировалась на стартовый стол на ТУА с использованием двух тепловозов, движущихся по двум параллельным железнодорожным путям [4].

Наземный стартовый комплекс включает более 80 сооружений. Технологические комплексы были рассчитаны на попеременное обслуживание двух стартовых позиций.

Для обеспечения безопасного старта ракеты со стартового сооружения – железобетонной конструкции глубиной 23 м – была выбрана трехканальная схема газоотвода с равнонагруженным распределением газового потока, что позволило вписать в конструкцию сооружения 5 этажей для размещения предстартовых технических служб. Для РН СТК «Н-1» также был разработан стартовостыковочный блок «Я», предназначенный для стыковки ракеты с пусковой установкой (ПУ) стартового комплекса, выполненный в форме кольца и использовавшийся однократно.

Башня обслуживания – решетчатая колонна высотой 145,3 м, установленная на треугольной раме. Через нее проходят магистрали заправки ракеты топливом и сжатыми газами, коммуникации систем управления и контроля. Выдвижные площадки обеспечивают подход к рабочим местам на всех уровнях носителя и головного блока, включая посадку космонавтов при запуске кораблей. Башня обслуживания перемещается по круговому рельсу с радиусом 60 м на угол до 150 град из одного крайнего положения в другое за 27 мин.

Стартовая позиция связана с территорией МИК 2 железнодорожными путями. Из цехов МИК 100-метровая ракетная система перевозится на специальном ТУА, ширина которого 26 м, длина – около 80 м. Два двухсекционных тепловоза позволяют перевозить систему со скоростью до 7 км/ч. Установка ракеты на стартовое сооружение производится с командного пункта установщика в течение 40 мин. В период установки производится термостатирование корабля. Вес ракеты передается через переходное опорное кольцо, которое соединяется захватами со стартовой системой и удерживает систему без дополнительных опорных ферм. После установки ракеты к ней подводится башня обслуживания.

Основные элементы стартовой системы – 24 гидромеханические опоры, в верхней части снабженные захватами для закрепления РН на стартовой системе, удерживающие ракету от опрокидывания и позволяющие производить вертикализацию перед опусканием на жесткие опоры.

Среди основных технических сооружений комплекса наиболее крупными считаются хранилища компонентов топлива. Хранилище горючего рассчитано на длительное содержание компонента в объеме 1400 м³, окислителя – в объеме 2600 м³.

В стартовый день на стартовую позицию приходят заправщики с рабочими компонентами для заправки бортовой системы энергопитания корабля кислородом и водородом. Управление заключительными этапами предстартовых работ производится с центрального пункта предстартовой подготовки. За 16 ч до пуска начинается подготовка баков ракеты к заправке, которая производится последовательно: сначала окислителем, затем горючим. После окончания заправки за 1 ч 20 мин до пуска от ракеты дистанционно отстыковываются наземные коммуникации и убираются площадки обслу-

живания. За 45 мин до старта отводится башня обслуживания. Все управление предстартовыми операциями передается на главный командный пункт наземного комплекса.

Основными отличиями советской многоразовой транспортной-космической системы (МТКС) «Энергия» – «Буран» от МККА является размещение маршевых двигателей на центральном блоке, а не на орбитальной ступени и использование жидкостных двигателей вместо твердотопливных. Это повысило эффективность всей системы и позволило запускать на РН не только корабль «Буран», но и полезные нагрузки до 100 т. Длина ракеты «Энергия» составляет 59 м, стартовая масса – 2400 т.

Оставшийся от РН СТК «Н-1» был реконструирован и доработан, что явилось его дальнейшим развитием при создании МТКС «Энергия» – «Буран». Заново был создан криогенный центр, с нуля построен посадочный комплекс; 150-метровая поворотная башня обслуживания РН была дополнена выдвигающимися площадками обслуживания и новыми коммуникациями.

Новой частью стартового сооружения стала многометровая ферменная заправочно-дренажная мачта с площадками обслуживания. Одна из площадок, по которой идет подпитка РН жидким водородом, отводится в момент подъема ракеты. На случай аварии была предусмотрена возможность эвакуации космонавтов из орбитального корабля [4].

Для проверки РН перед стартом были построены стендовые сооружения, в том числе стенд-старт, предназначенные для наземной отработки «Энергии» и ее составных элементов.

Для хранения компонентов ракетного топлива при отрицательных температурах были построены шаровые криогенные емкости, группами установленные на удалении от стартовой площадки.

На ПУ расположены механизмы удержания РН и устройства подвода к ней пневмо-гидравлических и электросвязей. Здесь же находится передвижная башня, обслуживающая комплекс «Энергия» – «Буран». С ее площадок открывается доступ ко многим узлам ракеты и корабля. Для обслуживания она подкатывается к РН, а перед началом процесса заправки отводится на безопасное расстояние.

За несколько секунд до запуска двигателей по трубопроводам из двух емкостей вместимостью 1000 м³ каждая через проемы в стенах подаются потоки воды, уменьшающие акустические нагрузки на ракету.

Подготовка к старту ракеты и корабля на космодроме производится отдельно. По окончании сборки и комплексных испытаний ракеты и корабля их транспортируют на специальных стыковочных тележках к месту окончания сборки в «пакет» в монтажно-заправочном корпусе. Агрегат-установщик транспортирует «пакет» на стартовый комплекс и переводит его в вертикальное положение [3].

Выводы

Принципиальным отличием стартовых комплексов советского образца от американских аналогов является сборка ракеты в горизонтальном положении, что сильно меняет подход к проектированию и постройке большинства ключевых элементов стартовой площадки и стартового комплекса в целом. Однако несмотря на столь серьезные отличия, в новом варианте схемы стартового комплекса РН СТК можно учесть положительные черты как зарубежных образцов, так и отечественных.

Основным плюсом является сборка ракеты непосредственно на космодроме, что не требует доставки крупногабаритных частей в цех сборки, как в случае с «Сатурн-5».

Поскольку в нашей стране отсутствует техническая база для сборки ракет в вертикальном положении, но имеется обширный опыт работы с горизонтальной сборкой, целесообразно продолжить сборку новых РН СТК в горизонтальном положении. Соответственно, для доставки ракеты на стартовый стол потребуется использовать транспортный агрегат. Из приведенного выше описания следует, что использование ТУА требует постройки крупногабаритного механизма, которому необходимы специально оборудованные железнодорожные пути, что увеличивает общую стоимость проекта. Мы предлагаем использовать стационарный установщик, РН к которому подается при помощи транспортной тележки. Это приводит к уменьшению общего веса конструкции и ее удешевлению.

Опыт разработок советских инженеров показал, что использование трехканального газоотвода является оптимальным вариантом для сверхтяжелых ракет.

Тридцатилетний период эксплуатации МККА «Спейс Шаттл» доказал целесообразность постройки неподвижной башни обслуживания с поворотной башней прямо у стартового сооружения без необходимости изменять ее положение, что в наших условиях приводит к отказу от передвижной башни обслуживания. Однако использование поворотной башни обслуживания, перемещающейся по фиксированному радиусу, как в случае с «Н-1», способно значительно облегчить процесс подготовки ракеты к старту. Таким образом, оптимальным вариантом является синтез разработок, включающий

в себя неподвижную башню обслуживания с поворотной башней обслуживания, способной передвигаться по определенной дуге.

Другим важным конструкторским решением было использование опорно-удерживающих устройств, которые держали ракету в требуемом положении по мере набора тяги. Подобное конструктивное решение имеет свои плюсы, а его использование позволит повысить стартовую массу ракеты.

Схожими конструкциями являются хранилища компонентов ракетного топлива и системы подавления акустических колебаний, которые предлагаем оставить без изменений или изменять в соответствии с требованиями, необходимыми для конкретной ракеты.

Также необходимо учесть обязательную постройку систем пожаротушения и нейтрализации разливов компонентов ракетного топлива, что увеличит общую надежность комплекса. Стартовую площадку также требуется оборудовать системой аварийного покидания ракеты и космического аппарата.

Таким образом, предложенный вариант схемы стартового комплекса или его элементы можно использовать при создании новых стартовых комплексов для ракет-носителей сверхтяжелого класса.

Список литературы

1. Губанов, Б. И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. – Т. 2. Космос приоткрывает двери. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского ин-та экономического развития, 1998. – 240 с.
2. Губанов, Б. И. Триумф и трагедия «Энергии». Размышления главного конструктора. – Т. 3. «Энергия» – «Буран». – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского ин-та экономического развития, 1998. – 472 с.
3. Губанов, Б. И. «Энергия» – «Буран» – шаг в будущее // Наука и жизнь. – 1989. – № 4. – С. 2–10.
4. Уманский, С. П. Ракеты-носители. Космодромы. – Москва : Изд-во Рестарт+, 2001. – 216 с.
5. Создание сверхтяжелых ракет-носителей для исследования и освоения Луны и Марса: прошлое, настоящее, будущее / А. Ю. Данилюк, В. Ю. Ключников, И. И. Кузнецов и др. // Вестник НПО им. С. А. Лавочкина. – 2014. – № 2. – С. 128–136.
6. «Царь-ракета» Н-1. «Лунная гонка» СССР / Александр Железняков, Александр Шлядинский. – Москва : Эксмо ; Яуза, 2016. – 112 с.
7. Raymond J. Cerrato. Apollo/Saturn V Launch Complex 39 Capabilities. National Aeronautic and Space Engineering and Manufacturing Meeting. Los Angeles, Calif. Oct. 6-10, 1969, 16 p.
8. Rocco A. Petrone. Apollo/Saturn V Launch Operations. National Aeronautics and Space Administration Kennedy Space Center, Florida. AIAA Paper, 1966, no. 66-837, 12 p.
9. Edgar M. Cortright. Apollo Expeditions. United States, National Aeronautics and Space Administration. Washington, D.C., 1975, 313 p.
10. William B. Faherty. Moonport. A History of Apollo Launch Facilities and Operations. United States, National Aeronautics and Space Administration. Washington D.C., 1978, 636 p.
11. Robert F. Moser. Apollo-Saturn V Launch Facilities and Operations. SAE World Congress and Exhibition, 1964, pp. 103-124.
12. Gordon L. Harris. The Kennedy Space Center Story. National Aeronautics and Space Administration. John F. Kennedy Space Center, 1970, 238 p.
13. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/471742main_Countdown2008R.pdf (дата обращения: 29.10.2020).
14. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/167429main_OrbiterProcessing08.pdf (дата обращения: 29.10.2020).
15. URL: https://www.nasa.gov/sites/default/files/167416main_LC39-08.pdf (дата обращения: 29.10.2020).

И. И. Лившиц
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск

РОБОТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС С СИСТЕМОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ

Описывается модель роботизированного комплекса с системой стабилизации и его возможные реализации. Проводится анализ системы стабилизации и двух двигательных схем. Описывается принцип работы пускового комплекса.

Ключевые слова: робот, робототехнический комплекс, БПЛА, дистанционно-управляемая машина, необитаемый подводный аппарат.

Введение

В настоящее время пусковые ракетные комплексы перед запуском изделия требуют установки для горизонтирования изделия и устойчивости комплекса при запуске посредством выдвигаемых опор. Это повышает уязвимость данных комплексов при атаке противника, а также вероятность уничтожения изделия на старте. Во избежание данных рисков и снижения вероятности уничтожения ракеты на старте или ракетного комплекса в целом предлагается разработать мобильный роботизированный комплекс с системой стабилизации изделия, что позволит производить пуски без остановки и траты времени на горизонтирование.

Проведение расчетов

Для облегчения работы все дальнейшие расчеты будут проводиться для неуправляемого реактивного снаряда М-210Ф, РСЗО «Град» (БМ-21) контейнерного типа запуска, массогабаритные характеристики которого представлены в таблице.

Массогабаритные характеристики снаряда М-210Ф

	Масса, кг	Длина, мм	Диаметр, мм
Изделие	66,35	2870	122
Контейнер	55,107	6000	128
Общая масса	$\sum m = 121,457$		

Угол запуска изделия из контейнера будем считать равным 50° .

Для стабилизации изделия на ходовую часть робота предлагается установить устройство, работающее по принципу платформы Гью – Стюарта (рис. 1), имеющей шесть степеней свободы – три поступательных и три вращательных [1].



Рис. 1. Платформа Гью – Стюарта

Данный механизм имеет шесть независимых друг от друга опор (ног) на шарнирных соединениях. Длины опор могут изменяться, за счет чего можно менять ориентацию платформы в пространстве. Кинематическая задача, когда по заданному положению и ориентации платформы требуется найти длины ног, имеет единственное решение, что позволяет с большей точностью контролировать положения изделия, находящегося на данной системе [2].

При достаточной прочности и мощности приводов можно обеспечить быстрое реагирование по любым углам, в частности тангажа и крена, и обеспечить стабилизацию изделия в условиях езды робота по пересеченной местности.

Для лучшей проходимости роботизированной системы в условиях Сибири и Дальнего Востока предлагается использовать роботов либо на колесной, либо на гусеничной платформе. У каждой из таких систем имеются свои достоинства и недостатки (рис. 2–4).



Рис. 2. Российский охранной робот «Трал Патруль 4.0»



Рис. 3. Российская разработка «Соратник»



Рис. 4. Американский робот Crusher



Рис. 5. Американский беспилотный мини-танк M5

Преимущества гусеничной и колесной техники

Рассмотрим некоторые преимущества гусеничного хода [3]:

- большое сцепление с грунтом, вследствие которого область эксплуатации техники крайне широка;
- большая поверхность сцепления, что дает более высокую маневренность и снижает затраты на заправку;
- уверенное прохождение по мокрым грунтам и склонам, маневренность на холмистых зонах;
- высокая тяга;
- при использовании специального оборудования эффективны при прохождении в заснеженной и влажной местностях;
- достаточно выносливы к увеличению массы и установке оборудования;
- непривередлив в балансировке.

Далее рассмотрим преимущества колесной техники:

- высокая скорость движения, а также возможность перемещаться по дорогам, не испортив при этом дорожное покрытие;
- низкая стоимость деталей и обслуживания;
- удобство и простота эксплуатации.

Для сравнения можно отметить ряд преимуществ. В процентной доле соотношения гусеничное пятно полотна составляет 50 %, а колесное пятно в данном случае составляет всего 10–15 %. Из этого следует, что потери на мощность у гусеничного транспорта в 5 раз меньше.

В гусеничной конструкции при движении теряется около 12 % мощности, которая подводится к ходовой части, а при передвижении колесного транспорта по дорожному покрытию – около 3 %. Однако при движении по грунту потери мощности колесного транспорта сильно увеличиваются.

Из этого можно сделать вывод, что при эксплуатации в условиях пересеченной местности техника на гусеничном ходу будет являться наиболее подходящей, однако при эксплуатации комплекса в местах с хорошим дорожным покрытием преимущества будет иметь колесная база.

Выводы

В целях автоматизации и уменьшения возможности обнаружения данный комплекс предлагается сделать полностью автономным. Контроль траектории движения пускового комплекса оператор будет брать на себя непосредственно перед пуском (при необходимости). Для этого на ходовой части робота будет установлен сканирующий лидар – активный дальномер оптического диапазона, формирующий двумерную или трехмерную картину окружающего пространства. С помощью данной системы робот может самостоятельно находиться на боевом дежурстве, при этом траектория движения установки не будет известна заранее, а будет формироваться ИИ по мере его продвижения на местности.

Перед пуском для выведения на нужную позицию ИИ будет передавать полномочия управления оператору. Человек полностью будет контролировать все системы комплекса непосредственно перед пуском.

Список литературы

1. *Юшков, М. П.* Стабилизация положений равновесия нагруженных модификаций платформы Стюарта. – 2014.
2. *Helpat C. E., Raubitschek R. S.* Dynamic and Integrative Capabilities for Profiting from Innovation in Digital Platform-Based Ecosystems. *Research Policy*, 2018, vol. 47, no. 8, pp. 1391-1399.
3. *Кузнецов, А. В.* Область применения и преимущества гусеничных специализированных систем повышенной проходимости / А. В. Кузнецов, В. И. Скрыпник // Повышение эффективности лесного комплекса. – 2018. – С. 84–85.

К. А. Микрюков, студент; Ю. А. Барановская, преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

СИСТЕМЫ ТЕРМОСТАТИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Затронуты вопросы поддержания температурного режима космических аппаратов на каждом этапе эксплуатации. Задача термостатирования – обеспечение теплозащиты космического аппарата от внешних и внутренних воздействий. Рассматриваются методы активных и пассивных систем терморегулирования.

Ключевые слова: космический аппарат, термостатирование, излучение, тепловой поток, многослойная изоляция, системы терморегулирования, радиационный теплообменник, композиционный материал.

Введение

Проектирование космической техники – процесс, на который наложено множество рамок. В связи с этим инженерам часто приходится идти на компромисс. В условиях активной работы не всегда представляется возможным правильно расставить приоритеты. Для этого необходимо брать в расчет довольно много факторов. Однако неизменными остаются все возрастающие требования к надежности и долговечности космических аппаратов (КА).

Для поддержания активного периода жизни спутника необходима система термостатирования, которая сохраняет все системы компонентов космического аппарата в пределах допустимых диапазонов температур на всех этапах миссии.

Системы термостатирования

Термостатирование является сложным и важным процессом, который основывается на законах физики и термодинамики нескольких сред. Поэтому системы для поддержания температурного режима представляют собой огромное количество агрегатов, работающих для одной цели. Количество компоновок и методов термостатирования имеют бесчисленное множество патентов, которое увеличивается с каждым новым аппаратом.

Система регулирования температуры должна справиться с внешней средой, которая может изменяться в широком диапазоне, так как КА подвергается воздействию глубокого космоса, солнечного или планетарного потока, а также в пространство выбрасывается внутреннее тепло, генерируемое за счет работы космического аппарата.

КА непрерывно получает тепло от следующих источников:

- внутренние источники: приборы, агрегаты самого аппарата;
- прямое солнечное излучение;
- отраженное от планеты солнечное излучение;
- собственное излучение планеты;
- энергия, получаемая от столкновения с молекулами газа верхних слоев атмосферы планет.

Схема внешнего теплообмена КА в космическом пространстве представлена на рисунке 1.

Космический аппарат, находящийся на расстоянии H от поверхности Земли, испытывает влияние следующих составляющих q_i внешних тепловых потоков: q_S – плотности потока прямого солнечного излучения; $q_E(H)$ – плотности потока собственного планетного излучения; $q_R(H)$ – плотности отраженного от поверхности планеты солнечного излучения; $q_A(H)$ – плотности атмосферных тепловых потоков; q_i – плотности потока собственного излучения КА [1].

Одной из особенностей космической среды является то, что единственным способом сброса тепла, получаемого аппаратом, является излучение, так как КА находится в безвоздушном пространстве.

Характерной особенностью источников является то, что количество передаваемого ими аппарату тепла непостоянно. Так, при заходе аппарата в тень планеты исчезает прямое солнечное излучение; трение об атмосферу зависит от высоты орбиты и т. д. [2].

Подсистема теплового контроля может состоять как из пассивных, так и из активных элементов и работает в двух направлениях:

1) защищает оборудование от перегрева либо путем тепловой изоляции от внешних тепловых потоков (например, излучение Солнца и Земли), либо путем надлежащего отводом тепла от внутренних источников (например, тепла, излучаемого внутренним электронным оборудованием);

2) защищает оборудование от температур, которые являются слишком холодными, с помощью тепловой изоляции от внешних частей, поглощающих тепло из внешних источников, или путем выделения тепла от внутренних источников.

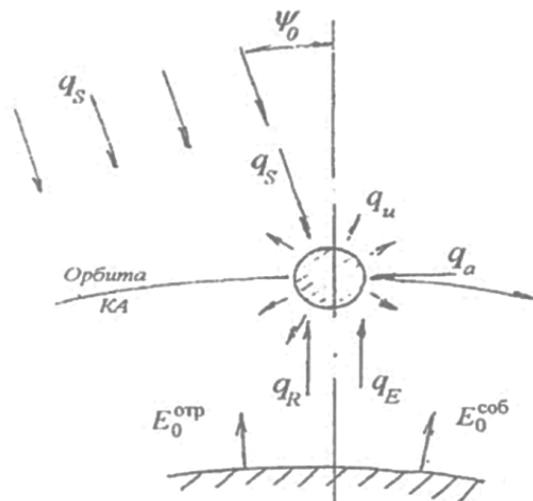


Рис. 1. Схема внешнего теплообмена КА в космическом пространстве

В группу пассивных систем терморегулирования входят системы:

- на основе тепловой термоизоляции, терморегулирующих покрытий, ткани и т. д.;
- зеркал, экранов;
- оптимизации взаимного расположения элементов аппарата и источников тепла.

Многослойная изоляция (МСИ) является наиболее распространенным пассивным элементом теплового контроля, использующегося на космических аппаратах. Она может предотвратить как потери тепла в окружающую среду, так и чрезмерный нагрев от окружающей среды.

Пассивные системы относительно просты, имеют низкий вес и не требуют источника питания, однако не обеспечивают высокой точности поддержания заданной температуры, потому они нашли применение на объектах, температурный режим которых может изменяться в широких пределах, или на аппаратах, эксплуатационный период которых короток. Также простота физических процессов позволяет пользоваться большим спектром пакетов математического моделирования, что подходит для проектов с короткой фазой проектирования (к примеру, студенческие изделия).

Когда требуется уменьшить диапазон температур, то применяют активные системы терморегулирования, которые осуществляют принудительный теплообмен агрегатов КА с окружающей средой. Для этого они могут использовать следующие приемы:

- изменение ориентации космического аппарата;
- изменение внутреннего теплового сопротивления;
- изменение термического сопротивления между выносными поверхностями, играющими роль радиаторов и отсеком, где требуется поддерживать постоянную температуру;
- регулирование излучательной способности поверхности космического аппарата с помощью жалюзи (рис. 2);
- использование электрических или радиоизотопных подогревателей;
- с помощью движения теплоносителя (газ, жидкость) между внешними и внутренними радиаторами;
- петли жидкости (тепловые трубы) для передачи тепла, излучаемого оборудованием, к радиаторам.

Жалюзи представляют собой весьма эффективную конструкцию для изменения излучательной и поглощательной способности КА, в результате чего можно эффективно регулировать температуру внутри КА. Жалюзи могут быть выполнены в виде створок (рис. 3), барабана с прорезями и др.

Также на поверхность могут быть нанесены теплоизоляционные и терморегуляционные покрытия с требуемыми свойствами.

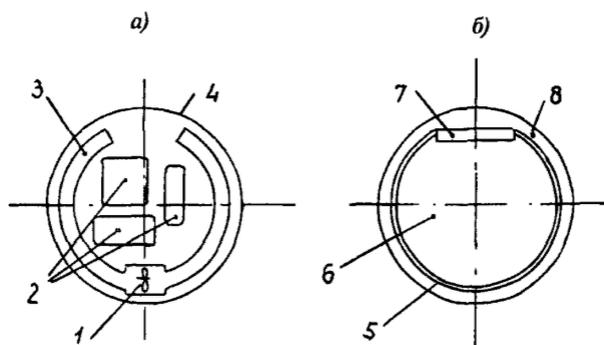


Рис. 2. Схема активного терморегулирования с помощью вентилятора (а) и жалюзи (б): 1 – вентилятор; 2 – приборы; 3 – газовод; 4 – корпус ИСЗ; 5 – теплоизоляция; 6 – приборный отсек; 7 – жалюзи; 8 – негерметичный отсек

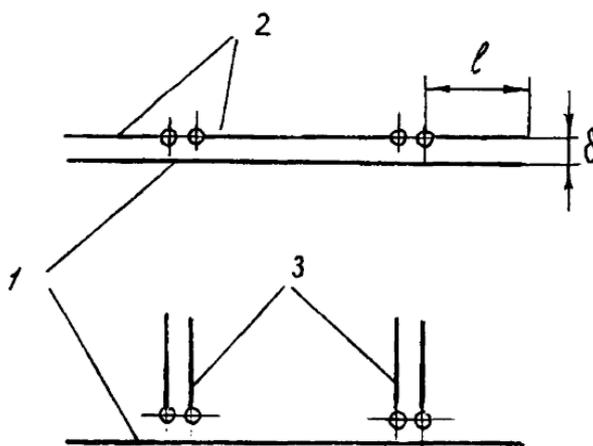


Рис. 3. Схема действия створчатых жалюзи: 1 – поверхность КА; 2 – жалюзи закрыты; 3 – жалюзи открыты; l – длина створки жалюзи; δ – зазор между поверхностью и створкой жалюзи

Виды теплообменников

При возрастании энергопотребления КА и росте удельных внутренних тепловыделений для охлаждения оборудования используются газовые и жидкостные теплоносители. Такие системы терморегулирования подразделяют на газовые, жидкостные и газожидкостные (рис. 4).

Для газовых системы терморегулирования разработаны системы газоводов и схемы вентиляции герметичных отсеков. В таких системах газ, отобрав тепло от оборудования, направляется в узкий щелевой зазор, вытянутый вдоль части корпуса. Здесь газ охлаждается вследствие излучения тепла в космос через металлическую стенку. Такое устройство для охлаждения газа принято называть радиационным газовым теплообменником. Циркуляция газа по системе обеспечивается с помощью вентиляторов.

Для осуществления циркуляции жидкостного теплоносителя строят разветвленную сеть магистралей, охватывающих основные источники тепловыделений, а также элементы конструкции, которые могут переохладаться в процессе эксплуатации КА (места посадки внешнего оборудования, оправы иллюминаторов, шлюзовые камеры и др.). Для передачи тепла от газа к жидкости используются газожидкостные теплообменники, а сброс тепла от жидкости в космос осуществляется в специальной конструкции – радиационном жидкостном теплообменнике. Для сброса больших количеств тепла при пиковых тепловых нагрузках могут использоваться испарительные теплообменники [3].

Радиационный теплообменник (РТО) представляет собой излучающую металлическую панель, на которой приварены трубки с теплоносителем в виде навитого змеевика или параллельного ряда трубок. РТО крепится на металлическом корпусе КА, а на его излучающую поверхность наносят ТРП, причем для РТО-излучателей выбираются покрытия с низким коэффициентом поглощения солнечной радиации и высоким коэффициентом черноты, а для РТО-нагревателей – наоборот.

С целью уменьшения массы и повышения надежности используются РТО на тепловых трубах, которые транспортируют тепло от жидкостного контура по поверхности панели.



Рис. 4. Структурная схема газожидкостной системы терморегулирования

Перспективы развития термостатирования

В настоящее время активно исследуются конструкции радиационных теплообменников из углеродно-углеродных композиционных материалов. На основе выполненных экспериментальных исследований были получены следующие результаты:

1. Применение в конструкции СОТР КА углеродно-углеродного композиционного материала (УУКМ) вследствие более высоких значений его коэффициентов теплопроводности в различных направлениях позволяет в некоторых случаях отказаться от использования аппарата тепловых труб или параллельной тепловой дублирующей платы.

2. Технологические процессы изготовления УУКМ обеспечивают возможность выбора и формирования тепловых и механических свойств композитной конструкции РТО, что определяет гибкость проектирования СОТР КА.

3. Применение в конструкции КА композитного радиационного теплообменника позволяет снизить массу КА за счет более низкой величины плотности УУКМ по сравнению со значениями плотностей традиционных конструкционных материалов.

Другим перспективным направлением в области разработки конструкций радиационных теплообменников КА является создание РТО с изменяемой величиной площади его эффективной поверхности излучения. Идея, на которой основана конструкция указанного радиационного теплообменника, заключается в том, что при малых внешней и внутренней тепловых нагрузках теплота по поверхности РТО не распространяется, вследствие чего обеспечивается заданное тепловое состояние аппаратуры, расположенной внутри отсеков КА. При увеличении внешней и внутренней тепловых нагрузок на аппарат при помощи тепловых переключателей обеспечивается распространение теплоты по всей площади поверхности РТО. Следовательно, приборы, размещенные внутри отсеков КА, оказываются защищенными от перегревов. Важно отметить, что в настоящее время ведутся исследования и разработки, направленные на создание как конструкций РТО обычного монолитного типа, так и разворачиваемых радиационных теплообменников КА [4].

Активные системы терморегулирования представляют развивающуюся область термостатирования КА, дающую широкий спектр методов решений. Однако наблюдается малый объем пакетов математического моделирования и большая зависимость от условий эксплуатации, что требует особого внимания к стадии проектирования. Такие системы подойдут к аппаратам с большим спектром задач и долгим сроком эксплуатации.

Список литературы

1. *Абрамов, И. П.* Ракетно-космическая техника : учеб. пособие / И. П. Абрамов, И. В. Алдашкин, Э. В. Алексеев ; под ред. В. П. Легостаева. – Москва : Машиностроение, [б. г.]. – Кн. 2. – 2014. – 548 с.
2. *Гущин, В. Н.* Системы терморегулирования // Основы устройства космических аппаратов : учебник для вузов. – Москва : Машиностроение, 2003. – 272 с.
3. Введение в ракетно-космическую технику : учеб. пособие / А. Аверьянов, Л. Азаренко, Г. Вокин, Н. Кашеев, Л. Мачнева, В. Чаплинский ; под ред. Г. Г. Вокина. – Москва ; Вологда. – Т. 2. – 2018. – 444 с.
4. Системы обеспечения тепловых режимов космических аппаратов : учеб. пособие / В. Д. Атамасов, С. И. Королёв, Л. И. Калягин, И. И. Дементьев. – Санкт-Петербург : БГТУ «Военмех» имени Д. Ф. Устинова, 2017. – 104 с.

М. С. Подшивалова, студент; Е. А. Зарницына, ст. преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

КОНСТРУКЦИЯ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ПРИНЦИП РАБОТЫ СОЛНЕЧНОГО ПАРУСА

Рассматривается конструкция, принцип работы и область применения солнечного паруса. Актуальность данной работы в том, что широкой публике мало что известно о солнечном парусе как о замене ракетного двигателя. Применение солнечного паруса позволит значительно снизить вес космического корабля и количество ракетного топлива.

Ключевые слова: солнечный парус, конструкция, область применения, принцип работы, ракетный двигатель, космический корабль, ракетное топливо.

Введение

Солнечные паруса можно использовать для обнаружения геомагнитных бурь; исследования нашей Солнечной системы; ретрансляции энергии, теле- и радиосвязи; освещения отдельных районов Земли; очистки космоса от технологического «мусора»; межпланетных перелетов под солнечным парусом; создания крупных антенн в космосе для разведки полезных ископаемых и других задач [1].

Солнечный парус – это приспособление, которое использует давление солнечного света на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата. Космический корабль разворачивает большое полотно – парус, отражающий либо поглощающий фотоны света. На орбите Земли парус массой $0,8 \text{ г/м}^2$ испытывает воздействие солнечного света порядка одного грамма. Давление обратно пропорционально квадрату расстояния от Солнца. Даже при большей массе парус еще возможно использовать. Проблемы могут возникнуть только при его разворачивании – придется использовать дополнительные механические устройства. Главным неудобством солнечного паруса является то, что он может двигать корабль лишь в сторону от Солнца, а не к нему. Изменяя угол наклона солнечного паруса относительно падающего на него света, можно легко управлять космическим кораблем, часто меняя его траекторию (для ракетных двигателей эта характеристика недоступна). Основное и самое главное достоинство парусного способа перемещения в космическом пространстве – полное отсутствие топливных затрат (реактивные двигатели не способны обеспечить кораблю постоянное ускорение из-за ограниченности их объема) [2].

Виды конструкций солнечного паруса

Перемещение кораблей в космосе должно происходить при помощи огромного множества фотонов. Они должны ударяться о зеркальную поверхность паруса, прикрепленного к спутнику, приводя его в движение. Подобной конструкции дали название «солнечный парус» – приспособление, использующее давление солнечного света или лазера на зеркальную поверхность для приведения в движение космического аппарата [3].

Для межпланетных полетов важным аспектом является вес корабля и количество ракетного топлива. Применение солнечного паруса в качестве замены двигателя позволит значительно снизить эту нагрузку. Материал для его изготовления должен быть легким и прочным, иметь высокую отражающую способность. Добавление металлических ребер повышает безопасность использования, ведь полотно подвергается ударам метеоритов.

Плотность поверхности материала из композитного волокна не превышает 1 г/м^3 , а его толщина – несколько микрон. Из существующих вариантов самыми перспективными считаются каптон и милар – тончайшие полимерные пленки с алюминиевым покрытием [4].

Форма (конструкция) парусов имеет едва ли не большее значение, чем материал, из которого они сделаны.

Самый простой и надежный, но более тяжелый солнечный парус имеет каркасную конструкцию. Больше всего он напоминает воздушного змея – легкая крестообразная рама является несущей основой для четырех треугольных парусов, надежно закрепленных на ней. Форма каркаса может быть разной, даже круглой. Очевидное преимущество такой конструкции заключается в надежной фикса-

ции парусов – они не смогут свернуться и ими легко управлять (поворачивать под разным углом к свету).

Существуют проекты парусов, не имеющих каркаса, – так называемая вращающаяся конструкция. Эти модели выполнены в виде лент, закрепленных на космическом аппарате. Как следует из названия, раскрытие парусов этого типа обеспечивается вращением корабля вокруг своей оси. Центробежные силы (на концах лент закреплен небольшой груз) вытягивают их в разные стороны, позволяя обойтись без тяжелого каркаса. Теоретически, такая конструкция обеспечивает более высокую скорость передвижения в космосе, чем каркасная, за счет своего малого веса.

Роторный солнечный парус состоит из восьми лопастей (рис. 1). Каждая в раскрытом виде представляет собой мембрану, натянутую на пневмокаркас трубчатого сечения, изготовленный из полиэтилен-терфталатной пленки. Мембрана изготовлена из металлизированной с одной стороны полиэтилен-терфталатной пленки. Металлизированная поверхность мембраны обращена к Солнцу. Пневмокаркас служит для организации процесса развертывания лопасти солнечного паруса, поддержания заданной формы и обеспечения жесткости при передаче сил и моментов от давления солнечного ветра на лопасть [5]. Жесткость пневмокаркаса и его устойчивость обеспечиваются остаточным давлением рабочего газа (азота) внутри пневмокаркаса. Лопасть развертывается из рулона и приобретает форму при срабатывании пирозамков.

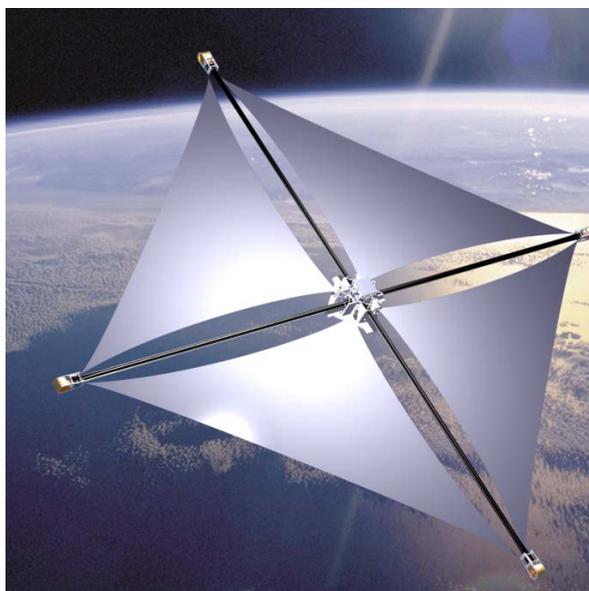


Рис. 1. Лопасть солнечного паруса

Космические аппараты с солнечным парусом

В 1974 г. инженерам удалось впервые «обуздать» солнечный ветер. Произошло это в рамках запуска американской автоматической межпланетной станции «Маринер-10». В качестве солнечного паруса выступили ее панели солнечных батарей. Их развернули под нужным углом к Солнцу, что позволило корректировать расположение корабля в пространстве.

Советскими учеными была изобретена схема радиационно-гравитационной стабилизации космического аппарата, основанная на применении солнечного паруса. Первое развертывание солнечного паруса в космосе было произведено на российском корабле «Прогресс М-15» 24 февраля 1993 г. в рамках проекта «Знамя-2» (рис. 2). Солнечный парус использовался не в качестве ускорителя, а как дополнительный источник света для Земли. Двадцатиметровое зеркало из тончайшей алюминизированной пленки развернулось в штатном режиме и осветило Землю. Эта конструкция создала на поверхности нашей планеты огромный «солнечный зайчик» диаметром 8 км.

В 2005 г. упала во время старта российская ракета «Волна», несущая на орбиту спутник «Космос-1» с солнечным парусом диаметром 30 м.

Ракета Falcon 1 от американской компании Space X, стартовавшая в августе 2008 г., также должна была отправить на орбиту солнечный парус Nano Sail-D, но упала на третьей минуте полета.

Первым аппаратом, использовавшим космический парус как двигатель, стал японский IKAROS (рис. 3), который и считается первым в истории космическим парусником. 21 мая 2010 г. Японское космическое агентство (JAXA) запустило ракету-носитель Н-ПА, на борту которой находились кос-

мический аппарат IKAROS с солнечным парусом и метеорологический аппарат для изучения атмосферы Венеры. IKAROS был оснащен парусом из тончайшей мембраны размером 14×14 м по длине и ширине. С его помощью предполагалось исследовать особенности движения аппаратов при помощи солнечного света. Раскрытие солнечного паруса началось 3 июня 2010 г., а 10 июня успешно завершилось.



Рис. 2. Солнечный парус проекта «Знамя 2»

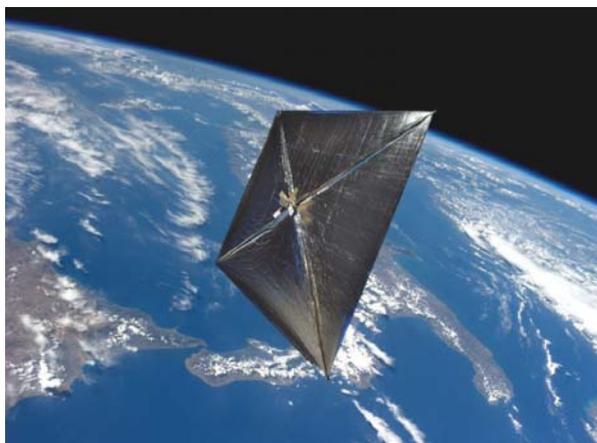


Рис. 3. Солнечный парус IKAROS (Япония)

20 мая 2015 г. с космодрома на мысе Канаверал был отправлен первый в истории частный спутник на солнечном парусе Light Sail-1. 7 июня он развернул парус. Спустя еще 7 дней он провел свой тестовый полет, который длился не более суток.

В июне 2019 г. при помощи ракеты-носителя Falcon Heavy был запущен Light Sail-2 (рис. 4).

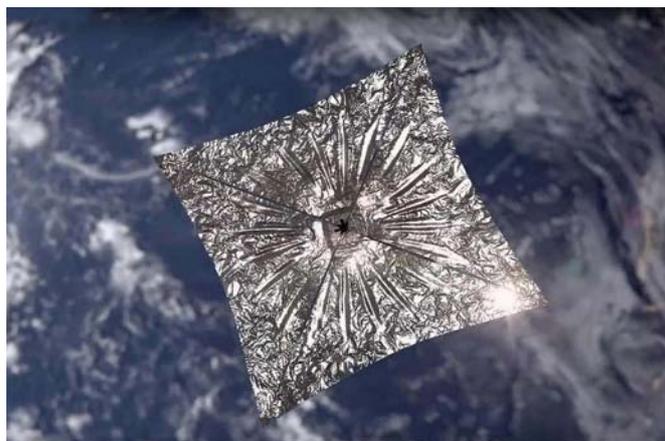


Рис. 4. Light Sail-2

Заявлялось, что его основной задачей будет являться демонстрация того, как солнечный парус (площадь 32 м²) способствует изменению орбиты спутника. Расширенная программа испытаний началась 25 июня. В отличие от основной она будет сопряжена не только с демонстрацией возможностей солнечного паруса по подъему высоты орбиты спутника, но и с решением задачи контроля орбиты аппарата.

Planetary Society сообщила о том, что сейчас космический аппарат по-прежнему находится на орбите со средней высотой более 700 км. При этом если солнечный парус активно управляется, то орбита снижается на 20 м в сутки, а если не управляется – на 34 м в сутки. Разница в значениях определяется возможностью использования давления солнечного ветра для нивелирования торможения об атмосферу Земли.

Список литературы

1. Jones, E. A Manned Interstellar Vessel Using Microwave Propulsion: A Dysonship. J. of the British Interplanetary Society, 1985, vol. 38, pp. 270-273.

2. *Гудилин, В. Е.* Космические грузовые корабли «Прогресс», «Прогресс-М» и их модификации / В. Е. Гудилин, Л. И. Слабкий // Ракетно-космические системы (История. Развитие. Перспективы). – Москва, 1996. – 326 с.
3. *Гурко, О. В.* Использование силовых влияний гравитационного и светового полей Солнца для ориентации космических аппаратов / О. В. Гурко, Л. И. Слабкий // Искусственные спутники земли. Москва : АН СССР, 1963. – С. 34–45.
4. *Поляхова, Е. Н.* Космический полет солнечным парусом: проблемы и перспективы. – Москва : Наука, 1986. – 304 с.
5. *Бутиков, Е. И.* Физика в примерах и задачах / Е. И. Бутиков, А. А. Быков, А. С. Кондратьев. – Москва : Наука, 1989. – 443 с.

В. А. Сазонова, студент; Е. А. Зарницына, ст. преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск

ПРИМЕНЕНИЯ ЯДЕРНЫХ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКЕ

Рассматриваются применение и разработки ядерных ракетных двигателей, обобщены основные этапы создания и развития технологии конструирования. Представлены новые проекты разработок, направленные на дальние полеты в космос.

Ключевые слова: ядерный ракетный двигатель, программа «Ровер», программа Pluto, ядерный реактор.

Введение

Ядерные ракетные двигатели (ЯРД) имеют очевидное преимущество перед химическими двигателями – удельный импульс ЯРД намного больше (твердофазные – 8000–9000 м/с, жидкофазные – 14 000 м/с, газофазные – 30 000 м/с). Однако ядерное топливо оказывает пагубное воздействие на экологию нашей планеты. Потенциал таких двигателей высочайший, но их использование сопровождается большим риском.

Создание ядерных ракетных двигателей в СССР и США

СССР оставался верной идее создания ЯРД прямоточной конструкции значительно дольше, чем США. Первый и единственный советский ядерный ракетный двигатель был разработан в конструкторском бюро «Химваوماتика» (Воронеж). В РД-0410 был применен гетерогенный реактор на тепловых нейтронах, замедлителем служил гидрид циркония, отражатели нейтронов были выполнены из бериллия, в качестве ядерного топлива использовался материал на основе карбидов урана и вольфрама, обогащенный изотопом ^{235}U до концентрации около 80 % [1].

В СССР работами по созданию ядерного прямоточного воздушно-реактивного двигателя занималось ОКБ-670 под руководством Михаила Бондарюка. ЯПВРД был предназначен для модификации межконтинентальной крылатой ракеты «Буря» («изделие 375»), которую с 1954 г. проектировало ОКБ-301 под руководством Семена Лавочкина. Стартовый вес ракеты достигал 95 т, дальность должна была составить 8 тыс. км. Однако в 1960 г., через несколько месяцев после смерти Лавочкина, проект «обычной» крылатой ракеты «Буря» был закрыт. Создание же ракеты с ЯПВРД так и не вышло за рамки предэскизного проектирования [2].

В стране в 1980-х годах в ОКБ-1 под руководством С. П. Королева был разработан проект и частично проведена поэлементная отработка узлов и агрегатов ядерной энергетической установки (ЯЭУ) с термоэмиссионным преобразователем тепловой энергии в электрическую мощность до 550 кВт. Эту ЯЭУ предполагалось использовать в составе электрореактивной двигательной установки (рабочее тело – ксенон, сила тяги 26 Н, удельный импульс тяги 30...40 км/с). В 1982 г. был разработан проект межпланетного буксира с такой электрореактивной двигательной установкой.

Программа «Ровер» осуществлялась в США в 1955–1971 гг. Конечной целью программы было создание космического аппарата с твердофазным ЯРД. В рамках программы «Ровер» с начала 60-х гг. разрабатывались ЯРД «НЕРВА» (рис. 1) и ракетная ступень «РИФТ» с ЯРД [3].



Рис. 1. Модель американского двигателя «НЕРВА»

С целью отработки основных элементов разрабатываемых ЯРД в США было создано и испытано несколько серий экспериментальных реакторных установок (рис. 2). В то время, как первые из них представляли собой простейшие твердофазные реакторы, в которые подавался газообразный водород, в последние годы испытывались экспериментальные двигательные установки с ЯРД, содержавшие бак жидкого водорода, реактор, турбонасосный агрегат и реактивное сопло.

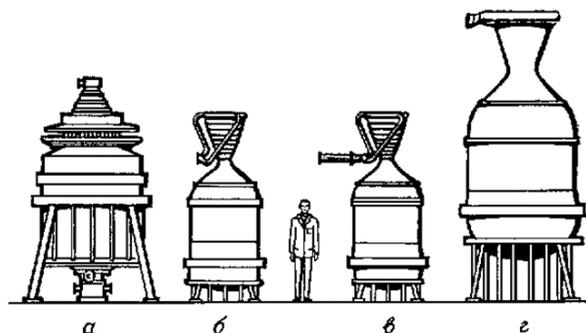


Рис. 2. Экспериментальные реакторные установки, разработанные в процессе создания ЯРД «НЕРВА»: а – «Киви-А» (мощность 100 МВт); б – «Киви-Б» (мощность 1000 МВт, тяга 22,5 тс); в – «Фебус-1» (мощность 1000 – 1500 МВт, тяга 22,5 тс); з – «Фебус-2» (мощность 5000 МВт, тяга 113 тс)

Ступень с ЯРД «НЕРВА» предполагалось испытать в полете совместно со ступенями ракеты «Сатурн-5», однако спонсирование лунной программы было остановлено. В январе 1965 года были произведены испытания ядерного ракетного двигателя под кодовым названием «КИВИ» (KIWI). При испытаниях реактору ЯРД специально позволили перегреться. При температуре 4000 °С реактор взорвался. Пять месяцев спустя произошла настоящая авария, когда перегрелся ядерный двигатель другой сборки, который носил кодовое название «Фебус» (Phoebus). На установках серии «Киви» была достигнута мощность реактора 1000 МВт, которая поддерживалась в течение 10 мин. При этом расход жидкого водорода составлял ~30 кг/с, а температура газа на выходе из реактора была 2330 К. Эти параметры соответствуют тяге более 20 тс и удельному импульсу 8100 м/с. На установках серии «Фебус» была достигнута мощность реактора около 5000 МВт при расходе жидкого водорода около 120 кг/с; водород нагревался в реакторе до 2500 К. Эти параметры соответствуют тяге ЯРД свыше 100 тс и удельному импульсу свыше 8200 м/с [4].

Реактор ЯРД «НЕРВА-1» – гомогенный, мощность 1575 МВт. Активная зона диаметром 1 м и высотой 1,8 м состоит примерно из 1800 стержневых шестигранных тепловыделяющих элементов. Концентрация ядерного горючего (обогащенный уран) в тепловыделяющих элементах находится в пределах 200–700 мг/см³. ЯРД «НЕРВА-1» проектировался на многократное применение. Его рабочий ресурс определен в 10 ч при 60 включениях, а гарантийный срок хранения на Земле – 5 лет, в космосе – 3 года.

В США космические разработки с использованием импульсных ядерных ракетных двигателей осуществлялись с 1958 по 1965 г. в рамках проекта «Орион». Программа развития проекта была рассчитана на 12 лет. Однако приоритеты изменились, и в 1965 г. проект был закрыт. В СССР аналогичный проект разрабатывался в 1950–1970 гг. Основной проблемой была прочность экрана-толкателя, который не выдерживал огромных тепловых нагрузок от близких ядерных взрывов [5].

Также в США разрабатывался ядерный ракетный двигатель прямоточной конструкции в рамках проекта Pluto (рис. 3). Американцы сумели создать два прототипа нового двигателя – Тогу-ПА и Тогу-ПС, на которых даже производились включения реакторов. Мощность установки должна была составить 600 МВт [6].



Рис. 3. Прототип двигателя в рамках проекта «Pluto»

Двигатели, разработанные в рамках проекта Pluto, планировалось устанавливать на крылатые ракеты, которые в 1950-х гг. создавались под обозначением SLAM (Supersonic Low Altitude Missile (сверхзвуковая маловысотная ракета)). Разработчики полагали, что благодаря ядерному двигателю, дальность полета ракеты SLAM составит по меньшей мере 182 тыс. км. В 1964 г. Министерство обороны США проект закрыло [7].

Американский проект марсианского пилотируемого корабля с ЯРД

В 1989 г. президентом США была утверждена программа исследования Луны и Марса – SEI (Space Exploration Initiative). Этап «Возвращение на Луну» рассматривается в качестве первого в программе, обеспечивающей практическую проверку систем марсианского корабля (рис. 4).

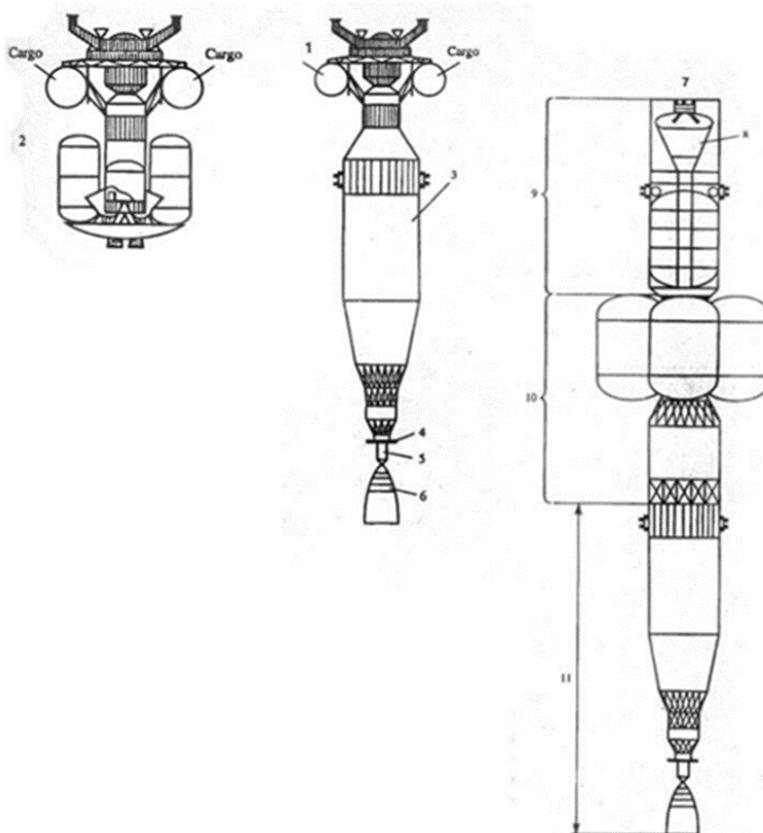


Рис. 4. Американский проект марсианского пилотируемого корабля с ЯРД: 1 – пилотируемый корабль для полета к Луне; 2 – лунный экспедиционный модуль; 3 – бак жидкого водорода (127,5 т); 4 – радиационная защита; 5 – ЯРД; 6 – сопло; 7 – марсианский пилотируемый корабль; 8 – марсианский экспедиционный модуль; 9 – полезный груз; 10 – баки; 11 – модуль, используемый для полета к Луне

Приводятся следующие доводы такого лунно-марсианского построения программы: для Марса используются технические средства, разработанные для исследования Луны; для пилотируемой экспедиции на Марс используется топливо, произведенное на лунной базе; для возвращения на Землю возможно использование топлива, произведенного на Марсе по технологии, отработанной на Луне. Американские специалисты утверждают, что все это значительно снижает затраты на осуществление пилотируемой экспедиции на Марс, способствует промышленному освоению ресурсов Луны. Полет к Луне планировался на 1999 г., а создание марсианской базы – в 2022 г.

Марсианский корабль проект НПО «Энергия»

Марсианский корабль проект НПО «Энергия» (рис. 5) состоит из марсианского орбитального аппарата, экспедиционного аппарата, аппарата возвращения на Землю, блока электрических ракетных двигателей и солнечных батарей [8].

Для освоения дальнего космоса необходимо значительно увеличить его удельный импульс и ресурс работы. А для этого необходимо внутри камеры двигателя нагреть газ или вещество рабочего тела с низкой атомной массой до температур, в несколько раз превосходящих температуру химического горения традиционных топливных смесей. Сделать это можно с помощью ядерной реакции.

Для освоения дальнего космоса необходимо значительно повысить тяговооруженность и эффективность ракетного двигателя, а значит, увеличить его удельный импульс и ресурс работы. Для этого необходимо внутри камеры двигателя нагреть газ или вещество рабочего тела с низкой атомной массой до температур, в несколько раз превосходящих температуру химического горения традиционных топливных смесей, и сделать это можно с помощью ядерной реакции. Если вместо обычной камеры сгорания внутри ракетного двигателя поместить ядерный реактор, в активную зону которого будет подаваться вещество в жидком или газообразном виде, то оно, разогреваясь под большим давлением до нескольких тысяч градусов, начнет выбрасываться через канал сопла, создавая реактивную тягу. Удельный импульс такого ядерного реактивного двигателя будет в несколько раз больше, чем у обычного на химических компонентах, а значит, многократно увеличится эффективность как самого двигателя, так и ракеты-носителя в целом. Окислитель для горения топлива при этом не потребуется, а в качестве вещества, создающего реактивную тягу, может быть использован легкий газ водород, мы же знаем, что чем меньше молекулярная масса газа, тем выше импульс, а это позволит намного уменьшить массу ракеты при лучших характеристиках мощности двигателя. Ядерный двигатель будет лучше обычного, поскольку в зоне реактора легкий газ может нагреваться до температур, превышающих 9 тысяч градусов Кельвина, и струя такого перегретого газа обеспечит намного больший удельный импульс, чем могут дать обычные химические двигатели. Но это в теории [9].

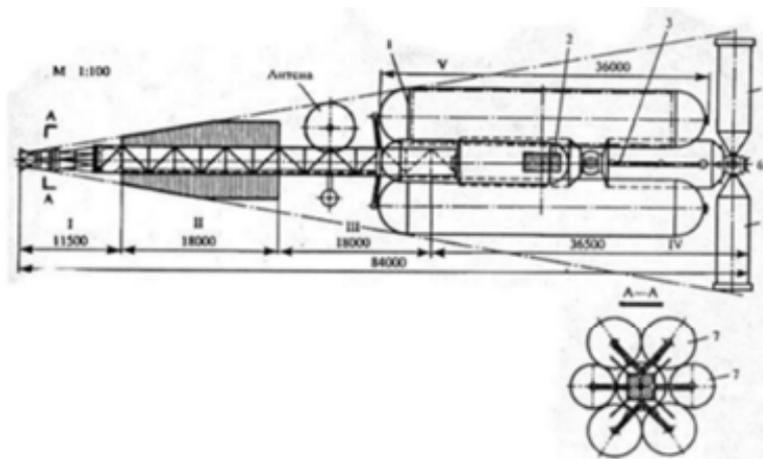


Рис. 5. Проект марсианского корабля с ЯРД НПО «Энергия»

Не только загрязнение экологии является проблемой для такого двигателя, но и то, что при высоких температурах может расплавиться сам двигатель вместе с космическим кораблем. Конструкторы и инженеры это понимают и уже несколько десятилетий пытаются найти подходящие решения [10]. Конструкторы и инженеры это понимают и уже несколько десятилетий пытаются найти подходящие решения.

Список литературы

1. Ковалев, Б. К. Развитие ракетно-космических систем выведения : учеб. пособие. – Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. – 398 с.
2. Сенченков, А. П. Атомные ракеты и проблемы освоения космоса / А. П. Сенченков, А. П. Бутусов. – Москва : Атомиздат, 1964. – 184 с.
3. Паневин, И. Г. Космические ядерные ракетные двигатели / И. Г. Паневин, В. И. Прищепа, В. Н. Хазов // Новое в жизни, науке, технике. Серия 6. – Москва : Знание, 1978. – 64 с.
4. Бассард, Р. Ядерные двигатели для самолетов и ракет : пер. с англ. / Р. Бассард, Р. Де-Лауэр. – Москва, 1967.
5. Бассард, Р. Ракета с атомным двигателем : пер. с англ. / Р. Бассард, Р. Де-Лауэр. – Москва, 1960.
6. Дорофеев, А. А. Ядерные ракетные двигатели и энергетические установки. Введение в теорию, расчет и проектирование : учеб. пособие / А. А. Дорофеев, И. И. Федика. – 2-е изд. – Москва : МГТУ им. Баумана, 2013. – 342 с.
7. Машиностроение ядерной техники. Том IV-25 : в 2 книгах / П. В. Андреев, С. А. Антипов, А. И. Аржаев, В. И. Астафуров. – Москва : Машиностроение, [б. г.]. – Кн. 2. – 2005. – 944 с.
8. Рылеев, Ю. 6000 изобретений XX и XXI веков, изменившие мир. – Москва : Эксмо, 2017.
9. КБ «Химавтоматика». Перспективные космические аппараты. – URL: <http://www.kbkha.ru/?p=8&cat=11&prod=66>
10. Ядерные и плазменные ракетные двигатели. – URL: <https://arsenal-otchestva.ru/article/1006-yadernye-i-plazmennye-raketnye-dvigateli>

А. А. Силин, студент

Ф. А. Уразбахтин, доктор технических наук, профессор
Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОБЗОР КОНСТРУКЦИИ ГОЛОВНЫХ ЧАСТЕЙ БОЕВЫХ РАКЕТ

Рассмотрены головные обтекатели, их конструкция, проведено сравнение отечественных ракет-носителей с их зарубежными аналогами.

Ключевые слова: головной обтекатель, тенденции развития, полимерные композиционные материалы, ракетно-космическая техника, ракета-носитель, зона полезного груза.

Введение

Существующие на сегодняшний день жесткие требования рынка космических запусков имеют строго определенную тенденцию к увеличению массы и габаритов выводимого на орбиту полезного груза (ПГ) [1, 2]. Например, для космических аппаратов (КА), планируемых к запуску на геостационарную орбиту, заметна тенденция к существенному увеличению их массы [3] (рис. 1).



Рис. 1. Тенденция к изменению массы КА, планируемых к запуску на геостационарную орбиту

ПГ в процессе движения в составе ракеты-носителя (РН) подвергается тепловому и силовому воздействию, которые по величине значительно превышают нагрузки, соответствующие космическим условиям функционирования [4, 5]. Поэтому для сохранения работоспособности ПГ на атмосферном участке полета РН он полностью или частично закрывается головным обтекателем (ГО), который после прохождения плотных слоев атмосферы сбрасывается. Хотя время эксплуатации ГО составляет всего несколько минут, он является полноценной силовой конструкцией, от несущей способности которой во многом зависит работоспособность выводимого на орбиту ПГ.

В настоящее время почти все корпорации, разрабатывающие перспективные РН, стремятся увеличить размеры ГО, что позволит размещать крупногабаритный ПГ, а также обеспечить групповое выведение КА.

Увеличение габаритных размеров и массы ПГ обуславливает рост размеров и степени нагруженности ГО, что, в свою очередь, требует повышения его массовой эффективности.

Учитывая вышесказанное, представляется оправданным провести анализ и выявить основные тенденции развития ГО существующих и перспективных отечественных РН и их зарубежных аналогов.

Современный ракетостроительный рынок

Как показывает анализ [6], современный рынок средств выведения имеет устойчивую тенденцию по присутствию на нем ограниченного числа государств, обладающих научно-техническим потенциалом по созданию и развитию ракетно-космических технологий и предлагающих услуги по выведению разнообразных ПГ на орбиту. Визуальный анализ современного ракетостроительного рынка представлен на рисунке 2 [6].

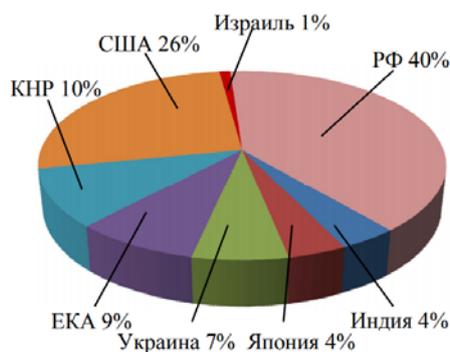


Рис. 2. Основные участки мирового рынка РН

Таким образом, современное состояние рынка средств доставки ПГ в околоземное пространство характеризуется наличием относительно небольшого количества РН, разработанных ограниченным числом государств – РФ, США, Евросоюз (ЕКА), Украина и рядом «новых» для ракетно-космической отрасли стран, таких как Япония, КНР, Индия и Израиль. Активно и настойчиво стремятся войти в пусковой рынок Бразилия, Казахстан, Иран, Южная и Северная Корея [6].

В настоящее время в государственных программах и коммерческих пусках некоторых стран активно используются более 20 РН, представленных 8 странами [6]:

– в легком классе (масса ПГ до 1,5 т): «Старт-1» (РФ), «Рокот» (РФ), «Космос-3М» (РФ), «Циклон-3» (РФ – Украина), «Днепр» (РФ – Украина), Shavit (Израиль), Taurus (США), Minotaur (США), Pegasus (США);

– в среднем классе (от 1,5 до 6 т): «Союз» (РФ), «Зенит-2М» и «Зенит-3SL» (РФ – Украина), PSLV (Индия), М-5 (Япония), Delta-2 (США), Chang Zheng (КНР), GSLV (Индия);

– в тяжелом классе (свыше 6 т): Ariane-5 (ЕКА – Евросоюз), Atlas-5 (США), «Протон М» (РФ), Н-ПА (Япония), Delta-4 Heavy (США).

Четвертый сегмент – сверхтяжелый (свыше 25 т) – в настоящее время в силу отсутствия действующих технических решений и рыночного спроса находится только на начальной стадии развития.

Основные характеристики ГО РН разработки ГП «КБ «Южное» приведены в таблице [7–8]. На рисунке 3 приведены характерные размеры ГО 14 семейств основных РН [9, 10].

Основные характеристики ГО и зон ПГ отечественных РН разработки ГП «КБ «Южное»

Ракета-носитель	Наружный диаметр ГО, мм	Диаметр зоны ПГ, мм	Длина ГО, мм	Объем зоны ПГ, м ³	Масса ГО, кг	Конструктивно-силовая схема и применяемые материалы	Стоимость серийного изготовления ГО (ориентир.), тыс. долл
«Циклон-3»	2700	2430 / 2300	9542	31	850	Клепаная, алюминиевый сплав	450
«Ворскла»	2700 ¹⁾	2430 / 2300	9542	31	940		480
«Днепр»	3000	2700	5250	21,6	1600		–
Зенит-2	3900	3520/3500	13 652	96	2654		550
«Зенит-2М»	3900	3500/3480	13 652	95	2530		800
		3455/3310	17 652	123	3250		850
«Днепр-М» «Маяк», «Луч»	3000	2700	8205	39	830	Вафельная, алюминиевый сплав	900
Маяк»	4000 ¹⁾	3670	8630	64	1000		540
«Циклон-4»	4000 ¹⁾	3650	8630	62	850	Сэндвич ¹⁾ , углепластиковые несущие обшивки и алюминиевые соты	750
	4000 ¹⁾	3650	9630	72	950		680
«Зенит-2М», «Маяк»	4600 ¹⁾	4140	12 600	119	1900		1120
«Зенит-2М»	4600 ¹⁾	4130	15 700	160	2230		1320
	5100 ¹⁾	4630	13 200	149	2200		1300
«Зенит-2М»	5100 ¹⁾	4630	13 200	149	3220	Вафельная, алюминиевый сплав	1430

Примечание: ¹⁾ прогнозируемая оценка характеристик.

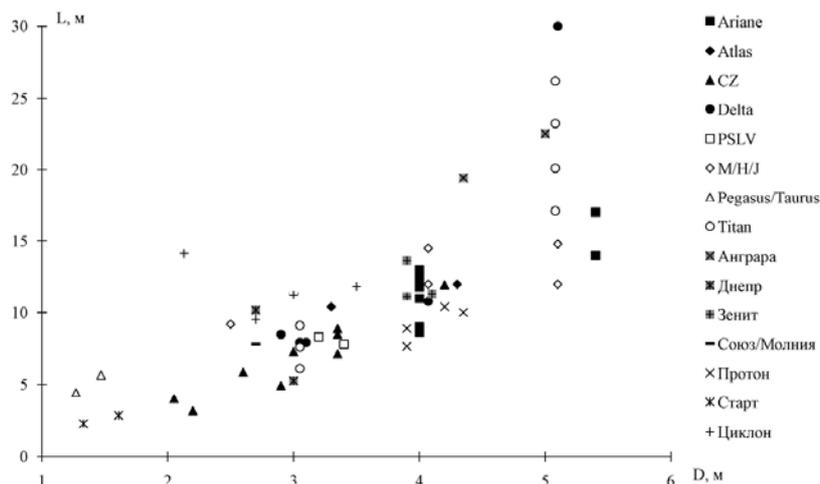


Рис. 3. Размеры ГО основных семейств РН

Из приведенных данных следует, что характерной конструктивно-силовой схемой (КСС) для ранних ГО является подкрепленная стрингерами клепаная металлическая оболочка, а для более поздних – вафельная. Общей тенденцией в разработке современных ГО является стремление к снижению его массы, обеспечиваемое за счет применения более эффективной сэндвичевой КСС в сочетании с широким использованием высокопрочных и высокомодульных полимерных композиционных материалов (ПКМ) и различных типов заполнителей (рис. 4).



Рис. 4. Распределение КСС ГО зарубежных РН

В таблице в качестве стоимостных показателей приведена стоимость серийного изготовления отечественных ГО и не приведена стоимость создания наземных средств транспортировки и сборки ГО. Данные по стоимости изготовления большинства зарубежных ГО отсутствуют за исключением РН «Зенит-3SL» (фирма Boeing) стоимостью \$ 5,5 млн и РН семейства Ariane и «Циклон-4» (фирма O.Contraves) стоимостью 0,8...1 млн.

Наиболее полно совершенство ГО можно охарактеризовать совокупностью следующих критериев:
 – доля его массы от блока ПГ (полезная нагрузка, адаптер, ГО);
 – отношение массы ПГ к полезному объему зоны ПГ.

Однако следует иметь в виду, что значения данных критериев не могут служить объективными показателями в полном объеме, так как зависят от условий применения для конкретной РН.

Выводы

Подведем итоги.

1. Общими тенденциями в разработке ГО РН являются: наблюдаемая многовариантность габаритных размеров ГО по каждому из семейств РН, вызванная стремлением к универсальности и модульности РН, обеспечиваемая набором ГО; использование вспомогательной конструкции к ГО типа Speltra для двойного или группового запусков ПГ (например, РН Ariane-4, Ariane-5, Titan-3, «Зенит-3SL»); обладание ГО сэндвичевой КСС с несущими обшивками из углепластика и сотовым заполнителем лучшими массовыми характеристиками.

2. Отечественные ГО разработки ГП «КБ «Южное» им. М. К. Янгеля» имеют преимущество по стоимости перед зарубежными аналогами. При этом себестоимость серийных образцов ГО клепаной и сэндвичевой конструкций несколько меньше, чем у вафельных. Отечественные ГО сэндвичевой конструкции незначительно (примерно 7 %) проигрывают по массовым характеристикам лучшим зарубежным образцам (ГО РН Ariane-4, Ariane-5).

3. Повышение массовой эффективности отечественных ГО возможно за счет разработки и внедрения в практику ГП «КБ «Южное» им. М.К. Янгеля» новых подходов к оптимизации проектных параметров композитных ГО с учетом использования полимерных композиционных материалов с достигнутыми в мире физико-механическими характеристиками, а также новейших технологий изготовления изделий.

Список литературы

1. Композиционные материалы в ракетно-космическом аппаратостроении / Г. П. Гардымов, Е. В. Мешков, А. В. Пчелинцев [и др.]. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 1999. – 271 с.
2. Сердюк, В. К. Проектирование средств выведения космических аппаратов / В. К. Сердюк ; под ред. А. А. Медведева. – Москва : Машиностроение, 2009. – 504 с.
3. Грабин, Б. В. Основы конструирования ракет-носителей космических аппаратов / Б. В. Грабин, О. И. Давыдов, В. И. Жихарев ; под общ. ред. В. П. Мишина, В. К. Карраска. – Москва : Машиностроение, 1991. – 416 с.
4. Рынок ракет-носителей: современные конкурентные тенденции и среднесрочные перспективы развития [Электронный ресурс] // Официальный сайт совместного казахстанско-российского предприятия «Байтерек». – Режим доступа: http://www.bayterek.kz/info/launch_vehicles.php (дата обращения: 23.10.2020).
5. Уманский, С. П. Ракеты-носители. Космодромы / С. П. Уманский ; под ред. Ю. Н. Коптева. – Москва : Рестарт+, 2001. – 216 с.
6. Ракеты и космические аппараты конструкторского бюро «Южное» / под ред. С. Н. Конюхова. – Днепропетровск : ООО «КолорГраф», ООО РА «Тандем-У», 2001. – 240 с.
7. Официальный сайт Государственного предприятия «Конструкторское бюро «Южное» им. М. К. Янгеля» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.yuzhnoye.com> (дата обращения: 24.10.2020).
8. Кулага, Е. С. Разработка головных обтекателей из композиционных материалов / Е. С. Кулага, И. Г. Оленин // Научно-технические разработки ОКБ-23 – КБ «Салют» ; под общ. ред. Ю. О. Бахвалова. – 2006. – Вып 1. – С. 418–435.
9. Официальный сайт China Academy of Launch Vehicle Technology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.calt.com> (дата обращения: 24.10.2020).
10. Официальный сайт Indian Space Research Organization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isro.org> (дата обращения: 25.10.2020).

Е. А. Туева, студент; Ф. А. Уразбахтин, доктор технических наук, профессор
Воткинский филиал ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ТВЕРДОТОПЛИВНЫЕ РЕГУЛИРУЕМЫЕ ДВИГАТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Рассмотрены твердотопливные двигательные установки, их конструкции, принцип действия, а также достоинства и недостатки ТРДУ.

Ключевые слова: твердотопливная двигательная установка, ракетная техника, ракета, топливо, тяга.

Введение

В ракетостроении двигательная установка – это часть ракеты, которая обеспечивает создание и регулирование вектора тяги по модулю и по направлению, тем самым обеспечивая движение ракеты по заданной траектории полета на различных высотах. Она состоит, в основном, из двигателя.

Известно, что ракетные двигатели на твердом топливе (РДТТ) являются первым типом ракетных двигателей (РД), которые начали применяться на практике. В настоящее время они достаточно широко используются в ракетной и ракетно-космической технике.

Двигательная установка на твердом топливе, достоинства и недостатки

Обычно, твердотопливный вид двигателя включает в себя камеру сгорания, заряд, выхлопное сопло, исполнительные органы системы управления вектором тяги, системы запуска, включая воспламенитель, узлов отсечки тяги и узлов аварийного выключения. В свою очередь, размер камеры сгорания зависит от массы ракетного топлива.

Рассмотрим ракетную двигательную установку на твердом топливе (рис. 1).

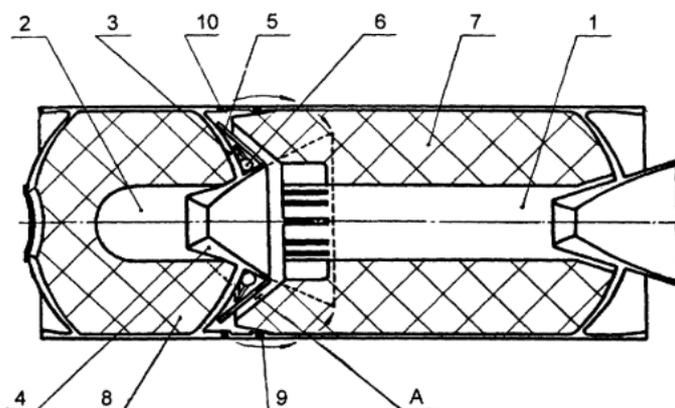


Рис. 1. Схема ДУ на твердом топливе: 1 – двигатель предыдущей ступени; 2 – двигатель последующей ступени; 3 – общее днище; 4 – камера сгорания; 5 – раструб в виде поворотных лепестков; 6 – привод; 7, 8 – заряды двигателя предыдущей и последующей ступени соответственно; 9 – узел стыковки; 10 – узел разделения

Одной из основных задач в ракетостроении является уменьшение массы ракеты, ее габаритов и баллистической эффективности двигателя.

Благодаря решению данной задачи появилась необходимость в разработке совмещенных (интегральных) схем двигательных установок, т. е. блока двигателей с общим днищем.

Особенности работы двигательной установки заключаются в следующем. После сгорания заряда 7 подается команда на разделение ступеней и запуск двигателя последующей ступени, после чего поворотные лепестки 5 с помощью привода 6 приводятся в рабочее положение.

Хороший технический результат достигается тем, что в ДУ на твердом топливе раструб сопла двигателя последующей ступени выполнен в виде поворотных лепестков, а также между общим днищем и торцом заряда двигателя предыдущей ступени образована кольцевая полость, в которой размещены развернутые к днищу лепестки раструба сопла и привод их раскрытия. При этом в зоне

выхода кольцевой полости на цилиндрическую часть корпуса предыдущей ступени выполнены узлы стыковки и разделения ступеней.

Известно, что выполнение раструба сопла последующей ступени в виде поворотных лепестков позволит сформировать заряд предыдущей ступени в виде моноблока и, следовательно, обеспечить максимальное заполнение двигателя предыдущей ступени топливом.

Повышение плотности компоновки установки и уменьшение ее габаритов выполняется благодаря размещению привода лепестков сопла в застойной зоне между лепестками сопла и общим днищем.

Достоинства данной установки заключаются в следующем. Благодаря отдельному изготовлению двигателей, появилась возможность проводить их автономную отработку на стенде, чего раньше сделать было невозможно на прототипах данной двигательной установки. Также достоинствами ДУ являются надежная конструкция, технологичность изготовления, простая транспортировка и сборка.

Недостатком ДУ на твердом топливе может быть однократность аварийного выключения, невозможность повторного запуска – на каждое включение требуется отдельная ступень с двигателем, а также меньший удельный импульс по сравнению с ЖРД. В частности это приводит к тому, что в боевых межконтинентальных баллистических ракетах (МБР) обычно на одну ступень больше.

Примером двигательной установки на твердом топливе боевой ступени является ДУ разделяющейся головной части американских ракет ракетного комплекса «Трайидент» – ракеты «У ракеты «Трайидент-2» существует недостаток – в результате выхода БРПЛ из воды возникает водяной столб, что может привести к срабатыванию системы автоматического подрыва ракеты. ввиду этого конструкторам приходится решать задачу по защите соплового блока от воздействия удара водяного столба.

Двигательная установка реактивной стабилизации и управления летательного аппарата

Рассмотрим двигательную установку реактивной стабилизации и управления летательного аппарата (рис. 2, 3).

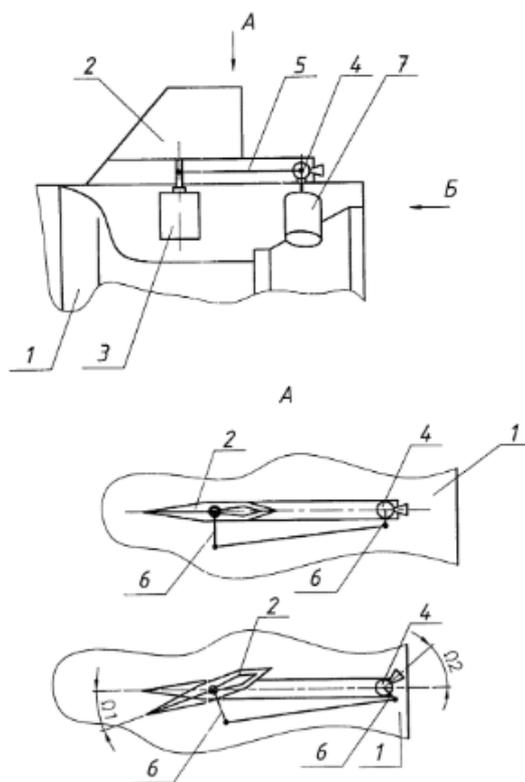


Рис. 2. Вид А – двигательная установка реактивной стабилизации и управления в исходном состоянии и в процессе управления ЛА. Продольное сечение части хвостового отсека ЛА с двигательной установкой реактивной стабилизации и управления: 1 – корпус РДТТ; 2 – аэродинамические рули; 3 – приводы аэродинамических рулей; 4 – поворотные управляющие сопла; 5 – тяга; 6 – качалки (указаны на виде А); 7 – газогенераторы

Углы поворота аэродинамических рулей 2 и поворотных управляющих сопел 4 разные, что обеспечивается разной длиной качалок 6. Углы поворота управляющих сопел больше, чем углы поворота аэродинамических рулей, что необходимо для обеспечения равенства управляющих моментов от аз-

родинамических рулей и сопел, т. е. $\alpha(0,1) > \beta(0,2)$, где $\alpha(0,1)$ – угол поворота управляющих сопел; $\beta(0,2)$ – угол поворота аэродинамических рулей [4].

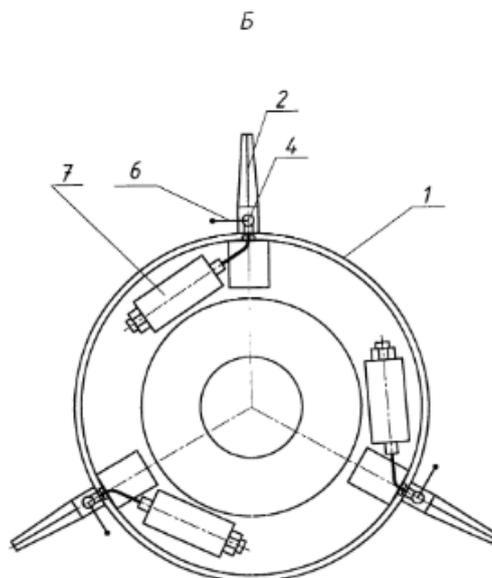


Рис. 3. Вид Б – вид сзади на двигательную установку реактивной стабилизации и управления

ДУ состоит из корпуса, органов управления в виде кинематически связанных между собой аэродинамических рулей и поворотных сопел.

Принцип работы двигательной установки, достоинства и недостатки

При полете на участке траектории в плотных слоях атмосферы стабилизация и управление ЛА осуществляется аэродинамическими рулями 2, которые поворачиваются с помощью приводов 3, получающих управляющие сигналы от системы управления (СУ). На участках траектории в сильно разреженном или безвоздушном пространстве аэродинамические рули становятся неэффективными. По команде от СУ включаются газогенераторы 7, подающие рабочее тело в поворотные управляющие сопла 4. СУ продолжает выдавать управляющие сигналы на приводы 3 аэродинамических рулей 2 и последние посредством тяг 5 и качалок 6 поворачивают управляющие сопла, которые обеспечивают стабилизацию и управление ЛА. При входе ЛА в плотные слои атмосферы его стабилизация и управление вновь осуществляется аэродинамическими рулями.

Особенность ДУ реактивной стабилизации и управления заключается в том, что корпусом ЛА является РДТТ, органы управления выполнены в виде кинематически связанных между собой трех пар аэродинамических рулей и поворотных управляющих сопел, качалки сопел и качалки аэродинамических рулей имеют разную длину, а каждое сопло снабжено источником газообразного рабочего тела, например, газогенератором с твердотопливным зарядом с магистралью подачи газа.

Как известно, большая масса органов регулирования вектором тяги РДТТ в целом снижает управляемость ДУ (увеличивает значение относительной массы конструкции двигателя). Как правило, в современных крупногабаритных РДТТ значение по техническому заданию устанавливается в интервале 0,04...0,15 [1, с. 75].

Эта ДУ обладает следующими достоинствами: обеспечивается стабилизация и управление ЛА на участках баллистической траектории полета в сильно разреженном или безвоздушном пространстве как с неработающим, так и с работающим маршевым РДТТ; повышает эффективность работы двигательной установки в заданном температурном диапазоне эксплуатации.

Недостатком данной двигательной установки является то, что у поворотных сопел возникают трудности реализации способа регулирования, которые определяются сложностью узлов уплотнения в окрестности сопрягающихся подвижных элементов сопла (меньшая надежность) [1, с. 82].

Двигательная установка реактивной стабилизации и управления летательного аппарата может быть использована в космических летательных аппаратах (ЛА) с участками траектории полета в сильно разреженном или безвоздушном пространстве, например, в ракете-носителе «Старт-1».

Двигательная установка с устройством диспергирования твердого топлива, достоинства и недостатки

Наиболее интересной и перспективной с точки зрения практического применения является двигательная установка с устройством диспергирования твердого топлива (рис. 4).

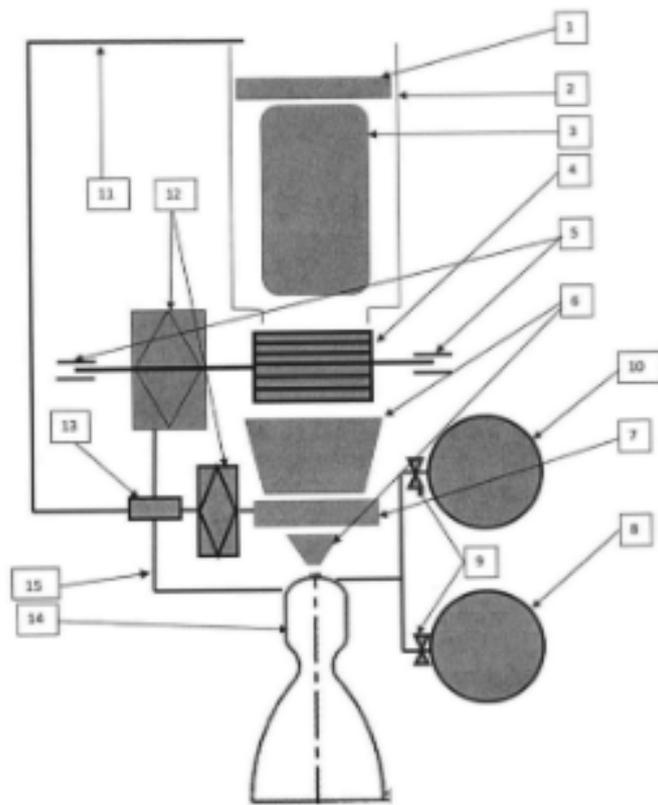


Рис. 4. Схема двигательной установки с устройством диспергирования твердого топлива: 1 – поршень, толкающий топливо; 2 – корпус с твердым топливом; 3 – заряд твердого топлива; 4 – предварительный измельчитель; 5 – опоры; 6 – направляющие воронки; 7 – диспергирующий измельчитель; 8 – бак с окислителем; 9 – краны; 10 – бак с горючим; 11 – газовый трубопровод; 12 – газовые турбины; 13 – газовый редуктор; 14 – камера сгорания; 15 – газовый отвод

Этот вид ракетной двигательной установки позволяет использовать твердое топливо для ракет, работающих на жидкостных реактивных двигателях (ЖРД) за счет устройств принудительного гранулирования (направленное укрупнение частиц, т. е. процесс превращения порошкообразного материала в зерна определенной величины) и диспергирования (тонкое измельчение твердых тел, в результате чего получают порошки, суспензии, эмульсии) с последующим смешиванием с окислителем и подачей в камеру сгорания.

ДУ направлена на снижение требований к температурным и влажностным режимам хранения ракет, повышение стабильного горения твердого топлива, а также для придания твердотопливным ракетам возможности вращения соплового аппарата относительно топливного ствола для обеспечения возможности маневрирования.

Чтобы достичь желаемого результата, необходимо получить измельченное до необходимой массы с помощью диспергирующего измельчителя твердое топливо, которое может подаваться в камеру сгорания как жидкое топливо.

Принцип работы ДУ заключается в следующем. Предварительное зажигание создается за счет сгорания затравочных объемов горючего и окислителя из баков 8 и 10, которые создают необходимое давление газов в камере сгорания 14. Газы, образовавшиеся в камере сгорания, через редуктор 13 поступают на турбины 12, которые приводят в действие устройство диспергирования, состоящее из предварительного измельчителя 4 и диспергирующего измельчителя 7. С помощью поршня 1 заряд твердого топлива 3 подается на предварительный измельчитель под действием газа, поступающего по газовому трубопроводу 11 из камеры сгорания. Твердое топливо, пройдя предварительный измельчитель, через направляющую воронку 6 поступает на диспергирующий измельчитель. Затем через направляющую воронку преобразованное твердое топливо поступает в камеру сгорания, где происходит его сгорание с выделением газа для создания тяги, отбор газовым отводом 15 части газа для под-

держания давления над поршнем 1 и поддержания требуемой скорости подачи заряда твердого топлива 3 из корпуса 2 в диспергирующий измельчитель 7 через газовый трубопровод.

Достоинства данной двигательной установки с устройством диспергирования твердого топлива заключаются в том, что увеличивается стабильное горение твердого топлива, а также появляется возможность вращения соплового аппарата относительно топливного ствола для обеспечения маневрирования ракеты.

Существуют РДТТ на основе смесового резиноподобного топлива типа «ОПАЛ». В РДТТ, в которых используется «ОПАЛ», заряды прочно скрепляются с корпусом двигателя и каналы сгорания имеют звездообразную форму.

Недостаток такой ДУ заключается в том, что при хранении РДТТ на основе топлива «ОПАЛ» его резиноподобная основа при длительном хранении стареет (т. е. в ней образуются трещины), что негативно сказывается на безопасности применения (равномерности сгорания) и энергетических характеристиках.

Выводы

Таким образом, одно из направлений ракетной техники связано с использованием жидкостной и твердотопливной ракетной техники. Примером этого сосуществования является ДУ с устройством диспергирования твердого топлива. В данный момент эта ракетная ДУ находится на стадии эксперимента.

Подведем итоги.

1. В большинстве случаев несущие конструкции элементов двигательной установки выполняются из металлических композитных материалов, обладающих высокими теплопроводящими и аккумулирующими теплофизическими характеристиками. Благодаря высоким коэффициентам теплопроводности, особенно при небольших значениях толщины несущей конструкции, происходит равномерный прогрев материала по его толщине.

2. Корпус и сопло работающих двигателей необходимо защищать от прогорания, для этого в них используют теплоизолирующие и жаропрочные материалы. Как правило, сопловые блоки располагаются в зоне максимальных тепловых потоков. В окрестности минимального сечения и сверхзвуковой области уровни скоростей составляют 1000...2500 м/с. В этом случае имеет место применение прочных теплозащитных покрытий. Что касается камеры сгорания, газопроводов и внутренней полости регулятора, то в качестве теплозащитных покрытий могут быть применены полуэластичные материалы, так как они находятся в зоне слабого и значительного теплового потока соответственно.

3. Таким образом, для теплозащитных покрытий можно использовать углесодержащие и вольфрамсодержащие материалы, которые обладают большой износостойкостью, высокой твердостью, отличаются жаропрочностью и жаростойкостью, достаточно высокой коррозионной устойчивостью.

Список литературы

1. Твердотопливные регулируемые двигательные установки / Ю. С. Соломонов и др. ; под ред. А. М. Липанова, Ю. С. Соломонова. – Москва : Машиностроение, 2011. – 416 с. : ил.

2. Патентный поиск. Поиск патентов и изобретений РФ. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2718106C1_20200330 (дата обращения: 23.10.2020).

3. Патентный поиск. Поиск патентов и изобретений РФ. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2321762C1_20080410 (дата обращения: 23.10.2020).

4. Патентный поиск. Поиск патентов и изобретений РФ. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU183574U1_20180926 (дата обращения: 23.10.2020).

П. Д. Тыщенко, студент
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Санкт-Петербург

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСА С КРЫЛАТОЙ РАКЕТОЙ П-5 СТРАТЕГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ВООРУЖЕНИЯ ВОЕННО-МОРСКОГО ФЛОТА СССР

В рамках данной статьи рассмотрена история создания крылатой ракеты П-5 и ее значение в формировании ракетно-ядерного щита СССР в 1950–1960 гг.

Ключевые слова: крылатая ракета, подводная лодка.

Создание крылатых ракет П-5, П-10, П-20



Стратегическая крылатая ракета (КР) П-5, предназначенная для запуска с подводных лодок (ПЛ) и поражения наземных целей, была принята на вооружение Военно-Морского Флота СССР в 1959 г. Ее создание во многом определило последующее направление развития крылатых ракет в СССР и во всем мире.

Ракетный комплекс с КР П-5 был создан в ОКБ-52 под руководством главного конструктора Владимира Николаевича Челомея (1914–1984). ОКБ-52 являлось головным разработчиком комплекса. В. Н. Челомей – выдающийся конструктор ракетной и ракетно-космической техники, ученый в области механики и процессов управления, дважды Герой Социалистического Труда, академик АН СССР, лауреат Ленинской премии и трех Государственных премий СССР, доктор технических наук, профессор.

Крылатая ракета П-5, созданная в ОКБ-52, стала первой ракетой с автоматическим раскрывающимся после старта крылом. Все разработанные до этого отечественные и зарубежные КР для подводных лодок требовали большого времени для подготовки к старту при извлечении ракеты из контейнера и раскрытии крыла, что значительно увеличивало время нахождения ПЛ в надводном положении.

После окончания Второй мировой войны началась «холодная» война, и над СССР нависла опасность в лице США и ее союзников. В то время США обладали ядерным оружием большого могущества. Дисбаланс сил между СССР и США был слишком очевиден ввиду того, что в СССР в 1950-х годах имелось ограниченное количество средств доставки ядерных зарядов на большие расстояния. Для устранения данной угрозы важную роль решили отвести океаническому подводному флоту, снабженному ракетами со специальными боевыми частями, способному подойти на близкое расстояние к противнику и нанести ответные удары по ведущим объектам.

Разработка КР П-5 была задана Постановлением Совета Министров СССР от 8 августа 1955 г. №1457-809с. К разработке КР на конкурсной основе приступили три конструкторских бюро (КБ) Министерства авиационной промышленности, возглавляемые Г. М. Бериевым, С. В. Ильюшиным и В. Н. Челомеем.

Под руководством Г. М. Бериева в сжатые сроки была разработана КР П-10, предназначенная для стрельбы по береговым и групповым морским целям. Тем временем в ОКБ С. В. Ильюшина в апреле 1956 г. была спроектирована КР П-20, показавшая высокие технические характеристики, такие как значительная дальность и скорость, близкая к сверхзвуковой. Однако стоимость работ по эксплуатации данных КР была слишком высока.

Особенности крылатой ракеты П-5

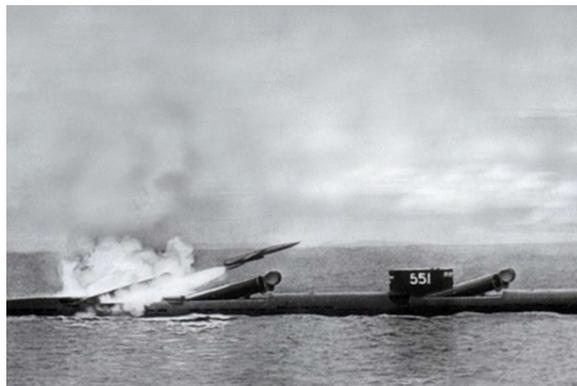
Челомей подошел к проектированию КР особенно изобретательно, в результате чего была создана КР П-5 оригинальной конструкции.

Особенность технического решения, предложенного В. Н. Челомеем, заключалась в том, что ракета со сложенными крыльями находилась в пусковом контейнере и стартовала прямо из него, что значительно уменьшало время положения ПЛ в надводном положении и позволяло увеличить боезапас ракет на ПЛ.

Предложенная В. Н. Челомеем в заявке на патент формула изобретения содержала следующее: «Летательная машина типа самолет, отличающаяся тем, что с целью обеспечения хранения ее в трубчатом контейнере минимального сечения и старта непосредственно из такого контейнера, крылья и оперение выполнены автоматически раскрывающимися по выходе из контейнера при старте».

Новаторское решение – раскрытие крыльев ракеты при выходе из пускового контейнера – было принято, несмотря на недоверие многих специалистов, так как возникали проблемы в динамике на начальном участке движения ракеты. Однако технические расчеты и модельная отработка в ОКБ-52 смогли убедить скептиков. В результате данную схему стали применять не только на отечественных КР, но и на зарубежных.

Длина ракеты составляла 11,85 м, размер крыла – 2,5 м, диаметр фюзеляжа – 0,95 м. Стартовая масса КР – 5,38 т, без стартовых двигателей масса КР – 4,3 т. Перед пуском КР контейнер с помощью гидросистемы поднимался на угол 15°. Средняя скорость вне зависимости от атмосферных условий составляла 1250 км/ч. Дальность полета в зависимости от температуры окружающей среды могла составлять от 430 км до 650 км.



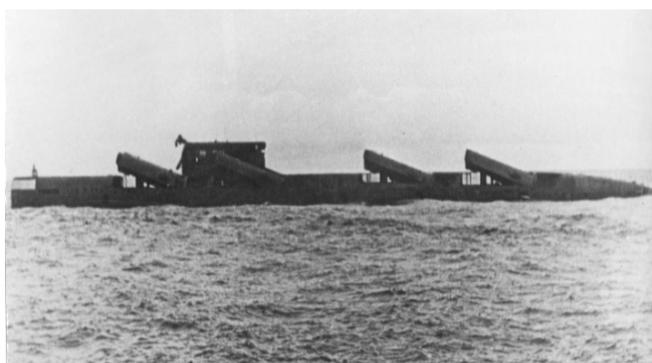
При проектировании ракеты для достижения заданных тактико-технических характеристик были рассмотрены три варианта маршевого двигателя: ракетный двигатель твердого топлива, прямоточный воздушно-реактивный двигатель и турбореактивный двигатель. В результате расчетов и полевых испытаний был выбран последний вариант, и в состав силовой установки КР П-5 вошли турбореактивный двигатель и два сбрасываемых стартовых двигателя.

Несмотря на ряд преимуществ, по причине отсутствия в то время электронно-вычислительных машин малых размеров у КР имелись и недостатки. Основные недостатки – это отсутствие управления в первую секунду полета, возможности надежного пуска ракет с качающегося основания и аэродинамическая неустойчивость.

Ракетными комплексами с крылатыми ракетами П-5 были вооружены дизельные подводные лодки пр. 644, 665, 651, а также атомные ПЛ пр. 659, 675. Шесть ПЛ пр. 644 в 1960 году были вооружены П-5, при этом на ПЛ размещалось по два контейнера, одновременно поднимающихся на угол старта. Также в 1958–1962 гг. были перевооружены шесть ПЛ пр. 665 под четыре пусковые установки. В период с 1961 по 1968 г. было построено 16 ПЛ пр. 651, вооруженных 4 крылатыми ракетами – П-5 и П-6 (противокорабельные). В период 1960–1969 гг. 5 атомных подводных лодок (АПЛ) пр. 659, снабженных 6 контейнерами с КР П-5, были введены в строй.



АПЛ пр. 659



АПЛ пр. 675

С 1963 г. по 1968 г. было построено 29 АПЛ пр. 675 под комплекс противокорабельных ракет П-6 или КР П-5Д (модернизированная П-5). На АПЛ размещалось 8 ракет.

СССР при напряженной мировой обстановке в 1950–1960 гг. смог дать отпор военному превосходству США и их союзников, выведя на позиции ПЛ, оснащенные КР П-5 со специальными боевыми частями. Большую роль в данном достижении сыграл коллектива ОКБ-52 и его главный конструктор В. Н. Челомей.



Ракета П-5 в Центральном музее Вооруженных Сил РФ

За разработку и создание комплекса с крылатой ракетой П-5 Указом Президиума Верховного Совета СССР от 24 июня 1959 г. коллектив ОКБ-52 был награжден орденом Ленина. Генеральный конструктор ОКБ-52 В. Н. Челомей и главный конструктор подводных лодок – носителей комплекса П-5 П. П. Пустынцев были удостоены высокой государственной награды – звания Героя Социалистического Труда СССР.

Список литературы

1. Ракета П-5 – ответ на ядерную угрозу / авторы-составители: В. П. Павлов, И. В. Харламов. – Москва : НПО машиностроения, 2020. – 84 с.
2. *Бодрихин, Николай*. Челомей. – Москва : Молодая гвардия, 2014. – 528 с.
3. 60 лет самоотверженного труда во имя мира / авторы-составители: Л. Е. Макаров, В. А. Поляченко, М. А. Хомяков. – Москва : НПО машиностроения», 2004. – 332 с.

Д. А. Федотов, студент; А. Е. Мурашов, студент
 К. И. Хажиахметов, преподаватель
 Южно-Уральский государственный университет
 (Национальный исследовательский университет), Челябинск

ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАКЕТНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ЦЕНТРАЛЬНЫМ ТЕЛОМ

Приведен обзор типов сопел в составе жидкостного ракетного двигателя с центральным телом, описан принцип работы такого двигателя и основные особенности его применения.

Ключевые слова: камера сгорания, жидкостный ракетный двигатель, сопло, центральное тело.

Жидкостные ракетные двигатели и их характеристика. Сопло Лавалья

В настоящее время при разработке перспективных жидкостных ракетных двигателей (ЖРД) особенно значимым направлением деятельности по улучшению характеристик является повышение величины удельного импульса и снижение массогабаритных характеристик энергоустановки.

Удельный импульс является одним из важнейших параметров работы ЖРД, так как от его величины в конечном счете зависит весовая отдача ракетной системы (отношение полезной нагрузки к стартовой). Путем уменьшения площади критического сечения и увеличения степени расширения сопла камеры сгорания (КС) возможно повышение удельного импульса тяги. Таким образом, совершенствование сопла является одним из возможных путей улучшения характеристик ЖРД.

В сопле камеры двигателя происходит расширение и разгон продуктов сгорания, т. е. преобразование тепловой энергии, получаемой в КС, в кинетическую энергию движения газов. Для получения высоких (сверхзвуковых) скоростей реактивной струи сопло реактивного двигателя должно состоять из сужающейся (конфузор) и расширяющейся (диффузор) частей. Такой профиль сверхзвукового сопла объясняется условием обращения воздействия, так как в самом узком сечении скорость потока является равной скорости звука, и для дальнейшего ускорения струи газа необходимо изменить геометрическое воздействие на поток. Реализацию такого воздействия на газовый поток предложил в 1890 г. шведский инженер Густаф де Лаваль. Он изобрел сопло, служащее для получения сверхзвуковой скорости в струе пара, работающей в турбине. Геометрический профиль сопла Лавалья представлен на рисунке 1.

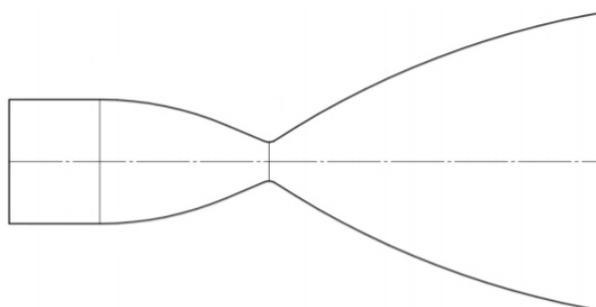


Рис. 1. Геометрический профиль сопла Лавалья

Несмотря на то, что сопло Лавалья получило всеобщее признание и по сей день широко используется в ракетной технике, оно имеет два существенных недостатка.

Во-первых, узкий диапазон параметров внешней среды, при которых двигатель работает на расчетном режиме. Существует два вида нерасчетных режимов:

- недорасширение ($p_a > p_n$);
- перерасширение ($p_a < p_n$).

Из-за условия изменения p_n в процессе полета ракеты и отсутствия возможности изменения p_a можно с уверенностью сказать, что 90 % полета сопло работает на нерасчетном режиме. Это, в свою очередь, ведет к неизбежным потерям энергии. На практике же наиболее часто встречаются сопла,

работающие на режимах перерасширения. Порой p_n может превышать p_a в 5–10 раз, например, при подводном старте ракеты или работе у земли двигателя, рассчитанного на большую высотность. Установлено, что при больших противодавлениях происходит отрыв потока газа от стенок сопла, и за точкой отрыва появляется сложная система скачков уплотнения. Это ведет к тому, что часть сопла за скачком летит вместе с ракетой «мертвым грузом».

Во-вторых, довольно большие габариты (длина и диаметр) диффузора. В ЖРД большой тяги, измеряемой сотнями и больше тонн, габариты и значительная доля массы двигателя в большей степени определяются размерами сопла, которые в некоторых случаях становятся очень большими [1].

Сопла с центральным телом

Как видно, сопло Лавалья имеет ряд существенных недостатков и нуждается в доработке. Вышеперечисленные недостатки в меньшей степени выражены у другого типа сопла – кольцевого (сопла с центральным телом). Сопло с центральным телом уже стало источником внимания и исследований в области двигателестроения в разных странах. Пример простейшего геометрический профиля кольцевого сопла представлен на рисунке 2.

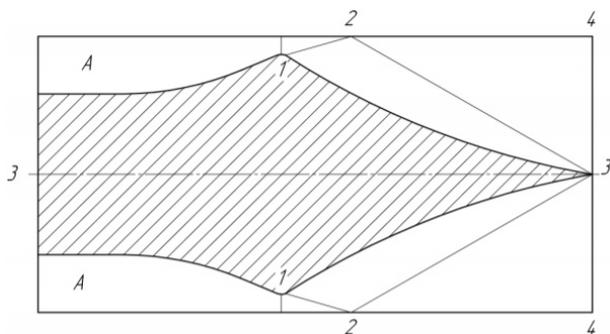


Рис. 2. Геометрический профиль кольцевого сопла

В области A располагается КС. В таком сопле газ течет по кольцевому каналу между центральным телом и обечайкой. За поверхностью критического сечения (1–1) следует область предварительного расширения, в которой поток разгоняется вдоль (3–3), а вектор скорости все больше отклоняется от нее, пока не достигнет максимального угла отклонения на характеристике (1–2). За ней начинается область выравнивания потока, в которой скорость продолжает увеличиваться, а угол – уменьшаться, пока не достигнет характеристики (2–3) и не станет равномерным и параллельным оси (3–3). Это позволяет нам отрезать часть обечайки, а именно часть от 2 до 4. Из вышепредставленного можно смело заключить, что течение в кольцевом сопле практически не отличается от течения газа в сопле Лавалья [2].

Существует несколько вариантов исполнения сопел с центральным телом [3]. Они представлены на рисунке 3.

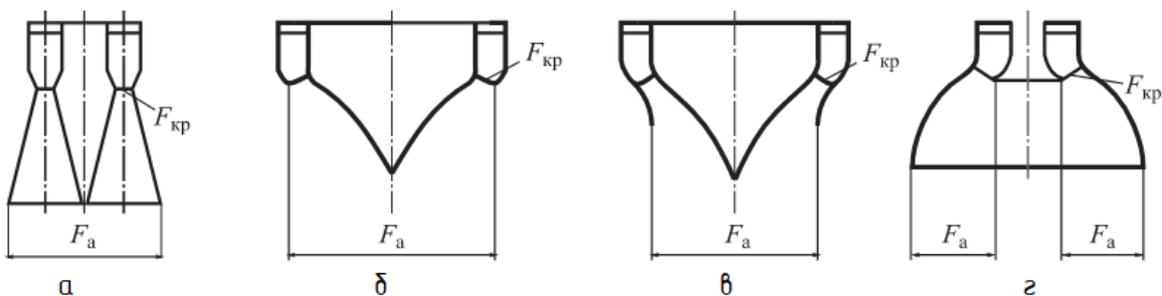


Рис. 3. Варианты исполнения сопел с центральным телом

В кольцевых соплах (рис. 3, а) расширение потока ограничено кольцевым каналом с твердыми стенками. Работа кольцевых сопел принципиально не отличается от работы круглых сопел.

В штыревых соплах (рис. 3, б) за критическим сечением отсутствует внешняя стенка, формирующая поток. Часто этот тип сопел называют просто соплом с центральным телом.

У штыревых сопел с частичным внешним участком расширяющейся части (рис. 3, в) внешняя стенка определяет расширение только до определенного давления. Применение этих сопел может быть целесообразно при необходимости значительного расширения и разгона газа до больших значений скоростей на срезе сопла.

Тарельчатые сопла (рис 3, з), называемые так вследствие тарельчатой формы центрального тела, по существу являются соплами с центральным телом со свободной внутренней поверхностью расширения, так как за критическим сечением они не имеют внутренней стенки.

В настоящее время можно выделить следующие цели и задачи исследования и проектирования сопла с центральным телом:

- совершенствование процессов, протекающих в двигателе;
- снижение стоимости изготовления, эксплуатации и обслуживания;
- увеличение технологичности в процессе создания;
- поиск новых, оригинальных конструкторских решений, новых материалов и видов технологий изготовления.

Из представленных видов сопел с центральным телом наиболее перспективным для разработки является штыревое сопло.

Расширение и разгон потока при работе сопла со свободной внешней границей струи происходят следующим образом (рис. 4).

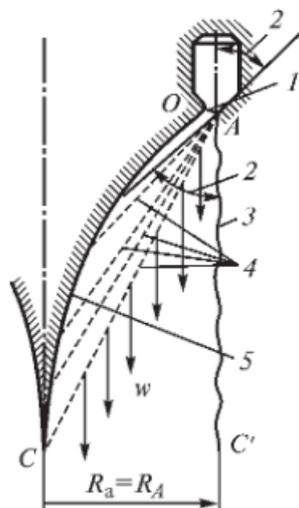


Рис. 4. Расширение потока в штыревом сопле

Поток продуктов сгорания разгоняется в сужающемся кольцевом сопле до приобретения ими критической скорости, которая достигается в кольцевом сечении OA . Для штыревого сопла, у контура расширяющейся части которого полностью отсутствует внешний участок, дальнейшее расширение газа происходит при обтекании крайней кромки в точке A , где возникает веер волн разрежения, проходя через которые поток разгоняется до скорости ω и поворачивается. Величины ω и угол поворота определяются перепадом давления p_k/p_n .

В зависимости от режима работы сопла меняется направление внешней границы струи. Изменение свободной поверхности расширения при различных режимах работы сопла показано на рисунке 5.

Если сопло работает на расчетном режиме ($p_a = p_n$), то внешняя граница струи AC' направлена параллельно оси сопла. Площадь выходного сечения F_A равна площади круга радиусом $R_a = R_A$.

При $p_k/p_n > (p_k/p_n)_{\text{расч}}$ сопло работает на режиме недорасширения. Значит, вследствие увеличения p_k/p_n угол поворота потока увеличится, и внешняя граница потока пройдет по AC'' . Изменение давления по контуру центрального тела будет происходить так же, как и в обычном круглом сопле.

При $p_k/p_n < (p_k/p_n)_{\text{расч}}$ течение потока в сопле с центральным телом отличается от течения в обычном сопле: расширение газа на кромке в точке A происходит только до давления окружающей среды p_n . Крайняя волна разрежения из точки A попадает на контур OC в точке m , и дальнейшего расширения (перерасширения) потока до давлений, меньших p_n , не происходит, так что внешняя граница потока, формируемая наружным давлением, пройдет по линии AC''' . Расширение потока

вдоль контура OC до сечения $m-m$ происходит так же, как и в обычном сопле, и давление в точке m можно считать равным давлению окружающей среды p_n . При течении газа ниже точки m вдоль контура mC поток поворачивается и несколько сжимается (как при обтекании вогнутой поверхности сверхзвуковым потоком). В точке m волна разрежения Am отражается от стенки. Отраженный скачок уплотнения mN в точке N снова отражается от внешней свободной границы поверхности, и волна разрежения, попадая в точку R контура центрального тела, снова отразится, и т. д. При прохождении потока через скачок уплотнения mN давление несколько увеличивается, вследствие чего на участке стенки mR давление на стенку в общем случае может даже несколько возрасти. Затем при прохождении потока через волну разрежения NR давление снова падает, и до конца сопла CC'' поток пройдет последовательно через систему нескольких волн разрежения и сжатия. Поэтому ниже точки m давление вдоль контура mC можно считать постоянным и равным давлению окружающей среды. Таким образом, на режимах, соответствующих режимам перерасширения для обычного сопла, при работе сопла с центральным телом перерасширения потока не происходит. Поток расширится только до давления, равного давлению окружающей среды. Площадь выходного сечения при перерасширении уменьшится и будет равна площади потока в сечении $m-m$.

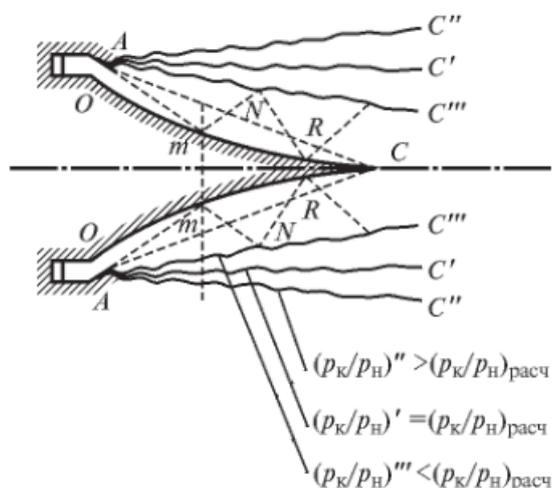


Рис. 5. Изменение свободной поверхности расширения и давления вдоль контура OmC при различных режимах работы сопла

Тяга двигателя, имеющего сопло с центральным телом, при $p_k/p_n''' < (p_k/p_n)_{расч}$ будет соответствовать расчетному режиму двигателя, работающего со степенью расширения p_k/p_n'' . Таким образом, при уменьшении отношения давлений p_k/p_n ниже расчетного тяга двигателя с соплом, имеющим центральное тело, будет соответствовать тяге двигателя с круглым идеально регулируемым соплом. Поэтому сопла с центральным телом со свободной поверхностью расширения часто называют саморегулирующимися соплами [3].

Одним из примеров двигателей с рассматриваемым соплом является AeroSpike. Это клиновоздушный двигатель с центральным телом, использующий штыревое сопло с полным внешним расширением. Принцип работы такого двигателя состоит в том, чтобы создать стенки виртуального сопла из потока окружающего воздуха. В свою очередь, это уравнивает давление выхлопных газов с давлением окружающей среды. В этом случае двигатель будет полностью выполнять свою работу на разных высотах, и не произойдет никаких деформаций, которые повредят двигатель.

Поток газа выходит из КС и становится похож на поток в обычном двигателе. Но окружающий воздух не сжимает поток продуктов сгорания, а толкает его вдоль клиновидного сопла, поэтому срыв невозможен. Вместе с тем, как ракета поднимается, давление окружающей среды уменьшается, соответственно, давление на поток выхлопных газов также снижается. По сути с высотой происходит изменение степени расширения виртуальной стенки сопла. Чем больше высота, тем меньше давление на выхлопные газы, тем шире виртуальное сопло [4].

Выводы

Снижение массы двигателя без потери величины тяги позволяет увеличить массу полезной нагрузки на борту ракеты-носителя. Уменьшение габаритов ведет к уменьшению размеров ракеты в це-

лом. Отсюда можно сделать вывод, что ЖРД с центральным телом наиболее эффективны в применении как на обычных ракетах-носителях, так и на морских баллистических ракетах, где снижение массы и габаритов будут особенно ценным преимуществом таких двигателей.

Следует отметить, что при нерасчетных режимах работы двигателя с соплом, имеющим центральное тело, кроме изменения скорости (в силу изменения p_k/p_n) происходит также отклонение направления движения потока от осевого. Это приводит к некоторым потерям тяги из-за рассеивания, вследствие чего эффективность сопла с центральным телом немного уступает эффективности круглого идеально регулируемого сопла.

Список литературы

1. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей : учебник для авиационных специальностей вузов. – В 2 книгах / А. П. Васильев, В. М. Кудрявцев, В. А. Кузнецов и др. ; под ред. В. М. Кудрявцева. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Высшая школа, 1993. – Кн. 1. – 383 с.

2. Егоров, Г. П. Повышение эффективности жидкостных ракетных двигателей путем замены сопла Лавалья на кольцевое сопло (сопло с центральным телом) / Г. П. Егоров, М. А. Смагина // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаем будущее : Сборник статей IX Международной научно-практической конференции. – Пенза : Наука и просвещение, 2017. – С. 82–87.

3. Добровольский, М. В. Жидкостные ракетные двигатели. Основы проектирования : учебник для высших учебных заведений / М. В. Добровольский ; под ред. Д. А. Ягодникова. – 3-е изд., доп. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. – 461 с.

4. Are Aerospike Engines Better than Traditional Rocket Engines? – URL: <https://everydayastronaut.com/aerospikes/> (дата обращения: 25.10.2020).

*И. Л. Шаров, студент; Д. О. Антонов, студент; Е. А. Зарницына, ст. преподаватель
Южно-Уральский государственный университет
(Национальный исследовательский университет), Челябинск*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛООБМЕННЫХ УСТРОЙСТВ РКТ

Рассматривается экспериментальная установка, предназначенная для исследования теплофизических характеристик теплообменных устройств РКТ.

Ключевые слова: экспериментальная установка, теплообменная установка, теплофизические характеристики.

Теплообменные устройства и их характеристики

Теплообменные устройства (ТОУ) в настоящее время широко применяются в ракетной и авиационной технике для охлаждения газов наддува конструкции летательных аппаратов, приборных отсеков [1]. ТОУ летательных аппаратов (ЛА), как и любой агрегат РКТ, должны обладать малыми габаритными размерами и массой, иметь меньшие гидравлические потери и высокую надежность работы.

Система наддува является одной из составляющих пневмогидравлической схемы (ПГС) ДУ, которая обеспечивает предпусковой наддув баков до давлений, необходимых для безаварийного запуска двигателей, а также основной наддув баков в полете от бортовых подсистем наддува [2]. Система наддува взаимосвязана со многими системами, улучшение ее характеристик оказывает существенное влияние на повышении эффективности ДУ и ракеты в целом.

Для наддува топливных баков могут применяться газобаллонные, испарительные, газогенераторные, химические системы с газифицированными основными компонентами.

В газогенераторных системах рабочим телом являются продукты сгорания компонентов топлива в газогенераторе. Параметры газа обычно отличаются от необходимых для безаварийной работы двигателя теплообменных устройств.

В современных системах жизнеобеспечения экипажа на космической станции, работа которых основана на физико-химических процессах регенерации отходов жизнедеятельности в исходные компоненты среды обитания, часто используются ТОУ различного целевого назначения. Данные аппараты предназначены для организации процессов теплообмена, осложненного в ряде случаев процессами массообмена и фазовыми переходами между технологическими потоками, циркулирующими в системах.

Выбор ТОУ осуществляется по следующим эксплуатационным особенностям: широкий интервал температур и давлений теплоносителей, различное сочетание фазового состояния рабочих сред, значительные ускорения и вибрации, нестационарные режимы работы, весовые и объемные ограничения, надежность работы, простота изготовления, технологичность изготовления. Такой широкий и жесткий спектр условий требует того, чтобы ТОУ были высокоэффективными и надежными, а также небольшими и легкими.

Одно из требований, предъявляемых к агрегатам РКТ, – компактность.

Компактность является залогом высокой эффективности теплообменной поверхности (площадь поперечного сечения канала компактной поверхности мала, а коэффициент теплоотдачи всегда изменяется обратно пропорционально эквивалентному диаметру канала) и является необходимым условием для ЛА. С увеличением компактности ТОУ, как правило, уменьшается удельный расход металла на единицу передаваемого тепла.

Экспериментальное исследование

Объектом экспериментального исследования является ТОУ, применяемое в газогенераторной системе наддува двигательной установки, представляющее собой компактный дисковый ТО (ДТО).

В рассматриваемом ТОУ высокая эффективность теплообмена на поверхности достигается вследствие малых диаметров каналов и их своеобразной геометрии, способствующей получению более высокого коэффициента теплоотдачи при данном расходе теплоносителя.

Данный ТОУ относится к группе пластинчатых [3], так как по сравнению с кожухотрубными они более компактны, менее металлоемки, однако отличаются большими потерями давления потоков теплообменных сред и ограниченными возможностями применения при повышенных температурах и давлениях.

Необходимость экспериментально-теоретического уточнения расчетных методик является актуальной задачей, которая позволит существенно снизить материальные и временные затраты на эскизное проектирование, испытания и доводку образцов агрегатов двигателей летательных аппаратов.

Для решения поставленных задач разработана и изготовлена экспериментальная установка (ЭУ) (рис. 1), которая предназначена для детального изучения отдельных процессов, протекающих в реальном объекте (ДТО) [4]. Цель экспериментальных исследований – определение температур, давлений и расходов теплоносителей на выходе из ТОУ.



Рис. 1. Экспериментальная установка

Данная ЭУ входит в состав учебно-исследовательского лабораторного комплекса «Теплогидравлические испытания элементов жидкостных ракетных двигателей малой тяги космических летательных аппаратов для посадки на астероиды», который предназначен для исследования узлов и агрегатов, применяемых в жидкостных ракетных двигателях малых космических летательных аппаратов (теплообменные устройства различного назначения с использованием жидкости и газа в качестве рабочих тел, контуры охлаждения элементов конструкции ЖРД, контуры термостатирования узлов ЖРД и других элементов космических аппаратов, перспективные системы газодинамического воспламенения компонентов топлива в камерах сгорания и газогенераторах ЖРД).

ЭУ работает на сжатом воздухе и воде хозяйственно-питьевого и промышленного назначения (по ГОСТ Р 51232–98 «Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества»). Основные характеристики ЭУ приведены в таблице.

Основные характеристики ЭУ

Давление подачи воздуха, МПа (изб.)	от 0 до 2,5
Давление подачи воды, МПа	от 0,1 до 0,6
Давление сжатого воздуха на входе в ЭУ, МПа	от 1,0 до 3,5
Максимальная температура подогрева воздуха, °С	180
Потребляемая мощность, не более, кВт	7,0
Рабочая емкость бака для воды, л	100

ПГС ЭУ представлена на рисунке 2.

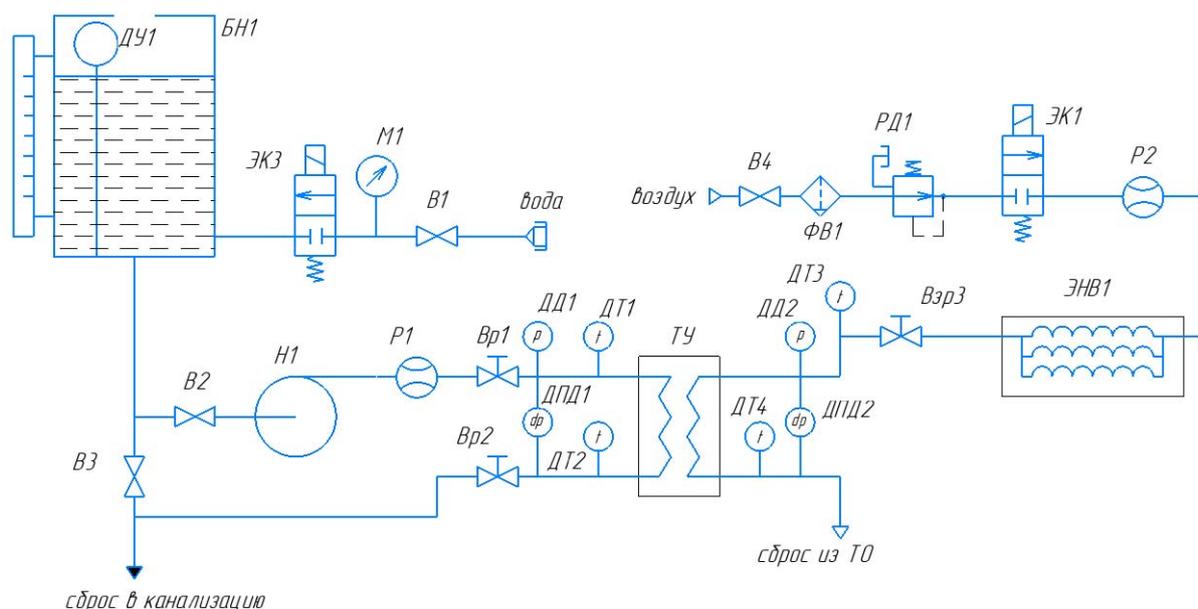


Рис. 2. Пневмогидравлическая система ЭУ: вентили – В1-4; манометры – М1; электроклапаны – ЭК1-3; датчик уровня жидкости– ДУ1; датчики давления – ДД1-4; датчик перепада давления– ДПД1, ДПД2; насос с частотным регулированием – Н1; бак накопительный – БН1; вентили регулирующие – Вр1-3; расходомеры – Р1-2; регулятор давления – РД1; электроклапаны – ЭК1, 3; электронагреватель – ЭНВ1; датчики температур – ДТ1-4; дисковый теплообменник – ТУ

Вода подается в БН1 с помощью Н1 из системы центрального водоснабжения. Для исследования динамики теплофизических характеристик холодного теплоносителя перед и после агрегата установлены датчики давления и температуры. После агрегата происходит сброс воды в канализационную систему.

Воздух поступает с давлением около 2,5 МПа и нагревается в электрическом нагревателе. Для исследования динамики теплофизических характеристик горячего теплоносителя перед и после агрегата устанавливаются датчики давления и температуры.

В ЭУ измеряемыми параметрами являются температуры и давления теплоносителей, контролируемые – расходы.

В установке предусмотрена система управления (сбор данных с датчиков, архивация, управление и архивация) LMS Scadas Recorder.

Панель управления ЭУ представлена на рисунке 3.

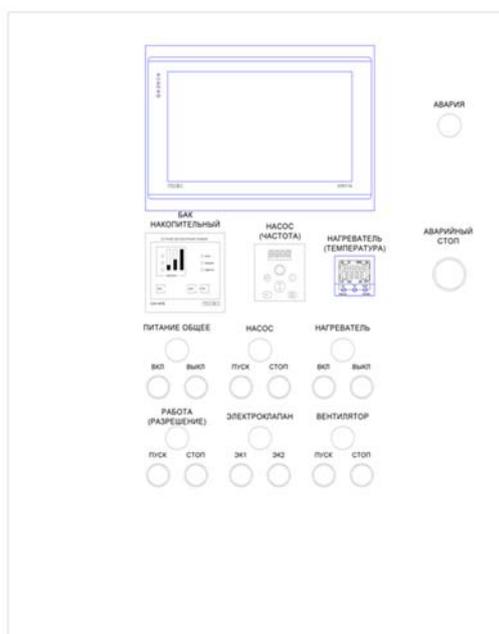


Рис. 3. Панель управления ЭУ

Для проведения исследований теплофизических характеристик ДТО следует придерживаться следующего алгоритма работы ЭУ.

1. Открываются соответствующие вентили подачи теплоносителей.
2. На ПИД-регуляторе нагревателя устанавливается значение температуры воздуха на выходе нагревателя.
3. Нажимается кнопка «ПУСК РАБОТА (РАЗРЕШЕНИЕ)» для запуска программы контроля параметров испытаний и разрешения работы насоса и нагревателя.
4. Включается частотный привод при помощи кнопки «НАСОС ПУСК» на панели управления.
5. Выставляется необходимый расход жидкости при помощи настройки частоты вращения колеса насоса на панели управления частотного регулятора, ручных вентилях на магистрали воды.
6. Включается вытяжной вентилятор.
7. Включается подача сжатого воздуха, настраивается объемный расход воздуха через теплообменник при помощи ручных вентилях регулировки расхода.
8. Включается нагреватель при помощи кнопки «ВКЛ НАГРЕВАТЕЛЬ».
9. Производится визуальный контроль основных параметров процесса испытаний (давление, температура, расход), одновременно производится запись данных параметров в память контроллера.
10. По достижении установившихся значений параметров процесса производится некоторая временная выдержка, после чего нагреватель отключается кнопкой «ВЫКЛ НАГРЕВАТЕЛЬ».
11. Производится продувка нагревателя сжатым воздухом до снижения значения температуры на выходе нагревателя ниже $+800\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом можно дополнительно открыть дренажный кран для ускорения процесса остывания нагревателя.
12. Выставляется минимальная частота вращения (нулевая) при помощи настройки частоты вращения колеса насоса на панели управления частотного регулятора.
13. Выключается частотный привод при помощи кнопки «НАСОС СТОП» на панели управления.
14. Нажимается кнопка «СТОП РАБОТА (РАЗРЕШЕНИЕ)» для запрещения работы насоса и нагревателя.
15. Отключается вытяжной вентилятор.

После проведения испытаний производится сброс полученных данных от контроллера через интерфейс на компьютер с соответствующим программным обеспечением (приложение Microsoft Office Excel), после чего производится обработка данных.

После всех вышеперечисленных пунктов выключается электропитание комплекса, отключаются вода и сжатый воздух.

После окончания эксперимента и отключения энергоносителей комплекса производятся следующие мероприятия.

1. Проводится визуальный осмотр комплекса и испытываемых агрегатов на предмет выявления внешних механических повреждений.
2. Производится осмотр соединений на предмет отсутствия утечек воды.
3. Производится демонтаж испытываемого агрегата с учетом мер предосторожности (отсутствие воздуха и воды под давлением, температура агрегата ниже $+500\text{ }^{\circ}\text{C}$).
4. Производится запись в журнале испытаний с отметками о техническом состоянии комплекса и испытываемого агрегата после испытаний, об основных результатах испытаний, с указанием должности и ФИО руководителя и исполнителей испытаний.

В процессе исследования записываются следующие показания датчиков:

- температура воздуха на входе в ДТО (1 точка замера);
- температура воды на входе в ДТО (1 точка замера);
- температура воздуха на выходе из ДТО (2 точка замера);
- температура воды на выходе из ДТО (2 точка замера);
- давление воздуха на входе в ДТО (1 точка замера);
- давление воды на входе в ДТО (1 точка замера);
- давление воздуха на выходе из ДТО (2 точка замера);
- давление воды на выходе из ДТО (2 точка замера).

Выводы

Агрегаты РКТ работают в основном на токсичных, агрессивных компонентах топлива (ДТО работает на газе (продукты сгорания НДМГ и АТ) и АТ, поэтому существует необходимость в теоретических методах исследования (создание математической модели и виртуального испытательного стенда). Данный эксперимент необходим для верификации последних.

Экспериментальное исследование существенно дороже теоретических, но они обычно позволяют получить конкретную и надежную информацию.

Результаты проведенных исследований позволят провести проверку адекватности математических моделей процессов в ТОУ с последующим выбором оптимальной по конструкции ТОУ применяемых в ракетно-космической технике.

Список литературы

1. Кошкин, В. К. Теплообменные аппараты и теплоносители / В. К. Кошкин, Э. К. Калинин. – Москва : Машиностроение, 1971. – 200 с.
2. Беляев, Н. М. Системы наддува топливных баков ракет. – Москва : Машиностроение, 1976. – 336 с.
3. Зингер, Н. М. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения / Н. М. Зингер, А. М. Тарадай, Л. С. Бармина. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 256 с.
4. Ваулин, С. Д. Теория инженерного теплофизического эксперимента / С. Д. Ваулин, И. А. Волошина. – Челябинск : Издательство ЮУрГУ, 2005. – С. 301.

Секция 2. СТРЕЛКОВО-ПУШЕЧНОЕ ВООРУЖЕНИЕ, БОЕПРИПАСЫ И ВЗРЫВАТЕЛИ

УДК 623.4.01

Е. Д. Антоненко, В. В. Егоров, И. А. Кудряшова, А. В. Филенко
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Санкт-Петербург

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕШЕНИЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ИЗГИБА АРТСТВОЛОВ

Изложены результаты исследовательской работы, которая заключается в повышении жесткости ствола артиллерийского орудия (на примере 130-мм корабельной пушки) с помощью трех разных конструкций. В статье приводятся полученные для каждого случая характеристики изгиба, и сделаны выводы о дальнейших направлениях исследования.

Ключевые слова: ствол, жесткость, стрела прогиба, статический изгиб.

Развитие ствольной артиллерии неизменно связано с повышением могущества. Одним из способов повысить могущество является увеличение начальной скорости снаряда, которое может быть достигнуто как за счет роста давления пороховых газов, так и удлинения пути снаряда по каналу ствола. Последнее неизбежно ведет к увеличению общей длины ствола, под которым будем понимать ствольную метательную трубу.

Не является исключением из этой тенденции корабельная артиллерия среднего калибра. Так, например, длина ствола наиболее совершенных иностранных орудий калибра 127 мм достигала величины в 64 калибра (OtoMelara 127/64 Lightweight) вместо ранее бывших стандартом стволов в 54 калибра (OtoBreda 127mm/54 Compact, 5"/54 Mark 45 и др.). В этой связи целесообразно говорить о том, что увеличение длины ствола остается не исчерпанным до конца способом улучшения баллистических характеристик корабельных орудий среднего калибра.

Однако удлинение ствола приводит к снижению его жесткостных характеристик, что негативно сказывается на кучности стрельбы. Чтобы решить данную проблему Егоровым В.В., старшим преподавателем кафедры «Е1» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, были предложены несколько концептуальных конструкций ствола, которые были исследованы студентами студенческого конструкторского бюро факультета «Е» БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Анализ базы «Яндекс. Патенты» показал, что исследователи активно занимаются модернизацией ствольных систем, в том числе и повышением жесткости ствола. Ниже приведены некоторые примеры:

– Патент RU 2 703 660 С1 (рис. 1): «...ствол нарезной содержит ребра жесткости, выполненные над дном нарезов с шагом, соответствующим нарезке ствола. Технический результат – уменьшение вибрации и износа ствола, повышение точности и дальности стрельбы» [1].

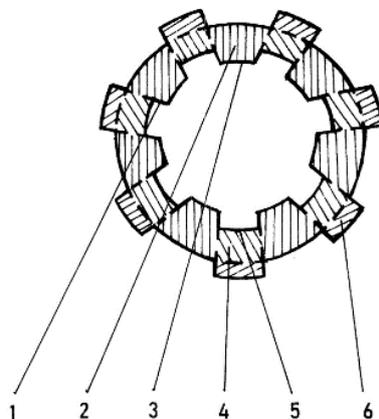


Рис. 1. Поперечное сечение ствола по патенту RU 2 703 660 С1

– Патент RU 2 610 238 C2 (рис. 2): «Ствол огнестрельного оружия (варианты). ... ствол предварительно подвергается растягивающему усилию (перенапрягается). Величина перенапряжения ствола задается такой, чтобы ее величина находилась в зоне упругих деформаций. Растягивающее усилие передается на кожух, в котором возникают сжимающие усилия, ... (которые) также находятся в зоне упругих деформаций...» [2].

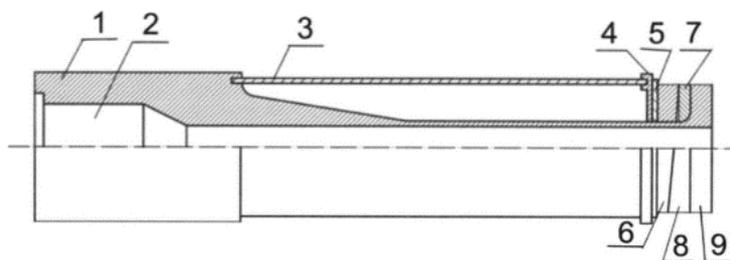


Рис. 2. Продольное сечение ствола по патенту RU 2 610 238 C2

– Патент RU 2 524 286C1 (рис. 3): «... ствол полностью или частично выполнен составным трехслойным (с натягом или без), то есть труба в трубе без зазора. Наружная труба выполнена из материала с наибольшей из этих четырех слоев теплопроводностью и имеет оребрение. Достигается уменьшение термического расширения внутреннего диаметра ствола ...» [3].

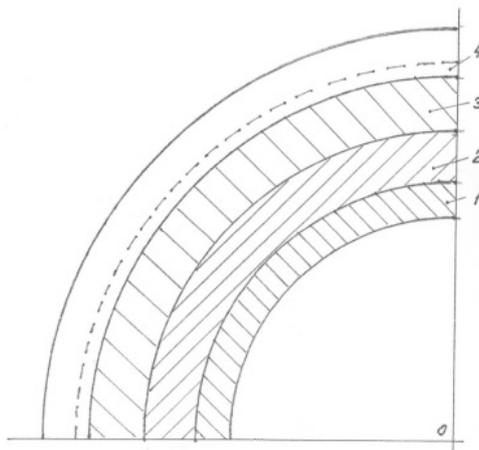


Рис. 3. Поперечное сечение ствола по патенту RU 2 524 286 C1

В нашей работе оценивались статический изгиб удлиненного ствола 130-мм корабельного орудия (рис. 4), т.е. прогиб под собственным весом, масса конструкции и напряжения в ней от изгиба. Перед командой встала задача повысить жесткость конструкции, уменьшив стрелу прогиба удлиненного ствола с 9,7 (классическая конструкция) до 4,1 мм (штатный ствол).

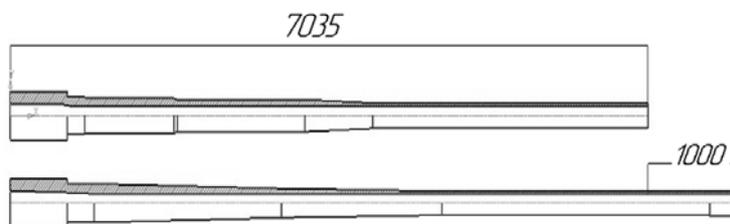


Рис. 4. Эскизы стволов штатного и увеличенной длины

Было рассмотрено 3 конструктивных варианта решения данной проблемы с учетом того, что ствол под действием силы тяжести изгибается в вертикальной плоскости (конечно при выстреле происходят колебания как вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях, но на первом этапе исследования было решено остановиться только на статическом изгибе):

1. Ствол со стальным коробом (рис. 5), где на боковых гранях выполнены отверстия для уменьшения массы конструкции, т.е. на увеличение жесткости работают в первую очередь верхняя и нижняя грани короба.

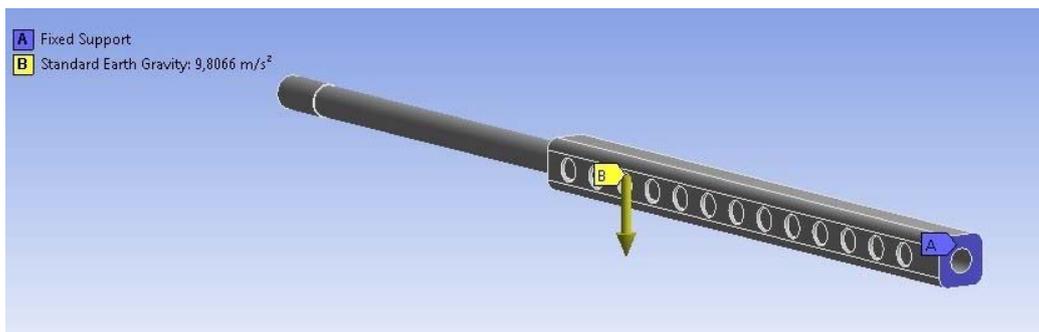


Рис. 5. Конструкция ствол со стальным коробом

Из расчетов видно (рис. 6), что жесткость значительно увеличилась, однако дополнительная масса конструкции (короба) также значительна. Поэтому необходимо оптимизировать короб автоматически, варьируя параметры: толщину стенки, количество отверстий и длину короба – добиться минимальной стрелы прогиба и минимальной массы.

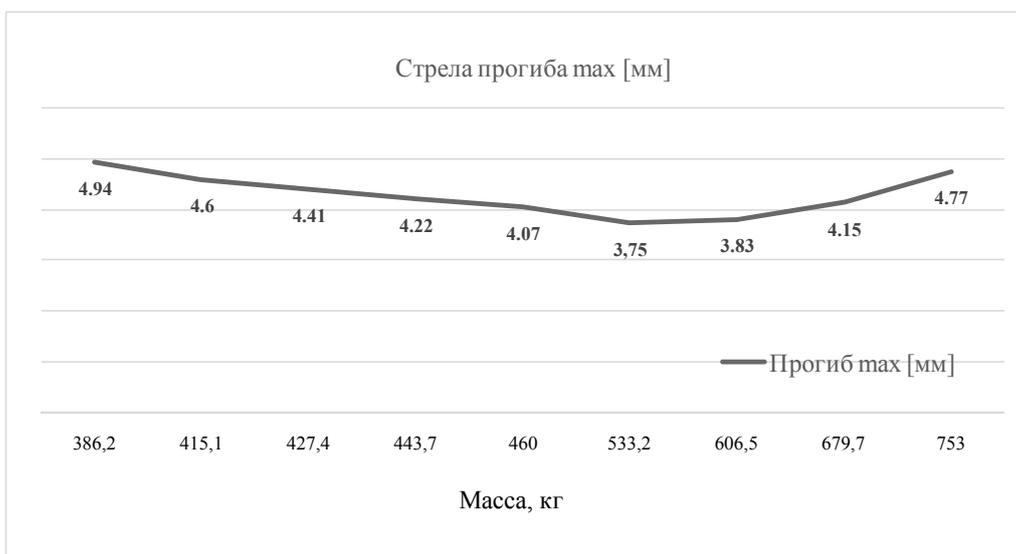


Рис. 6. Зависимость стрелы прогиба от массы короба

2. Ствол со стержневым каркасом (рис.7), где каркас – это два или три стальных кольца, в которые вставлены 6–8 стержней – сверху и снизу (из тех же соображений, что и в первом варианте, по бокам стержни отсутствуют).

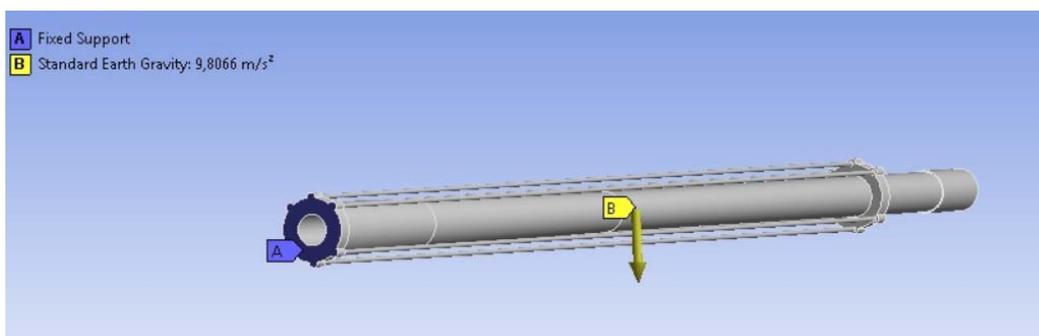


Рис. 7. Расчетная схема ствол со стержневым каркасом

На рис. 8 видно, что конструкция со стержневым каркасом дает наименьший прогиб Δ равный 5,5 мм при 8 стержнях на 2 опорах. При этом изгиб самих стержней составляет $\Delta = 25,5$ мм. Добавленная промежуточная 3-я опора (кольцо) поддерживает стержни и снижает деформации, но стрела прогиба дульного среза при этом резко увеличивается.

Так же, как и для первой конструкции в будущем необходимо провести автоматическую оптимизацию, меняя параметры: толщину и длину стержней, количество опор; рассчитать напряжения, возникающие в стержнях – то есть проверить их на прочность.

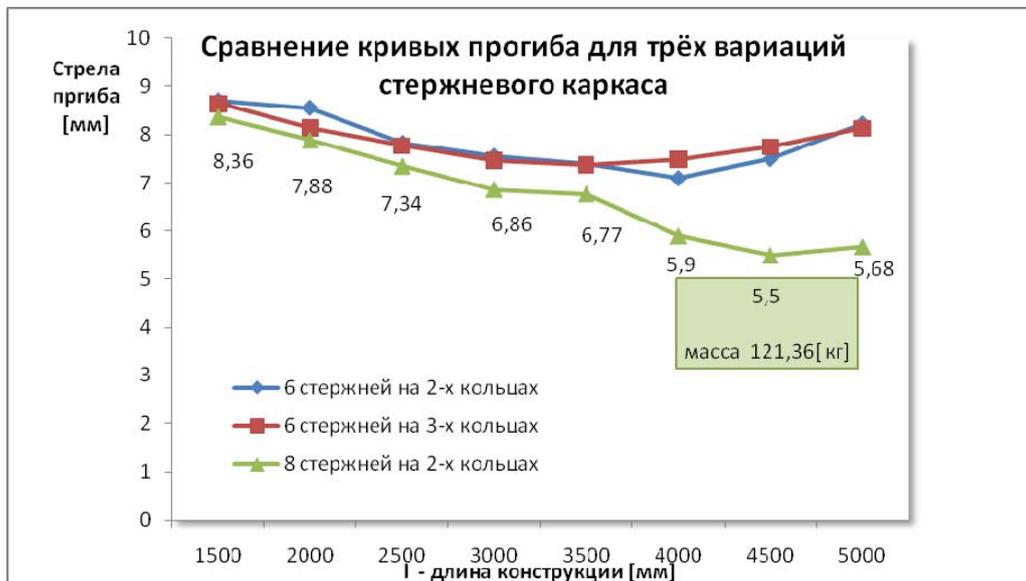


Рис. 8. Зависимость стрелы прогиба от длины стержневой конструкции

3. Ствол с одетым в натяг несущим алюминиевым кожухом (рис. 9).

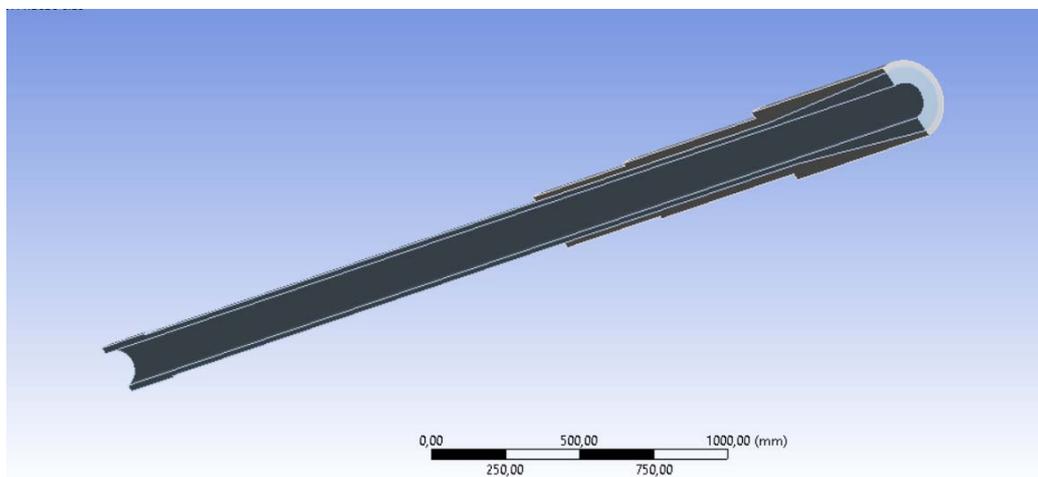


Рис. 9. Конструкция ствола с несущим алюминиевым кожухом

Отметим, что в этом варианте наличие алюминиевого кожуха (предполагается использовать алюминиевый сплав В95), имеющего высокие прочность и теплопроводность, позволяет также улучшить охлаждение ствола (что даст возможность ужесточить огневые режимы).

Из данных внутрибаллистического расчета для ствола известны значения нагрузки от давления пороховых газов. Максимальное его значение приходится на участок ствола, на котором надета первая от казенной части ступень кожуха.

Поверхность исходного ствола здесь коническая (длина ее фиксированная – 2500 мм). Для посадки кожуха с натягом заменим ее на цилиндрические ступени с диаметрами d_1 и d_2 , подбирая их длину из условия требуемой поперечной прочности ствола. Чем длиннее участок с большим диаметром d_1 , тем прочнее ствол в опасном сечении. При длине участка d_1 равной 900 мм действующие напряжения

выше предела упругого сопротивления – 1122 МПа. С помощью ручной оптимизации получим требуемую длину – 1700 мм, снизив напряжения до 808 Мпа.

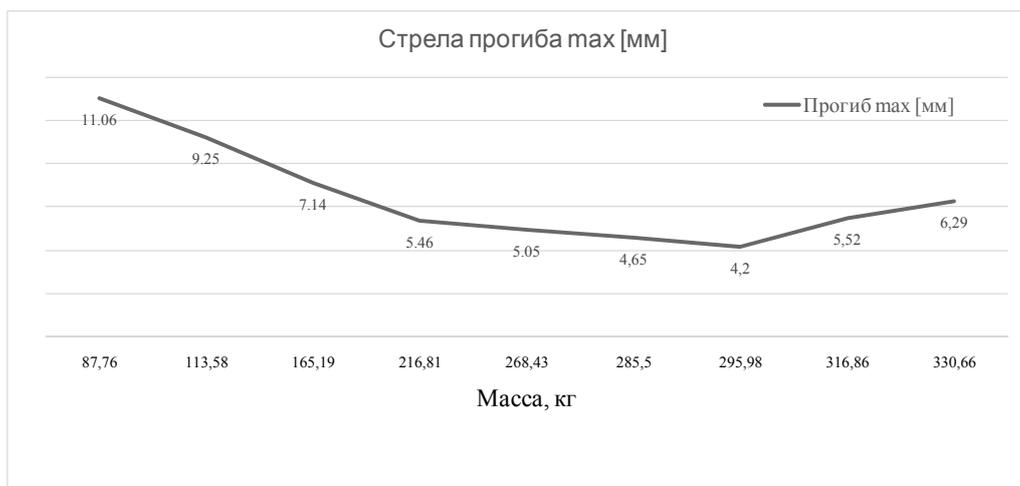


Рис. 10. Зависимость стрелы прогиба от массы алюминиевого кожуха

На основе рассмотрения данных конструкций можно сделать ряд выводов:

- все конструкции позволяют существенно уменьшить стрелу статического прогиба (наилучший результат при ручной оптимизации получен для ствола с коробом);
- все конструкции обладают приемлемой массой (наименьшая у ствола со стержневым каркасом);
- напряжения для ствола с алюминиевым кожухом остаются в допустимых пределах;
- дополнительно требуется автоматическая оптимизация параметров; исследования, связанные с напряжениями, экономико-технологической оценкой вариантов и способами коррозионной защиты пар сталь-алюминий.

Список литературы

1. Пат. RU 2703660 С1 Российская Федерация, МПКF41А 21/18В23В 41/02.Ствол нарезной [Текст] / Денисов В. А.; патентообладатель Денисов В. А. – № 2019100977; заявл. 16.01.2019; опубл. 21.10.2019, Бюл. № 30. – 7 с.
2. Пат. RU 2610238 С2 Российская Федерация, МПКF41А 21/00F41А 21/44.Ствол огнестрельного оружия [Текст] / Пастухов Е. Г.; патентообладатель Пастухов Е. Г. – № 2015127090; заявл. 06.07.2015; опубл. 08.02.2017, Бюл. № 4. – 17 с.
3. Пат. RU 2524286 С1 Российская Федерация, МПКF41А 21/00F41А 21/02.Ствол Староверова [Текст] / Старовер Н. Е.; патентообладатель Старовер Н. Е. – № 2013107308/11; заявл. 19.02.2013; опубл. 27.07.2014, Бюл. № 21. – 7 с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ И ПРЕДПОСЫЛКИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА УСТРОЙСТВА
ДЛЯ РАЗРЯЖАНИЯ МИНОМЕТОВ

Проводиться анализ технических и тактических характеристик миномета в современных условиях боевого применения. Раскрываются положительные и отрицательные стороны минометов в современном высокотехнологичном противостоянии. Рассмотрены варианты технических схем устройств, способных помочь расчету миномета для извлечения осечной мины.

Ключевые слова: разряжание миномета, преимущества миномета, недостатки миномета, причины осечек миномета, устройство для разряжания миномета.

Анализ вооруженных конфликтов последних десятилетий показывает, что значительную роль в поражении противника продолжает играть огонь артиллерии, эффективность которой значительно возрастает во взаимодействии с современными системами обнаружения противника. Обладая существенно низкой себестоимостью доставки средств поражения к цели при дополнительной информации о местонахождении противника, наличии электронных средств расчета углов наведения артиллерийские системы продолжают удерживать пальму первенства по огневому поражению противника на поле боя. Специалисты ГРАУ считают, что ракетные войска и артиллерия в будущем смогут удержать за собой звание главной огневой и ударной силы сухопутных войск [1].

Любое средство поражения имеет свои положительные и отрицательные качества, и, как правило, тактика применения этого образца вооружения основана на эффективном использовании его сильных качеств и нивелирования слабых сторон. Рассматриваемое в нашей статье одно из средств поражения противника специализируется на ближних и средних расстояниях, поддерживающие своим огнем подразделения на тактическом уровне – минометы.

Минометы – гладкоствольные орудия, стреляющие невращающимися оперенными снарядами – минами. Минометы – один из самых распространенных видов вооружения. Стрельба навесным огнем является их главной отличительной особенностью. Основными целями минометов являются живая сила противника и его огневые средства, расположенные на открытой местности, в укрытиях, за обратными скатами высот, в лесу [2].

Качество миномета, определившее его распространенность на рынке вооружения, – небольшой вес при значительном могуществе используемого боеприпаса. К примеру, 120-мм миномет образца 1943 г. в девять раз легче близкой к нему по калибру 122-мм гаубицы образца 1938 г. и в двадцать два раза легче 122-мм пушки образца 1931/1937 гг. Как правило, миномет представляет из себя трубу на опорной плите-подставке, которая может быть установлена под углом от 45 до 85 ° к горизонту. Заряжание миномета в основном производится с дульной части трубы, оперением вниз, после чего сила притяжения выполняет оставшуюся работу – мина, ограниченная по горизонтали стенками трубы, своим патроном с вышибным зарядом точно ударяется о боек; в результате воспламенения вышибного заряда в замкнутом пространстве создается избыточное давление, выбрасывающее мину из трубы, при этом она летит по крутой дуге на расстояние до 2–3 км.

Основными преимуществами миномета являются следующие.

1. Минометы различных калибров являются штатным вооружением многих подразделений различного уровня, применяются в различных задачах в основном в качестве оружия подавления живой силы противника: слабая защищенность живой силы противника на открытых территориях и лесных массивов от огневого воздействия минометов является серьезным аргументом в сдерживании противника.

2. Минометы являются лидерами по отношению боевая эффективность/цена в сравнении с другими артиллерийскими ствольными системами.

3. Высокая оперативная мобильность: минометные системы можно переносить силами расчета. 51-мм минометный комплекс FLY-K, состоящий на вооружении армий Бельгии и Франции, разработанный и принятый на вооружение в 80-х годах прошлого столетия, весит меньше 5 кг и обладает

боевыми характеристиками, не уступающими современным образцам вооружения, вследствие чего до сих пор пользуется спросом на рынке вооружения.

4. Легкость применения минометов, отсутствие надобности больших сроков подготовки минометного расчета.

5. Относительно высокая скорострельность миномета, возможность в кратчайшие сроки перенести огонь с одного сектора на другой.

6. Большая мощность боеприпаса (мины) и относительно высокая точность стрельбы.

7. Постоянная готовность к открытию огня без долгой подготовки к стрельбе.

8. Возможность скрытого ведения огня: закрытая огневая позиция и малая сила звука при выстреле затрудняют обнаружение противником расчета.

9. Всепогодность использования.

10. Нераспространенность систем противовоздушной обороны способной уничтожать мины на подлете к цели.

При всех преимуществах у минометов имеются и недостатки, к которым относятся:

1. Возможность поражения своих войск при уменьшении радиуса безопасного удаления.

2. Невысокая тактическая мобильность, связанная с временем, необходимым для перевода миномета из боевого положения в походное для перемещения на безопасные расстояния с целью выхода из зоны поражения противника при контрбатарейной борьбе.

3. Осечки при стрельбе и невозможность быстрого извлечения мины из миномета, приводящие к уменьшению плотности огня и большего времени нахождения в зоне вероятного поражения противником.

При осечке миномета необходимо остановить стрельбу и выждать не менее одной минуты. После этого заряжающий должен нанести пару ударов по трубе деревянной палкой (например, банником, черенком) для устранения возможного недохода мины до крайнего нижнего положения, затем выжидают не менее одной минуты. Если выстрела не произошло, расчет миномета должен приступить к его разряжанию.

Разряжание 82-мм миномета производится в следующей последовательности [3]:

– нажать с помощью отвертки, вставленной в шлиц, на водило, выведя таким образом стопорящий конец последнего из паза бойка, и повернуть водило на 180° в любую сторону в положение Р, боек опустится вниз – контакта между капсюлем осечной мины и бойком не будет;

– поставить предохранитель от двойного заряжания в положение «открыто»;

– ослабить крепление трубы в хомуте и повернуть трубу, не меняя направление стрельбы, так, чтобы шаровая пята корпуса казенника вышла из соединения с опорной плитой;

– отделить трубу от плиты и, удерживая лафет-двуногу, осторожно поднять казенную часть трубы для получения небольшого угла склонения в сторону дульного среза, при этом заряжающий охватывает ладонями обеих рук дульный срез трубы для удержания мины от падения на землю;

– при выходе мины из трубы заряжающий должен осторожно взять ее руками за центрующее утолщение, пропустив взрыватель между ладонями, вынуть мину из трубы и передать ее подносчику.

Во избежание случайного выстрела категорически запрещается опускать казенную часть трубы до извлечения мины.

После разряжания необходимо [4]:

– осмотреть канал трубы, удалить посторонние частицы из него, если они имеются;

– произвести взвод бойка поворотом водила на 180° в любую сторону в положение С, опустить трубу казенником на опорную плиту, ввести шаровую пята корпуса казенника в гнездо подпятника плиты. Повернуть трубу белой линией вверх и подтянуть крепление трубы в хомуте;

– исправить наводку миномета и продолжать стрельбу;

– осмотреть мину для установки причины осечки.

Основными причинами осечек миномета являются: загрязнение центрирующего утолщения мины; неправильная постановка хвостового патрона в трубку стабилизатора; загрязнение канала ствола остатками основного и дополнительного зарядов, нагаром, копотью; загрязнение бойка; выпадение в канал ствола плохо укрепленного на трубке стабилизатора дополнительного заряда; износ бойка; отказ капсюля хвостового патрона; нецентральный накол капсюля.

В современных условиях боя любые задержки на позициях, с которых уже проведена стрельба, могут привести к уничтожению расчета и миномета в результате контрбатарейной борьбы противника. Возможно ли использовать какое-нибудь простое устройство для быстрого и безопасного извлечения мины из трубы миномета? Для ответа на этот вопрос нам необходимо рассмотреть возможные принципиальные схемы извлечения мины при осечке. Воздействовать на мину возможно или с дуль-

ной части трубы, или с казенной части, причем с казенной части воздействие возможно с использованием жидкости или газа, подача которых создаст необходимое избыточное давление, приведшее к выбрасыванию мины из трубы в безопасном направлении. При этом необходимо иметь источник указанного давления или создать его в замкнутом пространстве с использованием химической реакции. Использование пиропатрона для извлечения осечной мины было бы возможно при наличии специальной камеры в казенной части миномета, но в современных минометах такой камеры не предусмотрено, а ее установка возможна только в заводских условиях.

Воздействовать на мину с дульной части трубы также возможно, но требует установки на срезе трубы механизма, способного захватить мину со стороны взрывателя. Профиль мины, продиктованный требованиями баллистики, не имеет выступов, использование которых было бы возможно для захвата мины с дульной части механическим способом, но в то же время корпус мины, изготовленный из стали, имеет хорошие магнитные свойства, вследствие чего возможно использование постоянных магнитов или электромагнитов. Одним из самых сильных постоянных магнитов является неодимовый магнит. Такие магниты имеют химическую формулу $Nd_2Fe_{14}B$ и обладают исключительной плотностью магнитной энергии, достигающей 512 кДж/м^3 . Несколько таких небольших магнитов способны с легкостью извлечь мину, но не стоит забывать, что и труба миномета обладает такими же магнитными свойствами, что требует применения жесткой конструкции, фиксирующей взаимное расположение магнитов относительно трубы, взрывателя и корпуса мины. При взаимодействии с миной корзина, притягиваясь, может спровоцировать удар по мине в районе корпуса, вследствие чего может сработать хвостовой патрон мины и произойдет выстрел.

Исходя из этого можно сделать вывод, что любое воздействие на мину с дульной части трубы должно проходить дистанционно с целью обеспечения безопасности расчета миномета, а воздействие с казенной части более безопасно, так как при внезапном срабатывании хвостового патрона мина покинет трубу в безопасном направлении.

Список литературы

1. Перспективы развития ракетно-артиллерийского вооружения Сухопутных войск РФ // Военное обозрение, 14 февраля 2019. – URL: <https://topwar.ru/154014-perspektivy-razvitiya-raketno-artillerijskogo-vooruzhenija-suhoputnyh-vojsk-rf.html> (дата обращения: 07.11.2020).
2. Боевое применение артиллерийских /минометных/ подразделений в горах. – Санкт-Петербург: ВАУ, 1999.
3. 82-мм миномет 2Б14-1. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / Министерство обороны СССР. – Воениздат, 1990.
4. Литвин, Ю. Управление огнем взвода 82-мм минометов при выполнении огневых задач учеб. пособие. – 2002.

Н. Д. Головин, А. Ю. Гончаров
Филиал ВА МТО, Пенза

40-ММ ПОДСТВОЛЬНЫЙ ГРАНАТОМЕТ ГП-25 (6Г15) «КОСТЕР»

Рассматривается история создания и применения советского 40-мм подствольного гранатомета ГП-25 «Костер».

Ключевые слова: гранатомет, ГП-25.

Введение

ГП-25 «Костер» – советский однозарядный подствольный гранатомет, разработанный в конце 70-х гг. оружейниками тульского конструкторского бюро и специалистами московского ГНПП «Прибор». Это оружие предназначено для поражения живой силы противника, находящейся открыто или укрывшейся в окопах, траншеях, за складками местности. Подствольный гранатомет ГП-25 предназначен для установки на различные виды автоматов Калашникова калибра 7,62 и 5,45 мм. ГП-25 «Костер» – это нарезное дульно-зарядное оружие.

Боевым крещением этого гранатомета стала Афганская война, во время которой ГП-25 показал себя надежным и эффективным оружием. После этого были многочисленные конфликты на постсоветском пространстве, в том числе и две чеченские кампании. В настоящее время подствольный гранатомет ГП-25 активно используется всеми сторонами гражданского конфликта в Сирии.

ГП-25 был принят на вооружение в 1978 г., тогда же началось и его серийное производство. Это оружие до сих пор находится в эксплуатации российской армии; кроме того, ГП-25 используется украинскими и болгарскими вооруженными силами. Выпуск гранатомета продолжается и в наши дни.

История создания

Предшественниками современных подствольных гранатометов можно считать так называемые винтовочные гранаты, которые появились в канун Первой мировой войны. Хотя идея использования штатного огнестрельного оружия пехотинца для метания ручных гранат гораздо старше: еще в XVIII столетии были придуманы специальные воронки, которые надевались на ствол мушкетов. С их помощью в гущу войск противника забрасывались различные взрывоопасные предметы. Чаще всего подобное оружие использовалось при обороне крепостей их гарнизонами.

Во время Первой мировой войны ручная граната стала одним из основных средств поражения живой силы противника как в наступлении, так и в обороне. Во время позиционных боев окопы противоборствующих сторон нередко находились на расстоянии броска ручной гранаты, поэтому солдаты стали придумывать различные способы, как бросить гранату дальше и точнее. Первоначально использовались различные пращи и катапульты. Однако очень скоро им на смену пришли винтовочные гранаты.

Еще одной причиной появления этого оружия стала «мертвая» зона между максимальной дальностью использования ручных гранат (примерно 50 м) и минимальной дистанцией минометного огня (от 150 м). Подавить вражеские огневые точки в этом диапазоне пехоте было абсолютно нечем, кроме огня стрелкового оружия, которое не всегда могло справиться с задачей.

Идея была очень проста: специальная граната вставлялась в ствол самой обычной серийной винтовки и с помощью холостого выстрела отправлялась в сторону неприятеля. Энергии выстрела вполне хватало, чтобы метнуть боеприпас на несколько десятков метров. Винтовочные гранаты имели несколько основных типов конструкций, оснащались взрывателями ударного или дистанционного действия. Для стрельбы винтовочными гранатами на ствол оружия устанавливались различные насадки, а также специальные прицельные приспособления.

Над совершенствованием винтовочных гранат конструкторы разных стран активно работали в период между двумя мировыми войнами. Этот вид оружия применялся и во Вторую мировую войну, но с ее окончанием он начал постепенно сходить со сцены. Главным минусом винтовочных гранат была невозможность использовать стрелковое оружие в штатном режиме до отстрела гранаты.

После окончания войны для вооружения пехоты начали разрабатывать легкие гранатометы, которые очень быстро стали весьма серьезным штурмовым оружием. Первопроходцами в этой области

были немцы, они освоили выпуск специальных гранат для сигнальных пистолетов. В 60-е гг. американцы создали ручной гранатомет М79, конструкция которого напоминала обычное охотничье ружье. Его ствол переламывался, и в него вставлялась граната. М79 имел деревянный приклад и специальные прицельные приспособления. Этот гранатомет и сегодня стоит на вооружении армии США. Американцы очень активно использовали его во Вьетнаме.

Однако подобное оружие хотя и обладало значительной огневой мощностью, но имело ряд серьезных недостатков, главным из которых являлась необходимость в дополнительном стрелковом оружии. М79 весил 2,7 кг и обладал довольно солидными габаритами, поэтому бойцу было неудобно носить (а тем более применять) его вместе с автоматической винтовкой или пистолетом-пулеметом. Решение этой проблемы витало в воздухе: в конце 60-х гг. армия США заключила контракт на создание подствольного гранатомета для винтовки М-16. Уже в 1970 г. опытная партия гранатометов отправилась во вьетнамские джунгли.

Советские военные очень быстро узнали о существовании нового американского оружия и захотели получить на вооружение его аналог. Нельзя сказать, что до этого момента в СССР никто не занимался разработкой подобных гранатометов (проект «Искра», например), но особого интереса они не вызывали. Разработка подствольного гранатомета была поручена сразу нескольким конструкторским бюро, но все опытные образцы не имели требуемых технических и эксплуатационных характеристик.

В числе разработчиков нового оружия было и тульское конструкторское бюро, имевшее богатый опыт создания охотничьего и боевого оружия. Непосредственно гранатометом поручено было заниматься конструктору-оружейнику В. Н. Телеше, работу он проводил совместно со специалистами московского ГНПП «Прибор». Результатом этого сотрудничества стал подствольный гранатомет ГП-25 «Костер», принятый на вооружение в 1978 г. Однако массовое производство этого оружия было развернуто только в 1980 г. после начала войны в Афганистане. В условиях реальных боевых действий этот гранатомет показал высочайшую надежность и эффективность.

Гранатомет можно было устанавливать на автоматы Калашникова любого калибра. Устройство ГП-25 было предельно простым, с минимумом подвижных частей, поэтому ломаться в нем было практически нечему. Бойцу нужно было просто вставить гранату в ствол, прицелиться и произвести выстрел. При этом стрельбу можно было вести и прямой наводкой, и по навесной траектории, поражая противников, скрытых за естественными преградами. Это было особенно важно во время боевых действий в горных условиях.

Во время боя солдат мог практически мгновенно переключиться с автомата на гранатомет. Особой подготовки для использования ГП-25 не требовалось, это оружие мог в кратчайшие сроки освоить любой боец. Гранатомет можно было использовать и в качестве средства огневой поддержки, и для различных штурмовых действий.

Обладая сравнительно небольшой массой (около 1,5 кг) и габаритами (330 мм), гранатомет имеет прекрасную прицельную дальность стрельбы и отличную скорострельность. Из ГП-25 не нужно извлекать использованные гильзы, проводить манипуляции с затвором, что значительно повышает его практическую скорострельность и выгодно отличает от иностранных аналогов. За минуту боец может сделать до пяти выстрелов. Дюльнозарядность и отсутствие гильзы – это однозначные преимущества советского гранатомета.

Но и это еще не все. В воспоминаниях воинов-афганцев тяжело найти хотя бы одно упоминание об отказе «подствольника». Стандартный боекомплект бойца состоял из десяти гранат, размещенных в двух матерчатых сумках, по пять штук в каждой. Располагались они по бокам туловища, что было весьма удобно и позволяло доставать гранаты практически в любом положении. Можно было взять дополнительный боекомплект, в этом случае количество выстрелов для ГП-25 увеличивалось до 20. Выстрелы ВОГ-25 и ВОГ-25П позволяли уверенно поражать вражескую пехоту на расстоянии до 400 м.

В 1989 г. на базе ГП-25 была разработана улучшенная модификация этого оружия – ГП-30 «Обувка». При его создании в полной мере учитывался опыт применения подствольных гранатометов в афганской кампании. ГП-30 получил новый прицел, который не требовал переключения по дальности, вес гранатомета уменьшился на 200 г, а скорострельность увеличилась до 10–12 выстрелов в мин. При этом следует отметить, что внешне ГП-25 и ГП-30 отличаются очень незначительно (рис. 1).

При использовании подствольного гранатомета бойцу следует учитывать некоторые нюансы. С «подствольником» автомат становится значительно тяжелее. Так, например, масса АК-74 возрастает до 5,1 кг. Кроме того, центр тяжести оружия смещается вперед. Однако «калашу» это идет только на пользу: утяжеленная передняя часть оружия не дает автомату так сильно «козлить» после выстрела, что повышает кучность стрельбы. Но в любом случае стрельба с подствольным гранатометом имеет свои отличия, и чтобы привыкнуть, нужна некоторая практика.



Гранатомет подствольный – ГП-25

Тактико-технические характеристики ГП-25	
Калибр	40 мм
Выстрел	ВОГ-25, ВОГ-25П
Масса оружия без выстрела	1,5 кг
Длина оружия	323 мм
Длина ствола	205 мм
Начальная скорость	78 м/с
Боевая скорострельность	4–5 выстр./мин
Макс. дальность стрельбы	400 м
	(настильной или навесной стрельбой)
Мин. дальность навесной стрельбы	200 м

Рис. 1. Подствольный гранатомет ГП-25.

Описание конструкции

ГП-25 – это однозарядный нарезной гранатомет, заряжаемый с дула. Оружие состоит из трех частей: казенника, ствола с креплением и прицелом, а также ударно-спускового механизма. Для переноски гранатомета его обычно разбирают на две части: ствол с прицелом и креплением, а также казенник с ударно-спусковым механизмом. В комплект гранатомета также входит специальный резиновый затыльник для приклада и инструменты для чистки и обслуживания оружия.

Длина ствола ГП-25 составляет пять калибров гранатомета (205 мм), он имеет 12 правосторонних нарезов, специальный подпружиненный фиксатор удерживает гранату в канале ствола.

Ударно-спусковой механизм ГП-25 куркового типа, самовзводной. Спуск гранатомета движется прямолинейно, с помощью зацепа он оттягивает назад курок и сжимает боевую пружину. Затем курок срывается с зацепа и досылает вперед ударник, который и разбивает капсулю гранаты. ГП-25 имеет флажковый предохранитель с двумя положениями, а также специальный механизм, который блокирует ударный механизм, в случае, если гранатомет неправильно установлен на автомате. Фиксатор в стволе также связан с ударным механизмом и если граната дослана не полностью, то совершить выстрел невозможно – блокируется ударник.

Для удобства стрелка ГП-25 оснащен пластиковой пустотелой рукояткой.

Прицельные приспособления гранатомета позволяют вести огонь прямой и полупрямой наводкой. Максимальная дальность как навесной, так и настильной стрельбы составляет 400 м.

Гранатомет можно разрядить при помощи специального экстрактора.

Стандартным выстрелом для ГП-25 является ВОГ-25, который изготовлен по безгильзовой схеме. Это означает, что и капсулю, и метательный заряд находятся внутри его корпуса (в донной части). Подобная схема позволила значительно упростить конструкцию боеприпаса, а также в несколько раз повысить скорострельность оружия.

Граната имеет стальной корпус, под которым находится картонная сетка, способствующая рациональному образованию осколков во время подрыва.

На внешней поверхности корпуса находятся готовые нарезы, которые придают боеприпасу вращательное движение. Именно с его помощью граната стабилизируется в полете.

Граната оснащена головным взрывателем контактного действия с дальним взведением и самоликвидатором. На боевой взвод боеприпас становится на дистанции 10–40 м от дульного среза. Самоликвидатор срабатывает через 12–14 с после выстрела.

Кроме боеприпаса ВОГ-25 ГП-25 может использовать «прыгающие» гранаты ВОГ-25П и гранату «Гвоздь» со слезоточивым газом. ВОГ-25П имеет специальный заряд, который срабатывает после столкновения гранаты с препятствием и подбрасывает ее на 0,5–1 м. И только потом срабатывает взрыватель.

ВОГ-25 имеет эффективный радиус поражения 5 м.

А. Ю. Гончаров, Н. Д. Головин
Филиал ВА МТО, Пенза

7,62-ММ СНАЙПЕРСКАЯ ВИНТОВКА ДРАГУНОВА

Данная статья посвящена истории создания 7,62-мм снайперской винтовке Драгунова, ее модификациям и их особенностям.

Ключевые слова: снайперская винтовка Драгунова, СВД, СВДМ, СВДС, СВДК.

История создания

В 1958 г. Драгунову поручается разработка новой полуавтоматической снайперской винтовки. Уже тогда, на годы вперед, советской военной наукой была сформулирована концепция боевой тактики снайперской войны: мобильная, с множественными объектами поражения, где требуется точный и скоростной прицельный огонь. В новых условиях снайпер уже не может работать по одиночной цели, длительное время выжидая ее в заданной точке. Появились новые задачи, которые ставили перед конструкторами жесткие требования.

Кроме высокой кучности винтовка должна обладать легкой, компактной конфигурацией, способной вести полуавтоматический огонь в любых боевых и климатических условиях: из укрытия, кабины наземного и водного транспортного средства, вертолета, в жару и мороз, в сухь и проливной дождь. Не каждому они оказались под силу. Уже тогда было ясно, что перед Драгуновым и его командой была поставлена задача создания не просто снайперской винтовки, но высокоточного стрелкового оружия оказания огневой поддержки на удаленных расстояниях.

Драгунов понимал, что для достижения столь жестких параметров ему придется искать компромисса путем минимизации допусков между подвижными деталями и сохранения относительно большой массы оружия с длинным стволом, с одной стороны. С другой стороны, допуски должны обеспечивать безотказность работы в сложных условиях: перепады температуры окружающей среды, повышенная влажность, запыленность и т.п. Что же касается повышения маневренности, винтовка, наоборот, должна быть короче и более легкой.

Особо важной была оптимизация работы газового двигателя. Для безотказности цикла перезарядки давление газов сгорания порохов должна быть по возможности высокой, но для точности огня, наоборот, более низкой. Вот такие непростые проблемы были призваны решать Драгунов и его коллеги. Снайперскую самозарядную винтовку образца 1958 г. Драгунов создает в том же году, когда был объявлен конкурс.

В итоге армейские спецы приняли верное решение, и их выбор пал на СВД. В 1963 г. СВД стала штатным оружием армейских снайперов.

Модификации

Отечественная оружейная промышленность продолжала развитие существующей конструкции с целью повышения основных характеристик и получения новых возможностей. В результате за полвека было создано сразу несколько винтовок, одни из которых следует считать модификацией СВД, а другие могут претендовать на звание самостоятельного образца. Рассмотрим пути развития базовой конструкции и результаты дальнейших конструкторских работ.

ОЦ-03 / СВУ

При всех своих положительных чертах и преимуществах винтовка СВД отличается достаточно крупными габаритами. Длина изделия без штыка-ножа превышает 1,2 м, что может затруднять его транспортировку. Особенно ярко такие проблемы проявлялись в воздушно-десантных войсках. В связи с этим еще в 70-х гг. появилось предложение о создании специальной модификации винтовки Драгунова, отличающейся сокращенными габаритами и большим удобством транспортировки.

Свой вариант укороченной СВД предложили оружейники тульского Центрального конструкторско-исследовательского бюро спортивного и охотничьего оружия (ЦКИБ СОО). Они определили, что существенное сокращение габаритов возможно только при использовании компоновки булл-пап. Новый проект с рабочим обозначением ОЦ-03 предусматривал перестройку СВД с применением такой

компоновки. Основные задачи были успешно решены. При использовании 520-мм ствола новая винтовка имела общую длину всего 900 мм.

СВДС

В 1991 г. завод «Ижмаш» осуществлявший серийный выпуск винтовок СВД, разработал новый вариант винтовки для десанта. Эта СВД получила название СВДС – «СВД складная».

Длина ствола была уменьшена с исходных 620 до 565 мм. Базовый целевой пламегаситель, отличавшийся большой длиной, заменили малогабаритной системой с достаточными характеристиками. Также проект СВДС предусматривал отказ от деревянного или пластикового приклада скелетной конструкции. Вместо него предлагалось использовать отдельную пластиковую пистолетную рукоятку и складываемый треугольный приклад. Последний построили на основе изогнутых металлических трубок, оснащенных затыльником и щекой. Новый приклад складывался поворотом вправо и помещался вдоль ствольной коробки.

Винтовка СВДС в боевом положении имеет длину 1135 мм. При сложенном прикладе длина сокращается до 875 мм. При этом масса оружия без прицела и патронов увеличилась с исходных 3,9 до 4,5 кг. Уменьшение длины ствола и использование нового дульного устройства не оказали существенного влияния на огневые характеристики оружия.

СВДК

В середине прошлого десятилетия появился новый вариант серьезной переработки исходной конструкции. В рамках темы «Взломщик» российская армия инициировала разработку перспективной снайперской винтовки, способной поражать противника с эффективными средствами индивидуальной защиты или находящегося под защитой брони боевой машины. Одним из главных результатов программы «Взломщик» стало появление винтовки СВДК («СВД крупнокалиберная»).

Дальнейший рост характеристик при использовании штатного патрона 7,62×54 мм R посчитали невозможным, и потому новую винтовку стали строить под боеприпас 9,3×64 мм 7Н33. Последний был разработан в ЦНИИ «Точмаш» на базе охотничьего патрона 9,3×64 мм Бреннеке. Такой патрон комплектуется пулей весом 16,5 г; винтовка СВДК разгоняет ее до 770 м/с, что дает дульную энергию 4,9 кДж. На дистанции 100 м обеспечивается пробитие 10 мм брони.

В рамках проекта СВДК существующая конструкция винтовки была доработана и усилена. Ствол, затворная группа и ствольная коробка пришлось переделать в соответствии с габаритами и энергетическими показателями нового патрона. При этом основные черты конструкции и принципы работы остались прежними.

Проект СВДК предусматривает использование складного приклада, основанного на деталях изделия СВДС. Приклад незначительно доработан с учетом улучшения эргономики и роста основных нагрузок. Предусматривается возможность установки облегченной складной двуногой сошки. Штатным прицелом является изделие 1П70 «Гиперион».

СВДМ

Самым новым вариантом развития винтовки Драгунова является изделие СВДМ, представленное концерном «Калашников» несколько лет назад. В этой модификации объединены несколько наработок по предыдущим проектам, а также внедрены совершенно новые решения и компоненты. За счет этого, как утверждается, СВДМ превосходит предшественников по некоторым характеристикам.

Прежде всего от базовой СВД новая СВДМ отличается укороченным до 550 мм стволом, имеющим более толстые стенки. Ствол комплектуется компактным дульным устройством. Крышка ствольной коробки получила длинную продольную планку Пикатинни, позволяющую использовать различные совместимые прицелы. Штатным прицелом винтовки СВДМ является изделие 1П88-4. Собственный открытый прицел винтовки отличается упрощенной *конструкцией*.

Винтовка комплектуется складным металлическим прикладом, представляющим собой доработанный вариант приклада для СВДС. Также возможно применение прикладов иной конструкции. В передней части пластикового цевья имеется узел для установки складной сошки.

Патроны для стрельбы

Для стрельбы из СВД применяются винтовочные патроны 7,62×54 мм R:

- с обыкновенными пулями;
- трассирующими пулями;
- бронебойно-зажигательными пулями;
- снайперские патроны 7Н1;
- снайперские бронебойные патроны 7Н14.

Также СВД может стрелять патронами с экспансивными пулями JHP и JSP.

В настоящее время снайперская винтовка СВД состоит на вооружении почти четырех десятков армий мира. Что важнее, она до сих пор остается основным и самым массовым оружием своего класса в вооруженных силах России. Несмотря на известные недостатки и рекламации, это изделие соответствует требованиям и способно решать поставленные задачи.

Список литературы

1. Русское военное искусство. История вооружения. – URL: <http://arzamas.academy>.
2. История создания легендарного оружия. – URL: www.shooting-ua.com

А. А. Громов, К. А. Спирин
 Филиал ВА МТО, Пенза
 К. А. Перекусихина

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

АНАЛИЗ И МОДЕРНИЗАЦИЯ ОБРАЗЦОВ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ С ПОМОЩЬЮ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ

Имитационное 3D-моделирование сейчас получает обширное распространение во всех областях, не исключение – область модернизации образцов стрелкового оружия. Цель статьи – упрощение и ускорение процессов и исследования образцов стрелкового вооружения при проведении модернизации.

Ключевые слова: имитация, моделирование, вооружение, анализ, модернизация, образец.

Проведение 3D-моделирования является инструментом анализа и модернизации стрелкового вооружения. Это некий новый толчок науки в данном направлении развития средств ближнего действия. Как говорил Сергей Львович Соболев, «Вся научная работа на 99 процентов состоит из неудач, и, может быть, только один процент составляют удачи...» [1].

Представлена работа по синтезу 3D-модели образца стрелкового вооружения, на основе которой возможно проведение исследований с целью отыскания возможных конструктивных решений по модернизации существующих образцов, а также технические предложения при создании новых перспективных образцов вооружения. Данная задача решается с помощью пакета программного обеспечения 3D-моделирования Solid Works.

В данной работе в качестве объекта исследования был выбран 9-мм пистолет Грязева, Шипунова ГШ-18. Пистолет разработан под 9×19-мм пистолетный патрон с бронебойной пулей БП (патрон 7Н31) (рис. 1).



Рис. 1. Общее устройство пистолета

Компьютерные модели становятся одной из форм представления результатов проектно-конструкторской деятельности. В связи с развитием современных информационных технологий возрастает роль компьютерного моделирования как альтернативы физическим испытаниям, позволяющего существенно сократить затраты на испытания в ходе создания изделий.

Для сложных наукоемких изделий, таких как оружие, моделирование, как правило, является единственной возможностью оценки свойств изделия без его изготовления.

Кроме того, имитационное 3D-моделирование имеет некоторые неоспоримые преимущества. Это обусловлено тем, что работа с 3D-моделью позволяет, во-первых, более полно спрогнозировать пове-

дение объекта в различных условиях эксплуатации, чем во время натурального эксперимента (на практике невозможно создать все возможные ситуации функционирования оружия). Во-вторых, имитационное моделирование дает возможность более глубоко выполнить исследование и оптимизацию объекта, поскольку работа с моделью позволяет учитывать влияние множества, в том числе неконтролируемых параметров процесса функционирования оружия, и выявить те качественные и количественные характеристики, которые могут повысить его эксплуатационные характеристики. В-третьих, конструктивные изменения и характеристики в модель вносятся достаточно быстро для проведения новой серии компьютерного эксперимента.

Известно, что главным элементом любого образца стрелкового вооружения является патрон, под который он был разработан. За основу был взят патрон 7Н31, под который и был разработан пистолет, также были взяты иностранные и российские аналоги (рис. 2).

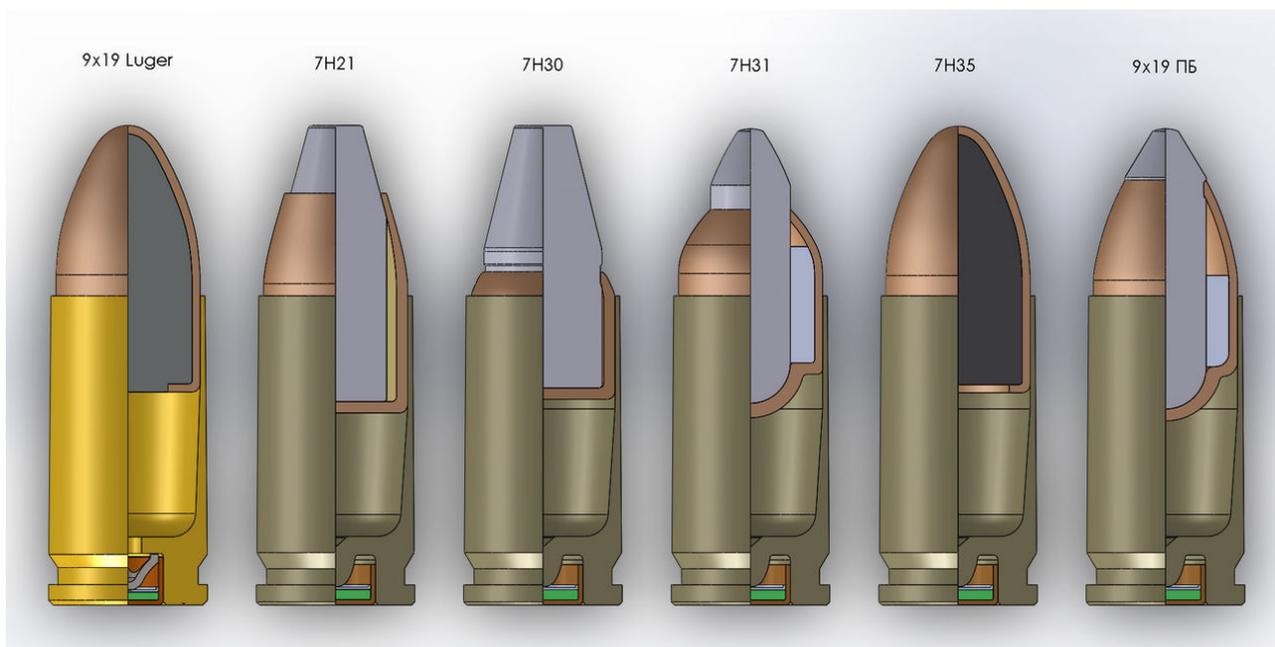


Рис. 2. Российские и иностранные патроны 9×19 мм, используемые в настоящее время

В настоящий момент создана 3D-модель патрона 7Н31. Патрон состоит из гильзы, пули и капсюля воспламенителя (КВ-26). Пуля, в свою очередь, представляет собой сборку из стального сердечника, свинцовой оболочки и медной рубашки (рис. 3–6).

В результате моделирования была разработана модель патрона 7Н31, которая в дальнейшем будет использована для исследования параметров движения пули в канале ствола пистолета, во многом определяющих ее поведение, а также анализа параметров движения после вылета из канала ствола (рис. 7).

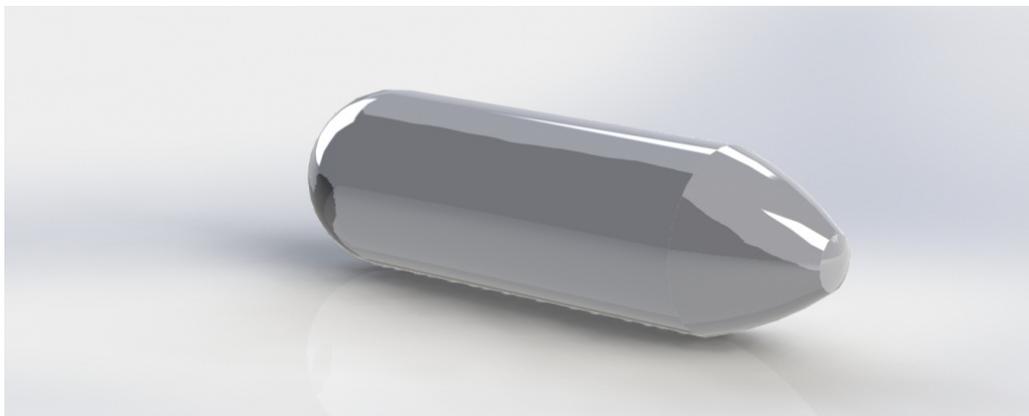


Рис. 3. Модель стального сердечника

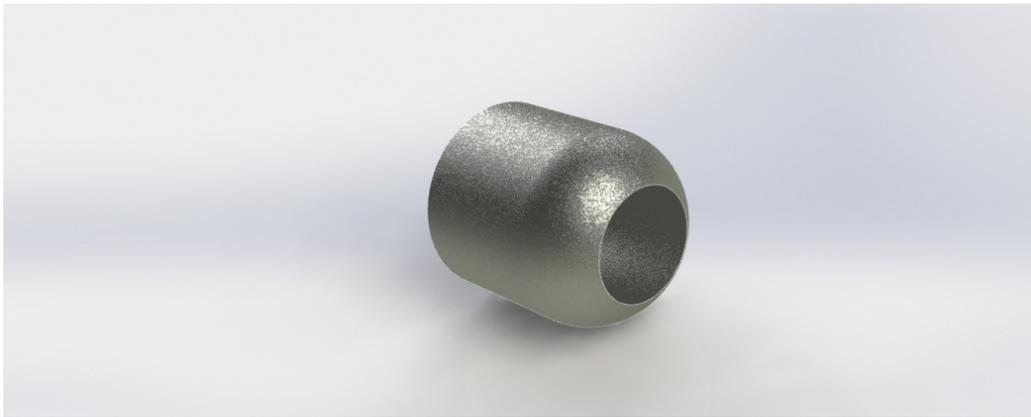


Рис. 4. Модель свинцовой оболочки

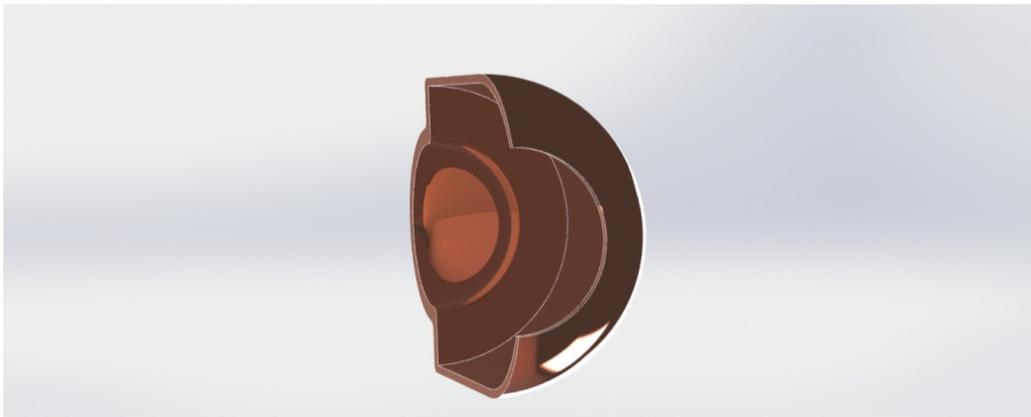


Рис. 5. Модель медной рубашки в разрезе

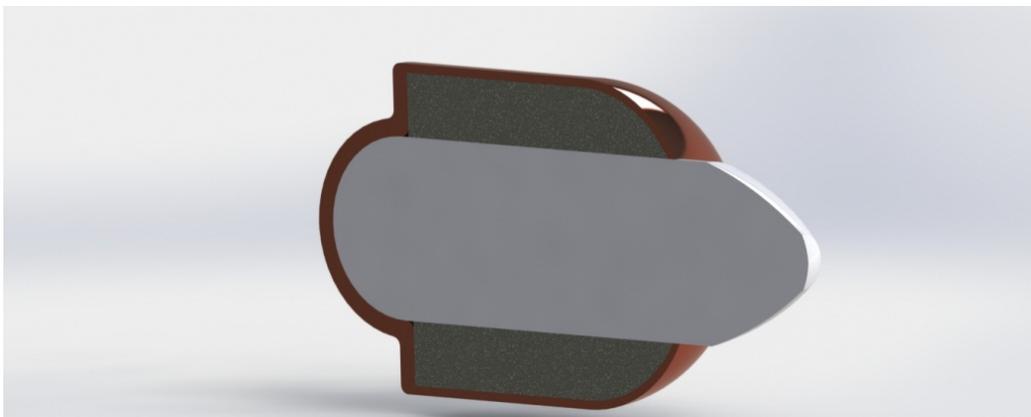


Рис. 6. Пуля в разрезе

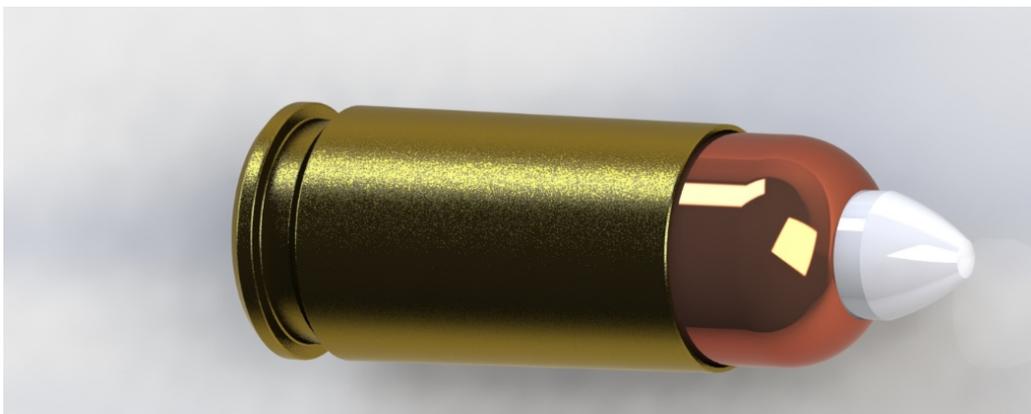


Рис. 7. 3D-модель 9-мм патрона 7Н31

В настоящее время разработана 3D-модель одной из главных частей образца, необходимых для анализа. Перспективой развития данной работы является создания 3D-модели ствола пистолета ГШ-18 и дальней анализ системы «ствол – патрон». Дальнейшим этапом предполагается создания 3D-моделей других механизмов и частей ГШ-18, их анализ и исследование взаимодействия. Цель работы – создание работоспособной 3D-модели нового образца вооружения на базе модернизированных механизмов и частей пистолета ГШ-18. Предполагается создание пистолета-пулемета под перспективный патрон 7Н31.

Список литературы

1. 9×19-мм пистолет ГШ-18 : Руководство по эксплуатации.

А. А. Громов, К. А. Федосеев, О. В. Духанов
 Филиал ВА МТО, Пенза

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ТЕОРИИ КАТАСТРОФ ПРИ УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ
 В СБОРОЧНО-РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ АРСЕНАЛОВ
 ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СОСТОЯНИЙ БОЕПРИПАСОВ

На основе концепции Фармера – Рассмуссена предложен метод теории катастроф, который может применяться в управлении безопасностью при проведении работ с боеприпасами для предупреждения аварийных состояний изделий в сборочно-ремонтном производстве на арсеналах комплексного хранения (АКХ).

Ключевые слова: аварийное состояние, техногенная катастрофа, техногенный риск, стохастический ветвящийся процесс, вектор-функция, объект работ с боеприпасами.

Определенный прогресс в решении задач обеспечения безопасности работ с боеприпасами в сборочно-ремонтном производстве на АКХ может быть достигнут при использовании новых математических методов и теорий, к числу которых относится теория катастроф.

Теория катастроф возникла в начале 70-х гг. на стыке топологии и математического анализа и дает методы изучения скачкообразных переходов систем из одного состояния в другое при плавном изменении ее параметров.

Основой утверждения количественных требований к безопасности работ с боеприпасами в сборочно-ремонтном производстве на АКХ является концепция Фармера – Рассмуссена. Риск от тяжелых техногенных аварий на АКХ анализируется с точки зрения медико-биологических, экономико-экологических факторов с использованием понятия «приемлемый риск».

Пусть имеется перечень событий $A = (A_1, A_2, \dots, A_k)$, соответствующих тяжелым авариям; $P = (P_1, P_2, \dots, P_k)$ – вероятности этих событий; $C = (C_1, C_2, \dots, C_k)$ – последствия указанных аварий. Тогда риск от тяжелых техногенных аварий, связанных с возникновением аварийным состоянием (АС) боеприпасов в соответствии с предыдущим событием, определится в виде

$$R(P, C) = \sum_{i=1}^k P_i C_i. \quad (1)$$

При этом $R(P, C)$ должно стремиться к минимуму. Так как нельзя добиться абсолютной безопасности проведения работ с боеприпасами, то $R_{\min} \neq 0$.

Пусть $R_{\min}(P, C) = R_0$, где значение R_0 называется допустимым или приемлемым риском. При $R \leq R_0$ объект работ с боеприпасами (цех) относится к классу приемлемого риска, а при $R > R_0$ – недопустимого риска.

Рассмотрим задачу минимизации риска $R(P, C)$ с точки зрения теории катастроф. Предположим, что события A_i не являются независимыми и определяются независимыми факторами, с которыми связаны вероятности P_j и их последствия C_j , $j = \overline{1, n}$. Тогда P_j будут функциями от f_i , а C_j – функции от g_j . Если при имеющихся ограничениях на выбор внутренних переменных и внешних параметров можно обеспечить приемлемый риск, то задачу можно считать решенной. В противном случае необходима корректировка постановки задачи (например, потребовать, чтобы риск не превышал допустимого значения в течение всего времени эксплуатации).

Рассмотрим постановку задачи о выборе приемлемого риска и методов решения в общем случае, когда функции $P = P(f_1, f_2, \dots, f_n, t)$ и $C = C(g_1, g_2, \dots, g_m, t)$ являются неизвестными.

При составлении математической модели технологического процесса работ с боеприпасами (сборки или ремонта) необходимо правильно провести выбор и обоснование типа случайного процесса, адекватно описывающего его состояние. Для этих целей можно использовать марковские цепи, диффузионные процессы, стохастические ветвящиеся процессы, случайные процессы со стационарными приращениями и т. д.

Для марковских процессов, задавая переходные вероятности и используя уравнения Колмогоров – Смолуховского – Чемпена (или им подобные), получим нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных относительно плотности распределения вероятностей для непрерывных случайных процессов или распределение для дискретных случайных процессов.

Последствие техногенной аварий отображает физико-химические изменения в окружающей среде и, как правило, может находиться из решений уравнений математической физики. Так что вместо (1) для описания процесса и последствий аварий можно использовать операторное нелинейное уравнение

$$L(C, P) = R. \quad (2)$$

По форме записи (2) совпадает с формой записи уравнений упругости: R совпадает с внешней нагрузкой.

Пусть (2) можно представить в виде двух операторных уравнений

$$L_1(R, P, C) = P; \quad (3)$$

$$L_2(R, P, C) = P. \quad (4)$$

Введем вектор-функцию $X = (P, C)^T$ и представим (3), (4) в виде операторного уравнения

$$A(R, X) = X. \quad (5)$$

Так как физико-химические изменения в окружающей среде должно соответствовать экологическим нормам, а вероятность возникновения аварии должна быть близка к нулю, то уравнение (5) должно иметь решение при всех значениях риска R . При некоторых значениях R может иметь ненулевые решения, соответствующие скачкообразным изменениям (катастрофам) в экологической обстановке окружающей среды и изменениям значений вероятностей аварий.

Риск $R_{кр}$ назовем критическим, если при некоторых значениях R , близких к $R_{кр}$ уравнение (5) имеет малые ненулевые решения ($R_{кр}$ – точка бифуркации оператора $A(R, X)$).

Таким образом, проблема предотвращения техногенной аварии, вызывающей АС боеприпасов, за счет обеспечения безопасности проводимых работ сводится к чисто математической задаче определения точек бифуркации нелинейного оператора $A(R, X)$.

Основным методом нахождения этих точек является линеаризации нелинейного оператора. Здесь отыскание точек бифуркации сводится к определению характеристических значений соответствующего линейного оператора.

Известно, что каждое нечетко кратное, в частности простое характеристическое значение линейного оператора является точкой бифуркации нелинейного оператора $A(R, X)$. Если характеристическое значение линейного оператора имеет четкую кратность, то требуется дополнительный анализ, который сводится к конструированию так называемого поля вращения и доказательству его невырожденности определение точек бифуркации нелинейного оператора значительно усложнится.

Некоторые упрощения возможны при известных функциях последствий аварий или вероятности распределения. В первом случае решается задача (3), во втором – (4).

Решение задачи (3) даст значение критического риска $R_{кр}$, при котором происходит скачкообразное изменение вероятностей аварийного состояния боеприпасов (катастрофа цеха).

Значение критического риска, для которого вероятность скачкообразного изменения экологической обстановки (экологическая катастрофа) наибольшая, определится как решение (4). В силу предыдущего система «объект – экология» является упругой. При этом наибольшая вероятность потери ее устойчивости (катастрофа) наступает при $R_{кр}$.

Рассмотрим составление и анализ математической модели аварий на основе Марковских процессов [1].

Пусть на объекте работ с боеприпасами (цех сборки или ремонта) произошла тяжелая авария (взрыв и пожар) с разрушением помещения и боеприпасов; $\mu(t)$ – число боеприпасов, находящихся в зоне аварии в неразрушенном состоянии, $\mu(0) = m_0$, $\mu m + O(\Delta)$ – вероятность перехода, $m \rightarrow (m - 1)$,

$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{O(\Delta t)}{\Delta t} = 0$ (за время Δt с вероятностью $\mu m \Delta t + O(\Delta t)$ боеприпасы разрушаются – пожар или взрыв).

При анализе таких процессов используется производящая функция. Здесь она будет иметь вид $F(t, x) = Mx^{\mu(t)}$ (математическое ожидание) и удовлетворяет уравнению

$$\frac{\partial F(t, x)}{\partial t} = \mu(1-x) \frac{\partial F(t, x)}{\partial x}. \quad (6)$$

Решением (6) будет

$$F(t, x) = \Psi \left(t - \frac{1}{\mu} \ln(1-x) \right),$$

где функция, определяемая из начального условия,

$$F(0, t) = \Psi \left(\ln(1-x) \frac{1}{\mu} \right) = x^{\mu(0)} = x^{m_0}.$$

Будем иметь $F(t, x) = (1 - e^{-\mu t} (1-x))^{m_0}$.

Дифференцируя $F(t, x)$ m раз по x и используя производящую функцию, найдем

$$P \left(\mu(t) = m \mid \mu(0) = m_0 = \frac{1}{m!} F_x^{(m)}(t, 0) \right).$$

Вероятность того, что в момент t число неразрушенных боеприпасов будет m при $\mu(0) = m_0$, определится в виде

$$P(m, t) = \frac{m_0!}{m!(m_0 - m)!} (1 - e^{-\mu t})^{m_0 - m} e^{-\mu m t}.$$

Введя $m_k = m_0 - m$ (число разрушенных боеприпасов в момент t), определим, что

$$P(m_k, t) = \frac{m_0!}{m_k!(m_0 - m_k)!} (1 - e^{-\mu t})^{m_k} e^{-\mu(m_0 - m_k)t}. \quad (7)$$

Выражение (7) вероятностно описывает процесс техногенной аварии на объекте работ с боеприпасами.

Наиболее вероятное количество разрушенных в результате аварии боеприпасов определим из условий экстремума. Используя при дифференцировании по m_k формулу Стирлинга и приравнивая частные производные $P(m_k, t)$ нулю, получаем

$$m_{k \max} \approx \frac{3}{4} m_0, \quad (\mu t)_{\max} = \ln 4.$$

Таким образом, в результате тяжелой техногенной аварии на объекте работ с боеприпасами в помещении наиболее вероятным разрушение $\frac{3}{4}$ боеприпасов от числа имевшихся на объекте на момент возникновения аварии.

Список литературы

1. Севостьянов, Б. А. Ветвящиеся процессы. – Москва : Наука, 1971. – 325 с.
2. Методы обработки экспертной информации : учеб.-метод. пособие / А. Н. Павлов, Б. В. Соколов. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 42–45.

А. А. Громов, К. А. Федосеев, О. В. Духанов
 Филиал ВА МТО, Пенза

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСОБО ОПАСНЫХ ОПЕРАЦИЙ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ БОЕПРИПАСОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЭКСПЕРТНОГО ОПРОСА

Объектом исследования являются боеприпасы. Предметом исследования являются методическое обеспечение, применяемое при разработке технологического процесса разборки боеприпасов. Цель статьи заключается в обосновании возможности применения метода экспертного опроса для определения особо опасных операций в технологических процессах разборки боеприпасов при прогнозировании вероятности возникновения аварийных состояний (АС) взрывоопасных изделий.

Ключевые слова: аварийное состояние, вероятность возникновения взрыва, экспертный опрос, выстрел унитарного заряжания, выстрел раздельно-гильзового заряжания, особо опасная операция, технологический процесс.

Определенный прогресс в решении задач обеспечения безопасности работ при разборке боеприпасов в производстве на арсеналах комплексного хранения (АКХ) может быть достигнут при использовании новых подходов к разработке технологических процессов разборки изделий, содержащих научно обоснованные нормативы, исключаящие риск возникновения АС боеприпасов в результате взрыва. К числу таких подходов предлагается использовать экспертный опрос специалистов для определения особо опасных операций, при выполнении которых возникает вероятность взрыва изделий. За рубежом существует норматив безопасности, соответствующий риску возникновения аварии (взрыва), равный 10:6.

К сожалению, в отечественном производстве на АКХ при проектировании технологических процессов разборки боеприпасов такой норматив отсутствует. Поэтому возникает актуальная задача разработки научно обоснованного методического обеспечения, применяемого при разработке технологического процесса (ТП) разборки боеприпасов и учитывающего указанный норматив.

Результаты экспертного опроса

В настоящей статье применен экспертный опрос специалистов для определения особо опасных операций, при выполнении которых возникает вероятность взрыва изделий. В среде Excel построена модель определения вероятности возникновения взрыва при выполнении особо опасной операции разборки изделий и перехода их в АС, разработана программа.

Основу экспертного опроса составляют мнения специалистов относительно безопасности операций, выполняемых согласно технологическим процессам разборки артиллерийских выстрелов на АКХ.

Компетентность экспертов определялась путем последовательных приближений, заключающихся в построении вектора компетентностей.

С этой целью строился вектор начальной (априорной) компетентности

$$K^{(0)} = \begin{bmatrix} \frac{1}{m} \\ \dots \\ \frac{1}{m} \\ \dots \\ \frac{1}{m} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Для уточнения вектора компетенции построим матрицу $B = X^T X$.

Далее находим вектор «невзвешенных» коэффициентов для экспертов $Q^1 = BK^{(0)}$, откуда после нормирования получаем веса компетентности после первой итерации:

$$K^{(1)} = \begin{bmatrix} K_1^{(1)} \\ \dots \\ K_j^{(1)} \\ \dots \\ K_m^{(1)} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где

$$K_j^{(1)} = \frac{q_j^{(1)}}{\sum_{k=1}^m q_k^t}. \quad (3)$$

Имеем процесс вида

$$Q^{(t)} = BK^{(t-1)}, \quad (4)$$

$$K_j^{(t)} = \frac{q_j^{(t)}}{\sum_{k=1}^m q_k^t}. \quad (5)$$

Таким образом, построена процедура нахождения группового мнения с коррекцией коэффициента компетенции.

Составляющей частью ТП является ведомость операций, выполняемых по разборке артиллерийских выстрелов, в которой определены категории их опасности. Например, для ТП на разборку 100-мм ВУЗ к орудию индекса 2А70 ведомость операций включает 40 операций, из которых 19 являются опасными и 3 особо опасными. Наименование особо опасных операций приведены в таблице 1.

Таблица 1. Ведомость особо опасных операций ТП на разборку 100-мм ВУЗ к орудию индекса 2А70

Наименование операций ведомости технологического процесса	Время выполнения для одного изделия
Вывинчивание головного взрывателя	30 с
Распатронирование выстрела	30 с
Разборка заряда	60 с

Указанные ведомости стали основой анкеты экспертного опроса, в которой добавлен столбец, где специалист определяет вероятность возникновения взрыва боеприпаса при выполнении этой операции. Вариант анкеты для опасных операций ТП на сборку 100-мм ВУЗ к орудию индекса 2А70 приведен в таблице 2.

Таблица 2. Анкета для экспертного опроса по оценке вероятности возникновения взрыва боеприпаса при выполнении особо опасных операций ТП на разборку 100-мм ВУЗ к орудию индекса 2А70 (вариант)

Наименование операций ведомости технологического процесса	Время выполнения для одного изделия	Вероятность взрыва
Вывинчивание головного взрывателя	30 с	$1 \cdot 10^{-6}$
Распатронирование выстрела	60 с	$4 \cdot 10^{-6}$
Извлечение трассерного узла	30 с	$1 \cdot 10^{-6}$
Извлечение заряда из гильзы	30 с	$4 \cdot 10^{-6}$
Разборка заряда	60 с	$1 \cdot 10^{-6}$

При обработке результатов экспертного опроса оценивания использовались количественные и качественные методы в среде Excel.

На рисунке приведена графическая интерпретация результатов обработки анкет экспертов по определению вероятности возникновения взрыва при выполнении операций разборки 100-мм ВУЗ индекса УОФЗ.

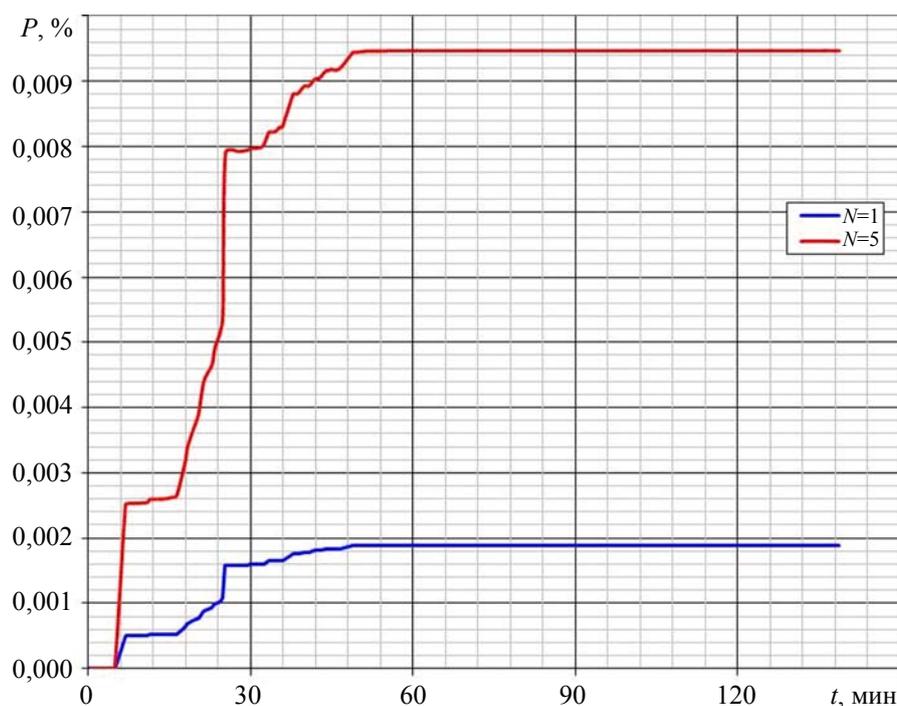


Рис. 1. Графическая интерпретация результатов обработки анкет экспертов по определению вероятности возникновения взрыва при выполнении операций разборки 100-мм ВУЗ индекса УОФЗ: вероятность возникновения взрыва при разборке $N = 5$ шт. ВУЗ индекса УОФЗ; вероятность возникновения взрыва при разборке $N = 1$ шт. ВУЗ индекса УОФЗ

Выводы

Таким образом, на основе обработки результатов экспертного опроса специалистов по разработке технологических процессов разборки боеприпасов построена модель и программа в среде Excel определения вероятности возникновения взрыва при выполнении особо опасных операций разборки изделий. Программа позволяет провести достоверную экспертизу существующих и разрабатываемых ТП разборки боеприпасов на АКХ по критерию категории опасности выполняемых операций.

Работоспособность предложенной модели и программы проведены на примере ТП разборки 100-мм ВУЗ индекса УОФЗ. В действующем ТП было 3 особо опасных операций, после экспертной обработки ТП по разработанной программе выявлено 5 особо опасных операций.

Компетентность экспертов проверена путем построения вектора компетентностей. Построена процедура нахождения группового мнения с коррекцией коэффициента компетентности.

Направлением дальнейших исследований является разработка на основе теории стохастических ветвящихся процессов в частности марковских, модели прогнозирования вероятности возникновения взрыва при выполнении особо опасных операций при разборке боеприпасов на АКХ, переводящих изделия в аварийное состояние, и сравнение полученных результатов с принятым за рубежом нормативом безопасности.

Список литературы

1. Воронов, Ю. П. Форсайт как инструмент / под. ред. В. И. Сулова. – Новосибирск : ИЭОПП СО РАН, 2010. – С. 212–215.
2. Методы обработки экспертной информации : учеб.-метод. пособие / А. Н. Павлов, Б. В. Соколов; ГУАП. – Санкт-Петербург, 2005. – С. 42–45.
3. Качановский, Ю. П. Системный анализ и проектирование АСОИиУ. – Липецк : ЛГТУ, 2008. – С. 46–48.
4. Св. о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018664200. Прогнозирование возникновения аварийных состояний боеприпасов при проведении сборочно-ремонтных работ / О. В. Духанов, Д. В. Искоркин, Д. С. Курков, С. Н. Курков. – 2018.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ПРИБОРОВ НАБЛЮДЕНИЯ И РАЗВЕДКИ

Рассматривается вопрос перспективы развития и применения приборов наблюдения и разведки в войсках национальной гвардии.

Ключевые слова: бинокли, прицелы, приборы ночного видения.

Введение

История войн убедительно свидетельствует, что только там, где ведется активная и непрерывная разведка, боевые задачи выполняются своевременно и с минимальными потерями. В то же время причиной многих неудач было пренебрежительное отношение к разведке. Это неоднократно подтверждалось и в годы Великой Отечественной войны, и в ходе ведения боевых действий в Республике Афганистан.

Разведка местности – неотъемлемая составная часть тактической разведки, призванной обеспечить командиров данными для подготовки и успешного ведения боевых действий. Разведка местности представляет собой сбор и систематизацию сведений о местности и ее отдельных элементов, т.е. сведений о ее проходимости, защитных свойствах, условиях ориентирования, наблюдения, маскировки, ведения огня и т.п. Эти сведения необходимы командирам для оценки влияния местности на выполнение полученных боевых задач, быстрого ориентирования на ней, эффективного использования своих огневых и технических средств, определения наиболее вероятных мест расположения огневых средств и боевой техники противника, его укрытий, заграждений, а также возможных направлений его действий [1].

Сегодня, когда боевые действия характеризуются высокой степенью маневренности и динамичности, быстрым изменением обстановки, ведением их на широком фронте, высокими темпами и большой глубиной, роль разведки неизмеримо возросла. Без решительных действий ее сил и средств наблюдения невозможно предупредить противника в действиях, захватить инициативу, рассчитывать на сколько-нибудь успешное ведение боя. Целью данной статьи является анализ современных технических средств наблюдения и разведки.

Современные приборы наблюдения

Наиболее простая система телевизионного наблюдения включает телевизионную камеру и монитор. Камера может быть подключена непосредственно к телевизору или монитору. При этом вы можете, например, наблюдать за своим ребенком, который играет в соседней комнате, автомобилем возле дома и т.д.

Для небольшого объекта охраны достаточно не более четырех-пяти камер. Используя монитор с встроенным коммутатором и удачно расположив камеры, можно обеспечить круглосуточное наблюдение за охраняемой территорией.

Камеры могут располагаться внутри помещения на поворотных устройствах. При этом в дневное время они могут использоваться для контроля в торговом зале, а вечером и ночью – для контроля охраняемой территории.

Количество одновременно отображаемых камер должно быть ограничено. При увеличении количества мониторов оператору трудно следить за всеми изменениями. В многокамерных системах используются дополнительные устройства.

К дополнительным устройствам относятся детекторы движения, которые анализируют изменения изображения, например, перемещения любого предмета в поле зрения камеры, и сигнализируют оператору об этом.

Для дистанционного управления камерами используются поворотные устройства. Они позволяют увеличить обзор камеры посредством ее поворота в двух плоскостях. Управление поворотными устройствами может осуществляться джойстиком.

Бинокли являются основным наблюдательным прибором для всех родов войск и предназначаются для наблюдения за полем боя, отыскания и изучения целей, измерение горизонтальных и вертикальных углов и корректирования стрельбы.

В силу специфики их применения акцент делается на функциях, необходимых именно для военных целей. В первую очередь это компактность. Максимум десятикратное увеличение, хотя увеличения в 6–8 раз тоже будет вполне достаточно. Также немаловажен угол обзора: большое поле зрения обеспечивает своевременное обнаружение объектов. У военных биноклей оно, как правило, составляет 1000 м.

С развитием технологий военные бинокли с дальномером стали обычным явлением. С его помощью можно определить размер объекта и расстояние до него. Наряду с дальномером в биноклях военного образца имеется встроенный компас для определения направления.

Оптические прицелы гораздо совершеннее. Их использование может повысить точность стрельбы благодаря увеличению цели и исключению переакомодации глаза. В оптических прицелах прицельная марка и изображение цели совмещены в фокальной плоскости объектива оптической системы. При этом оптические прицелы обладают рядом особенностей. В частности они имеют ограниченное поле зрения (что может затруднить поиск цели), а также постоянный диаметр выходного зрачка, который в зависимости от условий наблюдения может меняться от 2 до 8 мм. Помимо этого при наблюдении за целью через оптический прицел глазной зрачок необходимо совмещать с выходным зрачком прибора, в противном случае могут возникнуть ошибки в прицеливании. Данных недостатков лишены коллиматорные прицелы [2]. А ночные и тепловизионные прицелы, как нетрудно догадаться из названия, позволяют вести прицельный огонь ночью и в условиях недостаточной видимости.

Наверное, нет смысла лишний раз останавливаться на том, что солдат современной армии должен быть способным видеть в ночных условиях, пусть даже и не так, как днем. И, как показывает практика, чем лучше и дальше он видит, тем больше шансов у него выйти победителем в смертельной схватке, именуемой боем в особых условиях. Способность обнаруживать и поражать цели в темное время суток возможно лишь при условии наличия специальных приборов ночного видения.

В настоящее время при доступности современных технологий в мире создано уже немало различных таких приборов. Однако только малая часть из них может быть использована для оснащения боевых подразделений, поскольку они должны соответствовать целому перечню требований. Например, ни один ночной прицел, выпускаемый различными фирмами для охотников, не подойдет для использования его в войсковых или специальных формированиях.

Лазерные целеуказатели-дальномеры предназначены для разведки наземных целей и обеспечения в дневных и ночных условиях стрельбы артиллерии и авиации, в том числе высокоточными боеприпасами, оснащенными лазерными головками самонаведения, при подсвете лазерным излучением неподвижных и движущихся объектов вооружения, военной техники и инженерных сооружений с наземных наблюдательных пунктов, а также для применения в составе автоматизированных комплексов управления огнем.

Тепловизионные монокуляры – это многофункциональные высокопроизводительные приборы, предназначены для дневного и ночного наблюдения, охоты, охранной деятельности и использования сотрудниками силовых структур.

Модельный ряд включает в себя несколько приборов, которые отличаются разрешением тепловизионной системы, диаметром объектива, показателем частоты смены кадров, дальностью обнаружения цели и, конечно, физическими характеристиками, включая габариты и вес. Некоторые модели также отличаются размером дисплея. Каждый прибор данной серии идеально подходит для выполнения определенных задач, поэтому стоит учитывать это при выборе оптимального тепловизионного монокуляра [3]. В зависимости от выбранной модификации тепловизионные монокуляры способны обеспечить пользователя различной дальностью обнаружения целей.

Вывод

Современные ТСН позволяют вести визуальный контроль заданной области пространства как дистанционно, с помощью телевизионных систем наблюдения, так и непосредственно с помощью биноклей, ориентироваться на местности, на водной поверхности, а также точно наводить на цель огнестрельное оружие в любое время суток и при любой освещенности.

В ходе рассмотрения данной темы был сделан вывод, что, несмотря на заметные успехи в улучшении ТСН, данное направление находится сейчас в процессе совершенствования. Только в этом случае можно будет добиться ощутимых результатов.

Список литературы

1. *Беллин, Н. А.* Перспективы совершенствования ночных тепловизионных прицелов / Н. А. Беллин, А. А. Муралев // Актуальные вопросы совершенствования системы технического обеспечения : Сборник научных трудов всероссийской научно-практической конференции. – 2017. – С. 152–158.
2. *Основы устройства оптических приборов : учеб. пособие.* – Пермь, 2015. – 85 с.
3. *Артиллерийское вооружение и приборы : учеб. пособие.* – Москва, 2011. – 53 с.

В. В. Егоров, кандидат технических наук
П. А. Косолапова, С. А. Шалмин

ВНУТРИБАЛЛИСТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО АВИАЦИОННОГО ГРАНАТОМЕТА

Рассмотрены задачи, решаемые вертолетами на поле боя. Сделан вывод о малой эффективности пулеметно-пушечного вооружения для ряда боевых задач и о возможности замены его на автоматический гранатомет. Приведено перспективное внутрибаллистическое решение с улучшенными тактико-техническими характеристиками на основе гранатомета АГС-40 «Балкан».

Ключевые слова: автоматический гранатомет, вертолет, внутренняя баллистика.

Введение

Первое массовое применение вертолетов имело место во время Корейской войны. Сегодня ни один военный конфликт не обходится без участия винтокрылых машин. Если первоначально они выполняли функции воздушной разведки, корректировки огня артиллерии и доставки материально-технических средств, то опыт Вьетнамской войны показал, что вертолеты отлично подходят для проведения аэромобильных (десантных) операций, эвакуации раненых и осуществления непосредственной огневой поддержки сухопутных войск с воздуха [1]. Последнее, в свою очередь, привело к появлению особого класса ударных вертолетов, которые разрабатывались и использовались как войсками НАТО, так и Советской армией.

Кроме того, в настоящее время вертолеты решают следующие задачи: борьба с бронетехникой, лазерная/инфракрасная подсветка целей, ведение радиоэлектронной борьбы, минирование местности, поиск и эвакуация экипажей сбитой авиатехники, рейды в тылу противника.

Основное вооружение вертолетов

Исходя из круга решаемых задач, на боевые вертолеты сейчас возможна установка следующего вооружения:

- ракеты класса «воздух – поверхность»;
- неуправляемые реактивные снаряды (НУРС);
- ракеты «воздух – воздух»;
- пулемет или малокалиберная автоматическая пушка (МАП).

Сейчас ударные вертолеты предназначены в основном для уничтожения боевых бронированных машин, поэтому самым важным типом вооружения для них традиционно является противотанковое управляемое вооружение (ракеты «воздух – поверхность» с кумулятивной боевой частью). НУРСы являются более универсальным и дешевым оружием, так как могут оснащаться и кумулятивной боевой частью, и осколочно-фугасной, но они имеют слишком большое рассеивание на значительном расстоянии.

Основная нагрузка при ведении воздушного боя возлагается на ракеты «воздух – воздух», пулеметно-пушечное вооружение является вспомогательным. Оно представляет собой экономичное средство борьбы с широким диапазоном, в первую очередь, наземных целей на больших углах отклонения от оси воздушного судна, а также на малых дальностях стрельбы.

Благодаря существенно большей массе снаряда, МАП является более эффективным оружием, чем пулемет, но проигрывает ему в массогабаритных характеристиках. Однако используемые на вертолетах МАП разрабатывались для ведения маневренного воздушного боя, т. е. второстепенной задачи для них при установке на вертолет.

В этой связи можно говорить о необходимости использования ствольного орудия, обладающего массогабаритными характеристиками пулемета со значительно большим могуществом снаряда. Таким ствольным орудием является автоматический гранатомет (АГ). Известно, что вертолеты с автоматическими гранатометами, несмотря на малую численность, неплохо зарекомендовали себя. Они оказались весьма удобным и эффективным дополнением к существующему вооружению вертолета, способным усилить огонь по противнику.

Гранатометы М-129, АГС-17, АГС-40

В ходе Вьетнамской войны американцы устанавливали на вертолетах 40-мм автоматические гранатометы М-75. В начале 70-х гг. фирма Philco-Ford Corporation разработала более эффективный образец 40-мм автоматического гранатомета М-129 (рис. 1). В боекомплект гранатомета М-129 входят осколочные, дымовые и кумулятивные снаряды [2].

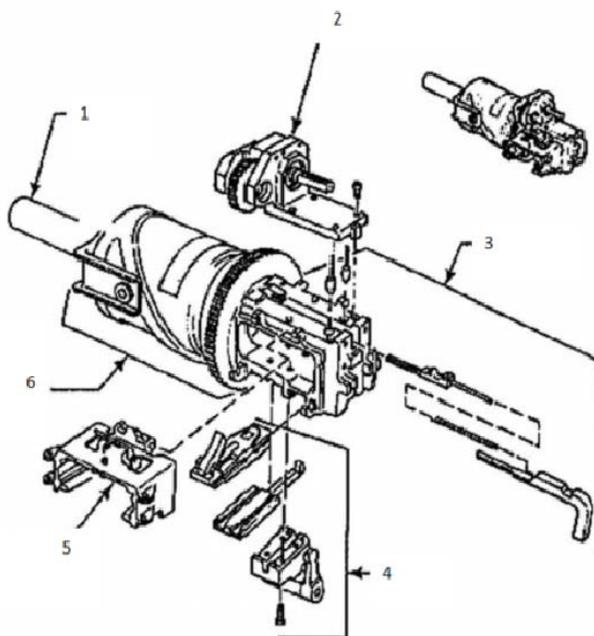


Рис. 1. Схема гранатомета М-129: 1 – ствол; 2 – приводной узел; 3 – ресивер; 4 – узел подачи боеприпасов; 5 – узел подающего лотка; 6 – ствольная коробка

Гранатомет М-129 устанавливался в различном исполнении (турели и под ручное управление) на вертолетах АН-1 Cobra, УН-1 Huey, ОН-6А Cayuse и ОН-58 Kiowa. Принцип работы гранатомета основывался на свободном ходе ствола: нажимая гашетку, стрелок подавал напряжение на электродвигатель, который через редуктор вращал барабан по часовой стрелке относительно стрелка. При помощи фигурной направляющей барабан заставлял ствол сдвигаться назад. При этом происходил захват выстрела, ствол надевался на него и прижимал к задней стенке ствольной коробки. После полного отката ствола происходил накол капсюля и выстрел. Непрерывно вращающийся барабан начинал смещать ствол вперед, в результате чего гильза выбрасывалась наружу. Дальнейшая работа электромотора приводила к новому выстрелу. На каждый оборот барабана приходилось по выстрелу.

В СССР на основе гранатомета АГС-17 был создан гранатомет АП-30 (АГС-17А), предназначенный для установки в подкрыльевых контейнерах на различных модификациях вертолетов Ми-24 (рис. 2). В ходе Афганской войны на вертолетах Ми-8Т также устанавливались и пехотные гранатометы АГС-17 (рис. 3). Они оказались отличным средством в борьбе с живой силой на дистанциях до 800 м [2].



Рис. 2. Гранатомет АП-30



Рис. 3. Установка АГС-17 в проеме вертолета Ми-8Т

На данный момент в России разработан АГС-40 «Балкан», имеющий ряд преимуществ (прежде всего существенно возросла мощь гранаты) по сравнению со своим предшественником и американским аналогом (табл. 1).

Таблица 1. Характеристика гранатометов М-129, АГС-17 и АГС-40 «Балкан»

	М129	АГС-17	АГС-40 «Балкан»
Калибр, мм	40×53	30×29	40- мм безгильзовый
Масса, кг	19,5	18	18
Длина ствола, мм	419	305	400
Длина гранатомета, мм	597	840	н/д
Скорострельность, выстр/мин	440	400	400
Начальная скорость гранаты, м/с	240	185	225
Максимальная дальность стрельбы, м	1850	1700	2500

АГС-40 может послужить основой для разработки перспективного варианта, удовлетворяющего специфическим требованиям, предъявляемым к ствольному вертолетному оружию. Кроме того, перспективный гранатомет должен быть выполнен в виде универсального боевого модуля, допускающего установку на различные носители (вертолет, БМП, танк, БПЛА и др.), и решать в пехотном варианте задачи, возложенные в НАТО на легкие минометы (по причине отсутствия последних в Российской армии).



Рис. 4. АГС-40 «Балкан»

Однако для установки на вертолете необходимо повысить начальную скорость снаряда, что повысит настильность траектории, точность стрельбы по подвижным целям, максимальную дальность огня. Одним из способов [3] увеличения начальной скорости снаряда является создание конструкции ствола орудия, направленное на увеличение пути снаряда по его каналу. При таком решении возможно использовать существующие боеприпасы – максимальные давления также не изменятся.

Для увеличения начальной скорости было решено увеличить путь гранаты в канале ствола в два раза. Результаты внутривалистических расчетов представлены на рисунках 5 и 6.

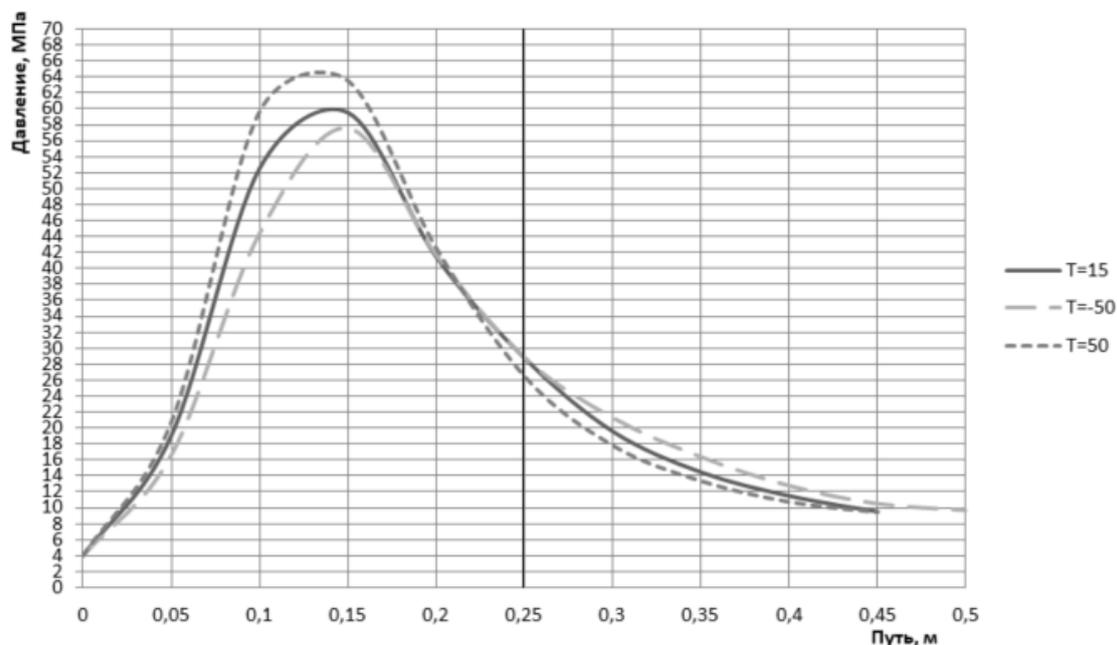


Рис. 5. Зависимость среднебаллистического давления от пройденного пути

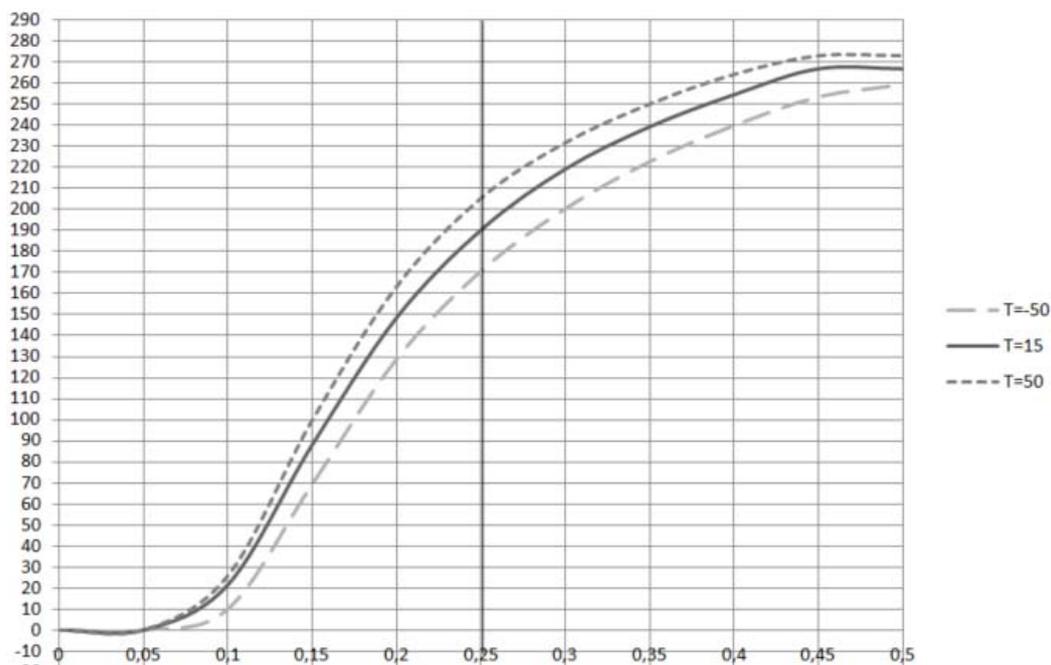


Рис. 6. Зависимость скорости от пройденного пути

Рост пути снаряда по каналу позволил увеличить начальную скорость гранаты и, соответственно, дульную энергию (табл. 2).

Таблица 2. Баллистические характеристики штатного и нового вариантов

Температура, °С	Начальная скорость, м/с	Импульс, кг·м/с	Относительное увеличение импульса	Дульная энергия, кДж	Относительное увеличение дульной энергии, %
Штатный вариант					
15	230	100		11,6	
-50	218	95		10,3	
50	237	103		12,2	
Вариант с увеличенной длиной пути					
15	267	116	16 %	15,5	34
-50	259	113	19 %	14,6	42
50	273	119	15 %	16,2	33

Положительным эффектом увеличения пути снаряда по каналу стало также уменьшение температурного разброса скоростей, что должно в лучшую сторону сказаться на точности стрельбы. Однако неизбежным следствием роста начальной скорости является выросший импульс отдачи. Из этого следует, что появляется необходимость в использовании другой схемы автоматики и нового станка, позволяющих эффективнее гасить отдачу гранатомета и сохранять устойчивость.



Рис. 7. Автоматический гранатомет QLZ-87

Кроме того, новый станок должен позволять использовать гранатомет в качестве универсального (единого) и вести круговой обстрел (примером может служить станок гранатомета QLZ-87, рис. 7).

Список литературы

1. Белов, М. И. Борьба с вертолетами. – Москва : Воениздат, 1984. – 176 с.
2. Широкопад, А. Б. История авиационного вооружения. – Минск : Харвест, 1999. – 560 с.
3. Захаренков, В. Ф. Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий. – Санкт-Петербург : Балтийский государственный технический университет «Военмех», 2010. – 276 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ В ОБРАЗОВАНИИ

Рассматриваются особенности применения трехмерного моделирования при обучении курсантов. Раскрываются возможности компьютерного моделирования при визуализации учебной информации.

Ключевые слова: 3D-модель, обучение курсантов, информационные технологии, оружие.

Введение

В настоящее время проводится активное комплектование подразделений Росгвардии новейшими образцами вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), необходимыми для выполнения служебно-боевых и оперативно-служебных задач. Актуальность поддержания военного образования на уровне, соответствующем современному техническому уровню развития ВВСТ и необходимости повышения эффективности образовательного процесса в военных вузах ВНГ РФ, обусловили выдвигание на первый план использование современных информационных технологий.

Под информационными технологиями понимаются такие технологии, которые предназначены для создания новых возможностей передачи знаний, восприятия знаний, оценки качества обучения и всестороннего развития личности обучаемого в ходе образовательного процесса [1].

Изучение научной литературы по исследуемой проблеме показывает, что к основным задачам применения информационных технологий в профессиональной подготовке курсантов относятся:

- повышение эффективности овладения учебным материалом;
- всестороннее развитие обучаемых;
- побуждение к самосовершенствованию в сфере профессиональной подготовки, обусловленной государственным заказом;
- формирование и развитие навыков и умений использования информационных технологий в военно-профессиональной деятельности.

3D-технологии – эффективный инструмент при подготовке военных специалистов

В настоящее время разработано большое количество специализированных программных продуктов, которые могут быть использованы в системе образования с целью формирования творческих способностей человека. Одним из эффективных инструментов при подготовке военных специалистов являются 3D-технологии.

3D-технологии оказывают большое влияние на подготовку курсантов к будущей военно-профессиональной деятельности. Результатами их использования в учебном процессе военного вуза являются: повышение интереса курсантов на процесс познания, мотивация к обучению, стремление к овладению новыми знаниями, умениями и практическое их применение, способствует развитию способностей курсантов, активизирует их мышление.

3D-моделирование – это процесс создания трехмерной модели объекта [2]. Задача 3D-моделирования – создать зрительный объемный образ нужного объекта (рис. 1).

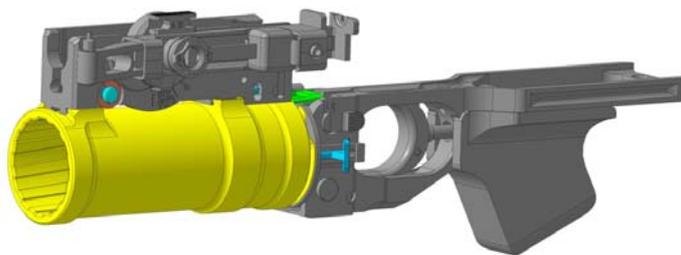


Рис. 1. Твёрдотельная модель 40-мм подствольного гранатомета ГП-25

Именно трехмерное моделирование в ходе создания чертежей позволяет курсантам сформировать образ изучаемого объекта. Также 3D-модель позволяет рассмотреть визуализируемый объект, его свойства и строение, что не всегда удобно и возможно при рассмотрении реального объекта, его макета или чертежа. Создание 3D-модели является порой несложным процессом и требует небольшого количества ресурсов. Очевидно, что обучаемые отдают предпочтение визуальному обучению. Сложные действия легче усваиваются, если их развить на изображении.

Можно отметить ряд преимуществ трехмерного моделирования перед другими способами визуализации:

- развитие творческих способностей курсантов, умение анализировать, моделировать, прогнозировать, творчески мыслить;
- повышение мотивации изучения конструкции, работы частей и механизмов образцов оружия;
- совершенствование практических навыков курсантов в работе на ПЭВМ;
- формирование умений курсантов получать знания самостоятельно, работая с обучающими программами на компьютере;
- осуществление дифференцированного подхода к курсантам при обучении проектированию, используя систему автоматизированного проектирования.

Трехмерное моделирование позволяет получить точную модель, максимально приближенную к реальности. Такую модель при необходимости можно разбить на компоненты. С помощью компьютерного моделирования можно без особого труда создать объемную модель, как простой детали, так и более сложных узлов и механизмов [3]. 3D-модели образцов оружия позволяют лучше понять устройство и принцип работы механизмов и деталей, они являются более наглядными и понятными для усвоения при их изучении.

В образовательном процессе Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации на примере подготовки курсантов по специальности «Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие» можно отметить, что изучение материальной части вооружения в военном учебном заведении осуществляется как с использованием плакатов (слайдов), так и с использованием учебного вооружения [4]. Применение 3D-моделей в дополнение к теоретическому учебному материалу позволяет глубже изучить устройство и принципы работы частей и механизмов образцов оружия. Поэтому 3D-модели образцов оружия используются как переходный этап от теоретического к практическому при изучении материальной части вооружения.

Также необходимо отметить, что навыки проектирования 3D-моделей, полученные в процессе изучения дисциплин, позволяют без сложностей создать компьютерную модель. На рисунках 2 и 3 приведены примеры твердотельных моделей, выполненных в программе «Компас-3D». Проектируя отдельные детали образца вооружения, становится возможным скомпоновать их в более сложные узлы и механизмы, тем самым облегчая курсантам изучение работы основных частей и механизмов оружия.

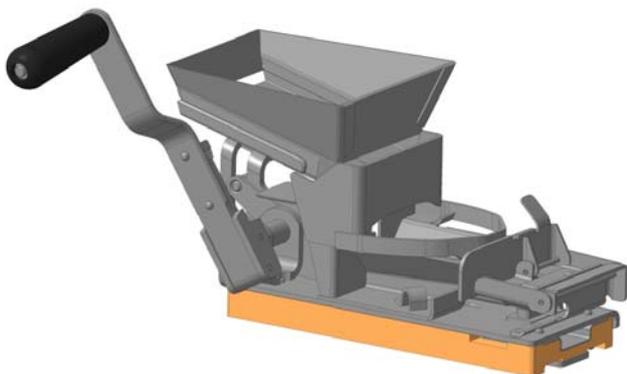


Рис. 2. Твердотельная модель снаряжательной машинки Ракова



Рис. 3. Твердотельная модель 7,62-мм револьвера системы Нагана

При этом дальнейшее использование разработанных моделей как отдельных составных частей образцов вооружения (ствол, дульное устройство), так и основных узлов (двигатель автоматики, механизм подачи патронов) возможно не только в демонстрационных и обучающих целях, но и в реализации моделей с использованием технологий 3D-печати, что позволит создать полноценный макет образца вооружения, рассмотреть и проанализировать недостатки конструкции.

Вывод

Таким образом, использование курсантами 3D-моделирования повышает их интерес к учебному материалу, формирует и углубляет теоретические знания, а также способствует более результативному учебному процессу и делает его более технологичным.

Список литературы

1. *Ихтисанов, И. И.* Информационно-образовательные технологии в формировании готовности курсантов военных вузов к управленческой деятельности // Применение современных информационных технологий в образовательном процессе : Сборник статей Межвузовской научно-практической конференции. – 2017. – С. 175–179.
2. *Бочков, А. Л.* Трехмерное моделирование в системе «Компас-3D». – Санкт-Петербург : СПбГУ ИТМО, 2007.
3. *Быков, А. В.* Компьютерные чертежно-графические системы для разработки конструкторской и технологической документации в машиностроении. – Москва : Академия, 2002.
4. *Муралев, А. А.* Развитие управленческих качеств у будущих офицеров / А. А. Муралев, И. И. Ихтисанов // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук : сборник научных трудов. – Пермь, 2017. – С. 176–179.

А. С. Колобов, Рязань
В. Ю. Гужвенко, Омск

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ВИДОВ ОРУЖИЯ

Рассмотрены вопросы состояния и совершенствования стрелкового оружия, предназначенного для спецподразделений, выделены проблемы использования модифицированного оружия.

Ключевые слова: оружие, модификация.

Исторический опыт прошедших войн и военных конфликтов показывает, что одну из важнейших ролей в достижении побед играет оснащенность воюющих армий высокоэффективными средствами ведения вооруженной борьбы, в том числе различными видами оружия, созданного на основе новейших достижений науки и техники. Это положение не изменилось и сегодня, ибо война как способ разрешения спорных вопросов пока остается еще распространенным явлением, а оружие продолжает быть ее движущей силой. АК-74М по сей день считается основной единицей вооружения как регулярных войск, так и спецподразделений РФ.

Во многих подразделениях и родах войск оружие имеет свою модификацию, которая позволяет затрачивать меньше времени при работе с ним; но в некоторых случаях это мешает и занимает больше времени на применение вооружения. Причина тут одна – поступление с завода одной партии для всех вооруженных сил. Конечно, это очень удобно для производителя, да и производство одного вида оружия дешевле. Однако есть войска, осуществляющие специфическую деятельность, и им важно иметь определенные модификации оружия. К таким подразделениям можно отнести спецподразделения и подразделения ВДВ.

Для военнослужащих, которые совершают прыжки с автоматом, он должен быть упрощенный и удобный, в нем не должно быть деталей, которые могут цепляться за парашютную систему Д-10 и Д-6 серии 4. В огневом контакте некоторые модификации автомата Калашникова, например, АК74М с ОСВ, начинают закипать, и происходят задержки при стрельбе; при выполнении тренировочных стрельб холостыми патронами происходит замыкание и выброс патрона. При окончании огневого контакта в автоматах той же модификации прикипает ДТК, его практически невозможно снять. При подготовке к боевой стрельбе и при переводе оружия за запасной парашют во время прыжка автомат цепляется и увеличивает время для смены положения. Еще одно неудобство АК74М с ОСВ – пенал находится в pistolетной ручке, поэтому при беге, а иногда и при выстреле он вылетает из ручки, теряется; этот недостаток есть и в других модификациях АК74М, например «Обвес». У АК74М с ОСВ очень неудобно открывается крышка ствольной коробки, что значительно увеличивает время для устранения неисправностей, которые могут возникнуть при стрельбе. Газовая трубка с пластмассовой модификацией ствольной накладки не открывается без штык-ножа или других вспомогательных приспособлений, что также очень неудобно.

Иногда создается впечатление, что модификация АК только ухудшает этот удобный, надежный, проверенный временем автомат. Уже разработаны модели, которые очень хорошо подходят для спецподразделений. Автомат Калашникова выполняет свои функции замечательно, а добавляемые новшества принципиально его не улучшают, а зачастую лишь добавляют лишнее.

Что же нужно войскам специального назначения? Может, пора отказываться от автомата Калашникова, ведь оружие должно быть малого веса, удобное в переноске. Такое оружие есть; это АС «ВАЛ», ВСС «Винторез», ПП «Витязь». Они удобны и компактны. Предназначены для бесшумной стрельбы, имеют меньший вес, ими удобно работать в городских условиях, в лесах, они имеют хорошую скорострельность, при работе в помещении удобны в использовании. Автомат Калашникова, конечно, должен быть на вооружении, но с модификацией, которая позволяет меньше затрачивать времени на работу с ним, и удобна в повседневной и боевой обстановке.

Список литературы

1. Тумаков, Н. Н. Автоматы АК74М «ОБВЕС». Результаты тестирования / Н. Н. Тумаков, В. Ю. Гужвенко, Е. И. Гужвенко // Сборник материалов IV Всероссийской научно-технической онлайн-конференции «Стрелковое оружие: вчера, сегодня, завтра» (Россия, Тула, 25 февраля 2016 г.) / под научной редакцией д-ра техн. наук, проф. Н. Е. Старикова. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2016. – 123 с.

К. Д. Кондратюк, студент
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Санкт-Петербург

ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ СПОРТИВНЫХ КАРАБИНОВ

Рассматривается модельный ряд гражданского длинноствольного нарезного оружия, подходящего для использования в стрелковых видах спорта, в частности в практической стрельбе. Приводится анализ особенностей конструкций спортивных карабинов и перспектив их развития.

Ключевые слова: спортивное оружие, спортивный карабин, практическая стрельба, стрелковый спорт.

Введение

Практическая стрельба (ПС) возникла как новый стиль стрельбы, наиболее приближенный к боевому, в начале 50-х гг. XX в. в США и быстро распространилась по всему миру. В мае 1976 г. на Международной конференции по пистолетному спорту была создана Международная конфедерация практической стрельбы (МКПС). МКПС – организация, которая осуществляет продвижение, поддержку и совершенствование практической стрельбы (ПС) как вида спорта во всем мире. В каждой стране, в которой действует МКПС, а их уже более 60, существует своя национальная федерация практической стрельбы, входящая в состав МКПС. Российская Федерация присоединилась к МКПС только в 1998 г. путем создания Федерации практической стрельбы России (ФПСР). А в июле 2006 г. федеральное Агентство по физической культуре и спорту официально признало ПС видом спорта [1].

Основные принципы и дисциплины ПС

Основными принципами ПС наряду с безопасностью обращения с оружием являются точность, мощность и скорость. Это значит, что в данном виде спорта необходимо не просто точно поразить мишень, а сделать это быстро и использовать при этом мощное оружие, что отличает ПС от других видов стрелкового спорта, например, пулевой стрельбы. Исходя из этих принципов в ПС существует ограничение на минимальную мощность используемого патрона, а у стрелков, выступающих с оружием, использующим более мощные патроны, существует преимущество – так называемый фактор мощности. Попадание из более мощного оружия приносит спортсмену большее количество очков. Итоговый результат определяется отношением набранных очков к затраченному на прохождение упражнения времени, что заставляет спортсменов действовать быстрее. Судьи следят за соблюдением правил и требований безопасности и вычитают очки за мелкие нарушения, а за более серьезные – дисквалифицируют. Мишенная обстановка для каждого упражнения уникальна и может быть неизвестна спортсменам заранее, что требует от них внимательности и быстрой реакции. Все эти обстоятельства делают ПС динамичным и зрелищным видом спорта [2].

В ПС из огнестрельного оружия существуют следующие дисциплины, определяемые используемым видом оружия:

- «пистолет, револьвер»;
- «ружье»;
- «карабин»;
- «карабин пистолетного калибра»;
- «троеборье» (пистолет, ружье, карабин).

Дисциплины, в свою очередь, подразделяются на классы. В данной статье рассматривается оружие только для дисциплин «карабин» и «карабин пистолетного калибра». В дисциплине «карабин» предусмотрены следующие классы:

- «стандартный»;
- «открытый»;
- «стандартный – ручное перезаряжание»;
- «открытый – ручное перезаряжание».

Деление на классы дисциплины «карабин пистолетного калибра» не предусмотрено.

В стандартном классе допускается использование серийных самозарядных карабинов с пламегасителями, дульными тормозами или компенсаторами ограниченного размера, только с механическими прицельными приспособлениями, без сошек (упоров). В открытом классе разрешены самозарядные карабины с любыми прицелами, дульными устройствами и сошками/упорами. В стандартном классе с ручным перезаряданием используются несамозарядные карабины без дульных устройств, только с механическими прицельными приспособлениями, без сошек (упоров). В открытом классе с ручным перезаряданием разрешены несамозарядные карабины с любыми прицелами, дульными устройствами и сошками/упорами. Карабин пистолетного калибра может иметь любой принцип перезарядания, любой прицел, любое дульное устройство, но не может иметь сошек (упоров), а также емкость магазина ограничена 32 патронами [3].

Производители гражданского оружия в РФ

Крупнейшими производителями гражданского оружия в Российской Федерации являются ГК «Калашников (Ижевск)» и ОАО «Вятско-Полянский машиностроительный завод «Молот» (Вятские Поляны). Гражданское оружие не является основным направлением деятельности для этих предприятий, которые производят боевое оружие и другую продукцию военного назначения. Гражданское оружие в своем большинстве является конверсионным. Концерн «Калашников» выпускает гражданские карабины семейства «Сайга» на базе автомата Калашникова, «Молот» – семейство карабинов «Вепрь» на базе ручного пулемета Калашникова.

В таблице 1 приведен модельный ряд гражданских карабинов, пригодных для ПС, производства ГК «Калашников» [4].

Таблица 1. Гражданские карабины производства ГК «Калашников» (Ижевск)

Модель	Используемый патрон	Прототип
Сайга-МК 5,45 исп 30	5,45x39	АК-74М
Сайга-МК 5,45 исп. 33	5,45x39	АК-105
Сайга-МК 223 Rem	.223 Remington	АК-101
Сайга-МК 223 Rem исп. 03	.223 Remington	АК-102
Сайга-МК 7,62 исп. 30	7,62x39	АК-103
Сайга-МК 7,62 исп. 33	7,62x39	АК-104
Сайга-МК 7,62 исп. 105	7,62x39	АК-203
SR1	.223 Remington	АК-107
TR3 5,45	5,45x39	АК-12
TR3 7,62	7,62x39	АК-15
Сайга-9 исп. 02	9x19	ПП «Витязь-СН»

В таблице 2 приведен модельный ряд гражданских карабинов, пригодных для ПС, производства ОАО «ВПМЗ «Молот» [5].

Таблица 2. Гражданские карабины производства ОАО «ВПМЗ «Молот» (Вятские Поляны)

Модель	Используемый патрон	Базовая конструкция
Вепрь-1В ВПО-125	.223 Remington	РПК-74М
Вепрь-1В ВПО-126	7,62x39	
Вепрь-1В ВПО-148	5,45x39	
Вепрь-1В ВПО-155	.223 Remington	
Вепрь-1В ВПО-156	7,62x39	
Вепрь ВПО-132	9x19	
Вепрь-КМ ВПО-136	7,62x39	АКМ
Вепрь-9 ВПО-139	9x19	

Конструкция этих карабинов претерпела незначительные относительно прототипов изменения, необходимые для соответствия действующему законодательству РФ. Таким образом, карабины унаследовали от своих боевых «предков» все наилучшие качества боевого оружия, к которым стремятся конструкторы во всем мире: надежность, живучесть, работоспособность в любых климатических условиях, простоту устройства и обслуживания. Также к положительным качествам можно отнести отточенную до совершенства за долгие годы выпуска технологию производства и широкую доступность запасных частей.

Спортивное оружие

Однако для спортивного оружия в отличие от боевого приоритетом являются более высокие требования к таким показателям качества, как высокая кучность стрельбы, малый импульс отдачи, быстрый возврат точки прицеливания на цель, высокий уровень эргономики, малая масса оружия, ударно-спусковой механизм (УСМ) с малым ходом спускового крючка и усилием нажатия, сводящий к минимуму возмущения оружия при производстве выстрела.

Покупая карабин «Сайга» или «Вепрь», спортсмен вынужден дорабатывать свое оружие: менять рукоятку, цевье и приклад для улучшения эргономики, доводить штатный УСМ или заменять его спортивным, заменять штатное дульное устройство на высокоэффективное от стороннего производителя, устанавливать дополнительное навесное оборудование или даже обращаться в лицензированную оружейную мастерскую для более глубоких доработок, затрагивающих основные части оружия, например, нарезка резьбы на дульной части ствола, установка левосторонней рукоятки взведения затвора. ГК «Калашников» предлагает линейку карабинов ЛОТ (лаборатория оружейного тюнинга), призванную ответить на потребность спортсменов в оружии, готовом к соревнованиям с момента покупки. Эта линейка представлена карабинами Сайга-223 ЛОТ «Сварог», Сайга-7,62 ЛОТ «Сварог» и Сайга-9 ЛОТ «Яровит», которые являются карабинами Сайга-МК 223 Rem, «Сайга МК» 7,62 исп. 30 и Сайга-9 исп. 02 соответственно, адаптированными на заводе-изготовителе к использованию в ПС [6]. Внешний вид карабинов серии ЛОТ представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид карабинов серии ЛОТ

Помимо отечественных карабинов на базе автоматов и ручных пулеметов Калашникова у спортсменов высокого уровня пользуются спросом карабины на базе AR-15 конструкции Юджина Стоунера, как импортные, так и отечественного производства. Популярность карабинов на базе AR-15 обусловлена в первую очередь особенностями кинематики. Силы, приложенные к основному звену автоматики, расположены на одной оси, совпадающей с осью канала ствола, что позволяет значительно снизить угловые перемещения оружия при выстреле. Также среди достоинств платформы AR-15 можно назвать сравнительно малую массу за счет широкого применения в конструкции алюминия и высокую модульность, что облегчает доработку оружия.

Перечислить всех производителей карабинов на базе AR-15 не представляется возможным ввиду их внушительного количества. Перечислим только основные. В России карабины на базе AR-15 представлены импортными образцами: Colt AR-15 (США), Schmeisser AR-15 (Германия), Heckler&Koch HK416 (Германия), V-AR (Чехия), ADC M5 (Италия), Norinco CQ-A (Китай), Zbrojar Z-15 (Украина); и отечественными: Вепрь ВПО-140, ORSIS M-15, AS-15 и AR-15J, Форт AR-15, ADAR 2-

15, Kurbatov Arms R-715 и R-709. В нынешних условиях санкций и эмбарго приобрести импортный карабин весьма трудно либо невозможно, а некоторые из отечественных производителей потеряли поставщиков комплектующих и прекратили выпуск карабинов на базе AR-15.

Среди российских производителей особняком стоит компания ООО «Союз-ТМ». От других отечественных производителей оружия ее выгодно отличает очень широкий список калибров выпускаемого оружия и индивидуальный гибкий подход к каждому клиенту. На данный момент компания «Союз-ТМ» производит оружие на базе AR-15 под двенадцать различных патронов (.223 Remington, .300 AAC Blackout, 6,5 Grendel, 7,62x39, 5,45x39, 9x19, .40 Smith&Wesson, .308 Winchester, 6,5 Creedmoor, 366 ТКМ, 9x22 Алтай и .22 Long Rifle). Каждый карабин собирается индивидуально в соответствии с требованиями клиента. Клиент может выбрать длину и внешний контур ствола, его материал (углеродистая или нержавеющая сталь), вид обработки канала ствола (хромирование, карбонитрирование). Выбрать цевье, приклад и пистолетную рукоятку из списка имеющихся в наличии, а также предоставить свои приклад и пистолетную рукоятку, что будет учтено в стоимости карабина. Внешний вид карабина оформляется в соответствии с пожеланиями заказчика, помимо классических одноцветных решений (черный, темно-зеленый, песочный), возможна многоцветная окраска с применением любых трафаретов (камуфляж, надписи, эмблемы и т. п.) и плавных переходов или имитации потертостей, а также нанесение гравировок. В базовую комплектацию любого карабина уже включены: эргономичное вывешенное алюминиевое цевье, эргономичный регулируемый по длине приклад, эргономичная пистолетная рукоятка, двусторонняя рукоятка взведения затвора, регулируемый газовый блок, двусторонний предохранитель, спортивный УСМ, высокоэффективный дульный тормоз-компенсатор и буфер затвора [7]. Модели STM-9, STM-40 и STM-922 выпускаются в специальном исполнении для левшей. На предприятии ведется постоянная работа со спортсменами высокого уровня по совершенствованию выпускаемой продукции. Внешний вид карабина STM-15 калибра .223 Remington представлен на рисунке 2. Внешний вид карабина пистолетного калибра STM-40 калибра .40 Smith&Wesson представлен на рисунке 3. Внешний вид карабина пистолетного калибра STM-9 калибра 9x19 в исполнении для стрелка-левши представлен на рисунке 4.



Рис. 2. Внешний вид карабина STM-15



Рис. 3. Внешний вид карабина STM-40



Рис. 4. Внешний вид карабина STM-9 для стрелка-левши

Выводы

Подводя итоги, можно отметить, что выбор спортсменом оружия для участия в соревнованиях по ПС является сугубо индивидуальным и весьма субъективным, что делает на первый взгляд невозможным создание идеального универсального карабина, который бы в полной мере устраивал всех спортсменов. Однако к этому необходимо стремиться. Необходимо разрабатывать изначально спортивное оружие, а не приспособлять боевое, прислушиваться к конечным пользователям – спортсменам и повышать качество выпускаемой продукции.

Список литературы

1. История практической стрельбы : сайт ФПСП. – URL: <https://ipsc.ru/mesmerize/история-практической-стрельбы> (дата обращения: 27.10.2020).
2. История IPSC : сайт Спортивной федерации ПС СПб. – URL: <https://ipsc78.ru/history> (дата обращения: 27.10.2020).
3. Правила вида спорта «Практическая стрельба». – URL: [https://cloud.ipsc.ru/index.php/s/pPmNiRSSrFkPawt/download?path=%2F&files=Правила вида спорта практическая стрельба с 08.08.2019.pdf](https://cloud.ipsc.ru/index.php/s/pPmNiRSSrFkPawt/download?path=%2F&files=Правила%20вида%20спорта%20практическая%20стрельба%20с%2008.08.2019.pdf) (дата обращения: 30.10.2020).
4. Нарезные винтовки и карабины. – URL: https://ak.kalashnikovgroup.ru/catalog/nareznye_vintovki_i_karabiny (дата обращения: 31.10.2020).
5. Продукция завода. Нарезное. – URL: <https://molot.biz/plant/#filter/nareznoe> (дата обращения: 31.10.2020).
6. Лаборатория оружейного тюнинга. – URL: https://ak.kalashnikovgroup.ru/catalog/laboratoriya_oruzheynogo_tyuninga_ (дата обращения: 31.10.2020).
7. Все карабины платформы AR. – URL: <https://stmarms.su/ar> (дата обращения: 31.10.2020).

Р. О. Романов, Рязань
В. Ю. Гужвенко, Омск

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СМАРТ-ТЕХНОЛОГИЙ В ПУШЕЧНОМ ВООРУЖЕНИИ БТР-82А

Кратко излагается современное состояние и тенденции развития смарт-технологий военного назначения, приводится определение и классификация современных смарт-систем. С позиций системного подхода формулируются общие тенденции, формулирующиеся в смарт-интегрировании и определении облика будущих роботизированных военных систем.

Ключевые слова: смарт-технологии, вооружение боевых машин.

Введение

Современный этап развития науки и техники характеризуется расширением смарт- и роботизированных систем в мире. Наибольший удельный вес использования роботов в мире принадлежит машиностроению. Повсеместное повышение интереса к робототехнике и смарт-технологиям стало возможным благодаря невиданному развитию вычислительной техники, достижениям в теории управления войсками, успехам в микроминиатюризации радиоэлектронной техники.

В статье ставится задача рассмотреть состояние, перспективы развития интерактивных технологий в БТР-82А применительно для 30-мм автоматической пушки 2А72.

Технологии SMART

Технологии SMART – новый, наиболее перспективный подход к постановке работающих целей. Система SMART позволяет на этапе целеполагания обобщить всю имеющуюся информацию, установить приемлемые сроки работы, определить достаточность ресурсов, предоставить всем участникам процесса ясные, точные, конкретные задачи.

Вполне возможно, то же самое стоит ожидать в определениях военных смарт-технологий. Мы же под этим будем понимать универсальный «автомат», пригодный к перепрограммированию, выполняющий те же действия, которые обычно выполняют военнослужащие при выполнении боевых задач. Под универсальностью стоит пониматься способность выполнения нескольких различных действий при выполнении поставленной боевой задачи.

Первый опыт создания смарт-оружия принадлежит американскому инвестору Рону Конвею, который вложил миллион долларов в конкурсную разработку смарт-пистолетов. В США можно приобрести пистолет iP1 немецкой компании Artmatix. Пистолет отличается встроенной блокировкой, которая автоматически снимается, при наличии вблизи специальных часов со встроенным RFID-чипом.

На форуме «Армия-2020» концерн «Калашников» представил сенсацию – smart-ружье MP-155 Ultima калибра 12 миллиметров. Ружье имеет футуристический дизайн и совершенно новое наполнение: возможность подключения ружья к различным гаджетам. Smart-ружье снабжено видеокамерой с высоким разрешением, цифровым экраном, коллиматорным прицелом и встроенным компьютером. Информация может передаваться на гаджеты в любую точку земного шара.

Перспективы развития пушечного вооружения БТР-82А

Система управления огнем БТР-82А предназначена для подготовки и ведения эффективного огня, и состоит из приборов наблюдения, поворотного и подъемного стабилизатора и механизмов. Данная система решает задачи по следующим направлениям:

- поиск, обнаружение, опознавание целей и слежение за объектами с места и с ходу;
- измерение дальности до цели с помощью дальномера;
- наведение и стабилизация БО при управлении с места наводчика;
- управление цепями стрельбы автоматической пушкой.

При грамотной интеграции смарт-технологий в боевое отделение возрастают возможности данной системы, которые обеспечивают:

- сбор данных обстановки и ее отражение в графическом и текстовом формах;

– организацию боевого применения подразделений, в том числе разработку боевых документов (решений, боевых приказов, предварительных боевых распоряжений) с использованием унифицированных форм;

– контроль за ходом выполнения специальных задач подразделением, в том числе непрерывное отображение местоположения системы на фоне электронной карты местности по данным глобальных спутниковых навигационных систем;

– формирование и передача в вышестоящие органы управления специальных донесений, видеотрансляций в режиме реального времени;

– отображение получаемой (передаваемой) графической и текстовой информации о тактической обстановке, расходе боеприпасов, состоянии и исправности техники и вооружения на фоне электронной карты местности с учетом динамики изменения местоположения своих подразделений;

– криптографическую защиту передаваемой информации, имеющей конфиденциальный характер.

Принцип работы смарт-системы должен основываться на функциональном взаимодействии между другими системами в ходе автоматизации процессов решения тактических информационных и расчетных задач, запись и передача данных, видеотрансляции, организации системы огня.

Боевые действия на современном этапе наметили следующие тенденции перспективных технологий.

Интеллектуализация предполагает с помощью триады: сенсорная управляющая, системы-активаторы, замкнутость через внешнюю среду, максимально приблизить возможности боевой смарт-системы к возможностям солдата.

Микроминиатюризация – направление дальнейшего развития военных технологий, достигаемое за счет комплексной миниатюризации компонентов, привлечения достижений современной наномеханики и нанoeлектроники.

Интеграция предусматривает возможность взаимосогласованного функционирования различных подсистем в составе комплекса в интересах эффективного выполнения боевых задач.

Иерархическое построение смарт-системы позволяет упростить проектирование комплекса, что является более простым и экономически выгодным в технической реализации, чем жестко централизованное.

Вывод

Таким образом, военные смарт-технологии – перспективный подход к качественному увеличению эффективности выполнения боевых задач как отдельного солдата, так и крупных подразделений на современном театре военных действий, который должен опираться на хорошо развитую оборонную промышленность. Их основные достижения должны быть направлены на оказание помощи военнослужащим при ведении боя. Предполагается, что рассмотренные тенденции развития смарт-технологий будут способствовать развитию научно-технического и оборонного потенциала государства.

Список литературы

1. Огневая подготовка : учебник. – В 10 кн. – Кн. 9. Вооружение БТР-82А / под ред. Р. В. Старкова. – Рязань : РВВДКУ, 2020. – 250 с.
2. Будкин, Е. Г. Комплекс разведки, управления и связи «Стрелец» : учебник / Е. Г. Будкин, А. Ю. Каплин. – Рязань : РВВДКУ, 2016. – 196 с.
3. Белянин, П. Н. Состояние и развитие техники роботов // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2000. – № 2. – С. 85–96.
4. Юревич, Е. В. Основы робототехники : учебник. Санкт-Петербург : БХВ Петербург, 2005. – 416 с.

Ф. В. Сирица; В. В. Егоров, кандидат технических наук, доцент
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д.Ф. Устинова
Санкт-Петербург

ОЦЕНКА ОСКОЛОЧНОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ДАЛЬНОБОЙНОГО СНАРЯДА 130-ММ

Дана оценка осколочного действия боеприпаса, проектируемого для артиллерийской установки А-192.

Ключевые слова: боеприпас, артиллерия, осколки, осколочное действие.

Введение

В настоящее время Военно-Морским Флотом РФ наиболее активно применяются комплексы с крылатыми ракетами, которые позволяют поражать не только надводные, но и наземные цели, а также используются в качестве средства ПВО. Но не менее важным также остается сегмент пушечного вооружения, образцы которого способны эффективно поражать как воздушные цели, так и надводные цели противника. Поскольку многие локальные конфликты современности происходят в непосредственной близости от береговой зоны, это позволяет использовать в боевых действиях поддержку корабельной артиллерии среднего калибра.

Артиллерийская установка А-192

Рассматриваемая в работе артиллерийская установка А-192 предназначена для вооружения надводных кораблей и обеспечивает стрельбу по береговым, воздушным и морским целям. Данная артиллерийская установка (АУ) оснащается боекомплектом, включающим в себя три типа снарядов: Ф-44 (для борьбы с надводными целями), ЗС-44 и ЗС-44Р (для борьбы с воздушными целями). Штатный боекомплект позволяет успешно бороться с кораблями противника снарядом Ф-44, но этот снаряд оснащается донным взрывателем и довольно толстой головной частью под баллистическим накопником, что уменьшает чувствительность взрывателя при встрече снаряда с преградой. В связи с этим предлагается рассмотреть снаряд, обладающий улучшенной формой, более эффективным осколочным действием и оснащенный головным взрывателем. Особенности конструкции позволяют разместить газогенератор для увеличения дальности полета [1].

Проектируемый боеприпас включает в себя корпус из термообработанной (закалка, высокий отпуск) стали С60, разрывной заряд, в качестве ВВ используется состав А-IX-2, ведущий и обтюрирующий медные пояски, а также взрыватель В-429.

Конструкция перспективного снаряда представлена на рисунке 1.

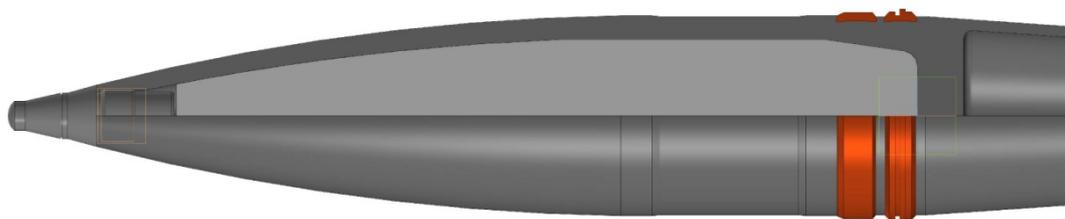


Рис. 1. Конструкция перспективного снаряда

Расчет осколочного действия снаряда

Осколочное действие – действие высокоскоростного потока компактных поражающих элементов. Осколочные и осколочно-фугасные снаряды применяют для поражения открыто расположенной живой силы, огневых средств, небронированной и легкобронированной техники противника. При взрыве оболочка боеприпаса по достижении определенной степени деформации разрушается на отдельные осколки, количество которых можно прогнозировать по эмпирическим зависимостям либо определять на основании опытных аппроксимаций осколочного спектра боеприпаса [2].

Для анализа осколочного действия необходимо определить распределение получаемых осколков по массе, а также направление разлета осколков и их начальную скорость. Точных методов для расчета на данный момент не существует, но есть несколько методов, позволяющих приблизительно оценить осколочное действие.

Вводные данные для расчета:

- плотность ВВ $\rho_{ВВ} = 1700 \text{ кг/м}^3$;
- плотность материала корпуса $\rho_{м} = 7810 \text{ кг/м}^3$;
- скорость детонации ВВ $D = 7900 \text{ м/с}$;
- относительное сужение материала корпуса $\psi = 0,65$;
- модуль сдвига материала корпуса $G = 80 \cdot 10^9 \text{ Па}$;
- энергия разрушения материала корпуса на единицу поверхности $E_s = 1300 \text{ кДж/м}^2$.

Чтобы учесть особенности геометрии корпуса боеприпаса, используется метод эквивалентных цилиндров, заключающийся в разбиении корпуса на несколько цилиндров таким образом, чтобы массы корпуса и взрывчатого вещества были равны таковым в исходном образце. Разбивается только боковая поверхность корпуса, так как взрыватель и донная часть не вносят большого вклада в поражающее действие [2]. Разбиение корпуса представлено на рисунке 2, геометрические характеристики представлены – в таблице 1.

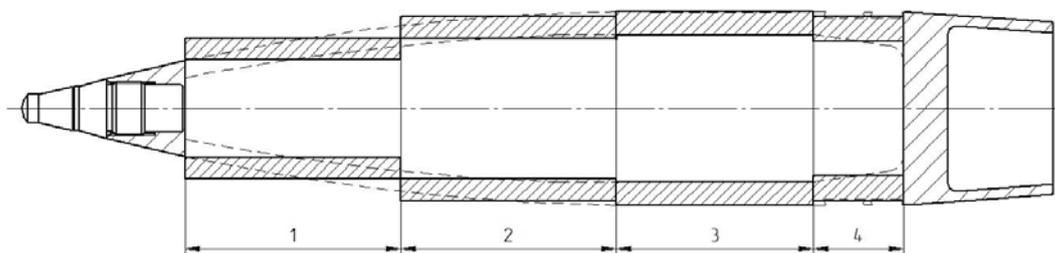


Рис. 2. Разбиение корпуса снаряда по методу эквивалентных цилиндров

Таблица 1. Геометрические характеристики цилиндров

Цилиндр	Длина h , мм	Внутренний радиус $r_{Вв}$, мм	Внешний радиус $r_{Нв}$, мм
1	144	33	47
2	144	47	62
3	132	49	65
4	60	45	62

Распределение осколков по массовым группам можно описать, опираясь на закон распределения Вейбулла [2]

$$N(q) = N_0 e^{-(q/m_0)^\lambda}, \quad (1)$$

где $N(q)$ – число осколков с массой больше заданного значения q ; m_0 – характеристическая масса спектра; λ – показатель качества дробления. Характеристическая масса спектра определяется по эмпирической зависимости

$$m_0 = \frac{\rho_{м} \delta^3}{2\delta_d F_0}, \quad (2)$$

где $\rho_{м}$ – плотность материала корпуса боеприпаса; δ – толщина стенки цилиндра; δ_d – толщина стенки цилиндра в клб; F_0 – безразмерный параметр осколочности, определяемый по формуле

$$F_0 = \frac{\rho_{ВВ} D^2 \sqrt{r}}{\sqrt{E_s G}}, \quad (3)$$

где $\rho_{ВВ}$ – плотность ВВ в камере боеприпаса; D – скорость детонации ВВ; r – радиус камеры; E_s – энергия разрушения металла на единицу поверхности; G – модуль сдвига материала корпуса. Все значения F_0 находятся в диапазоне $75 > F_0 > 50$, следовательно, показатель качества дробления $\lambda = 0,4$.

Средняя масса осколка q_{cp} связана с характеристической массой спектра m_0 через гамма-функцию:

$$q_{cp} = m_0 \Gamma \left(1 + \frac{1}{\lambda} \right). \quad (4)$$

Средняя масса осколка q_{cp} определяется как отношение массы корпуса в пределах цилиндра к общему числу осколков, образующихся из этого цилиндра, соответственно, общее число осколков N_0 определяется как

$$N_0 = \frac{m_k}{q_{cp}}. \quad (5)$$

Распределение осколков по массовым группам приведено в таблице 2.

Таблица 2. Распределение осколков по массовым группам

Номер цилиндра	1	2	3	4	Σ
$m < 0,5$ г	82	160	130	36	408
$0,5 \text{ г} \leq m < 1,0$ г	72	139	114	31	356
$1,0 \text{ г} \leq m < 2,0$ г	122	224	189	56	591
$2,0 \text{ г} \leq m < 3,0$ г	96	168	146	46	456
$3,0 \text{ г} \leq m < 4,0$ г	75	126	113	37	351
$4,0 \text{ г} \leq m < 6,0$ г	108	166	155	57	486
$6,0 \text{ г} \leq m < 8,0$ г	62	93	93	39	287
$8,0 \text{ г} \leq m < 10,0$ г	40	52	56	27	175
$10,0 \text{ г} \leq m < 15,0$ г	46	51	60	35	192
$15,0 \text{ г} \leq m < 20,0$ г	13	12	17	14	56
$20,0 \text{ г} \leq m < 30,0$ г	6	4	6	7	23
$30,0 \text{ г} \leq m < 50,0$ г	0	0	0	1	1
$m > 0,5$ г	640	1035	949	350	2974

На практике при испытаниях боеприпасов на осколочное действие осколки сортируются по массовым группам, при этом осколки массой менее установленного минимума не взвешиваются по отдельности. Для снарядов среднего и крупного калибра данный минимум составляет 0,5 г [2].

Для нахождения начальной скорости разлета осколков необходимо разбить снаряд на несколько сечений, при этом разгоном взрывателя и донной части можно пренебречь. Поскольку корпус снаряда дробится естественным путем, начальная скорость осколков в произвольном сечении рассчитывается по формуле [2]

$$v_i = K_i \frac{D}{2} \sqrt{\frac{\beta_i}{2 + \beta_i} \left\{ \left[1 - (1 - \psi)^4 \right] - \frac{16\sigma_{\text{тд}}}{\rho_m \beta_i D^2} \cdot \ln \left(\frac{1}{1 - \psi} \right) \right\}}, \quad (6)$$

где D – скорость детонации ВВ; ψ – относительное сужение материала корпуса боеприпаса; $\sigma_{\text{тд}}$ – динамический предел текучести материала корпуса; K_i – коэффициент учета дополнительных факторов; β_i – местный коэффициент нагружения, представляющий собой отношение погонной массы ВВ к погонной массе металла корпуса. Коэффициент учета дополнительных факторов рассчитывается как

$$K_i = k_{Ti} k_{Bi}. \quad (7)$$

Коэффициент k_{Ti} учитывает близость рассматриваемого сечения к торцевой поверхности, рассчитывается по формуле

$$k_{Ti} = 1 - 0,2 \left[\frac{x_{Ti}}{2r_{Bi}} - 1 \right]^2, \quad (8)$$

где x_{Ti} – расстояние от рассматриваемого сечения до ближайшего торца; r_{Bi} – радиус камеры боеприпаса в рассматриваемом сечении. Если отношение x_{Ti} к удвоенному радиусу r_{Bi} больше единицы, коэффициент k_{Ti} принимается равным единице.

Коэффициент k_{Bi} учитывает волновой характер нагрузки корпуса боеприпаса и рассчитывается по формуле

$$k_{Bi} = 1 - 0,091\beta_i. \quad (9)$$

Направление разлета осколков в произвольном сечении в основном обуславливается двумя факторами: углом подхода детонационной волны и направлением нормали к внутренней поверхности корпуса боеприпаса. Угол разлета осколков, отсчитываемый от оси снаряда, вычисляется по формуле

$$\theta_{pi} = \pi - \varphi_{2i} + \arctg \left[\frac{v_i}{2D} \cdot \cos \left(\frac{\pi}{2} + \varphi_{1i} - \varphi_{2i} \right) \right], \quad (10)$$

где v_i – начальная скорость осколков в рассматриваемом сечении; D – скорость детонации ВВ; φ_{1i} – угол подхода детонационной волны; φ_{2i} – угол нормали к внутренней поверхности корпуса.

Полученные значения представлены в таблице 3. Данные результаты применимы исключительно для условий статического подрыва боеприпаса.

Таблица 3. Результаты расчета направления и скорости разлета

Сечение	Значение v_i , м/с	Значение θ_{pi} , °
1	831	100,438
2	1190	95,296
3	1296	93,005
4	1358	91,028
5	1398	89,164
6	1420	87,382
7	1376	85,094
8	1399	84,494
9	1399	84,983
10	1383	76,921
11	804	78,925

Угол θ_{pi} отсчитывается от донной части снаряда. Графическое отображение таблицы 3 представлено на рисунке 3.

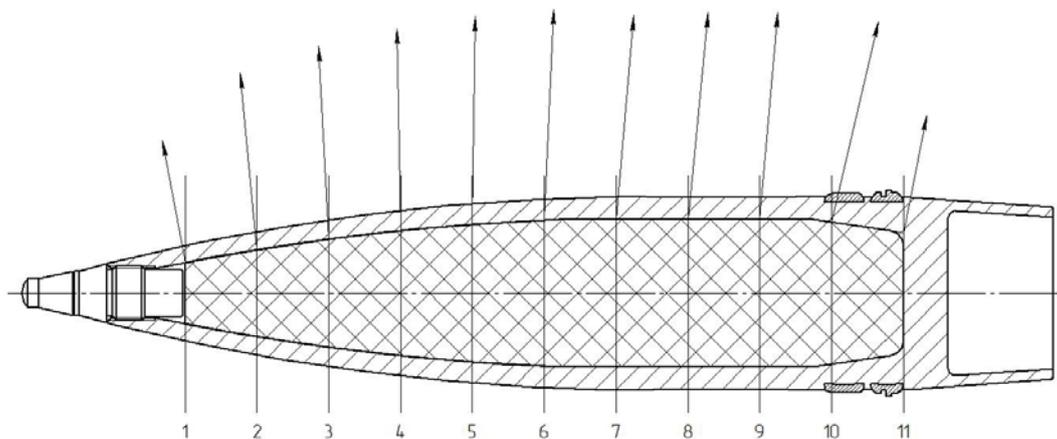


Рис. 3. Направление и скорость разлета осколков

Выводы

Проведенные расчеты показывают, что при подрыве боеприпаса образуется около 3000 осколков массой свыше 0,5 г, скорость которых может достигать 1400 м/с, что позволяет сделать вывод о том, что такой боеприпас будет эффективно поражать открытую живую силу противника. При установке современных взрывателей типа ДВМ-60М1 или АР-32 данный боеприпас способен также использоваться для стрельбы по воздушным целям (в том числе по БПЛА и ракетам), при этом нужно будет внести незначительные корректировки в конструкцию боеприпаса. Обеспечивается высокая вероятность поражения целей вследствие высокого количества поражающих элементов и узконаправленности осколочного поля.

На данный момент поставлены следующие задачи:

- спроектировать привинтную головку для снаряжения боеприпаса методом порционного прессования или шнекования;
- оценить внешнюю баллистику при наличии газогенератора и без него;
- провести расчеты на прочность при выстреле и при движении по каналу ствола;

- оптимизировать массу боеприпаса для использования в 130-мм корабельных АУ;
- оптимизировать конструкцию ведущих поясков с целью удешевления производства и повышения параметров внутренней баллистики;
- рассмотреть возможность установки взрывателей, обладающих как возможностью управляемого подрыва, так и обладающих мгновенным инициированием при встрече с преградой;
- провести расчет фугасного и осколочного действия боеприпаса после внесения вышеперечисленных правок в конструкцию боеприпаса.

Список литературы

1. Боеприпасы морской артиллерии. Состояние и перспективы // Флот – XXI век. – URL: http://blackseafleet-21.com/news/18-07-2011_boeprisy-morskoj-artillerii-sostojanie-i-perspektivy (дата обращения: 12.03.2020).
2. *Знаменский, Е. А.* Фугасное и осколочное действие артиллерийских боеприпасов. – Санкт-Петербург : БГТУ, 2016. – 66 с.

С. А. Соловьев; К. В. Саблин; Л. И. Шеманаева, кандидат технических наук, доцент
Ковровская государственная технологическая академия им. Дегтярева

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Рассматриваются конструкции иностранных образцов стрелкового вооружения с применением вспомогательных электронных систем, представлено наше видение комплекта модернизации оружия с внедрением электронных компонентов, воплощение некоторых элементов в опытном образце.

Ключевые слова: комплект, датчик, магазин, электроника.

Введение

Практически любое современное вооружение содержит в себе электронные системы различного назначения. Не стало исключением и стрелковое оружие. Варианты внедрения различных электронных компонентов стали появляться на рынке вооружений от ведущих оружейных фирм. Главная задача этих комплектов модернизации – улучшение взаимодействия стрелка с оружием, повышение боевой эффективности бойца и подразделения в целом.

По данной тематике в мире на текущий момент не так много разработок, все они находятся в стадии проектирования и создания опытных образцов с использованием той или иной технологии. Одной из первых в этой области представила свои наработки компания Radetec, США [1]. Их модель пистолета Глок 17 (рис. 1) оснащена индикатором боезапаса, датчиком патрона в патроннике и OLED-экраном для вывода информации. Компания Cobalt Kinetics установила свой счетчик патронов на винтовку AR-15 (рис. 2, 3). Подробности устройства этих приборов не разглашаются [2].

Другим компонентом, который потенциально может быть серийно внедрен, стал комплект единой сети электропитания навесных приборов оружия. Компания Textron Systems в рамках конкурса на новую автоматическую винтовку для ВС США представили систему с батарейным блоком и планкой питания оборудования (рис. 4) [3].



Рис. 1. Пистолет Глок17 компании Radetec



Рис. 2, 3. Винтовка AR-15 компании Cobalt Kinetics

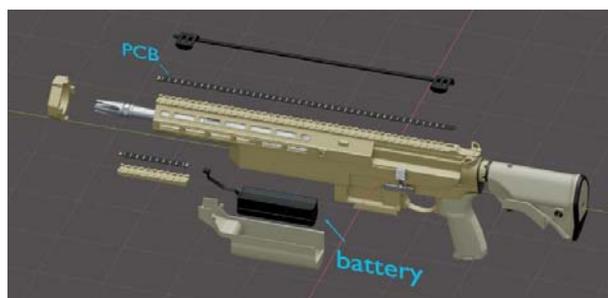


Рис. 4. Перспективная винтовка компании Textron Systems

Кроме того, конкурсный образец штурмовой винтовки от компании Неклер и Кох имеет в конструкции счетчик выстрелов. Он предназначен для сбора данных об общем настреле оружия. В России подобные разработки единичны. Есть информация о проработке варианта установки датчика снаряда в камере танкового орудия.

Наше предложение по разработке включает в себя два общих направления проектирования – военное и гражданское. В каждом из направлений элементы комплекта адаптируются под специфику и условия применения. Так, нами были проработаны несколько исполнений комплекта для каждого случая использования.

Военное направление разработок

Принятие на снабжение в ВС РФ комплекта индивидуальной экипировки «Ратник», приборов навигации и координации на местности, оснащение личного оружия солдата такими системами, как индикатор количества патронов в магазине, датчик наличия патрона в патроннике, температурный датчик на стволе, счетчик количества выстрелов, единая система электропитания для навесного оборудования, серьезно повысят боевые возможности солдат. Мы предлагаем комплексный подход в создании такого комплекта модернизации. Перечисленный выше состав оборудования может меняться в зависимости от типа оружия, на котором оно устанавливается. Часть компонентов может быть как встроенная (датчики), так и в виде навесного оборудования (блок обработки данных). Конкретное исполнение комплекта зависит от используемого образца вооружения. Один из важных принципов разработки данной системы – минимизация возможных изменений конструкции оружия при установке частей комплекта. Все его компоненты (кроме магазина) сообщаются с блоком обработки информации посредством проводной связи; магазин имеет беспроводную систему.

Ранее в устройствах подсчета оставшихся патронов практиковалось определение расхода боеприпасов по отдаче оружия и звуку выстрела. Однако такие методы оказались ненадежны, а также не обеспечивали полный функционал изделия. Предложенный нами вариант механизма-счетчика боеприпасов имеет в своей конструкции специальный датчик, расположенный в магазине оружия. Данные с него обрабатываются и переводятся в количество оставшихся выстрелов на индикаторе. Для изготовления такого магазина применяются стандартные пластиковые изделия заводского выпуска. Отличительной чертой нашего устройства является возможность использования при не полностью заряженных магазинах, так как в системе нет привязки к фиксированному начальному количеству боеприпасов.

Температурный датчик на стволе закрепляется вблизи патронника и замеряет показатели температуры ствола при стрельбе. Конструктивно данный элемент легкозаменяем.

Счетчик выстрелов располагается в тыльной части ствольной коробки и закрепляется на возвратном механизме. Конструкция представляет из себя корпус с установленным в нем датчиком усилия. Он воспринимает удар подвижных частей и фиксирует выстрел.

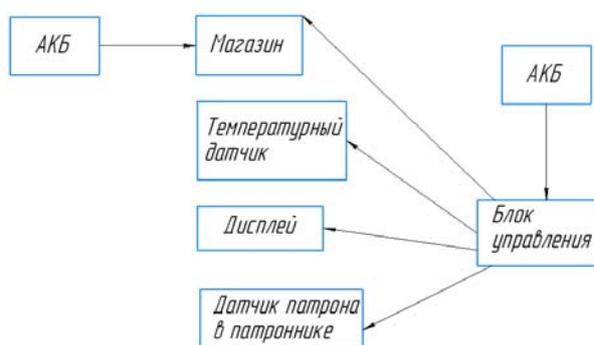
Датчик патрона в патроннике требует для установки внесения изменений в конструкцию оружия. Его конструкция подобна той, что используется в многоствольных авиационных пушках, т. е. с отверстием в стенке патронника и подпружиненным контактом.

Система питания навесного оборудования состоит из стандартных планок типа пикатинни со встроенными элементами питания. Этот компонент также предполагает внесение изменений в конструкцию оружия с заменой уже установленных корпусных элементов.

АКБ расположен вместе с блоком обработки информации в отдельном герметичном корпусе. Там же устанавливается и дисплей вывода информации. Сам блок унифицирован с гражданским образцом. Отдельная батарея питания располагается в магазине и служит для обеспечения работы его систем.

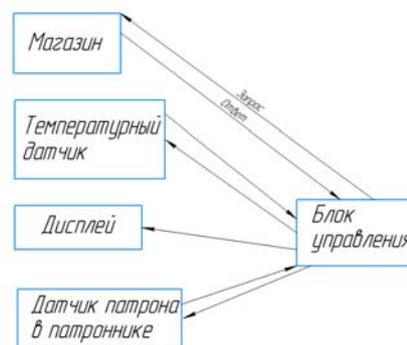
Функциональные схемы работы комплекта представлены на рисунках 6, а, б.

Схема питания потребителей



а

Логическая схема приема-передачи информации



б

Рис. 6. Схемы работы комплекта

Если рассматривать перспективы применения комплекта в военной сфере, то предполагается, что в целом комплект не будет оказывать отрицательного влияния на главные параметры оружия – надежность, точность и кучность стрельбы. Напротив, информация с датчиков, выведенная на дисплей, установленный как модуль, будет полезна пользователю. Точный контроль наличия боеприпасов поможет бойцу рассчитывать боезапас, а контроль температуры ствола поможет сохранить его ресурс и не допустить перегрева (температурный датчик характерен для комплекта, устанавливаемого на пулеметы с ленточным или комбинированным питанием).

Гражданское направление разработок

Второе направление разработки – гражданский рынок стрелкового оружия. В этой сфере данные изделия могут быть полезны стрелкам-спортсменам, а также гражданским владельцам оружия.

Гражданское направление подразумевает иную структуру и конструктивные решения. Также на гражданском направлении отпадает необходимость установки датчика температуры ствола и единой сети энергопитания оружия. Однако счетчик количества выстрелов актуален и в гражданском сегменте. Оптимальная комплектация гражданского исполнения: блок обработки информации с индикатором количества патронов, магазин с датчиком патронов, беспроводной модуль передачи данных, счетчик выстрелов. Комплектация изделия может меняться в зависимости от исполнения.

Рассмотрим некоторые конструкторские решения для гражданской версии комплекта. Оптимальным является исполнение в виде навесного оборудования. Блок обработки информации устанавливается на планки пикатинни или любые другие стандартные планки крепления в местах удобных для стрелка. Поставочный комплект изделия может комплектоваться различными кронштейнами по желанию заказчика. Внешний вид навесного блока изображен на рисунке 8.

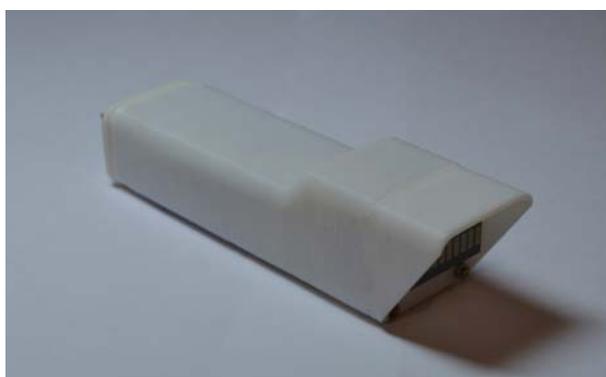


Рис. 8. Внешний вид прототипа блока обработки информации

Для изготовления магазина к комплекту предполагается использование стандартных магазинов заводского производства. В связи с наличием аккумуляторных батарей имеется необходимость обеспечить удобство их зарядки. В этом случае предусматривается как проводная классическая зарядка через разъем, а также установка системы беспроводной зарядки.

Предварительные результаты

По представленному проекту был изготовлен опытный вариант комплекта в гражданском исполнении, состоящий из магазина с датчиком патронов, блока обработки и вывода информации. Внешний вид компонентов на испытательном стенде представлен на рисунке 9.

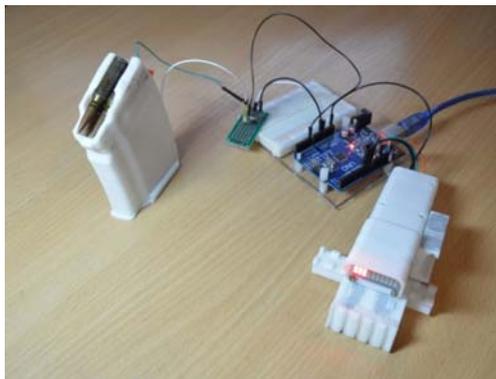


Рис. 9. Внешний вид компонентов на испытательном стенде

Первостепенной задачей является отработка конструкции магазина с датчиком, так как это наиболее сложный элемент комплекта. В этом варианте образца был использован датчик давления, который воспринимал на себе давление пружины. Этот способ фиксирования показаний был предложен нами в статье, опубликованной в сборнике научных работ БГТУ «Военмех» [4]. Датчик выбирался исходя из возможных условий работы, компактности и цены. В результате практических экспериментов было установлено, что такая система адекватно может работать только с магазинами малой емкости (на 5, 10, 15 патронов). Опытный образец автомата с оборудованием представлен на рисунке 10.



Рис. 10. Внешний вид установленного комплекта

Аналогичный результат наблюдался при использовании датчика-дальномера в конструкции. Такой результат не может считаться удовлетворительным. В связи с этим мы подобрали другой тип датчиков, отвечающих требованиям компактности, надежности работы и дешевизны. По итогам предварительных испытаний новая конструкция подтвердила свою работоспособность в полном объеме на магазинах любой емкости.

Список литературы

1. Адам, С. Radetec Unveils Smart Glock Slide & Mobile App. – Thefirearmblog: [сайт]. [2019]. – URL: <https://www.thefirearmblog.com/blog/2019/01/24/shot-2019-radetec-smart-glock-slide/> (дата обращения: 15.04.2019).
2. Адам, С. Radetec Unveils Smart Glock Slide & Mobile App. – Thefirearmblog: [сайт]. [2019]. – URL: https://www.thefirearmblog.com/blog/2017/01/18/aliens-meets-cobalt-kinetics-shot-2017/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=rss (дата обращения: 15.04.2019).
3. Soldier Systems Daily. – Soldier Systems: [сайт]. [2019]. – URL: <https://soldiersystems.net/2019/10/14/ausa-19-textron-systems-unveils-latest-next-generation-squad-weapon-carbine-candidate/> (дата обращения: 15.04.2019).
4. Молодежь. Техника. Космос : труды XII Общероссийской молодежной научно-технической конференции. – В 4 томах / Балтийский государственный технический университет. – Санкт-Петербург, 2020. – Т. 2. – С. 295–298.

Секция 3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 623.462.122

Н. В. Бобинова, студент
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Санкт-Петербург

СОЗДАНИЕ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЯЕМОГО ВООРУЖЕНИЯ ТАНКА С ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТОЙ ПО ЛУЧУ ЛАЗЕРА «СВИРЬ» И «РЕФЛЕКС»

Рассматривается создание комплексов управляемого вооружения танка с полуавтоматической системой управления ракетой по лучу лазера «Свирь» и «Рефлекс».

Ключевые слова: противотанковые управляемые ракеты, «Свирь», «Рефлекс», комплексы управляемого вооружения.

Введение

В начале 1970-х гг. за рубежом появились первые противотанковые управляемые ракеты (ПТУР), которые могли выстреливаться из стволов танковых пушек. Примером может служить американский танк М60А2, оснащенный ракетой «Шилелла», а также ракета «Акра», состоявшая на вооружении французской и западногерманской армий [8].

В Советском Союзе ПТУР, выстреливаемые из ствола танковой пушки, появились позже. Решение об их создании было принято после Постановления Правительства СССР от 30.10.1981 г. Идея создания такого оружия принадлежит Л. Г. Захарову – главному конструктору противотанковых ракетных комплексов, работавшему в конструкторском бюро приборостроения (КБП) имени академика Аркадия Григорьевича Шипунова. Лев Григорьевич проработал в КБП до 2015 г.

Разработка и создание комплексов с ПТУР

Первой разработкой комплекса с ПТУР, поступившей на вооружение, является комплекс «Кобра» (9К112) с радиокомандной системой управления для танков Т-64. Затем последовали «Бастион», «Шексна», «Свирь» (9К120) и «Рефлекс» (9К119) с помехозащищенной лазерно-лучевой системой управления [7].

«Мне в это время посчастливилось заниматься комплексами «Рефлекс» и «Свирь» и разрабатывать самую короткую выстреливаемую из танковой пушки управляемую ракету в мире длиной всего 695 миллиметров, ограниченную размерами укладки автомата заряжания танка. В 1984 году эти комплексы были приняты на вооружение Советской армии и до настоящего времени стоят на вооружении и у нас, и за рубежом», – не скрывает гордости Лев Захаров [5].

Начало разработке комплексов 9К119 и 9К120 положил успех комплекса «Кастет», определивший благоприятные перспективы создания унифицированного с ним комплекса управляемого вооружения калибром 125 мм. При этом наиболее рациональным решением оказалось создание новой ракеты, а не разработка гильзы и опорных поясов для ракеты 9М117, которая была слишком длинной для применения в танковых 125-мм орудиях с автоматом для раздельного заряжания. Учитывая тенденцию того времени к многократному повышению защищенности танков вероятных противников за счет применения многослойной брони и средств динамической защиты, возможность существенно увеличить бронепробиваемость ракеты за счет ее больших размеров стала рассматриваться как оптимальное решение [1].

Разработка комплекса была поручена тульскому КБП, а разработка ракеты – заводу имени Василия Алексеевича Дегтярева (Ковров). В результате почти одновременно были представлены комплексы 9К119 и 9К120, различающиеся системой управления и имеющие одну ракету 9М119. Эти комплексы имели лучшую помехоустойчивость, чем стоящая на танках четвертого поколения разработка конструкторского бюро точного машиностроения под руководством Александра Эммануиловича Нудельмана – комплекс управляемого вооружения танка «Кобра» 9К112 с ракетой 9М112 (рис. 1).



Рис. 1. Ракета 9М112

Разработчикам новых комплексов также удалось существенно снизить массогабаритные характеристики и стоимость аппаратуры, а также обеспечить возможность применения комплекса в любой схеме автомата заряжания. Новая ракета была выполнена в габаритах обычного осколочно-фугасного снаряда ЗВОФ26 для пушки калибром 125 мм. Кумулятивная боевая часть в отличие от большинства ПТУР имеет несколько необычное расположение – она расположена не впереди, а ближе к хвостовой части ракеты, за рулевым приводом и ракетным двигателем, что обеспечивает ей наиболее оптимальные условия функционирования [2].

«Потом мы поставили на вооружение второе поколение танковых управляемых снарядов. Это так называемый комплекс управляемого ракетного вооружения «Рефлекс». Первой была «Кобра». <...> Но там было много недостатков. Во-первых, это была незащищенная от помех система управления – там применялись радиокоманды. Во-вторых, там была очень сложная предстартовая проверка снаряда. Они даже внедрили в войска машину технического обслуживания. Мы с таким вопросом не могли согласиться. И поэтому мы нашли разработчика – тульское КБ Шипунова Аркадия Георгиевича. Это академик Академии наук СССР. Мы выставили требования на разработку нового комплекса управляемого ракетного вооружения, и он с нами согласился. Работы по новому комплексу «Рефлекс» вели первый заместитель главного конструктора Николай Васильевич Легуша», – отмечал в своих воспоминаниях Альберт Казимирович Дзявго, заместитель главного конструктора КБ-3 Кировского завода, начальник танкового КБ-Б в период создания танков серии Т-80 [4].

Сравнительная характеристика комплексов

Сравним характеристики комплексов «Свирь» и «Рефлекс» с «Коброй» (таблица).

	9К112 «Кобра»	9К120 «Свирь»	9К119 «Рефлекс»
Максимальная дальность стрельбы, м	4000	4000	5000
Минимальная дальность стрельбы, м	100	100	100
Бронепробиваемость, под углом 0°, мм	600	700	700
Бронепробиваемость под углом 90°, мм	600	650–700	650–700
Система управления	Радиолиния	По лучу лазера	По лучу лазера
Способ стрельбы	С места и с хода	С места и с коротких остановок	С места и с хода
Общий вес выстрела, кг	31,1	23,3	23,3
Масса ракеты, кг	23,2	16,5	16,5
Средняя скорость полета, м/с	375	312	312
Максимальная скорость движущейся наземной цели, м/с	75	70	70

Комплекс 9К120 «Свирь» устанавливался на танках Т-72БМ, Т-72. [6].

Комплекс 9К119 может применяться на танках четвертого поколения вне зависимости от схемы автомата заряжания. В настоящее время он входит в состав штатного вооружения танков Т-80У, Т-80УД, Т-80УМ (КУВ 9К119М «Рефлекс-М»), Т-90 и предлагается на экспорт.

Система управления комплекса «Рефлекс» полуавтоматическая. Слежение за целью и наведение осуществляется через прицел-дальномер прибора наведения (ПДПН) 1Г46, входящий в состав комплекса управления оружием 1А45 «Иртыш». Прибор является основным средством управления огнем

танка, с которым работает наводчик при стрельбе из пушки, спаренного с ней пулемета, а также при пуске и наведении управляемой ракеты. Отработка новой системы управления оружием и комплекса управляемого вооружения производилась на опытном танке «объект 219В», вариант танка Т-80Б. После успешных испытаний эти системы устанавливались на газотурбинном и дизельном вариантах танка Т-80У («объект 219АС») и Т-80УД («объект 478Б»). КУВ «Рефлекс» размещается также на основном танке Т-90С. Кроме танков ракета 9М119 применена в комплексе «Разрыв» для 125-мм буксируемых противотанковых пушек 2А45М «Спрут-Б» [3].

Впоследствии комплекс был модернизирован и получил новые артиллерийские выстрелы: ЗУБК20 и ЗУБК20М. Выстрел ЗУБК20 состоит из того же метательного устройства 9Х949, что и в комплексе «Рефлекс» и модернизированной управляемой ракеты 9М119М «Инвар», а выстрел ЗУБК20М включает ракету 9М119М1 «Инвар-М». Разработкой ракеты 9М119М занимался Лев Григорьевич Захаров, она была принята на вооружение в 1992 г., а ракета 9М119М1 «Инвар-М» несколько позже – во второй половине 1990-х гг.



Рис. 2. Ракета 9М119 и метательное устройство 9Х949

Также на заводе имени В. А. Дегтярева была создана ракета 9М119Ф с фугасной боевой частью, которая позднее была доработана до 9М119Ф1 совместно с Государственным научно-исследовательским институтом машиностроения имени Вячеслава Васильевича Бахирева в городе Дзержинске Нижегородской области. Главное преимущество этих ракет – многократное увеличение фугасного и осколочного действия по цели в сочетании с высокой точностью попадания. Применение высокоточного управляемого оружия с осколочно-фугасной боевой частью высокой мощности обеспечивает уничтожение с первого выстрела живой силы противника в радиусе до 20–25 м, а также находящейся в укрытиях различного типа с одновременным разрушением укрытий, и поражение малоразмерных легкобронированных и небронированных целей.

Список литературы

1. Ангельский, Р. Д. «Кобры» стерегут страну Советов // Техника и вооружение. – 2006. – № 8.
2. Ангельский, Р. Д. Отечественные противотанковые комплексы. Иллюстрированный справочник. Москва : Астрель, 2002. – 192 с. : ил.
3. Изделие 478Б. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Москва : Военное издательство, 1985. – 395 с.
4. Кудрявцев, С. И. Сила Военмеха. – Санкт-петербург : Аграф+, 2017. – 544 с.
5. Рамм, А. Создать «Дракона» // Военно-промышленный курьер. – 2014. – 10.12. – Ст. 46 (564).
5. Танк Т-72Б. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – Москва : Военное издательство, 1995. – 96 с.
7. Широкопад, А. Б. Энциклопедия отечественного ракетного оружия 1817–2002 / под общей редакцией А. Е. Тараса. – Москва : АСТ. Минск. Харвест. – 544 с.
8. Щербаков Б. Ф., Румянцев Б. В. Противотанковые ракетные комплексы: учеб. пособие. СПб.: БГТУ, 2010. – 101 с.

И. Г. Вольф, кандидат технических наук, доцент

Д. С. Холкин

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ КОНСЕРВАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ

Рассматривается вопрос методики консервации вооружения. С этой целью проанализированы существующие и перспективные методы консервации вооружения. На основании этого определены направления дальнейшего развития путей сохранения вооружения.

Ключевые слова: консервация вооружения, методы консервации вооружения, ингибиторы, методы упаковки.

Введение

Для рассмотрения данной темы в первую очередь необходимо определить понятие «консервация».

Консервация – технические и организационные мероприятия для защиты техники от коррозии (при длительном хранении или транспортировании) путем изоляции от внешней среды и окислительных процессов [1].

Так как эффективность использования изделий вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) в значительной мере зависит от степени их защищенности от коррозии, старения и биоповреждений, вопрос сохранения изделий ВВСТ при хранении очень актуален.

Наибольший ущерб наносит коррозия металлов, последствия которой возрастают в связи с усложнением конструкций изделий ВВСТ и ростом загрязнения атмосферы коррозионно-активными агентами.

Проводившиеся в последние годы исследования показали, что многие материалы, применяемые в изделиях ВВСТ, не обладают в достаточной мере стойкостью к воздействию климатических и биологических факторов. Поэтому решение задачи обеспечения заданных значений сохраняемости и долговечности хранящихся изделий возможно при применении комбинированной системы консервации, использование которой позволяет одновременно защитить изделия от коррозии, старения и биоповреждений.

Методы консервации

В настоящее время защита изделий ВВСТ от коррозии, старения и биоповреждений в зависимости от его конструктивных особенностей и условий хранения осуществляется следующими методами [2]:

- консервация вооружения с применением летучих ингибиторов атмосферной коррозии;
- консервация вооружения методом статического осушения воздуха;
- консервация вооружения комбинированным методом;
- консервация вооружения на основе средства «БТОПАГ-Д».

Консервация летучими ингибиторами заключается в подготовке вооружения к консервации, упаковке его в противокоррозионную бумагу и герметизации. Механизм защитного действия ингибиторов атмосферной коррозии можно представить следующим образом. Летучие ингибиторы, испаряясь с поверхности противокоррозионной бумаги, насыщают замкнутый объем укупорочных ящиков парами ингибитора, которые, осаждаясь на металлические поверхности вооружения, приводят их в пассивное состояние к действию агрессивных агентов. Таким методом консервируется стрелковое вооружение, средства ближнего боя, военные приборы и др.

Для консервации вооружения, изготовленного из черных металлов, используется уротропинонитритный ингибитор УНИ [3].

Для вооружения, в состав которого входят узлы и детали, изготовленные из цветных металлов и имеющие покрытия из цветных металлов, используется универсальная противокоррозионная бумага МБГИ-8-40.

В качестве герметизирующих материалов применяется парафинированная бумага БП-3-35 или полиэтиленовая пленка марок А или В.

Статическое осушение воздуха заключается в том, что в замкнутом загерметизированном объеме размещается влагопоглотитель, который, поглощая влагу из воздуха, поддерживает относительную влажность воздуха в пределах, при которых коррозионные процессы практически не протекают.

Этот метод используется при консервации радиолокационных станций, агрегатов наземного оборудования, пунктов управления, станций питания и др.

Для этих целей в качестве влагопоглотителя используется силикагель. Герметизация замкнутого объема в зависимости от размеров и конфигурации зазоров и щелей осуществляется герметиком 51-Г-7, или герметизирующей лентой «Герлен-Д», или тканью 500 (полиэтиленовой пленкой).

Метод статического осушения может применяться в сочетании с противокоррозионной бумагой МБГИ-8-40.

Комбинированный метод консервации вооружения предусматривает консервацию узлов и механизмов, которые можно герметизировать с использованием ингибиторов атмосферной коррозии (канал ствола, механический прицел и др.), а остальные детали и узлы консервируются с использованием смазочных материалов. Этот метод применяется в основном при консервации артиллерийского вооружения, запасных частей, инструмента и принадлежностей.

При консервации вооружения любым из перечисленных методов следует учитывать необходимость защиты неметаллических деталей и узлов вооружения от старения и биоповреждений.

При этом резинотехнические изделия, подвергающиеся непосредственному воздействию солнечной радиации и атмосферных факторов, защищаются от старения и биоповреждений покрытием ПЭ-37.

Кожаные изделия защищаются от старения гидрофобной смазкой.

В качестве дополнительной защиты от воздействия солнечной радиации и атмосферных факторов применяются чехлы общего укрытия, штатная укупорка и хранилища.

Консервация вооружения на основе средства «БИОПАГ-Д». Средство «БИОПАГ-Д» обладает широким спектром антимикробной активности в отношении гамотрицательных и грамположительных бактерий.

По параметрам острой токсичности данное средство относится к 3-му классу умеренно опасных веществ при введении в желудок, к 4-му классу малоопасных веществ при нанесении на кожу по ГОСТ 12.1.007–76. Пары средства при ингаляционном воздействии малоопасны, при введении в брюшную полость относятся к малоактивным соединениям.

Рабочие растворы средства готовят в концентрации 0,005–4 % при однократном воздействии на кожу и не оказывают раздражающего действия.

Отработанные растворы сливаются в канализацию, емкости и посуду, в которых они содержались, ополаскиваются проточной водой.

Консервации ВВСТ с применением данного средства производится аналогично технологии, предусматривающей использования летучих ингибиторов, с применением тех же приспособлений и рабочих мест. Данный метод является перспективным и инновационным.

Методы консервации стрелкового вооружения и средств ближнего боя

Стрелковое вооружение и средства ближнего боя консервируются двумя методами – индивидуальной упаковки и общей упаковки.

Для консервации стрелкового вооружения применяют следующие материалы:

– упаковочные противокоррозионные бумаги марок УНИ-35-80 и УНИ- 22-80 (в том числе с покрытием латексом или полиэтиленом) для консервации вооружения, изготовленного из черных металлов;

– противокоррозионная бумага марки МБГИ-8-40 для консервации вооружения, в состав которого входят детали цветных металлов и сплавов;

– рабочие консервационные масла КРМ и РЖ применяются в качестве антифрикционных и обеспечивают дополнительную защиту от коррозии.

В качестве герметизирующих материалов допускается использовать:

– парафинированную бумагу марки БП-3-35;

– пленку полиэтиленовую марки М или С, толщиной 0,12; 0,15; 0,1 мм;

– двухслойную водонепроницаемую бумагу.

Важно помнить, что для работ с вооружением разрешается применять материалы, имеющие паспорт или сертификат, гарантийный срок хранения которых не истек. Консервационные материалы, не имеющие паспорта или сертификата, находящиеся в поврежденной или вскрытой таре, а также материалы, гарантийный срок которых истек, перед использованием подвергаются контролю в лаборатории согласно техническим требованиям, указанным в соответствующих ГОСТах или ТУ.

Вывод

Таким образом, в данной статье мы рассмотрели методы консервации вооружения, военно-специальной техники, узнали их особенности и порядок проведения работ, связанных с консервацией изделий. Данная тема остается в настоящее время актуальной, так как методы, применяемые для сохранения вооружения, устарели, а новые перспективные методы практически не разрабатываются.

Список литературы

1. *Кузнецов, С. А.* Большой толковый словарь русского языка. – Санкт-Петербург : Норинт, 1998. – 736 с.
2. Консервация изделий вооружения, военно-специальной техники, находящейся на хранении : учеб.-метод. пособие. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2014. – 63 с.
3. *Стариков, Н. Е.* Разработка метода консервации ВВСТ на основе применения средства «Биопаг-Д». – Тула : Изд-во ТулГУ, 2018. – 3 с.

А. А. Громов, Д. С. Ёлкин
Филиал ВА МТО, Пенза
К. А. Перекусихина

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОЙ АККУМУЛЯТОРНОЙ СТАНЦИИ ДЛЯ ЗАРЯДА И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Рассматривается возможность разработки мобильной аккумуляторной станции, которая позволяет проводить заряд и техническое обслуживание щелочных аккумуляторов в различных условиях, при отсутствии штатных средств, регламентированных эксплуатационной документацией. Тем самым решается проблема обслуживания различных радиотехнических средств.

Ключевые слова: аккумуляторная станция, мобильная, разработка, потребитель, батарея, радиотехнические средства.

Введение

Аккумуляторные батареи предназначены для питания электрическим током стартера во время запуска двигателя и других потребителей (освещение, система зажигания, звуковая сигнализация и т. п.) при неработающем двигателе, а также когда двигатель работает с низкой частотой вращения и мощность генератора недостаточна для питания подключенных электропотребителей.

Аккумуляторные батареи являются электрохимическими источниками тока, в которых во время зарядки электрическая энергия от внешнего источника тока используется на образование химических соединений, а во время разрядки химическая энергия превращается в электрическую в результате перехода химических соединений в их начальное состояние. В зависимости от компонентов, принимающих участие в электрохимических процессах, аккумуляторы делят на щелочные и кислотные.

Виды аккумуляторов и их использование

Для питания систем электрооборудования машин, тяговых двигателей электромобилей, а также специальной аппаратуры, установленной на автомобилях, применяют щелочные аккумуляторы серебряно-цинковые (СЦ), кадмиево-никелевые (КН) и железоникелевые (ЖН), в которых электролитом является раствор гидроксида калия (KOH) или натрия (NaOH) в дистиллированной воде с возможным добавлением гидроксида лития (LiOH). Активная масса отрицательных электродов кадмиево-никелевых и железоникелевых аккумуляторов – губчатый кадмий или губчатое железо, а положительного – гидроксид никеля (III) $Ni(OH)_3$ или гидроксид никеля (II) $Ni(OH)_2$.

Щелочные аккумуляторы имеют широкое применение в бытовых и промышленных целях. Аккумуляторы, как правило, подразделяются на никель-кадмиевые (Ni-Cd) и никель-железные (металлогидридные, Ni-MH). Щелочные аккумуляторы первого типа были изобретены еще в 1988 г. Вальдмаром Юнгнером, но стали популярны только после 1950 г., когда материалы для их изготовления стали более доступны для широкого производства.

Основное достоинство никель-кадмиевых аккумуляторов заключается в том, что они заряжаются относительно быстро и могут храниться при низких температурах почти при полном разряде довольно длительный срок. К недостаткам можно отнести малую энергетическую плотность, высокую токсичность и «эффект памяти», для устранения которого требуется полный разряд батареи. Номинальное напряжение Ni-Cd аккумуляторов 1,2 В. Обычный режим заряда такого устройства – током 0,1 С происходит в течение 16 ч. При использовании его очень важным является процесс перезаряда, так как сам заряд сопровождается повышением внутреннего давления. По мере нагревания выделяется кислород, и коэффициент использования тока может упасть. Важно не передерживать аккумулятор в зарядном устройстве, не давая кислороду выделяться сверх меры. При соблюдении этих простых норм щелочная никель-кадмиевая аккумуляторная батарея прослужит весь отведенный ей стандартом срок.

Металлогидридные (Ni-MH) щелочные батареи являются во многом аналогами никель-кадмиевых, но по электрохимическим процессам они больше похожи на электро-водородные. Их удельная энер-

гия значительно превышает параметры остальных видов щелочных аккумуляторов. Разработка таких устройств началась примерно в 50–70-х гг. прошлого столетия, и они стали прототипом батарей, используемых в космической промышленности. Для качественного заряда щелочной металлгидридной батареи необходимо соблюдать тепловой режим. Следует избегать перезарядов (менее 1 В), которые могут привести к увеличению температуры. Подсоединение к устройству клеммы или провода от неисправных батарей может привести к замыканию. Зарядка щелочного Ni-MH аккумулятора, производится током $I_z = 0,1 C$ в течение 15 ч.

Техническое обслуживание аккумуляторов

Во время эксплуатации через определенные промежутки времени для поддержания аккумуляторной батареи (АБ) в исправном состоянии необходимо проводить следующие виды технического обслуживания:

- осмотры (текущие и инспекционный);
- профилактический контроль;
- профилактическое восстановление (ремонт).

Текущие и капитальные ремонты аккумуляторных батарей следует выполнять по необходимости.

Объемы и периодичность технического обслуживания должен утверждать технический руководитель предприятия.

Объемы технического обслуживания для некоторых типов фирменных аккумуляторных батарей, в особенности относительно электролита (доливка, контроль плотности, температуры и др.), могут быть сокращены, что должно быть отобрано в местных инструкциях предприятия.

На любую АБ нужно иметь следующую техническую документацию:

А. паспорт;

Б. проектные материалы (исполнительские рабочие схемы электрических соединений аккумуляторных батарей и др.);

В. монтажные схемы размещения АБ;

Г. материалы по приемке АБ из монтажа (протоколы анализа воды и кислоты, протоколы формовочного заряда, циклов разряда-заряда, контрольных разрядов, протокол измерения сопротивления изоляции аккумуляторной батареи, акты приемки);

Д. инструкция предприятия по эксплуатации;

Е. акты ремонта и соответствующие акты приемки;

Ж. протоколы плановых и внеплановых анализов электролита, анализов получаемой серной кислоты, анализов качества воды (на содержание примесей и др.);

З. экспертный вывод на вновь поставленные атомные электростанции, отечественные и инофирм;

И. действующие государственные стандарты, технические условия на серную аккумуляторную кислоту и дистиллированную воду;

К. инструкцию по эксплуатации (или другую аналогичную техническую документацию) АБ фирмы (в соответствии с условиями поставки).

Схема работы зарядного прибора для аккумуляторных батарей проста: с одной стороны, аппарат включается в сеть 220 В, с другой – подключается к аккумуляторной батарее. В самом зарядном устройстве происходит процесс изменения переменного тока в постоянный, или, другими словами, его выпрямление.

Список литературы

1. Технология ремонта тягового подвижного состава / под редакцией Н. М. Находкина, Р. Г. Черепашенцев. – Москва : Транспорт, 1998.
2. Инструкция по формированию, ремонту и содержанию колесных пар тягового подвижного состава железных дорог колес 1520 мм / ЦТ № 329. – Москва : Транспорт, 1995.

А. А. Егорова, студент
Н. А. Вихарева, кандидат технических наук
Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИБОРОВ НОЧНОГО ВИДЕНИЯ

Приводится обзор научно-технической литературы по видам приборов ночного видения (ПНВ) и применению их в военной области. Обзор ПНВ в России, США и других странах. Состоянии ПНВ в настоящее время.

Ключевые слова: приборы ночного видения, электронно-оптические преобразователи, прицел.

Введение

В настоящее время ПНВ широко применяются не только в военной сфере, но и в мирной. Существует большое количество видов ПНВ.

Приборы ночного видения – класс оптико-электронных приборов, обеспечивающих оператора изображением местности (объекта, цели и т. п.) в условиях недостаточной освещенности. Приборы данного вида нашли широкое применение при ночных боевых действиях, для ведения скрытного наблюдения (разведки) в темное время суток и в темных помещениях, вождения машин без использования демаскирующего света фар и т. п. Несмотря на ряд преимуществ, которые они дают своему обладателю, отмечается, что подавляющее большинство имеющихся моделей не способно предоставить возможность периферийного зрения, что обуславливает необходимость специальных тренировок для эффективного их применения [1].

Принцип действия

Принцип действия ПНВ основан на преобразовании с помощью электронно-оптического преобразователя (ЭОП) инфракрасного (ИК) излучения в видимое и на усилении низких уровней яркости, создаваемых на наблюдаемом объекте свечением ночного неба, звезд и луны в видимой и ближней ИК-области спектра [2]. ПНВ нашли широкое применение для наблюдения, прицеливания и вождения транспортных средств как в военной, так и в гражданской технике. Они широко используются для обеспечения работы пограничных, таможенных, спасательных служб, применяются для производственного технологического контроля, обеспечения добычи полезных ископаемых, в научных исследованиях, для наблюдения за поведением животных, ночного ориентирования на местности, астрономических наблюдений и др. Особого внимания заслуживает применение ПНВ для обеспечения охраны и работы служб безопасности, спецподразделений МВД, ФСБ и др. ПНВ позволяют незаметно для противника в сумерках или ночью обеспечить наблюдение, а при необходимости – и стрельбу с высокой точностью. ПНВ обладают высокой надежностью, малыми массогабаритными показателями, простотой в обращении и обслуживании, высокими эксплуатационными характеристиками, значительным временем непрерывной работы. Все это привело к широкому применению ПНВ в системах охраны и безопасности [3].

История приборов ночного видения начинается в 1930-х гг. Принято считать, что первые приборы ночного видения появились в 1939 г. в немецкой армии [4, 5]. Это были достаточно примитивные приборы, которые улавливали и транслировали изображения инфракрасного излучения. Однако немцам удалось создать прицел ночного видения к 1943 г., который начал устанавливаться на танки «Пантера» (рис. 1).

Прицел работал, улавливая инфракрасные источники света, а если на местности таковых не было, то местность подсвечивалась источником инфракрасного излучения. Лучи отражались от предметов и улавливались прибором ночного видения. Эффективная дальность видения таких приборов была невелика, однако это в любом случае давало преимущество.

Следующее поколение приборов ночного видения использовало эффект усиления слабого света.

Классификация рынка

Классификация рассматриваемого сегмента рынка по фирмам, разрабатывающим и производящим ПНВ, позволит получить наиболее общее представление о сложившейся ситуации. Прежде всего, следует выделить наиболее крупных производителей (они же, как правило, являются разработчика-

ми). Ключевые позиции в этом бизнесе занимают компании способные разрабатывать и выпускать наиболее технологически сложный компонент ПНВ – электронно-оптический преобразователь (ЭОП). Здесь следует обратить внимание на непрерывно конкурирующих друг с другом производителей ЭОП III поколения – Litton и ИТТ (США), «Катод» (Россия). Эти крупнейшие компании в области производства оптико-электронных приборов процветают и успешно развивают свое производство на выгодных и постоянно обновляемых заказах правительств своих стран. С ними пытаются конкурировать и некоторые другие крупные фирмы. Здесь следует отметить дочерние Delft Electronic Products (DEP) как производителя ЭОП и Delft Sensor Systems как производителя ПНВ из состава Delft Instruments Group (Голландия/Бельгия); Tompson–GSF (Франция); EEV, отделение Optosis и GEC-Marconi (последний специализируется на выпуске авиационных ПНВ, Англия). Продолжает разработку и выпуск ЭОП Philips (Голландия) – один из крупнейших европейских производителей оптоэлектронной продукции.



Рис. 1. Внешний вид танка «Пантера», оборудованного первым ПНВ

Сегментация рынка по производителям ПНВ может служить демонстрацией лидерства фирм США. Однако российские производители ПНВ не отстают от лидеров, а в некоторых моментах даже превосходят. Практически все приборы сегодня выпускаются на основе ЭОП II+ и III поколений с предельно высоким разрешением. В качестве примера можно привести прицел ночной малогабаритный НМП-2 со встроенным электронно-оптическим преобразователем (ЭОП) 2+ или 3-го поколения производства АО «Катод» (рис. 2).



Рис. 2. Прицел ночной малогабаритный НМП-2 компании АО «Катод»

Прибор используется как прицел средней дальности в условиях низкой освещенности. Применяется с оружием для охоты. Данный прицел с увеличением 4,2 крат позволяет вести прицельную стрельбу на расстоянии 700 м.

Также в линейке приборов АО «Катод» имеются очки ночного видения серии ОНВ-ИР, выполненные на ЭОП 2+ или 3-го поколения со стеклянным входом и выходом, диаметром фотокатода 18 мм (рис. 3). Конструкция очков позволяет использовать различные объективы со сменой в полевых условиях без нарушения герметичности. Возможно использование в руках, крепление на голове, шлеме. Свободная комплектация в отношении опций и аксессуаров.



Рис. 3. Очки ночного видения серии ОНВ-ИР компании АО «Катод»

В качестве примера продукции американской компании ИТТ можно привести монокуляр ночного видения AN/PVS-14 [6] (рис. 4).



Рис. 4. Монокуляр ночного видения AN/PVS-14 компании ИТТ

Заключение

На основании вышеизложенного можно утверждать, что в настоящее время существуют достаточно эффективные ПНВ для целей охраны и безопасности. Возможно обеспечение с их помощью даже круглосуточной работы, а в случае применения АИ ПНВ – еще и работы при пониженной прозрачности атмосферы. Это позволяет надежно обеспечить охрану от злоумышленников в широком диапазоне изменения внешних условий. Применение таких ПНВ целесообразно как для работников охраны, так и для бойцов спецподразделений, решающих сложные боевые задачи в ограниченных условиях видимости.

Первоначально приборы ночного видения (ПНВ) разрабатывались для оборонных целей. Это вполне объяснимо, ведь во время проведения военных операций умение действовать ночью не хуже, чем днем может спасти много жизней, и такие приборы давно взяты на вооружение армиями большинства стран мира.

ПНВ в том виде, какими мы их знаем сейчас, стали использоваться американскими солдатами во время операций на Ближнем Востоке, хотя самые первые подобные разработки относятся ко временам Второй мировой войны. Сейчас с помощью ПНВ по ночам летают спасательные вертолеты и военные истребители, а современные беспилотники оснащаются тепловизорами. Благодаря удешевлению и развитию технологий охотники, натуралисты и стражи порядка имеют возможность пользоваться ПНВ там, где им это необходимо.

Список литературы

1. Грузевич, Ю. К. Оптико-электронные приборы ночного видения / Ю. К. Грузевич. – Москва : ФИЗМАЛИТ, 2014. – 276 с.
2. Волков, В. Г. Приборы ночного видения / В. Г. Волков // Спецтехника и связь. – 2008. – № 2. – С. 2–8.
3. Голицын, А. А. Преимущества и недостатки цифровых прицелов для стрелкового оружия / А. А. Голицын // Спецтехника и связь. – 2012. – № 5. – С. 14–18.
4. Евдокимов, В. И. Электронно-оптические преобразователи / В. И. Евдокимов, Г. А. Гуменюк, М. С. Андриященко // Неконтактная защита боевой техники. – Санкт-Петербург : Реноме, 2009. – 176 с.
5. Стэнфорд, Э. Приборы ночного наблюдения / Э. Стэнфорд // Ночной бой. Тактика и техника. – Издательско-торговый дом ГРАНД, 2003. – 288 с.
6. Garcia, Santiago A. Search For A Night Sight. Infantry, 1971, vol. 61.

Д. А. Ижбульдин, магистрант; А. С. Гречневский, аспирант
Т. Н. Хацевич, кандидат технических наук, профессор
Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

ПРОБЛЕМЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ LWIR-ОБЪЕКТИВОВ

Приведены примеры современных LWIR-объективов с панкратической и дискретной сменой увеличения, сопрягаемые с неохлаждаемыми матричными приемниками излучений. Рассмотрены технические характеристики, позволившие выявить пути развития и проблемы при проектировании объективов.

Ключевые слова: оптическая система, объектив переменного фокусного расстояния, тепловизионные приборы и системы, неохлаждаемые приемники излучений.

Введение

Основной тенденцией на рынке тепловизионного оборудования является появление новых игроков, которые в конкурентной борьбе делают тепловизионную технику все доступнее. Еще 10 лет назад в измерительном сегменте тепловизоры FLIR занимали 90 % отечественного рынка. Сегодня санкционная политика США и ценовое давление привели к тому, что российское отделение компании закрылось, чем непременно воспользовались компании из Китая, Германии, Японии. С технической стороны основной тенденцией является совершенствование сенсорной части (микроболометрических матриц) в двух направлениях – увеличение разрешения и уменьшение болометров. И если по части уменьшения сенсорных элементов компании, в том числе российские, подошли к физической границе 12 мкм, то, по прогнозным оценкам [1], разрешение будет расти еще какое-то время, пока стоимость объективов, которую тоже придется увеличивать вслед за растущей площадью чувствительной площадки приемников, не перекроет экономическое обоснование увеличения разрешения. Возможен и другой вариант: если химики найдут достойную и более дешевую замену германию. Но на ближайшие 10 лет увеличение плотности сенсоров и рост разрешения матриц – основное направление развития тепловизионных приемников.

ИК-объективы

В связи с интенсивным развитием и совершенствованием приемников инфракрасного (ИК) излучения возникают все новые требования к оптическим системам тепловизионных приборов. Основная задача – увеличение дальности обнаружения и распознавания объектов при уменьшении массогабаритных параметров. В настоящее время спрос на ИК-объективы растет не только в военных сферах, но и в гражданских. ИК-объективы применяются в тепловизионных приборах, системах и комплексах для обнаружения электрических дефектов, утечек, оценки влажности, в медицине, автомобильной индустрии и системах охраны. Одна из проблем при создании ИК-объективов – ограниченное число материалов, прозрачных в рабочем спектральном диапазоне и по своим оптическим, теплотехническим, механическим свойствам пригодных для изготовления линз. Если в видимом диапазоне имеется большой выбор материалов с требуемыми оптическими свойствами, то в среднем ИК-диапазоне используются в основном Ge, Si, ZnSe, флюорит, в дальнем – Ge и ZnSe, халькогенидные стекла. Указанные материалы обладают большими значениями показателей преломления и коэффициентов средней дисперсии в рабочем спектральном интервале по сравнению с материалами, применяемыми в видимой области спектра. Вместе с тем они имеют разный характер изменения оптических, механических и теплотехнических характеристик в зависимости от температуры, что может создавать дополнительные сложности при эксплуатации изделий в широком температурном диапазоне.

Приборы LWIR-диапазона и их характеристики

Современные тепловизионные приборы LWIR-диапазона оснащаются объективами как с фиксированным фокусным расстоянием, так и со сменными оптическими характеристиками [2, 3]. Смена характеристик может осуществляться как дискретно, так и непрерывно (панкратически), но и те, и другие объективы представляют собой сложный комплекс оптики, механики и электроники. Принцип построения оптических схем инфракрасных объективов существенно различается в зависимости от типа приемника излучений, с которым он должен сопрягаться в тепловизионном приборе. Сопря-

жение с охлаждаемым приемником требует при разработке объектива обеспечить в нем коррекцию aberrаций при несимметричном положении линз относительно апертурной диафрагмы [6]. Оптические системы инфракрасных объективов, сопрягаемых с неохлаждаемыми матричными приемниками излучений, в простейшем исполнении по своей структуре являются двухкомпонентными [7].

Разработчики объективов, предназначенных для работы в LWIR-диапазоне спектра, вынуждены учитывать и принимать меры по преодолению ряда дополнительных проблем по сравнению с MWIR-диапазоном, среди которых особо отмечается:

- практически в два раза бóльшая дифракция при одинаковых диаметрах входного зрачка из-за больших значений длин волн;
- необходимость обеспечивать более высокие относительные отверстия, особенно при сопряжении с неохлаждаемыми матричными приемниками излучений, и в силу этого увеличивать габаритные размеры и массу объективов;
- ограниченный номенклатурный ряд оптических материалов для коррекции хроматических aberrаций;
- сложность достижения высоких коэффициентов пропускания из-за пониженных светотехнических параметров просветляющих покрытий и потерь на поглощение внутри материалов линз.

Необходимость преодоления вышеперечисленных трудностей объясняет, почему при дизайне оптических систем LWIR-объективов активно используются асферические поверхности и киноформные элементы [10].

Особый интерес представляет создание панкратических LWIR-систем, сопрягаемых с неохлаждаемыми матричными приёмниками излучений, высокими оптическими характеристиками и эксплуатационными возможностями: большим перепадом увеличений, малыми размерами и массой, высоким значением относительного отверстия, увеличением угловых полей зрения, хорошим качеством изображения на всем интервале изменения увеличения и температур эксплуатации. В качестве примера такой системы на рисунке 1 приведен внешний вид LWIR-объектива с панкратической сменой увеличения OFEK 225 от компании Temmek Optics Ltd [4].

Данный объектив обладает следующими характеристиками: фокусное расстояние 25...225 мм; относительное отверстие 1:1,5; коэффициент пропускания более 83 %; задний фокальный отрезок более 30 мм; поле зрения по горизонтали 24,55...2,77°, по вертикали – 18,54...2,08°; разрешение приемника 1024×68 при размере пикселя 17 мкм; диапазон рабочей температуры –30...+65 °С; габаритные размеры: длина 220 мм на Ø179 мм; масса 4000 г.

В качестве примера LWIR-системы с дискретной сменной увеличением, работающей с неохлаждаемым приемником, на рисунке 2 представлен объектив SAHAR 198 той же компании [5].



Рис. 1. Внешний вид объектива OFEK 225



Рис. 2. Внешний вид объектива SAHAR 198

Данный объектив обладает следующими характеристиками: фокусное расстояние 66 и 198 мм; относительное отверстие 1:1,5; коэффициент пропускания более 80 %; задний фокальный отрезок 48 мм; поле зрения по горизонтали 15,2 и 5,05°, по вертикали – 11,4 и 3,79°; разрешение приемника 1024×768 при размере пикселя 17 мкм; диапазон рабочей температуры –30...+65 °С; габаритные размеры: длина 318 мм на Ø165 мм; масса 4500 г.

На основании [4, 5, 8, 9] составлена таблица 1, в которой приведены характеристики LWIR-объективов с панкратической сменой увеличения для неохлаждаемых приемников, выпускаемые компаниями Ophir Optronics Solutions LTD и Temmek Optics LTD. Следует отметить, что практически все приведенные объективы работают с приемниками формата 640×480 или 1024×768 при размере пикселя 17 мкм, в диапазоне температур –30...+60 °С. По аналогии с панкратическими объективами в таблице 2 приведена информация по LWIR-объективам с дискретной сменной увеличением тех же производителей.

Таблица 1. Панкратические LWIR-объективы

Название компании	Наименование модели объектива	Фокусное расстояние, мм/отн. отв.	Поле зрения по горизонтали, градус	Коэффициент пропускания, %	Задний фокальный отрезок, мм	Масса, г / габаритные размеры, мм
Temmek Optics LTD	OFEK 225	25...225/1:1.5	24,55-2,77	83	30	4000 / Ø179x220
	RONIT 100	15...100/1:1.4	39,86...6,23	83	20	1040 / Ø94x137
	RONIT 150	25...150/1:1.4	24,55...4,15	83	27,56	1315 / Ø116x161
	RONIT 150XL	25...150/1:1.4	38,37...6,6	83	23	2290 / Ø156x190
	RONIT 210XL	40...210/1:1.5	24,54...4,75	80	48	4500 / Ø165x318
	Ronit 70	25...70/1:1.6	8,89...25,55	83	19±1,8	250 / Ø52x59
Ophir Optronics Solutions LTD	680164	15...60/1:1.4	44,2...10,4	81	25	500 / Ø62x89
	680386	15...75/1:1.2	52...9,6	79,4	20,76	320 / Ø76x88
	680151	30...100/1:1.6	33,9...9,8	80	31,56	650 / Ø94x105
	680320	26...105/1:1.6	28,7...6,7	82,81	37,735	575 / Ø82x122.5
	680119	25...150/1:1.4	41,5...6,6	75	28	1900/Ø141x132.9
	680157	25...225/1:1.5	41,06...4,4	75	30,743	4300 / Ø178x239
	680264	40...300/1:1.5	26,8...3,3	82	56	9500/Ø204x299.5
RP Optical LAB	CEDAR	15...100/1:1.4	43...4.6	–	9	1200 / Ø115
	TOPAZ	22...66/1:1.25	27.8...6.2	–	9.27	350 / Ø68
	YARKON	24...90/1:0.9	28,7...5,8	–	–	1200 / Ø113x120
	PECAN	24...105/1:1.55	26...4.45	–	9	875 / Ø95x119
	DEKEL	25...150/1:1.4	24.5...4.15	–	7.32	1000/ Ø116x153.7
	KEW	25...225/1:1.5	24.3...2.1	–	17.6	3000 / Ø179
	GALIL	33...99/1:1.25	18.7...4.7	–	20.11	725 / Ø122
IRzoom	LirZ203	20...60/1:1.25	–	–	–	–

Таблица 2. LWIR-объективы с дискретной сменой характеристик

Название компании	Наименование модели объектива	Фокусное расстояние, мм/отн. отв.	Поле зрения по горизонтали, градус	Коэффициент пропускания, %	Задний фокальный отрезок, мм	Масса, г / габаритные размеры, мм
Temmek Optics LTD	SAHAR 198	66/1:1.5 198/1:1.5	15,2 5,05	80	48	4500 / 318xØ165
	SAHAR 250HS	80/1:2.4 250/1:2.4	7,8 2,5	85	27,1	1100 / 137xØ105
	SAHAR 90	30/1:1.2 90/1:1.2	20,8 7	90	16,27	950 / 104xØ116
Ophir Optronics Solutions LTD	680020	45/1:1.1 135/1:1.6	16,3 5,2	85	48,35	1400 / 142x98x110

Несмотря на кажущееся большое число объективов со сменными характеристиками, приведенное в таблице 1, их количество среди всех моделей LWIR-объективов, определенное по данным источников [4, 5, 8, 9], не превышает 15 %.

Анализ технических характеристик панкратических LWIR-объективов, сопрягаемых с неохлаждаемыми матричными приемниками излучений, показывает, что на настоящий момент:

- количество объективов с дискретной сменой характеристик мало (не более 1...2 % от общего числа), у всех представленных моделей 3-кратный зум, относительно большие задние фокальные отрезки, масса в диапазоне 950...4500 г;
- перепад фокусных расстояний (zoom) в панкратических объективах составляет в разных моделях от 3 до 9 крат;
- длина панкратических объективов находится в диапазоне 0,8...1,6 от наибольшего фокусного расстояния;
- наружные диаметры оправ панкратических объективов превышают диаметры входных зрачков при наибольшем фокусном расстоянии в 1,1...1,5 раз;
- диапазон диафрагменных чисел панкратических объективов составляет 0,9...1,6;
- массы панкратических объективов разных моделей составляют 250...9500 г.

Заключение

Создание современных LWIR-объективов базируется на применении прогрессивных конструкторских и технологических решений. Перспективы развития LWIR-объективов во многом связаны с успехами электронной промышленности в части изготовления матричных приемников инфракрасного излучения. Уменьшение размеров пикселя при увеличении размера чувствительной площадки приемников, повышение чувствительности приемников, появление и совершенствование двух и много-спектральных приемников инфракрасного излучения – эти тенденции в развитии матричных приемников инфракрасного излучения неизбежно связаны с поиском новых научно обоснованных технических решений в инфракрасном объективостроении.

Резюмируя, отметим, что основной тенденцией в развитии LWIR-объективов являются применение таких схемных решений, которые позволяют реализовать непрерывное изменение оптических характеристик (фокусного расстояния, поля зрения), что повышает эксплуатационные возможности тепловизионных приборов, систем и комплексов, использующих панкратические объективы: повышает уровень решения задач обнаружения, распознавания и идентификации объектов по их тепловому излучению.

Для реализации указанной тенденции при одновременном выполнении совокупности требований, которым должны удовлетворять объективы, сопрягаемые с матричными приемниками излучения, и, принимая во внимание необходимость решения технических и технологических проблем, ряд из которых были отмечены в статье, разработчики объективов используют при расчете возможности киноформной и асферической оптики, стимулируя тем самым развитие оптических технологий, материалов и технологического оборудования.

Список литературы

1. Рынок тепловизоров: пандемия стимулировала развитие технологий / А. Горыня, Д. Шатунов, М. Кабенин, А. Виталисов, П. Демидов, М. Моргоров, А. Похилин, А. Попов // Системы безопасности: видеонаблюдение и видеоаналитика, спецпроект «Тепловизоры». – 2020. – № 2. – С. 102–113.
2. Обзор зарубежных и отечественных вариосистем инфракрасного диапазона / Т. А. Юшков, М. В. Киселев, Ю. А. Фесько, Д. С. Шелковой // Интерэкспо «ГЕО-Сибирь – 2016» : XII Международный научный конгресс (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.) : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 14–17.
3. Современные тенденции в разработках инновационных тепловизионных объективов и проблемные вопросы их промышленного производства / В. Г. Волков, Е. А. Моисеев, Ю. С. Митрофанова, Б. Н. Сеник // Фотоника. – 2018. – № 1. – С. 94–105.
4. OFEK 225 // Temmek Optics LTD. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://www.temmek.com/project/OFEK-225/>. – Загл. с экрана.
5. SAHAR 198 // Temmek Optics LTD. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://www.temmek.com/project/SAHAR-198/>. – Загл. с экрана.
6. Хацевич, Т. Н. Исследование схем объективов с вынесенным выходным зрачком для тепловизионных приборов / Т. Н. Хацевич, А. С. Греченевский // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 259–273.
7. Хацевич, Т. Н. Исследование объективов для малогабаритных тепловизионных приборов с позиции модели двухкомпонентного объектива / Т. Н. Хацевич, Е. В. Дружкин // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 245–261.
8. YARKON // RP OPTICAL LAB. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://www.rp-optical-lab.com/products/yarkon/>. – Загл. с экрана.
9. LirZ203 // IRZOOM. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://www.http://irzoom.com/irZoom.com/wp-content/uploads/2014/02/LIRZ203/>. – Загл. с экрана.
10. Грейсх, Г. И. Одно- и многослойные киноморфные элементы для компактных объективов инфракрасного диапазона / Г. И. Грейсх, А. И. Антонов // Оптический журнал, 2019.

Н. И. Колмогорцев, магистрант
Т. Н. Хацевич, кандидат технических наук, профессор
Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА БОЛЬШОГО УВЕЛИЧЕНИЯ В ВОЕННОЙ ОПТИКЕ

Представлены результаты научно-практических разработок принципиальной оптической схемы зрительной трубы большого увеличения, предназначенной для наблюдения за удаленными объектами. Разработана принципиальная оптическая схема наблюдательного прибора, а также разработка его конструкции позволяют определить перспективность дальнейшей работы в области наблюдательных приборов.

Ключевые слова: оптическая система, бинокулярный прибор, призма, межзрачковое расстояние.

Введение

Несмотря на историю в несколько столетий, зрительные трубы остаются востребованными оптическими приборами и сегодня, что обусловлено их использованием как в военной оптике, так и в сфере гражданского применения. Они широко применяются для наблюдения за наземными и воздушными объектами со стационарных и временных наблюдательных пунктов в дневное и ночное время в свете прожектора, а также для определения угловых координат и расстояний до объекта. Военное, как и любое другое применение оптических наблюдательных приборов, заключается в решении трех задач: обнаружение, распознавание и идентификация объектов. Для достижения отличного качества изображения по всему полю зрения необходимо использовать высокоэффективную оптическую схему и качественную оптику.

Основными тенденциями в развитии наблюдательных оптических приборов являются следующие: использование больших увеличений, применение дискретной или панкратической смены увеличений и полей зрения, реализация стереоскопического наблюдения, размещение оптической оси окуляра под углом к оптической оси объектива, включение в оптическую систему оптико-электронных каналов для регистрации и передачи наблюдаемого изображения и ввода дополнительной информации для наблюдателя.

Согласно [1] в прошедшем веке в зависимости от видимого увеличения различали зрительные трубы малого (до 4 крат), среднего (до 8 крат) и большого (до 22 крат) увеличений. В настоящее время диапазон больших увеличений существенно расширился – до 40 крат и более.

К бинокулярным оптическим приборам предъявляется ряд специфических оптических требований: параллельность оптических осей ветвей (каналов) за окулярами, равенство увеличений левой и правой ветвей, равенство наклонов изображений левой и правой ветвей.

Главное преимущество бинокулярного наблюдательного прибора заключается в том, что наблюдатель ведет наблюдение двумя глазами, что обеспечивает возможность стереоскопического восприятия пространства и облегчает детальное изучение наблюдаемой местности по глубине. При наблюдении обоими глазами уменьшается утомляемость глаз и обеспечивается повышение разрешающей способности зрения по сравнению с монокулярным наблюдением. У бинокулярных зрительных труб различают полную и удельную пластичность. Удельная пластичность характеризуется отношением расстояний между объективами к расстоянию между окулярами прибора. Полная пластичность представляет произведение удельной пластичности на видимое увеличение. Чем выше полная пластичность, тем больше радиус стереоскопического зрения при наблюдении в прибор.

Целью статьи является представление результатов разработки оптической схемы конструкции стереоскопической зрительной трубы с увеличением 30 крат.

Анализ технических характеристик наблюдательных оптических приборов, проведенный по источнику [2], а также сайтам предприятий, указанных в этом же разделе источника, показывает, что видимое увеличение бинокулярных зрительных труб, выпускаемых отечественными предприятиями, не превышает 20 крат.

При выполнении разработки использовались следующие научные методы: методы геометрической оптики, компьютерные методы расчета оптических систем, методы 3D- моделирования конструкции прибора.

Оптическая система зрительной трубы

В основе зрительной трубы лежит телескопическая система с призмной оборачивающей системой. В качестве оборачивающей системы применена призма Пехана с крышей Пк-0°, для регулировки межзрачкового расстояния между окулярами используется призма БС-0°. Для создания оптической системы с увеличением 30 крат был использован объектив с фокусным расстоянием 600 мм, угловым полем в пространстве предметов 2°, диаметром входного зрачка 90 мм и окуляр типа Эрфле с фокусным расстоянием 20 мм, диаметром выходного зрачка 3 мм и угловым полем в пространстве изображения 56° [3]. Габаритные размеры призм зависят от светового диаметра пучка, проходящего через призму и от типа призмы [4]. При габаритном расчете оптической системы использован принцип замены призмы эквивалентной плоскопараллельной пластинкой. Синтез оптической системы на основе использования типовых оптических систем, взятых из каталогов [3, 5], показал, что качество изображения полученной системы является неудовлетворительным, но полученная система с требуемым увеличением может служить исходной (стартовой) для дальнейшей оптимизации конструктивных параметров.

Аберрация – это ошибка хода лучей по сравнению с безабберационной системой, выраженные в принятых единицах [6]. Для оптических систем, предназначенных для работы с глазом, критерии качества изображения согласованы с возможностями зрительной системы человека и приведены в [7].

В результате оптимизации конструктивных параметров оптической системы достигнуто существенное уменьшение аберраций. Оптимизация осуществлялась компьютерными методами проектирования оптических систем, при формировании оценочной функции оптимизации [8] фиксировалось фокусное расстояние объектива и угловое увеличение оптической системы при одновременном требовании по минимизации среднеквадратических значений угловых аберраций астигматизма и дисторсии за окуляром системы. Далее радиусы приведены в соответствии с [9].

На рисунке 1 приведена расчетная модель разработанной оптической системы, в таблице 1 – значения аберраций для стартовой и разработанной систем.

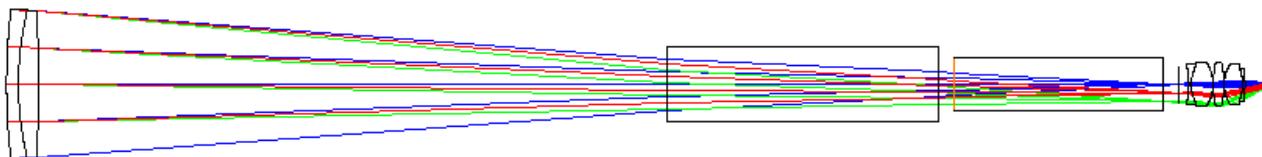


Рис. 1. Оптическая система

Таблица 1. Значения аберраций для стартовой и разработанной систем

Тип аберрации	Значение аберрации	
	Стартовая система	Разработанная система
Хроматизм увеличения, угловые минуты	9,2	0,7
Хроматизм положения, угловые минуты	23,1	0,8
Дисторсия, %	10,9	4,9
Астигматизм, дптр	-7,1	1,05
Кривизна поля, дптр	-2,05	1,82
Сферическая продольная, угловые минуты	-5,5	0,46
Сферическая поперечная, угловые минуты	28	2,33

С учетом критериев, приведенных в [7], качество изображения разработанной системы соответствует уровням «хорошо» и «отлично».

Конструкция бинокулярного наблюдательного прибора

Бинокулярный наблюдательный прибор состоит из двух ветвей, каждая из которых представляет собой зрительную трубу, включающую объектив, окуляр, призмную оборачивающую систему и систему регулировки межзрачкового расстояния. Призмная оборачивающая система состоит из призмы Шмидта с крышей и полупентапризмы, разделенных воздушным промежутком 0,1 мм. Разворот ромбической призмы обеспечивает регулировку межзрачкового расстояния.

На рисунке 2 представлен внешний вид 3D-модели разработанного бинокулярного наблюдательного прибора.

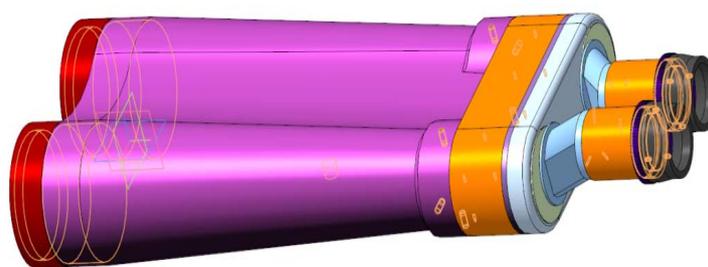


Рис. 2. Биноклярный наблюдательный прибор

Параметры разработанной оптической системы в совокупности с использованными конструктивными приемами для сборки и юстировки изделия обеспечивают возможность обеспечения следующих требований:

- возможность для пользования наблюдателями с расстоянием между глазами 58...74 мм;
- возможность коррекции аметропии обоих глаз наблюдателя в пределах не менее 5 дптр, возможность коррекции анизометропии в пределах не менее 3 дптр;
- при любом расстоянии между центрами выходных зрачков, а также при любой диоптрийной установке окуляров обеспечивается соответствие между расстоянием до изображений предметов и углом между осями выходящих пучков лучей. Лучи, исходящие от одной и той же точки предмета, расположенного в бесконечности, после выхода из окуляров остаются параллельными между собой в пределах допусков: в горизонтальной плоскости при конвергенции осей не более 60 угловых мин, при дивергенции осей не более 20 угловых мин, в вертикальной плоскости – не более 15 угловых сек;
- увеличения обеих оптических ветвей биноклярного прибора в номинальном положении равны между собой, при этом относительная разность увеличений после юстировки и сборки не превышает 1,5 %;
- в ходе юстировки и сборки обеспечивается отсутствие наклона изображения в каждой из ветвей, при этом алгебраическая разность углов поворота изображений вокруг оптических осей в ветвях прибора по абсолютному значению не более 30'.

В частности для обеспечения равенства увеличений использован метод селективной сборки, подразумевающий комплектацию оптических элементов по группам с целью обеспечения требуемой разности увеличений ветвей изделия.

Для сравнения в таблице 2 представлены характеристики приборов-аналогов [10–12] и разработанного прибора.

Таблица 2. Характеристики приборов-аналогов

Характеристика	ПНБ-1	Oberwerk 20×65 ED Deluxe	Oberwerk BT-100XL-ED	Разработанный прибор
Увеличение, крат	15	20	40	30
Угловое поле в пространстве предметов, градус	6	3,2	1,75	2
Межзрачковое расстояние, мм	59...72	56...74	50...80	58...74
Габаритные размеры, мм	400×580×402	381×216×89	508×267×153	598×237×105
Вес, кг	30	3	8	10,7

Основные характеристики разработанного прибора сопоставимы с характеристиками приборов-аналогов, а по ряду параметров их превосходят. Это косвенно подтверждает актуальность разработки.

Заключение

В ходе проведенной исследований была разработана оптическая система и 3D-модель биноклярного наблюдательного прибора для наблюдения за удаленными объектами.

Прибор обладает следующими характеристиками:

- видимое увеличение 30 крат;
- диаметр выходного зрачка 3 мм;
- диаметр входного зрачка 90 мм;
- угол поля зрения в пространстве предметов 2°;
- длина системы 598 мм;
- геометрическое виньетирование отсутствует.

Прибор снабжен механизмом раздвижки окуляров для установки прибора по базе глаз наблюдателя, а также имеет возможность компенсации аметропии глаз наблюдателя диоптрийной подвижкой.

Большое увеличение и масса прибора предполагают эксплуатацию его на треноге или другом основании. Поскольку полная пластичность прибора составляет 64 крат, теоретическое значение радиуса стереоскопического зрения прибора равно 90 км, то разработанный прибор обеспечивает возможность стереоскопического наблюдения объектов во всем диапазоне практических дальностей наблюдения.

Авторы выражают надежду, что разработка может представлять интерес для предприятий, а также предполагают в следующей статье представить результаты разработки панкратического варианта зрительной трубы большого увеличения.

Список литературы

1. *Вавилов, С. И.* Оптика в военном деле / С. И. Вавилов, М. В. Савостьянова. – Москва : Издательство академии наук СССР, 1948. – 391 с.
2. Оружие и технологии России // Энциклопедия XXI век. – Москва : Оружие и технологии, 2005. – Т. 11. Оптико-электронные системы и лазерная техника. – 720 с.
3. *Хацевич, Т. Н.* Прикладная оптика : Лабораторный практикум. – Новосибирск : СГГА. 2014. – 139 с.
4. *Панов, В. А.* Справочник конструктора оптико-механических приборов / В. А. Панов, М. Я. Кругер, В. В. Кулагин. – Москва : Машиностроение, 1980. – 742 с.
5. *Дубовик, А. С.* Прикладная оптика : учеб. пособие для вузов / А. С. Дубовик, М. И. Апенко, Г. В. Дурейко. Москва : Недра, 1982. – 612 с.
6. ГОСТ 7048–81. Бинокли. Типы и основные параметры. Общие технические требования. – Москва : Издательство стандартов, 1981. – 10 с.
7. *Запрягаева, Л. А.* Расчет и проектирование оптических систем / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – Москва : Логос, 2000. – 584 с. : ил.
8. ZEMAX // ZEMAX LLC. – Электрон. дан. 2018. – URL: <https://www.zemax.com>. – Загл. с экрана.
9. ГОСТ 1807–75. Радиусы сферических поверхностей оптических деталей. Ряды числовых значений. – Москва : Издательство стандартов, 1975. – 30 с.
10. ПНБ-1 Прибор наблюдательный бинокулярный // npzoptics. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://npzoptics.ru/>. – Загл. с экрана.
11. Oberwerk 20x65 ED Deluxe // oberwerk. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://oberwerk.com/product/oberwerk-20x65ed-deluxe/>. – Загл. с экрана.
12. Oberwerk BT-100XL-ED // oberwerk. – Электрон. дан. 2020. – URL: <https://oberwerk.com/product/oberwerk-bt-100xl-ed/>. – Загл. с экрана.

СИСТЕМА АЛГОРИТМИЗАЦИИ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТА АРТИЛЛЕРИЙСКО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассматривается вопрос повышения эффективности служебной деятельности офицеров артиллерийско-технического обеспечения посредством алгоритмизации, т. е. определения наиболее рационального порядка выполнения управленческих операций, использование которого обеспечивает успешное выполнение каждой функции в полном объеме.

Ключевые слова: алгоритмизация, алгоритмы, артиллерийско-техническое обеспечение, управленческая работа, офицеры.

Введение

Теория управления представляет собой наиболее общие выводы, основанные на систематизации и суммировании знаний и прошлого опыта. И поэтому как бы ни была совершенна наука, всегда есть место человеку, руководителю. Только он может соединить ее выводы, рекомендации с конкретной деятельностью, учесть то новое, что ранее не имело места в практике, и, опираясь на теорию, расчеты, опыт, интуицию, принять единственно правильное решение.

Сейчас как никогда остро стоит вопрос о повышении эффективности управленческой деятельности. Пути ее достижения многообразны. Мы рассмотрим один из вариантов, обеспечивающих оптимизацию действия начальника службы артиллерийского вооружения (САВ) соединения при выполнении различных задач эксплуатации ВВСТ на основе передового опыта войск.

Содержание и объем управленческих функций начальника САВ соединения отражаются в соответствующих уставах наставлениях, руководствах и инструкциях. Однако порядок выполнения, регламентирующий, что, в какой последовательности и как надо делать в пределах заданной управленческой функции, вырабатывается, как правило, самостоятельно, на основе личного опыта по определенным периодам деятельности [1].

В войсках апробированы следующие основные этапы функциональной деятельности: первый – принятие и постановка задачи подчиненным (должностным лицам, подразделениям, частями), второй – подготовка сил и средств к выполнению задачи; третий – управление действиями подчиненных при выполнении задачи; четвертый – оценка эффективности выполнения задачи.

Реализация каждого из этапов осуществляется путем выполнения определенных совокупностей специфических управленческих операций. В свою очередь, каждая такая операция включает в себя те или иные мыслительные и практические действия начальника САВ соединения и его начальников служб. Таким образом, на любом уровне иерархической структуры системы управления эксплуатацией ВВТ, при решении любой доставленной задачи деятельность начальника САВ соединения и начальников всех степеней всегда включает комплекс типовых управленческих функций и специфических управленческих операций [2].

Следовательно, повышение эффективности выполнения различных задач эксплуатации ВВТ объективно связано с необходимостью постоянного упорядочения процесса мышления и совершенствования управленческой деятельности.

Важным направлением повышения эффективности и качества управления является применение на всех этапах этой деятельности различной электронно-вычислительной техники и средств автоматизации. Вместе с тем практика свидетельствует, что для полной или даже частичной автоматизации всех процессов требуется определенное время и значительные реальные затраты. В связи с этим не следует пренебрегать другими способами совершенствования управления. Одним из них является алгоритмизация управленческой деятельности начальника САВ соединения и начальников служб.

Алгоритмизация работы в войсках

Опыт работы в войсках показывает, что алгоритмизация – наиболее рациональный порядок выполнения управленческих операций, использование которого обеспечивает успешное выполнение каждой функции в полном объеме. На практике он может быть определен на основе заблаговремен-

ного обобщения передового опыта работы начальника САВ соединения и начальников служб и представлен в виде программы (инструкции) или алгоритма их управленческой деятельности при решении различных задач [3].

Алгоритмы управленческой деятельности могут быть частными и обобщенными. Частные алгоритмы разрабатываются для каждого офицера – занимающего соответствующую должность, и отражают специфический порядок выполнения отдельной управленческой функции при решении конкретной задачи. При этом в нем отражаются все управленческие операции и даже отдельные мыслительные и поведенческие действия соответствующего начальника, необходимые для качественной реализации заданной управленческой функции. Обобщенный алгоритм управленческой деятельности показывает в укрупненном виде программу действий каждого начальника независимо от занимаемой должности при осуществлении всех управленческих функций и операций, необходимых для решения любой поставленной задачи. Такой алгоритм не является суммой частных алгоритмов, поскольку в последних учитываются специфические особенности отдельных управленческих функций при решении каждой конкретной задачи. Вместе с тем он служит основой для правильно разработки частных алгоритмов и должен учитывать принципиальные особенности выполнения задач эксплуатации [4].

В соответствии с рассматриваемым алгоритмом функция принятия решения и постановки задач подчиненным должна осуществляться следующим образом. Сначала уясняется общая задача, поставленная старшим начальником (операция 1). В результате этого каждый начальник должен четко усвоить: что надо сделать, в какие сроки, каких количественных или качественных результатов необходимо добиваться.

Затем производится оценка обстановки (операция 2), в ходе которой определяется или уточняется: в каких условиях будет выполняться задача; какими силами и средствами (основными и резервными) располагают подчиненные, взаимодействующие силы и средства, их задачи и порядок использования.

После этого с учетом наличного состава основных сил и средств осуществляется выбор возможных (наиболее приемлемых и целесообразных) способов выполнения поставленной задачи (операция 3). Для каждого из таких способов проводится оценка расчетных возможностей выполнения задачи в заданных условиях обстановки с учетом потенциальных возможностей сил и средств (операция 4).

При этом используются различные методы обоснования решений (аналитические, графические, нормативные, математического моделирования), суть которых изложен в ряде известных работ. Из способов, реализация которых обеспечивает возможность выполнения задачи основными силами и средствами, выбирается наиболее рациональный (вариант 5). Он должен обеспечивать успешное выполнение поставленной задачи в установленные сроки при возможно меньшем расходе сил, средств и материальных ресурсов.

После обоснованного выбора способа выполнения поставленной задачи начальник САВ соединения и другие начальники принимают и формируют свое решение (операция 6), которое доводится до подчиненных в письменной или устной форме, в виде приказа, приказа или распоряжения (операция 7). При этом должно быть кратко и четко указано, что надо сделать; в какие сроки; каких результатов следует добиваться; что, где, когда, кому и как надо делать.

Если расчетные возможности основных сил и средств не обеспечивают выполнение поставленной задачи, должны быть проведены дополнительные операции. Первая (операция 8) заключается в изыскании новых способов выполнения задачи за счет перераспределения имеющихся сил и средств, использования резервных или привлечения взаимодействующих сил и средств. Если и после этого выполнение поставленной задачи невозможно, готовится обоснованный доклад о необходимости использования дополнительных ресурсов сил и средств (операция 9). При невозможности их получения целесообразно дополнить предложения об изменении поставленной задачи в целях приведения ее в соответствие с возможностями подчиненных (операция 10).

Функция начальника САВ соединения по подготовке сил и средств к выполнению задачи заключается в проведении следующих управленческих операций. Прежде всего в соответствии с действующими руководствами и инструкциями проверяется и оценивается готовность всех сил и средств и выполнению задачи (операция 11).

Затем выявляются причины неподготовленности сил и средств (операция 12) и осуществляются меры по их устранению, а также по обеспечению всем необходимым (операция 13). Функция управления действиями подчиненных при выполнении поставленной задачи должна реализовываться следующим образом, начальник САВ соединения и его начальники служб должны постоянно контролировать действия подчиненных и складывающуюся обстановку (операция 14). Контроль должен осуществляться путем непосредственного наблюдения за действиями подчиненных, анализа докладов

соответствующих должностных лиц, а также изучения данных отображаемых в различных источниках. На основе полученных сведений выявляются степень соответствия действий подчиненных поставленной задаче и складывающейся обстановке, а также текущих результатов выполнения задачи планируемому промежуточному результату (операция 15). Если их действия являются правильными, а результаты приемлемыми, то управление подчиненными может ограничиваться выполнением указанных выше операций (14, 15). Во всех других случаях необходимо принимать своевременные, правильные и оптимальные решения, реализация которых будет способствовать устранению возникающих несоответствий (операция 16). Принятые решения должны быть немедленно доведены до подчиненных в виде коротких команд или указаний, что сделать (операция 17).

Функцию оценки эффективности выполнения задачи целесообразно осуществлять на основе использования различных критериев эффективности и способов расчета. Необходимо сравнить результаты выполнения рассматриваемой задачи (операция 18) путем их сопоставления с заданными результатами для оценки эффективности выполнения задачи (операция 19). Если она соответствует заданной, поставленная задача считается полностью выполненной, если окажется меньше заданной, нужно вскрыть причины низкой эффективности (операция 20). При этом следует определить, что плохо – действия командования или действия подчиненных, почему плохо (какие управленческие функции командования или какие действия подчиненных выполнялись плохо), из-за чего плохо (какие управленческие операции выполнялись плохо, в чем проявились недостатки подготовки сил и средств). После этого принимается решение по разработке конкретных мероприятий по повышению эффективности выполнения поставленной задачи (операция 21), то есть определяется, что надо сделать. Каждое такое решение является задачей, которая доводится до подчиненных в виде указания, что, кому, когда и как надо сделать (операция 22) и организовать ее выполнение в соответствии с приведенным алгоритмом.

Заключение

Практический опыт использования рассматриваемых алгоритмов в войсках по организации эксплуатации ВВТ свидетельствует о том, что, несмотря на некоторые трудности первоначального освоения, они упорядочивают и оптимизируют мыслительные и поведенческие действия начальника САВ соединения и начальников служб при решении различных задач эксплуатации ВВСТ в части и соединении [5].

В результате этого появляется возможность в жатые сроки выработать все необходимые навыки и умения для быстрого и четкого определения совокупности наиболее рациональных управленческих операций, обеспечивающих качественное выполнение соответствующих функций. При этом, как свидетельствует опыт, исключаются неоправданные затраты времени на пробы и ошибки, поскольку у военных инженеров сразу формируются правильные навыки и умения.

Список литературы

1. Управление в социальной работе / под общей редакцией Л. В. Федякиной. – Москва : Издательство РГСУ, 2014. – 450 с.
2. Вольф, И. Г. Стратегии управления техническим состоянием изделий вооружения на стадии эксплуатации / И. Г. Вольф, А. А. Муралев, И. И. Ихтисанов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 167–172.
3. Яцук, К. В. Решение командира подразделения / К. В. Яцук, Р. М. Шелест // Молодой ученый. – 2017. – № 43. – С. 178–183.
4. Копылов, В. А. Управление подразделениями в мирное время : учебник. – Красноярск : СФУ, 2015. – 347 с.
5. Муралев, А. А. К вопросу алгоритмизации работы ремонтных органов артиллерийско-технического обеспечения // Перспективные направления развития артиллерийского вооружения, методов его эксплуатации и ремонта : сборник трудов XIV Всероссийской научно-практической конференции. – Пермь, 2020. – С. 52–54.

А. А. Муралев, кандидат педагогических наук

И. С. Воскобойников

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВООРУЖЕНИЯ

Проводится анализ системы технического обслуживания вооружения войск национальной гвардии. Раскрывается цикл технического обслуживания вооружения и особенности номерного технического обслуживания.

Ключевые слова: техническое обслуживание, контрольный осмотр, текущее обслуживание, цикл, вооружение, эксплуатация.

Введение

В процессе эксплуатации вооружения, во всех режимах использования, хранения, транспортирования, под воздействием множества различных объективных и субъективных факторов происходит ухудшение его технического и качественного состояния. Поэтому расчетам (экипажем, инженерно-техническому составу) необходимо постоянно поддерживать исправность или только работоспособность путем проведения технического обслуживания (ТО) [1]. Совокупность различных видов ТО, а также исполнителей, документации и средств, необходимых для их выполнения, называется системой технического обслуживания (СТО).

СТО характеризуется:

- различными видами ТО и их показателями, периодичностью, трудоемкостью, продолжительностью и стоимостью;
- техническими средствами, запасными средствами, инструментом и принадлежностями (ЗИП), материалами, специальным оборудованием;
- технической документацией, используемой при различных видах ТО;
- исполнителями;
- способами поддержания и восстановления исправности и работоспособности вооружения, а также методами организации его ТО;

Поэтому инженер, специалист по эксплуатации вооружения, должен знать теоретические основы СТО и уметь их применять в своей практической работе.

Рассмотрим классификацию и характеристику элементов, составляющих СТО. СТО любого изделия зависит от режимов его эксплуатации, особенностей конструкции и назначения.

Для образцов вооружения, находящихся в различных режимах эксплуатации, существует несколько СТО, например, при использовании, при хранении, в режиме ожидания.

Классификация ТО

ТО классифицируется по следующим признакам:

- назначение и объем работ (содержанию операций);
- режимы эксплуатации;
- время выполнения работ (операций);
- условия эксплуатации.

По назначению и содержанию операций, выполняемых при ТО, для вооружения установлены следующие виды:

- контрольный осмотр (КО);
- текущее обслуживание (ТекО);
- техническое обслуживание № 1 (ТО-1);
- техническое обслуживание № 2 (ТО-2);
- для другой техники могут существовать другие виды ТО.

В режиме использования по назначению применяются следующие виды ТО: КО, ТО-1, ТО-2, ТекО. При подготовке к использованию проводится КО. Объем и содержание КО зависит от режимов использования изделия по назначению. В процессе использования изделия, по назначению могут применяться ТО-1 и ТО-2. Периодичность этих видов ТО зависит от величины наработки, установ-

ленной для каждого вида изделий и его составных частей функционального назначения. После использования по назначению установлено текущее обслуживание (ТекО).

В режиме ожидания установлены следующие виды ТО: ТекО, ТО-1 и ТО-2. В отличие от таких же видов ТО, установленных для режима использования, периодичность ТО для режима ожидания календарная и измеряется сроками службы до очередного ТО. Содержание операций (работ) этих видов ТО должно отличаться от видов ТО, установленных для режима использования [2]. Для некоторых видов военной техники ТО в режиме ожидания.

Характеризует поддержание ее в различных степенях готовности к боевому использованию. Техническое обслуживание в этом случае называется регламентными работами.

В режиме хранения установлены следующие виды ТО: техническое обслуживание при хранении № 1 (ТО-1Х) и техническое обслуживание при хранении № 2 (ТО-2Х). Особенности ТО режима хранения являются:

- при подготовке изделий к длительному хранению они ставятся на консервацию;
- после окончания (прерывания) хранения производится расконсервация изделия;
- содержание работ (операций) при проведении всех видов ТО отличается от аналогичных видов ТО, установленных для режимов использования и ожидания.

Для режима транспортирования ТО технической документацией не устанавливается. Для некоторых видов военной техники в зависимости от типа дороги, вида транспорта и пройденного расстояния нормативной документацией установлены регламентные работы.

По времени выполнения различают следующие виды ТО

Периодическое. К этому виду относятся такие ТО, выполнение которых определено эксплуатационной документацией через установленную величину наработки или календарного времени. Поэтому к этому виду ТО можно отнести ТО-1 и ТО-2 для режима использования и ТекО, ТО-1, ТО-2 для режимов ожидания и хранения.

Регламентированное. Это ТО, предусмотренное в нормативно-технической документации и выполняемое с периодичностью и в объеме, установленном в ней, независимо от технического состояния изделия в момент начала проведения ТО. В этом случае ТО называются регламентными работами или просто регламентами.

Техническое обслуживание с периодическим контролем. Это ТО, при котором контроль технического состояния выполняется принудительно (с установленной нормативно-технической документацией периодичностью и объемом), а объем остальных операций определяется техническим состоянием изделия в момент начала ТО. Такой вид ТО называют *ТО по состоянию*. К этому виду ТО относятся КО перед использованием по назначению и ТекО после использования изделия.

Техническое обслуживание с непрерывным контролем. Это ТО, предусмотренное в нормативно-технической документации и выполняемое по результатам непрерывного контроля технического состояния. Этот вид ТО возможно применять для таких изделий, у которых имеются встроенные датчики контроля его параметров. Например, контрольные приборы, размещенные на передней панели щитка приборов водителей колесных и гусеничных машин.

По условиям эксплуатации различают следующие виды ТО:

– сезонное обслуживание применяется в тех районах, где температура окружающего воздуха понижается ниже 0 °С;

– техническое обслуживание в особых условиях эксплуатации, например, после воздействия на технику различных поражающих факторов противника, обслуживание техники в горах, в пустынях и других климатических и географических районах.

При проведении ТО вооружения и военной техники могут применяться различные методы.

Методы ТО различают по следующим признакам:

- по организации работ;
- по исполнителям и средствам выполнения работ.

По организации работ при выполнении ТО

Поточный. Это метод выполнения ТО на специализированных рабочих местах с определенной технологической последовательностью и ритмом. Этот метод предусматривает, как правило, применение конвейеров. Находит применение на базах, арсеналах при проведении ТО-2;

Постовой. Это метод выполнения ТО на специализированных постах, на которых производится обслуживание отдельных составных частей изделия. Находит применение при проведении ТО-2.

Индивидуальный. Это метод выполнения, при котором все работы по ТО выполняются на одном рабочем месте. Этот метод применяется при проведении КО, ТекО и ТО-1 образцов вооружения в подразделении (на месте стоянки).

По месту, исполнителям и средствам выполнено

Централизованный. Это метод, при котором ТО или Ремонт производятся силами и средствами одного подразделения. Этот метод применяется при проведении КО, ТекО и ТО-1, когда используются только расчеты и ЗИП-О. Поэтому же методу может выполняться ТО-2 силами и средствами одного подразделения.

Децентрализованный. Это метод, при котором используются силы и средства различных подразделений. Этот метод применяется при проведении комплексного технического обслуживания вооружения и военной техники, когда привлекаются специалисты и средства из различных подразделений. По этому методу выполняется ТО-2 некоторых образцов вооружения. В этом случае используются мастера и состав расчета (экипажа), а также ЗИП одиночный (ЗИП-О) и ЗИП групповой (ЗИП-Г).

Циклом ТО называется наименьший повторяющийся период эксплуатации изделия, в течение которого выполняются в определенной последовательности установленные виды плановых технических обслуживаний, предусмотренных нормативной документацией. Плановыми ТО являются ТО-1 и ТО-2, поэтому они входят в цикл ТО. Цикл ТО характеризуется периодичностью технических обслуживаний, входящих в него. Периодичность ТО зависит от режимов эксплуатации (использование, хранение, ожидание) и может измеряться в единицах наработки, календарным временем эксплуатации (в сроках службы) и календарным временем хранения (в годах).

Для образцов вооружения установлены:

– в режиме использования периодичности для ТО-1 – $T_{\text{ТО-1}}$ для ТО-2 – $T_{\text{ТО-2}}$, в единицах наработки;

– в режимах ожидания и хранения периодичности для ТекО – $T_{\text{ТекО}}^{(x)}$, для ТО-1 – $T_{\text{ТО-1}}^{(x)}$, для ТО-2 – $T_{\text{ТО-2}}^{(x)}$, в годах.

Периодичности ТО, входящих в систему ТО, должны иметь определенную кратность. Кратность между различными видами ТО определяется коэффициентом кратности K_i , который определяется по следующим формулам.

Для ТО-2:

$$T_{\text{р.с}} = K_{\text{ТО-2}} \cdot K_{\text{ТО-2}}, \quad (1)$$

или

$$T_{\text{сл.с}} = K_{\text{ТО-2}}^{(x)} \cdot K_{\text{ТО-2}}^{(x)}. \quad (2)$$

Для ТО-1:

$$T_{\text{ТО-2}} = K_{\text{ТО-1}} \cdot K_{\text{ТО-1}}, \quad (3)$$

или

$$T_{\text{ТО-2}}^{(x)} = K_{\text{ТО-1}}^{(x)} \cdot K_{\text{ТО-1}}^{(x)}, \quad (4)$$

где

$T_{\text{р.к}} (T_{\text{сл.к}})$ – межремонтный ресурс (период) до капитального ремонта;

$T_{\text{р.с}} (T_{\text{сл.с}})$ – межремонтный ресурс (период) до среднего ремонта;

$K_{\text{ТО-2}}, K_{\text{ТО-1}}$ – кратности ТО-2 и ТО-1, определяемые по наработке;

$K_{\text{ТО-2}}^{(x)}, K_{\text{ТО-1}}^{(x)}$ – кратности ТО-2 и ТО-1, определяемые по календарному сроку;

$T_{\text{ТО-2}}, T_{\text{ТО-1}}$ – периодичности ТО-2 и ТО-1, определяемые по наработке;

$T_{\text{ТО-2}}^{(x)}, T_{\text{ТО-1}}^{(x)}$ – периодичности То-2 и ТО-1, определяемые календарным сроком.

Заключение

Таким образом, техническое обслуживание вооружения является составной частью эксплуатации, от правильности которого во многом зависит продолжительность службы ВВСТ и их готовность к боевому применению [3]. Поэтому знание СТО и его правильное применение позволит сохранить вооружение в эксплуатации на длительный промежуток времени.

Список литературы

1. *Муралев, А. А.* Анализ технологической схемы технического обслуживания вооружения / А. А. Муралев, А. А. Хамов // Калашниковские чтения : Сборник научных трудов V Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск : Издательство ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – С. 388–393.

2. ГОСТ 18322–2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – ГОСТ 18322–2016. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2017.

3. *Усанин, С. Н.* О методических подходах к оценке эффективности и качества образцов вооружения и военной техники при обосновании перспектив его развития / С. Н. Усанин, А. А. Чурсин // Современная система военного образования и перспективные направления развития войск национальной гвардии Российской Федерации : Сборник научных трудов / под общей редакцией В. Ф. Купавского. – Пермь, 2017. – С. 126–132.

А. А. Муралев, кандидат педагогических наук

С. А. Потеряев

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

АКТУАЛЬНОСТЬ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВООРУЖЕНИЯ

Проводится анализ современных эксплуатационных материалов, применяемых при эксплуатации изделий артиллерийского вооружения. Раскрываются особенности системы планово-предупредительного технического обслуживания вооружения и актуальность совершенствования методики технического обслуживания вооружения на этапе эксплуатации.

Ключевые слова: техническое обслуживание, масла, смазки, чистка, вооружение, эксплуатация.

В период интенсивной эксплуатации оружия часто происходит износ деталей, агрегатов и узлов, который можно значительно уменьшить за счет своевременного и качественного технического обслуживания.

Техническое обслуживание вооружения основано на планово-предупредительной системе, особенность которой заключается в выполнении определенного вида обслуживания в зависимости от времени и условий эксплуатации. В период всей эксплуатации оружия техническое обслуживание проводится многократно и в полном объеме [1].

Техническое обслуживание заключается в выполнении работ, обеспечивающих:

- своевременное выявление и устранение причин износа и неисправностей деталей и сборочных единиц;
- максимальное увеличение межремонтных сроков;
- безопасность использования и применения эксплуатационных материалов;
- постоянную исправность оружия;

Техническое обслуживание вооружения представляет собой этап эксплуатации, в течение которого осуществляется комплекс работ, установленных в эксплуатационной документации и направленных на поддержание изделия в установленной степени готовности к боевому применению.

Обслуживание вооружения является сложным и кропотливым процессом. В настоящее время, в погоне за скоростями производители масел создают настолько быстродействующие составы, что они способны не только удалить загрязненные поверхности, но и предотвратить появление нагара и ржавчины.

Оружейные масла представляют собой многочисленные типы средств по уходу за вооружением. При определении типа ружейного масла для его применения необходимо определиться, с какой целью и где оно будет применяться.

Знание военнослужащими расходных материалов, правильное их применение и экономное расходование являются необходимыми условиями для поддержания оружия в исправном состоянии.

Оружейные масла для чистки оружия представляют собой средства, имеющие активные чистящие вещества. Они предназначены для удаления освинцовки, омеднения и нагара. Данные масла не содержат абразивных веществ, которые могут нанести повреждения каналу ствола.

Смазки – средства, предназначенные для постановки оружия на длительное хранение (консервации), также возможно их применение в механизмах оружия с высоким коэффициентом трения. При использовании современных добавок (силикон, тефлон) значительно повышается качество смазок и, соответственно, увеличивается их срок службы.

Универсальные масла – наиболее распространенные химические составы для чистки оружия, но их применение целесообразно только при постоянной эксплуатации вооружения. Универсальные масла по своей сути схожи с нейтральными.

Обезжириватели применяются при чистке или первичной обработке поверхности оружия, к примеру, при нанесении фосфатного покрытия, воронения.

Масла специального назначения – вещества, предназначенные для конкретной процедуры, такие как водоотталкивающие спреи для защиты снаряжения, средства для обслуживания оптических приборов, масла для деревянных деталей оружия, жидкости для воронения и т. д.

При использовании оружия, необходимо учитывать целесообразность применения определенных масел и смазок в различных условиях эксплуатации.

Учитывая войсковой опыт и технические рекомендации по эксплуатации различных образцов вооружения, обслуживание вооружения условно можно разделить на 4 этапа:

1) чистка после боевого применения (на огневом рубеже, после проведения стрельб и т. д.), пока нагар не успел присохнуть, – не более 20 минут после последнего выстрела. Как правило, протирается канал ствола и спусковые механизмы оружия универсальными маслами;

2) текущее обслуживание проводится в день стрельб из оружия по прибытию в пункт дислокации: осуществляется неполная разборка и тщательное удаление следов нагара во избежание спрессовывания мелких частиц, которые впоследствии могут привести к коррозии элементов оружия. Как правило, применяются оружейные масла для чистки оружия;

3) полное обслуживание проводится в зависимости от частоты применения оружия и его качественного состояния. Производится полная разборка оружия в целях удаления освинцовки, омеднения ствола, чистки и смазки всех механизмов оружия;

4) консервация – временная защита вооружения при хранении путем изоляции изделия или его составных частей от отрицательного воздействия окружающей среды, а также создание антикоррозионной среды. Проводится в случае постановки оружия на длительное либо кратковременное хранение. При консервации все металлические части и элементы оружия обрабатываются смазками, а деревянные или пластмассовые – специальными маслами (жидкостями).

На данный момент все правила и приемы по обслуживанию вооружения изложены в книгах, наставлениях и методических рекомендациях, основанных на теоретических положениях о коррозионных процессах. Данные правила заключаются в следующем.

1. Обслуживание оружия необходимо проводить по возможности сразу после проведения стрельб.

2. Удаление нагара проводить полностью при первом обслуживании.

3. Повторное обслуживание необходимо проводить по прибытию в помещение (казарму), если первичное обслуживание было проведено недостаточно качественно.

4. Если эксплуатация вооружения проводилась в холодное время года, то проводить обслуживание необходимо сразу при попадании оружия в помещение.

5. После обслуживания оружия его ствол необходимо протереть насухо, после чего слегка смазать.

В случае выполнения всех требований по уходу за оружием можно значительно повысить его срок эксплуатации, соответственно, избежать образования ржавчины в стволе, результатом которой является появление раковин и сыпи [1].

В наставлениях по стрелковому делу указывается, что чистку стволов оружия необходимо проводить специальным раствором РЧС (раствор для чистки стволов), в состав которого входит вода (1 л), углекислый аммоний (200 г), двуххромовокислый калий (3–5 г) [2].

В процессе применения данного раствора, были выявлены следующие недостатки:

– незначительный срок эксплуатационных свойств раствора (не более суток);

– недоступность ингредиентов;

– сложности в изготовлении при взвешивании и смешивании ингредиентов;

– высокие требования к условиям хранения (в стеклянных закупоренных пробкой сосудах не более 7 суток, в темном помещении, вдали от нагревательных приборов).

В настоящее время щелочные растворы не применяются в системе отечественного технического обслуживания, однако в зарубежной практике они до сих пор активно используются [3].

Основываясь на передовом опыте, можно утверждать, что в отечественной практике технического обслуживания вооружения назрели очевидные изменения по внедрению новых эксплуатационных материалов и принадлежностей для обслуживания. Например, существует реактив углекислого аммония с нашатырным спиртом и двуххромовокислым калием (хромпик), изготавливаемый промышленным способом в емкости, позволяющие его аэрозольное распыление.

Список литературы

1. *Муралев, А. А.* Анализ технологической схемы технического обслуживания вооружения / А. А. Муралев, А. А. Хамов // Калашниковские чтения : Сборник научных трудов V Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск : Издательство ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – С. 388–393.

2. Наставление по стрелковому делу (НСД-41) по пистолету-пулемету обр. 1941 г. – Москва : Воениздат, 1941. – 56 с.

3. *Островский, С. Н.* Техническое обслуживание стволов стрелкового оружия / С. Н. Островский, Е. В. Кищенко, Д. В. Коротаев // Инновационная наука. – 2015. – № 1-2. – С. 81–83.

А. И. Неверов; М. И. Янущик

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БРОНЕЖИЛЕТОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Проводится анализ конструктивных и технологических характеристик современных средств бронезащиты. Приводится сравнение имеющихся на вооружении в войсках национальной гвардии и вооруженных силах других государств средств индивидуальной защиты и бронезащиты военнослужащих и сотрудников специальных подразделений.

Ключевые слова: бронезилет, защита, эффективность, вооружение, класс защиты, стандарт.

С давних пор человек искал возможность защитить себя в ходе боестолкновений. Всем хорошо известны различные варианты кольчуг бесстрашных викингов, панцири и доспехи немецких рыцарей, многослойных кирас, используемых армией Кромвеля, кожаных доспехов различных наемников, которые сменяли друг друга по мере необходимости в защите. С развитием огнестрельного оружия средства защиты получили большой скачок в развитии. Наблюдался широкий полет изобретательской мысли в разных точках земного шара. Так, например, в Японии были изобретены бронезилеты из многослойного шелка, разработки многослойного хлопчатобумажного бронезилета в королевстве Кореи Чосон, однако первые наиболее эффективные разработки появились в США. Образец был выполнен по образу и подобию корейской разработки, захваченной в ходе столкновения.

Первым изобретателем прообраза современного бронезилета можно считать Казимира Зеглена (рисунок).



Жилет Зеглена

Польский священник, не имевший никакого отношения к военным конфликтам, был серьезно обеспокоен проблемой высоких потерь в ходе боевых действий. Он несколько лет разрабатывал свою «броню», экспериментируя с металлическими стружками, конскими волосами, мхом и другими материалами, пока не познакомился с заметками аризонского доктора, которые открыли ему свойства шелка. Его многослойный шелковый бронезилет мог растягиваться и гасить энергию пули, что позволяло успешно противостоять выстрелам с небольшого расстояния свинцовыми пулями и издалека – стальными. Его изобретение было представлено обществу. В 1901 г. один из его польских приятелей сделал несколько выстрелов в своего слугу. Демонстрация прошла успешно – ни одна пуля не поразила тело человека [1].

В наше время уровень развития средств защиты не сравнить с прошлой эпохой. Для производства применяются различные высокопрочные материалы, баллистические ткани (кивлар), различные сплавы металлов (титан и сталь, оксид алюминия и карбид бора или кремния). Раньше бронежилеты были неудобны в ношении, сейчас имеются образцы скрытого ношения, которые не сковывают движения и не вызывают неудобства. Современные бронежилеты имеют модульное строение, что увеличивает площадь защиты и допускает в случае необходимости уменьшение или наращивание защиты. В зависимости от степени защиты бронежилеты в России имеют следующую классификацию.

ГОСТ Р 50744–99/1999. Этот стандарт бронежилетов был принят Госстандартом России в 1999 г. [2]:

1-й класс защиты – пистолет ПМ, 9-мм пуля со стальным сердечником, скорость 325 м/с; револьвер наган, 7,62-мм пуля со свинцовым сердечником, скорость 295 м/с.

2-й класс защиты – пистолет ПСМ, 5,45-мм пуля 2,5 г со стальным сердечником, скорость 335 м/с.

Для этого класса имеется подкласс в обоих стандартах:

2А – охотничье ружье, 12-й калибр (18,5 мм), пуля 34 г со свинцовым сердечником, скорость 410 м/с.

3-й класс защиты – автомат АКМ, 7,62-мм пуля 7,9 г со стальным сердечником, скорость 895 м/с.

4-й класс защиты – автомат АК-74 мм, пуля 3,5 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 895 м/с.

5-й класс защиты – винтовка СВД, 7,62-мм пуля 9,4 грамма со стальным сердечником, скорость 830 м/с; автомат АКМ, 7,62-мм пуля 7,9 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 720 м/с.

5а – автомат АКМ, 7,62-мм пуля 7,4 г со специальным термоупрочненным сердечником, скорость 750 м/с.

6-й класс защиты – винтовка СВД, 7,62-мм пуля, 9,4 грамма, со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 830 м/с.

6а – винтовка СВД, 7,62-мм пуля 10,4 г со специальным сердечником, скорость 810 м/с.

Специальный класс. Данный класс рассчитан на использование холодного оружия с энергией удара 40...45 Дж.

ГОСТ Р 50744–95/2014. Российский стандарт, принят Госстандартом России в 2014 г. [3].

Бр1 – пистолет АПС, 9-мм пуля со стальным сердечником, скорость 335 м/с.

Бр2 – пистолет СР-1, 9-мм пуля 7,93 со стальным сердечником, скорость 390 м/с.

С1 – охотничье ружье, 12-й калибр, пуля 34 г со свинцовым сердечником, скорость 410 м/с.

Бр3 – пистолет Ярыгина, 9 мм, патрон 9×19 мм, пуля 5,2 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 455 м/с.

Бр4 – Ак-74, 5,45-мм пуля 3,5 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 750 м/с.

Бр5 – винтовка СВД, 7,62-мм пуля 9,4 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 830 м/с; винтовка СВД, 7,62-мм пуля 10,4 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 810 м/с.

Бр6 – винтовка ОСВ-96 или В-94, 12,7-мм пуля 48,2 г со стальным термоупрочненным сердечником, скорость 830 м/с, расстояние 50 м.

Для Европы существует свой стандарт – общеевропейский (CEN). Для понимания разницы стандартов рассмотрим и его.

BR1 – винтовка 0,32, пуля 2,6 г с закругленным наконечником, скорость 360 м/с.

BR2, BR3 – пистолет парабеллум, пуля 9-мм 8 г с закругленным наконечником и мягким свинцовым сердечником, скорость 400 м/с.

Револьвер 9,07 мм, патрон «Магнум357», пуля 10,2 г коническая, со сплошной металлической оболочкой и мягким свинцовым сердечником, скорость 430 м/с.

SG1, SG2 – короткоствольное ружье 12/70, пуля 31,0 г «Бреннеке», свинцовая, скорость 420 м/с.

BR4 – револьвер 10,9 мм, патрон 0.44 «Магнум», пуля 15,6 г тупоконечная, со сплошной металлической оболочкой и мягким свинцовым сердечником, скорость 440 м/с.

BR5 – винтовка 5,56 мм, патрон 5,56×45 мм НАТО, пуля 4 г со сплошной металлической оболочкой, мягким свинцовым сердечником и заостренным стальным бронебойным наконечником, скорость 950 м/с.

BR6 – винтовка 7,62 мм, патрон 7,62×51 НАТО, пуля 9,5 г со сплошной металлической оболочкой, заостренным наконечником и мягким свинцовым сердечником, скорость 830 м/с.

BR7 – винтовка 7,62 мм, патрон 7,62×51 НАТО, пуля 9,8 г остроконечная, со сплошной металлической оболочкой и особо твердым стальным сердечником массой 3,8 г, скорость 820 м/с.

Если внимательно проанализировать требования стандартов, то выявляется следующая закономерность. Классов защиты у нас и в Европе одинаковое количество, однако европейская классификация гораздо ниже, чем заявленные цифры.

Так, российский второй класс по обоим ГОСТам соответствует сразу двум классам Европы – BR2 и BR3. И далее – на единицу классности больше везде. Более того, упомянутого российского Брб нет вообще.

В настоящее время общепризнана необходимость обеспечения для БЖ противоосколочной стойкости на уровне не менее 550 м/с и противопульной стойкости от массовых патронов отечественного и зарубежного стрелкового оружия калибра до 9 мм включительно, воздействующих с дальности 5...100 м в зависимости от энергетики поражающего боеприпаса.

Современный уровень развития отечественных материалов и технологий в основном позволяет удовлетворить эти требования. Поэтому на первое место выдвигается проблема обеспечения разумного соотношения следующих требований:

- оптимизация площади защиты как функции массы БЖ;
- обеспечение подвижности военнослужащих в БЖ, удобства и способности выполнять комплекс боевых и учебно-тренировочных задач в различных условиях как можно дольше [4].

В связи с этим появляются новые разработки, способствующие эффективной защите и сохранению жизни. Так, например, в США ведутся разработки бронезилетов из одного из самых прочных соединений в природе – шелка паутины. Он немного уступает кивлару в прочности, но намного эластичней. За счет этого повышаются защитные свойства. Жидкий бронезилет разрабатывают в России. Принцип основан на явлении неньютоновских жидкостей. Специальные гели, которые при ударе переходят в твердое состояние, таким образом, поглощают энергию пули или осколка. Опытные испытания показали, что гелиевый бронезилет не уступает своими свойствами тридцати слоям кевларовой ткани.

Список литературы

1. Папулов, К. От панциря до бронезилета. – 2006. – 43 с.
2. ГОСТ Р 50744–99. Бронеодежда. Средства защиты. Требования к материалам.
3. ГОСТ Р 50744–95. Бронеодежда. Классификация и общие технические требования.
4. Яковлев, К. В. Учебник сержанта инженерных войск. – Москва : Военное издательство Министерства обороны СССР, 1976. – 280 с.

*А. М. Пушкарёв, кандидат технических наук, профессор
П. А. Семиколонов*

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

СИНТЕЗ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ОРУЖИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Рассматривается вопрос планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта, ремонта по состоянию. С этой целью проанализирована периодичность работ технического обслуживания составных частей изделий. На основании этого определены направления дальнейшего развития системы технического обслуживания и ремонта.

Ключевые слова: планово-предупредительная система, ремонт (обслуживание) по техническому состоянию, техническое обслуживание с контролем параметров, систем технического диагностирования.

Введение

При эксплуатации оружия и военной техники (ВВТ) различают три основные стратегии управления их техническим обслуживанием и ремонтом (ТО и Р): аварийно-восстановительная система ТО и Р ((АВС ТО и Р) техническое обслуживание по событию); планово-предупредительная система ТО и Р (ППС ТО и Р); ремонт (обслуживание) по техническому состоянию (РТС) [1]. Каждой стратегии технического обслуживания и ремонта соответствует определенная стратегия эксплуатации (использования) транспортных средств: до отказа; до выработки ресурса (срока службы); до предотказного состояния.

Согласно ГОСТ Р 52104–2003 «Ресурсосбережение. Термины и определения», стратегия – это деятельность, направленная на получение планируемого результата с учетом перспективы долгосрочного развития [2].

Согласно ГОСТ Р 27.002–2009 «Надежность в технике. Термины и определения», система технического обслуживания и ремонта техники – это совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания и восстановления качества изделий, входящих в эту систему [3].

Согласно ГОСТ 27.002.89 «Надежность в технике. Термины и определения» [3]:

исправное состояние – состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям нормативно технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

неисправное состояние – состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации;

работоспособное состояние – состояние изделия, при котором оно способно выполнить требуемую функцию при условии, что предоставлены необходимые внешние ресурсы;

неработоспособное состояние – состояние изделия, при котором оно неспособно выполнить требуемую функцию по любой причине;

предельное состояние – состояние изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна по причинам опасности, экономическим или экологическим;

критерий предельного состояния – признаки предельного состояния, по которым принимают решение о его наступлении.

С появлением средств технического диагностирования (ТД), сначала механических, затем сложных программно-вычислительных комплексов, подход к выбору стратегии ТО и Р значительно изменился, пройдя путь от технического обслуживания по событию (АВС ТО и Р) к профилактическому (ППС ТО и Р), а затем и к упреждающему ТО и Р (РТС). Эффективность системы ТО и Р, как и ее качество, связано с обеспечением безотказной работы как изделия ВВТ в целом, так и его составных частей (СЧ) в частности, и определяется особенностями применяемой стратегии ТО и Р. Следует отметить, что максимальная эффективность системы технического обслуживания и ремонта достигается только при комплексном подходе ко всем элементам системы.

Современное состояние технического обслуживания и ремонта

В настоящее время классически применяется два подхода к планированию объема работ по техническому обслуживанию и ремонту: система планово-предупредительного ремонта и ремонт по тех-

ническому состоянию [1]. Общим признаком для рассматриваемых стратегий является их плано-предупредительный характер, а принципиальное отличие заключается в том, что является основанием для определения состояния объекта, сроков и объемов работ, а также в распределении материальных и трудовых затрат, потребных на развитие материально-технической базы, соответствующей требованиям той или иной стратегии. В системе плано-предупредительного ремонта таким основанием является наработка изделия, а при ремонте по техническому состоянию – техническое состояние объекта эксплуатации или его СЧ [1].

Стратегия ТО и Р по наработке (ППС ТО и Р) представляет собой принцип управления, при котором объем и периодичность работ по ТО и Р устанавливаются в зависимости от наработки изделия с начала эксплуатации или после последнего капитального ремонта.

Важнейшим требованием, предъявляемым к ППС ТО и Р, является обеспечение заданного уровня надежности (безотказности) объекта. Для обеспечения выполнения данного требования производятся плановые работы, направленные на предупреждение возникновения отказов. Периодичность и объем профилактических работ строго регламентированы нормативно-технической документацией в зависимости от наработки. Требуемый уровень надежности (безотказности) объектов эксплуатации обеспечивается за счет профилактического технического обслуживания и ограничения сроков их эксплуатации (выработки ресурса).

Стратегия и основные требования технического обслуживания и ремонта

Стратегия ТО и Р по техническому состоянию предполагает комплексное развитие материально-технической базы ремонтных органов, проведение мероприятий по повышению эксплуатационной технологичности и контролепригодности объектов эксплуатации на протяжении всего жизненного цикла, совершенствование методов и средств технического диагностирования и определения остаточного ресурса СЧ и изделий в целом. Плано-предупредительный характер данной стратегии заключается в том, что планируются (регламентируются) только те мероприятия, которые связаны с определением технического состояния (ТС) объекта эксплуатации или его СЧ, а остальные выполняются по технической необходимости. Ограничения на межремонтные ресурсы изделий при этом отсутствуют. В свою очередь, в зависимости от различных условий стратегия ТО и Р по техническому состоянию подразделяется на ТО и Р с контролем параметров (ТОСКП) и ТО и Р с контролем уровня надежности (ТОСКУН) [1].

При использовании стратегии ТОСКУН объем работ зависит от уровня надежности (безотказности) всех однотипных изделий, находящихся в эксплуатации. Главным требованием к ТОСКУН является поддержание надежности (безотказности) объекта на заданном уровне при минимальных эксплуатационных расходах. При использовании стратегии ТОСКП объем и периодичность работ ТО и Р устанавливается в зависимости от технического состояния объекта эксплуатации (или его СЧ), которое определяется при плановом контроле технического состояния (КТС) с учетом положения текущих значений контролируемых параметров СЧ относительно границ допусков.

Основным требованием, предъявляемым к ТОСКП, является поддержание надежности (безотказности) объекта на заданном уровне между КТС при минимальных эксплуатационных расходах. Применение стратегии ТОСКП возможно для таких объектов эксплуатации или их СЧ, отказы которых возникают постепенно и процесс возникновения которых доступен для наблюдения с помощью существующих средств и методик ТД. Для таких СЧ изменение параметра, определяющего техническое состояние, происходит постепенно, при условии соблюдения правил эксплуатации и отсутствия аварийных ситуаций. К их числу относятся: конструкции, подверженные усталостным и коррозионным разрушениям; силовые узлы; источники давления (насосы); узлы трения и др. Вероятность отказа объектов эксплуатирующихся с использованием стратегии ТОСКП зависит от их наработки с начала эксплуатации или капитального ремонта, условий эксплуатации, квалификации обслуживающего персонала, совершенством применяемых средств и методик ТД, качества ТО и др. Процесс возникновения отказов объектов эксплуатирующихся с контролем параметров имеет протяженность во времени, вследствие этого при очередном КТС удастся своевременно выявить отклонение контролируемых параметров в заданных пределах, выявить причину возникновения отклонения данных параметров и принять меры по устранению предпосылок к возникновению отказа, либо заменить СЧ, находящуюся в предотказном состоянии, предупредив тем самым возникновение отказов. Для таких СЧ изменение параметра, определяющего техническое состояние, происходит постепенно при условии соблюдения правил эксплуатации и отсутствия аварийных ситуаций.

Согласно ГОСТ 1.02776–2001 «Эксплуатация техническая авиационной техники по состоянию. Основные положения» [4]:

– предотказное состояние – это работоспособное состояние изделия, при котором его определяющий параметр имеет значение, находящееся в поле упреждающего допуска, устанавливаемого в эксплуатационной или ремонтной документации, или при котором имеет место контролируемый отказ допустимого числа элементов, составляющих внутренний резерв работоспособности изделия;

– определяющий параметр – параметр изделия, самостоятельно или в совокупности с другими параметрами характеризующий работоспособность изделия в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации;

– упреждающий допуск определяющего параметра – диапазон изменения определяющего параметра, границы которого устанавливают область предотказа таким образом, при использовании стратегии ТОСКП объекты (или их СЧ) эксплуатируются до предотказного состояния, а межремонтные ресурсы (наработка, срок эксплуатации) отменяются. КТС проводится с определенной периодичностью, основанной на результатах прогнозирования технического состояния объекта (СЧ) при проведении предыдущего КТС, с учетом требований к безотказности объекта, живучести и заданной надежности.

Согласно ГОСТ 20911–89 «Техническая диагностика. Термины и определения», прогнозирование технического состояния – определение технического состояния объекта с заданной вероятностью на предстоящий интервал времени [5]. Целью прогнозирования технического состояния может быть определение с заданной вероятностью интервала времени (ресурса), в течение которого сохранится работоспособное (исправное) состояние объекта.

В настоящее время стратегия ремонта по техническому состоянию приобретает все большее распространение благодаря высокой рентабельности внедрения методов упреждающего обслуживания. Постоянное совершенствование методов и средств ТД стало новой ступенью развития в сфере технической поддержки управления эксплуатацией ВВТ. Проведенные исследования показали, что расходы на профилактическое обслуживание (ППС ТО и Р) будут в 5 раз выше, а на обслуживание при необходимости (АВС ТО и Р) – в 15 раз выше, чем в случае упреждающего подхода (РТС). Применение стратегии ТО и Р по техническому состоянию сокращает время вынужденного простоя образцов эксплуатации в ожидании ремонта или обслуживания, что приводит к снижению затрат, с ним связанных. Кроме того, данная стратегия позволяет отказаться от ненужного профилактического обслуживания, что позволяет сократить расходы на материалы, трудовые ресурсы, и, соответственно, сокращает количество необоснованных воздействий человека на СЧ объекта эксплуатации, что приводит к снижению вероятности возникновения случайных отказов, связанных с некачественным предыдущим ремонтом или обслуживанием.

Сложность конструкции современных видов ВВТ привела к возрастанию разнообразия по характеру используемых физико-химических процессов, характеру и степени нагрузок, входящих в их состав устройств и систем. Несмотря на достижения последних лет в развитии методов и средств ТД, техническое состояние не всех агрегатов, узлов и систем современных образцов ВВТ возможно определять без разборки образца освоенными методами и средствами ТД и неразрушающего контроля. Кроме того, СЧ, входящие в состав объекта эксплуатации, имеют различные уровни надежности и, соответственно, различные показатели (наработки) до перехода в предельное состояние. Отказ далеко не всех СЧ объекта эксплуатации приводит к неработоспособному или к предельному состоянию изделия в целом, а затраты на упреждение возникновения отказов таких СЧ могут превышать расходы на их устранение. Таким образом, использование какой-либо одной стратегии ТО и Р для современных образцов ВВТ нерационально и приведет либо к увеличению материальных затрат, трудовых ресурсов на поддержание заданных показателей надежности, либо к увеличению количества внезапных отказов и, соответственно, увеличению вынужденных простоев.

Комплексность системы технического обслуживания

Дальнейшее развитие системы ТО и Р предполагает объединение достоинств известных стратегий в комплексную систему, в которой образец эксплуатации – сложная техническая система, подразделяется на составные части, ТО и Р которых производится по наиболее подходящей для каждой составной части стратегии с учетом заданных показателей надежности и экономических показателей.

Необходимыми условиями для перехода к комплексной системе технического обслуживания и ремонта могут быть:

- использование критерия «экономическая целесообразность» при определении стратегии ТО и Р каждой составной части изделия;
- наличие диагностической базы (средства ТД, НТД, базы данных, инфраструктура);
- наличие квалифицированного персонала;

- наличие методик определения ТС и его прогнозирования;
- объем и качество диагностической информации;
- контролепригодность объекта.

Применение комплексной системы технического обслуживания и ремонта позволит поддерживать заданные показатели надежности образцов эксплуатации при минимальных расходах всех видов ресурсов (времени, труда, средств, материалов) до максимальной выработки ресурса как составной части, так и изделия в целом.

Данная система технического обслуживания и ремонта позволит более эффективно решать такие задачи, как:

- регламентирование технического обслуживания и ремонта составной части объектов эксплуатации, с учетом заданных показателей надежности и экономической целесообразности;
- увеличение периодичности технического обслуживания и ремонта за счет регламентирования составной части и применяемых к ним стратегий технического обслуживания и ремонта;
- определение и корректировка межремонтных периодов для каждой составной части с учетом выбранной стратегии технического обслуживания и ремонта;
- максимальное использование ресурса как составной части, так и изделия в целом;
- механизация процессов технического обслуживания и ремонта;
- внедрение методов инструментального контроля технического состояния составной части (узлов, агрегатов, систем);
- повышение роли ТД в технологическом процессе технического обслуживания и ремонта;
- внедрение научных методов управления техническим состоянием изделий ВВТ;
- увеличение удельного веса работ контроля технического состояния с помощью встроенных и внешних СТД;
- применение автоматизированных систем управления техническим обслуживанием и ремонтом;
- применение специализированных информационных систем управления.

Заключение

Таким образом, применение комплексной системы технического обслуживания и ремонта изделий ВВТ в сочетании со встроенными средствами технического диагностирования позволит повысить надежность работы их составных частей и изделий в целом, сократить время вынужденных простоев, эффективно организовать работу специалистов, что повысит показатели эффективности функционирования системы технического обслуживания и ремонта, такие как средняя трудоемкость технического обслуживания и ремонта, средняя продолжительность технического обслуживания и ремонта, средняя стоимость технического обслуживания и ремонта, коэффициент технического использования.

Список литературы

1. Эксплуатация вооружения и военной техники : учебник. – Санкт-Петербург : Издательство «ВА МТО», 2014. – 403 с.
2. ГОСТ Р 52104–2003. Ресурсосбережение. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 23 с.
3. ГОСТ Р 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 27 с.
4. ГОСТ 1.02776–2001. Эксплуатация техническая авиационной техники по состоянию. Основные положения. – Москва : Стандартинформ, 2003. – 17 с.
5. ГОСТ 20911–89. Техническая диагностика. Термины и определения. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 11 с.

Д. С. Сливко; А. А. Чурсин, доцент

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ВИДЫ, СОСТОЯНИЕ И ПЕРИОДЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВООРУЖЕНИЯ

Рассматриваются основные понятия эксплуатации вооружения. Даны определения состояния и периодам эксплуатации вооружения. Рассмотрены стадии жизненного цикла образцов вооружения. Указаны различия эксплуатационных и боевых повреждений военной техники.

Ключевые слова: эксплуатация вооружения, образцы вооружения, боевое повреждение, надежность вооружения, эксплуатационные факторы, динамические нагрузки.

Современные войска национальной гвардии Российской Федерации характеризуются наличием большого количества вооружения, военной и специальной техники, отличающихся сложным устройством и многофункциональностью применения.

Из практики войск известно, что по мере эксплуатации образцов ВВСТ в различных режимах перестают нормально функционировать или выходят из строя блоки, механизмы, узлы, детали и другие элементы, входящие в конструкцию образцов. При оценке этих событий специалисты пользуются терминами «отказ», «неисправность», «повреждение». Например, «отказал блок стабилизации», «ствол не наводится из-за неисправности редуктора механизма наведения» [1].

Кроме того, процессы возникновения отказов и неисправностей, происходящие под действием эксплуатационных нагрузок и окружающей среды, т. е. условий эксплуатации, не только носят случайный характер, но и различаются интенсивностью проявления на разных стадиях жизненного цикла образца.

Все это обуславливает необходимость систематизированного рассмотрения возможных эксплуатационных состояний изделий военного назначения и влияния периодов эксплуатации на закономерности возникновения отказов и неисправных состояний.

Стадии жизненного цикла делятся на более мелкие составляющие – виды работ, а последние – на этапы, представлены на рисунке. 1.

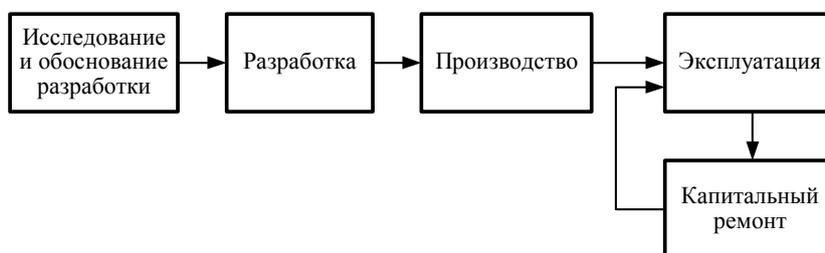


Рис. 1. Жизненный цикл изделий ВВСТ

Основной стадией жизненного цикла любого образца вооружения является эксплуатация, так как только при эксплуатации проявляются в полной мере все его боевые, технические, экономические и другие характеристики, соответствующие функциональному назначению.

В большом разнообразии конструкторской, эксплуатационной и нормативной документации, с которой приходится иметь при эксплуатации различных образцов вооружения, часто используются специальные понятия, термины и определения. Рассмотрим наиболее важные и определяющие из них.

Одна из групп специальных терминов и определений относится непосредственно к образцам ВВСТ и их составным частям. К наиболее часто встречающимся относятся понятия «изделие» и «компоновка изделия».

Под изделием понимается предмет (или набор предметов) производства, имеющий законченную конструкцию, выполняющий самостоятельную функцию (или ряд функций) и предназначенный для использования потребителем отдельно или в составе более сложного изделия [2].

Термин «изделие» часто используется для условного обозначения образцов вооружения.

Различают общую и частные компоновки.

Общая компоновка характеризует число и взаимное размещение отделений образца (силовое, трансмиссионное, боевое отделение и т. п.), конструкцию корпуса образца, приводов, механизмов и систем.

Частная компоновка уточняет размещение составных элементов отделений образца.

Все изделия вооружения могут классифицироваться в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.



Рис. 2. Виды изделий

Изделие – это любой продукт производства, поступивший в эксплуатацию.

Одним из важнейших показателей, характеризующих готовность изделия к использованию по назначению, является его техническое состояние.

Под техническим состоянием изделий ВВСТ понимается совокупность подверженных изменению свойств изделия военной техники, характеризуемых в определенный момент времени степенью соответствия фактических значений показателей и (или) качественных признаков установленным в нормативно-технических документах [3].

Техническое состояние изделий характеризуется и оценивается одним или несколькими эксплуатационными параметрами.

С различными видами параметров изделий командиру и военному инженеру приходится иметь дело при проведении контроля технического состояния образцов вооружения, их технического обслуживания и ремонта, при работе с эксплуатационной и ремонтной документацией и в других случаях.

Параметры изделий разделяются на две группы:

- 1) основные (X), характеризующие способность изделия выполнять заданные функции при использовании по прямому назначению, т. е. обеспечивать его работоспособность;
- 2) неосновные (второстепенные) (Z), характеризующие удобство работы, внешний вид, хранение и т. д.

Для оценки технического состояния изделий используется две группы значений параметров:

- 1) конструктивные (X_0 ; Z_0), соответствующие новому изделию; величина их указывается в технических условиях и чертежах;
- 2) предельные ($X_{пр}$; $Z_{пр}$), соответствующие предельному значению параметра, с превышением которого эксплуатация изделия должна быть прекращена. Предельные значения параметров указываются, как правило, в эксплуатационной документации (в перечне обязательных проверок технического состояния изделия).

Техническое состояние образцов вооружения определяется их исправностью и укомплектованностью.

Укомплектованность образцов вооружения определяется эксплуатационной документацией и оценивается в соответствии с установленными требованиями.

В зависимости от соотношения величин основных и второстепенных параметров во время эксплуатации изделие может находиться в различных технических состояниях. Различают исправное и неисправное, работоспособное и неработоспособное, а также предельное состояния изделия.

Исправным состоянием считается такое состояние изделия, при котором оно соответствует всем требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. Если же изделие не отвечает хотя бы одному из этих требований, то считается, что оно находится в неисправном состоянии.

Работоспособным состоянием считается такое состояние изделия, при котором значения всех основных параметров, характеризующих способность выполнять заданные функции, соответствует требованиям нормативно-технической и (или) конструкторской документации. Если же значение хо-

тя бы одного основного параметра выходит за установленные значения, то изделие находится в неработоспособном состоянии [4].

Событие, заключающееся в нарушении исправного состояния изделия при сохранении его работоспособности, называется повреждением.

Различают эксплуатационное и боевое повреждение военной техники.

Эксплуатационное повреждение – повреждение изделия военной техники, вызванное воздействием на него эксплуатационных факторов, не связанных с воздействием оружия противника.

Боевое повреждение – повреждение изделия военной техники, вызванное воздействием на него оружия противника и (или) сопутствующих поражающих факторов.

Общая схема возможных состояний изделий и событий (переходов между состояниями) показана на рисунке 3.

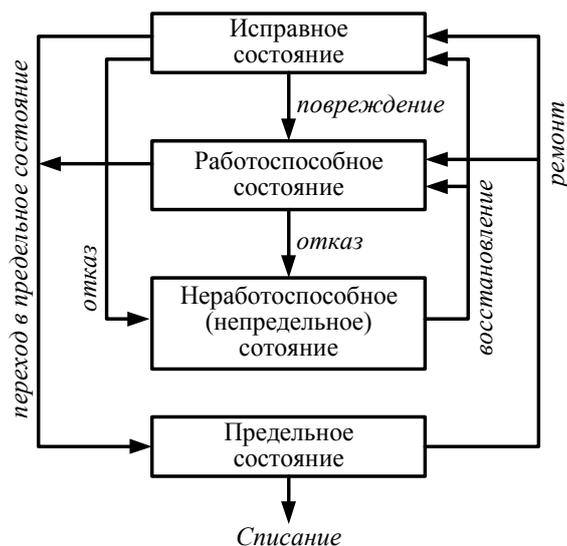


Рис. 3. Схема основных состояний изделия и переходов между ними

Современное вооружение, военная и специальная техника характеризуется высокой боевой эффективностью, что обеспечивается наличием в его составе вычислительных устройств, радиоэлектронной аппаратуры, электрических и механических устройств, оптических и электронно-оптических приборов и других сложных устройств. Эксплуатация ВВСТ осуществляется в условиях скоротечного и динамичного современного боя, в различных климатических зонах, в различное время суток и года. Все это требует от современных офицеров глубоких теоретических знаний правил эксплуатации и твердых практических навыков в обслуживании и ремонте вооружения для решения всего комплекса задач, связанных с эксплуатацией вооружения.

Список литературы

1. Турсунов, А. А. Применение SADT – моделирование в решение задач технической эксплуатации транспортных средств / А. А. Турсунов, А. М. Умирзоков // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009.
2. Эксплуатация бронетанковой и автотракторной техники : учебник. – Москва : Воениздат, 1974.
3. Абдулин, А. С. Техническое обслуживание и ремонт артиллерийского вооружения : учебник / А. С. Абдулин, К. В. Салуквадзе, Б. М. Шахмаметьев. – Москва : Воениздат, 1985.
4. Муралев, А. А. Анализ технологической схемы технического обслуживания вооружения / А. А. Муралев, А. А. Хамов // Калашниковские чтения : Сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. – Ижевск : Издательство ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2018. – С. 388–393.

Р. В. Степанов, студент
Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова
Санкт-Петербург

ПРИМЕНЕНИЕ БОЕВЫХ МАШИН БМ-13 И РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ М-13 В ГОДЫ ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЫ

Рассматриваются основные особенности реактивной системы залпового огня, в состав которой входила боевая машина БМ-13 («катюша») и реактивные снаряды М-13, общее устройство реактивного снаряда и пути его модернизации, а также приводятся примеры подвига артиллеристов при применении боевых машин БМ-13 в годы Великой Отечественной войны.

Ключевые слова: реактивная система залпового огня, боевая машина «катюша», боевая машина БМ-13, реактивные снаряды РС-132 и М-13, реактивная артиллерия, управляемый реактивный снаряд.

Основные сведения о боевой машине БМ-13

Великая Отечественная война 1941–1945 гг. вошла в мировую историю как одна из самых кровопролитных войн XX века. Под вопросом стояла сама возможность существования советского народа, что прямым текстом было указано в директиве генерального плана «Ост». Чтобы не допустить поражения и уничтожения советского народа, наши отцы, деды и прадеды встали одним большим фронтом на защиту Отечества – война с первых дней стала отечественной.

Разгром врага на полях сражений и создание оружия в тылу приближали день Великой Победы советского народа над фашистской Германией. Одним из символов оружия победы стала легендарная боевая машина БМ-13, более известная как «катюша» (рис. 1, 2).



Рис. 1. Залп дивизиона БМ-13-16 во время Сталинградской битвы 28 октября 1942 г. (фото RIA Novosti archive)



Рис. 2. Реактивная система залпового огня БМ-13Н (фото moyarobeda.ru)

БМ-13 [1] представляла собой установленную на шасси автомобиля раму с направляющими, на которую крепились реактивные снаряды. Наводка по цели осуществлялась при помощи поворотного и подъемного механизмов, а также артиллерийского прицела. К недостаткам БМ-13 можно отнести большое рассеивание снарядов, которое сказывалось на точности попадания. Это, впрочем, с лихвой компенсировалось количеством выпускаемых почти одновременно снарядов. За 10 секунд только одна «катюша» выпускала 16 снарядов, поэтому батарея БМ-13 покрывала значительную площадь, занимаемую противником.

При попадании ракеты в цель взрывчатое вещество в ней подрывалось с обеих сторон. Возникшие детонационные волны встречались, и давление газообразных продуктов взрыва сильно возрастало. Реактивные снаряды М-13 также отличались значительным зажигающим действием. Именно поэтому возникла легенда о якобы «термитном» заряде в ракетах «катюши».

Конструктивные особенности реактивных снарядов М-13

История боевых машин БМ-13 [1] началась в начале декабря 1938 г. с создания в НИИ-3 двух пусковых установок для 132-мм реактивных снарядов РС-132. Создателями реактивной артиллерийской системы залпового огня, включавшей в себя реактивные снаряды и боевую машину БМ-13, являлись Г. Э. Лангемак, И. Т. Клейменов, В. Н. Лужин, Б. С. Петропавловский, Б. М. Слоимер, Н. И. Тихомиров, А. Г. Костиков, И. И. Гвай, В. В. Аборенков.

В результате испытаний установок на Центральном военно-химическом полигоне под Москвой выявился ряд недостатков, подлежащих устранению. Среди них – высокое рассеивание снарядов вследствие раскачивания пусковой установки при их пуске.

Приняв во внимание замечания комиссии, конструкторы принялись за модернизацию реактивных снарядов (РС) для боевой машины БМ-13. Была разработана широкая номенклатура РС: в ходе Великой Отечественной войны применялись снаряды от РС-132 до М-13ДД-1; последние – РС увеличенной дальности стрельбы с двухкамерным пороховым двигателем (рис. 3). Схема совершенствования реактивных снарядов для БМ-13 представлена на рисунке 4.

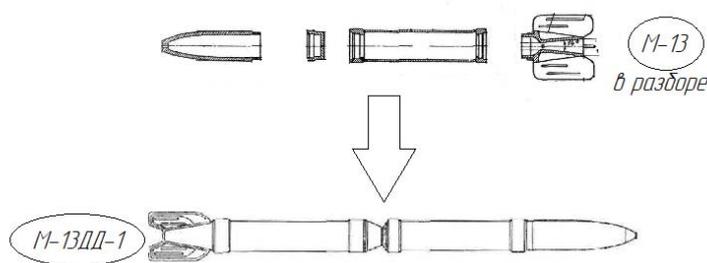


Рис. 3. Визуальное сравнение РС М-13 и М-13ДД-1 увеличенной дальности стрельбы

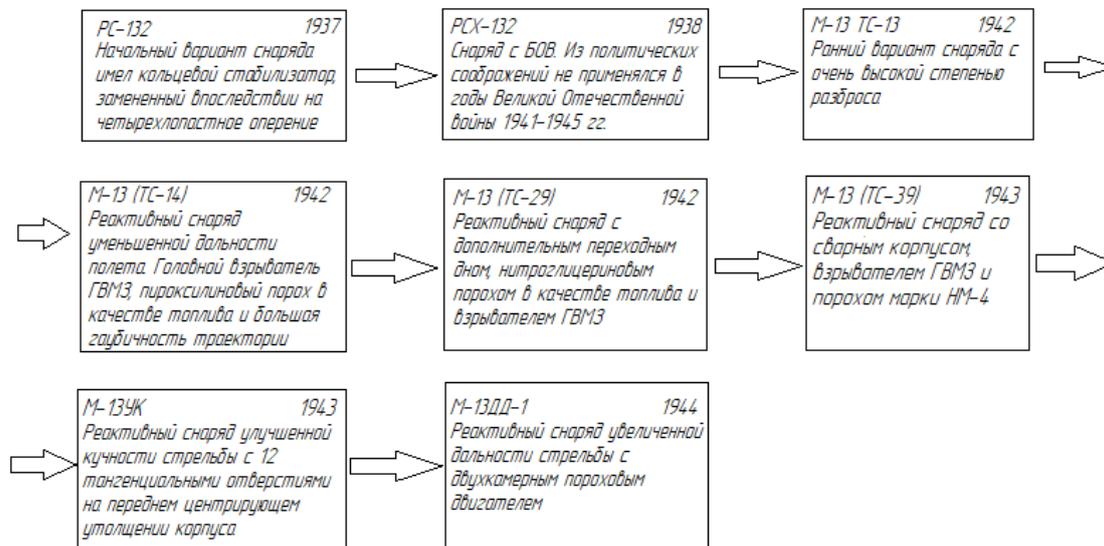


Рис. 4. Схема совершенствования 132-мм реактивных снарядов для БМ-13

Работы конструкторов над уменьшением рассеивания РС осуществлялись по нескольким направлениям. В первую очередь была отработана необходимая геометрия четырехлопастных крыльевых стабилизаторов. Изначально планировалось применение кольцевого стабилизатора для пуска РС из трубчатых направляющих. Однако очень быстро стало ясно, что добиться снижения рассеивания при стрельбе таким образом не представляется возможным. Исследуя зависимость длины лопастей стабилизаторов на кучность стрельбы, конструкторы пришли к выводу, что с ростом размаха оперения РС кучность возрастает.

Основной причиной низкой кучности стрельбы оказался эксцентриситет тяги реактивного двигателя – отклонение вектора этой силы от оси РС [1]. Для устранения этого недостатка было предусмотрено вращение РС. Это обеспечивалось при истечении пороховых газов через отверстия в сопловом блоке реактивного снаряда, расположенные под углом к его оси. Исключение из общей номенклатуры составлял РС М-13УК, имевший на переднем центрирующем утолщении 12 тангенциальных отверстий. Для пуска таких снарядов к апрелю 1945 г. было изготовлено 100 машин БМ-13-СН с 10 спиральными направляющими. Испытания БМ-13-СН показал, что кучность снарядов М-13 и М-13УК была практически одинакова – различалась в 1,1 раза [2].

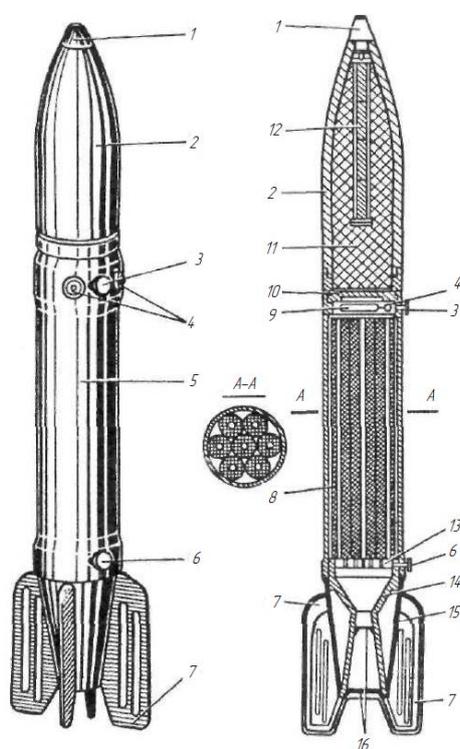


Рис. 5. 132-мм реактивный снаряд М-13: 1 – взрыватель; 2 – корпус боевой части; 3,6 – направляющие штифты; 4 – пирозапалы; 5 – пороховой двигатель; 7 – стабилизатор; 8 – пороховые шашки; 9 – воспламенитель; 10 – дно боевой части; 11 – боевой заряд; 12 – дополнительный детонатор; 13 – диафрагма; 14 – сопловый блок; 15 – обтекатель; 16 – заглушки

В реактивных снарядах боевых машин БМ-13 применялся взрыватель ГВМЗ-1. Базовую конструкцию взрывателей ГВМЗ для реактивных снарядов и мин в конце 1930-х гг. разработал конструктор взрывателей Герой Социалистического Труда, генерал-майор инженерно-артиллерийской службы Д. Н. Вишневецкий. (В 1930-е гг. Давид Николаевич преподавал курс проектирования взрывателей [4] в Ленинградском военно-механическом институте (ныне БГТУ «Военмех» им. Д. Ф. Устинова).)

Эффективность боевого применения реактивных снарядов М-13

В начале Великой Отечественной войны перед армией и страной встала труднейшая задача – обеспечить эффективность боевого применения артиллерии в условиях тяжелых оборонительных боев [2]. Большие надежды в повышении огня с закрытых позиций возлагались на реактивную артиллерию, о рождении которой в Красной Армии возвестил первый залп батареи БМ-13 по противнику под Оршей 19 июля 1941 г.

Части реактивной артиллерии организационно входили в состав артиллерии Резерва Верховного Главного Командования (РВГК) и именовались гвардейскими минометными. На их вооружении на-

ходились реактивные системы БМ-8 и БМ-13. Многозарядность реактивных установок определяла их высокую огневую производительность, возможность одновременного поражения целей на значительных площадях. Залповый огонь обеспечивал внезапность, высокие поражающее и моральное воздействия на противника.

Следует отметить, что ни в одной стране, принимавшей участие во Второй мировой войне, так и не было создано аналогичных конструкций установок залпового огня для массового применения реактивных снарядов.

Примеры воинского подвига артиллеристов в годы Великой Отечественной войны

В России всегда будут помнить о подвигах защитников Отечества в годы Великой Отечественной войны, тех, кто не жалея себя, бил врага. Все воины-артиллеристы, участвовавшие в боях в годы Великой Отечественной войны, проявили мужество и героизм. Многие артиллеристы удостоены звания Героя Советского Союза. Далее приводятся сведения о некоторых из них, прошедших боевой путь с боевыми машинами БМ-13 [3].

Назаренко Павел Иванович, шофер БМ-13 3-го гвардейского отдельного минометного полка 3-го гвардейского кавалерийского корпуса 3-го Белорусского фронта, гвардии старший сержант. В ночь на 26 июня 1944 г. у деревни Кожемяки Сенненского района Витебского района Белоруссии был ранен, но продолжал отбивать атаки гитлеровцев. Погиб в горящей машине.

Терлецкий Владимир Николаевич, шофер боевой машины БМ-13 273-го гвардейского минометного дивизиона 50-го гвардейского минометного полка Северо-Кавказского фронта, гвардии старший сержант. В бою 28 мая 1943 г. за населенные пункты Киевское и Молдавское Краснодарского края, ведя «катюшу» на огневую позицию, был тяжело ранен, но до конца выполнил свой воинский долг. Умер от полученных ран.

Белявский Борис Васильевич, помощник командира огневого взвода гвардейских минометов БМ-13 19-й гвардейской минометной бригады 1-й гвардейской артиллерийской дивизии прорыва 13-й армии 1-го Украинского фронта, гвардии сержант. Вместе с передовым отрядом 26 января 1945 г. переправился через реку Одер в районе населенного пункта Кёбен (ныне – Хобеня), расположенного в 12 км севернее польского города Съцинава. Умело и самоотверженно участвовал в захвате и расширении плацдарма на западном берегу. 28 января 1945 г. гвардии сержант Б. В. Белявский в бою за польский населенный пункт Раудтен (Рудна) уничтожил вражеский бронетранспортер и несколько огневых точек неприятеля.

Перов Дмитрий Михайлович, шофер боевой машины БМ-13 394-го гвардейского минометного дивизиона 99-го гвардейского минометного полка 1-го Прибалтийского фронта, гвардии младший сержант. 3 февраля 1944 г. при обстреле позиций дивизиона артиллерией противника снаряд попал в пакет направляющих боевой установки, было повреждено 14 мин. У двух загорелась ракетная часть, возникла угроза взрыва. Гвардии младший сержант Перов, рискуя жизнью, навалился на снаряд, задержав его движение, вывернул взрыватели, развернул все еще движущиеся мины в другую сторону. Своими действиями спас 4 боевые установки; дивизион продолжил выполнять боевую задачу.

Русин Иван Фёдорович, водитель боевой машины БМ-13 259-го гвардейского минометного дивизиона 43-го гвардейского минометного полка 4-го гвардейского кавалерийского корпуса 1-го Белорусского фронта, гвардии ефрейтор. В период с 6 по 27 июля 1944 г. в районе сел Большие Жуковичи, Медзеневицы, Ставы и Верполе в составе расчета И. Ф. Русин принимал участие в отражении контратак противника; сжег два танка, был контужен, но вывез с поля боя командира и раненых товарищей.

Большот Павел Пантелееви, водитель боевой машины БМ-13 552-го отдельного гвардейского минометного дивизиона 22-й гвардейской минометной бригады (5-я гвардейская минометная дивизия, 3-я ударная армия, 1-й Белорусский фронт), гвардии старшина. На момент представления к награждению орденом Славы 1-й степени 3 июля 1944 г. в бою близ города Столбцы (Минская область, Белоруссия) при занятии огневой позиции был ранен, но продолжал управлять боевой машиной реактивной артиллерии до завершения залпа.

Флёров Иван Андреевич, командир отдельной экспериментальной батареи реактивной артиллерии Резерва Главного Командования, капитан. Первые залпы по врагу батарея Флёрова произвела под городом Оршей, позднее – под Ельней, Рославлем и Спас-Деменском. В начале октября 1941 г. батарея попала в окружение в Спас-Деменском котле. Не желая отдавать яростно рвущимся гитлеровским солдатам оружие нового поколения, отдал приказ уничтожать боевые установки. Под шквальным огнем противника приказ капитана Флёрова был выполнен. Будучи тяжело раненым, командир батареи взорвал себя вместе с головной машиной, с честью выполнив воинский долг.

Рзянин Денис Филиппович, шофер боевой машины БМ-13 245-го гвардейского минометного дивизиона 35-го гвардейского минометного полка 6-й армии 3-го Украинского фронта, гвардии красноармеец. При переправе 17 ноября 1943 г. на пароме через реку Днепр в районе острова Хортица Запорожской области Украины, когда понтон был поврежден вражеским снарядом, сумел ликвидировать пробоину и спас от потопления боевую машину.

Ефимов Василий Мефодьевич, водитель боевой установки БМ-13 315-го гвардейского минометного полка 37-й армии Степного фронта, гвардии младший сержант. При форсировании реки Днепр в районе села Мишуриин Рог Верхнеднепровского района Днепропетровской области Украины и в кровопролитных боях по расширению плацдарма 30 сентября – 19 октября 1943 г. четырнадцать раз выводил установку на прямую наводку, подбил и сжег два танка, штурмовое орудие, две автомашины. Всего за время боевых действий с 5 июля по 20 октября 1943 г. произвел сто семь залпов, подбив шестнадцать танков и уничтожив много живой силы противника.

Заключение

Источниками победы советского народа над гитлеровской Германией в Великой Отечественной войне были патриотический подъём и массовый героизм советского народа, трудовые подвиги советских людей, справедливый и освободительный характер войны для советского народа. Большое значение для достижения победы имело создание совершенного оружия, которое вошло в историю под названием «Оружие Победы».

Список литературы

1. *Широкоград, А. Б.* Энциклопедия отечественного ракетного оружия. 1817–2002 / под общей редакцией А. Е. Тараса. – Москва, АСТ, Минск, Харвест, 2003.
2. Великая Отечественная война 1941–1945 годов. – В 12 томах. – Т. 7. Экономика и оружие войны. – Москва : Кучково поле, 2013. – 867 с. : ил.
3. Патриотический интернет-проект «Герои страны». – URL: www.warheroes.ru (дата обращения: 18.09.2020).
4. *Романов, А. Р.* 75 лет на службе Отечеству / А. Р. Романов, М. В. Трибель, С. Н. Черников. – Санкт-Петербург : Аграф+, 2007.

В. В. Сятчихин, кандидат военных наук

А. В. Швачка

Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

ОСОБЕННОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ОРУЖИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПОДРАЗДЕЛЕНИЯХ ВОЙСК НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ОПЫТУ ИХ ДЕЙСТВИЙ В УСЛОВИЯХ ОРУЖЕННОГО КОНФЛИКТА

Показаны способы и порядок применения ремонтно-восстановительных работ по сохранению боеспособности и поддержания боевой готовности воинских частей (подразделений) войск национальной гвардии в ходе выполнения специальных служебно-боевых задач в условиях вооруженного конфликта

Ключевые слова: войска национальной гвардии, оружие, военная и специальная техника, вооруженный конфликт, ремонт (восстановление), эвакуация техники.

Восстановление оружия, военной и специальной техники (ВВСТ) в войсках национальной гвардии при выполнении служебно-боевых задач в условиях вооруженного конфликта является составной частью технического обеспечения, которое организуется по ее общепринятым составляющим – техническая разведка, эвакуация поврежденной и неисправной техники, ее ремонт (восстановление) – и осуществляется в целях поддержания соединений и воинских частей (подразделений) в готовности к применению, в соответствии предназначению, и сохранения способности в выполнении поставленных задач.

При организации восстановления ВВСТ в условиях вооруженных конфликтов особое значение имеет слаженность действий воинских частей (подразделений) технического обеспечения войск национальной гвардии (ВНГ), а также вопросы их защиты, охраны и обороны, как в ходе их передвижения, так и при расположении на месте, в особенности в условиях боевых действий. Анализ показывает, что пренебрежение этими вопросами, как при подготовке к обеспечению передвижения воинских частей (подразделений) своим ходом, и в ходе их передвижения в условиях вооруженного конфликта, так и при размещении в базовых районах, приводят к тяжелейшим последствиям. Об этом свидетельствует негативный опыт действий воинских частей (подразделений) войск национальной гвардии по уничтожению бандформирований, полученный ими в течение обоих периодов кампании по восстановлению конституционного правопорядка на территории Чеченской Республики [1].

Учитывая особые условия районов предстоящих действий, в ходе мероприятий по подготовке войск (сил) к выполнению служебно-боевых задач со всем водительским составом подразделений и специалистами, в том числе ремонтных органов, проводится инструктаж, в ходе которого, как правило, обращается их внимание на факторы, определяющие условия совершения марша, в том числе вероятный характер действий противника, особенности маршрутов движения и прилегающей местности, а также и в районе развертывания (предстоящих боевых действий), которые могут оказать влияние на способы выполнения задачи и порядок действий ремонтных подразделений (расчетов) в случае возникновения необходимости в выполнении работ по предназначению – устранения повреждений и возникших технических неисправностей у ВВСТ [2].

Основу процесса подготовки ВВСТ к предстоящим действиям составлял комплекс мероприятий, заключающийся в практической работе ремонтных органов по оказанию экипажам, расчетам, водителям помощи соответствующего характера, в том числе в устранении выявленных неисправностей, влияющих на боевые свойства, что немаловажно в условиях вероятного столкновения с противником и сжатых сроков их готовности к действиям. Проведение такого рода работ свойственно и на этапе выполнения служебно-боевых задач. Так, для проведения непосредственно на сторожевых заставах (постах) качественного и высокотехнологичного ремонта ВВСТ в объемах средней сложности, из состава подразделений, действующих на сборных пунктах поврежденных машин (СППМ), развертываемых в базовых районах, высылались специализированные мобильные ремонтные группы. В случае необходимости снятия боевых машин с огневых позиций для проведения ремонтно-восстановительных работ в состав этих групп, как правило, кроме ремонтных комплексов, включались однотипные боевые машины, которые обеспечивали кратковременную и равнозначную подмену боевых машин, находящихся на сторожевых заставах (постах). Наряду с этим данные боевые машины выполняли также функции охраны, защиты и обороны, специализированных мобильных ремонтных групп, в период их выдвижения к сторожевым заставам (постам) и передвижений между ними в зави-

симости от возникающих потребностей в них войск (сил), действующих в районах выполнения служебно-боевых задач.

Потребность в мероприятиях по восстановлению ВВСТ зависит от пространственно-временных и количественно-качественных параметров, характеризующих возможные повреждения и другие причины выхода их из строя. Вместе с тем выход из строя ВВСТ по боевым повреждениям определяется большой неравномерностью и зависит от ряда факторов. Следовательно, возникновение районов массового выхода из строя ВВСТ зависит от активности проведения боевых действий и боевых возможностей противника по нанесению огневого поражения. Наиболее характерными причинами возникновения районов массовых потерь (выхода из строя) ВВСТ, как правило, являются внезапные нападения противника на колонны воинских частей (подразделений) из засад, а также при овладении населенными пунктами, удерживаемые боевиками с опорой на подготовленную оборону. Зачастую огневое воздействие противника на поражаемый объект осуществляется комплексно – использованием противотанковых средств, стрелкового вооружения и миномётов, мин, фугасов и других самодельных взрывных устройств.

Следовательно, в качестве особенности в организации процесса восстановления ВВСТ выявляется определенная сложность в установлении количественных и качественных характеристик возможных потерь, которая не разрешается известными расчетными методиками. Ввиду этого при планировании мероприятий восстановления в качестве способа установления ориентировочных показателей используются среднестатистические данные, полученные в ходе анализа опыта боевых действий в вооруженных конфликтах различных периодов, в том числе в Чеченской Республике [2]. Так, по опыту действий войск в Чеченской Республике среднемесячные потери ВВСТ по боевым повреждениям составляли: БМП и БТР – 0,5–3 %; остальных образцов ВВСТ – 0,3–1,5 %. Вместе с тем в результате боевых действий в Грозном за период с 30 декабря 1994 г. по 30 января 1995 г. боевые потери составили: БМП и БТР – 50 %, остальных образцов ВВСТ – 28–50 %; в период с 30 ноября 1999 г. по 20 января 2000 г. боевые потери составили: БМП и БТР – 17 %, остальных образцов ВВСТ – 11–18 %. Однако достаточно высокий уровень выхода из строя ВВСТ по техническим причинам следует ожидать в начальный период активной фазы боевых действий. Так, опять же по опыту вооруженного конфликта в Чечне в 1994–1995 гг., среднемесячный выход из строя ВВСТ по техническим причинам составлял 24–36 %, однако за 1999–2000 гг. он составил 7–14 %. Как видно, значительное увеличение количества потерь практически всех образцов ВВСТ происходит при штурме крупных населенных пунктов. При этом основная доля потерь с выходом ВВСТ из строя и требующих средний ремонт составляла 49 %, при этом гусеничных машин – до 40 %, колесных – до 60 %. Капитальный ремонт ВВСТ составил 26 %, при этом гусеничных машин – до 31 %, колесных – до 24 %. Безвозвратные потери ВВСТ составили 32 %, при этом гусеничных машин – до 40 %, колесных – до 25 %.

Оценивая возможности ремонтно-восстановительных органов по восстановлению ВВСТ, следует брать во внимание также и условия автономности их действий, а также постоянную угрозу воздействия на них противника. Так, по опыту событий в Чечне, ремонтные подразделения затратили до 10–15 суток на решение задач по ремонту (восстановлению) ВВСТ, при этом одновременно решались вопросы по созданию подходящих условий их функционирования, что не только не способствовало повышению их производительности, но и негативно сказывалось на временных показателях ввода в строй образцов ВВСТ, необходимых для дальнейшего выполнения служебно-боевых задач.

В связи с этим при определении способов и порядка выполнения задач по ремонту и восстановлению ВВСТ основные силы ремонтных подразделений сосредоточивались на сборных пунктах поврежденных машин, развертываемых в базовых районах обеспечиваемых воинских частей (подразделений). Однако при выполнении служебно-боевых и специальных задач основные ремонтно-восстановительные органы, действуя на СППМ развертываемых в районах размещения обеспечиваемых подразделений, при необходимости из своего состава выделяли силы и средства в ремонтные и ремонтно-эвакуационные группы, создаваемые в интересах оперативного проведения работ, а при совершении марша составляли техническое замыкание колонн воинских частей (подразделений). Вместе с тем ремонтные работы на местах дислоцирования производились с максимальным использованием местной промышленной базы и помещений, которые было возможно использовать для ремонта техники в условиях неблагоприятного воздействия климатических факторов. Кроме того, из состава штатных и приданных средств ремонта и эвакуации в состав оперативных рот включались ремонтно-эвакуационные группы, действовавшие во взаимодействии с взводами, которые в ходе выполнения служебно-боевых задач при необходимости привлекались и к решению задач по эвакуации неисправных ВВСТ с поля боя в безопасное место в интересах своевременного проведения ремонтно-восстановительных работ в соответствующих объемах.

При передвижении воинских частей (подразделений) в районы боевых действий, в том числе и в ходе подвоза боеприпасов и других материальных средств, ремонт ВВСТ, вышедшей из строя, как правило, осуществлялся силами и средствами технического замыкания колонн. Их состав зависел от войскового звена вооружённого формирования и мог состоять из сил и средств ремонтных взводов (отделений), а также сил (средств) эвакуации из состава отдельного ремонтно-восстановительного батальона соединения (ремонтной роты воинской части). При этом в техническое замыкание также могли включаться автомобили с военно-техническим имуществом, ГСМ и другими эксплуатационными материалами, а также штатные тягачи и единицы боевой техники, в количестве, обеспечивающем эвакуацию неисправных машин и их буксировку к местам ремонта (пунктам технической помощи), развернутых на маршрутах движения и в базовых районах. Управление их действиями осуществлял начальник технического замыкания колонны, назначаемый, как правило, из числа командиров ремонтных подразделений. На продолжительность и возможность выполнения силами технического замыкания подразделений на маршрутах выдвижения ремонтных работ влияли такие факторы, как их трудоемкость, наличие запасных частей, а также уровень угрозы нападения на них противника.

Управление вопросами восстановления в ходе боя осуществлялось с командных (командно-наблюдательных) пунктов [3]. Наряду с этим при необходимости на отдельные направления действий наступающих сил в состав оперативных групп включались офицеры технической службы (технической части). Вместе с тем в ходе ведения боевых действий выявилась острая необходимость приданию должного значения вопросам использования технических средств связи и их защиты. Так как средства связи для противника стали объектами повышенного внимания и целенаправленное, их уничтожение создавало реальную угрозу не только их утраты, но и потери управления силами и средствами, в том числе ремонтно-восстановительных органов.

На СППМ и в других местах ремонта машин в обязательном порядке должны составляться боевые расчеты подразделения, создаваться круговая оборона [4]. Специалисты технического обеспечения должны быть способны отразить нападение противника, но при этом составлять силы усиления и привлекаться при необходимости. В то же время основу сторожевого охранения, защиты и обороны районов развертывания должны составлять силы, выделенные из состава подразделений оперативно-назначения Войск национальной гвардии, оснащенные наземными робототехническими комплексами, позволяющими повысить эффективность защиты, охраны и обороны воинских частей (подразделений), в том числе технического обеспечения, в районах вооруженного конфликта, доставляемые автомобилями типа «Урал-4320», оснащенные специальным устройством для погрузки и разгрузки транспортных средств [5].

В связи с этим в целях обеспечения противодействия средствам визуальной разведки противника и снижения его огня целесообразно осуществлять постановку дымовых завес путем использования установки для запуска дымовой маскировки.

В интересах обоснования требуемого количества сил и средств ремонтно-эвакуационных групп, способов действий и повышения их эффективности целесообразно разработать соответствующий научно-методический аппарат, способствующий на этапе оценки обстановки определить основные показатели, характеризующие как выход ВВСТ из строя, так и потребность в ремонтно-восстановительных органах, в том числе с учетом их производительности.

Список литературы

1. *Захаров, М. Ю.* Опыт применения сил и средств внутренних войск МВД Российской Федерации в специальной операции в условиях внутреннего вооруженного конфликта и его значение для Войск национальной гвардии Российской Федерации / М. Ю. Захаров, А. Н. Болдырев // Научный вестник Вольского ВИМО, 2017.
2. *Захаров, М. Ю.* Тактика действий Войск национальной гвардии, подготовка и направления развития / М. Ю. Захаров, А. Р. Пыдер, А. П. Архипов // Актуальные вопросы перспективных направлений применения вооружения, военной и специальной техники : Сборник научных трудов I Межведомственной научно-практической конференции. – 2019.
3. *Вольф, И. Г.* Стратегии управления техническим состоянием изделий вооружения на стадии эксплуатации / И. Г. Вольф, А. А. Муралев, И. И. Ихтисанов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 4. – С. 167–172.
4. *Захаров, М. Ю.* Повышение эффективности охранения и обороны подразделения технического обеспечения соединения в вооруженном конфликте применением робототехнических комплексов / М. Ю. Захаров, А. Р. Пыдер, Н. М. Бахишев // Вестник Военной академии материально-технического обеспечения. – 2020.
5. Патент на полезную модель RU 172241, 03.07.2017. Устройство для погрузки и разгрузки транспортных средств / А. Р. Пыдер, И. П. Корниенко, М. С. Бондарь. – Заявка № 2016125941 от 28.06.2016.

С. Н. Усанин, доцент; А. К. Серикбаев
Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Рассматриваются существующие виды восстановления защитного покрытия вооружения и перспективы их использования в войсках национальной гвардии Российской Федерации.

Ключевые слова: восстановление, покрытие, коррозия, защита, металл, раствор.

В настоящее время в войсках национальной гвардии Российской Федерации большое внимание уделяется вопросам, связанным с восстановлением вышедших из строя по различным причинам защитных покрытий образцов вооружения [1]. Проблема защиты металлических изделий от старения возникла с началом их применения в технике.

Для снижения потерь металла и предохранения металлических изделий от коррозии наряду с использованием химически стойких материалов широко применяются различные виды защитных покрытий: лакокрасочные, металлические, оксидные, фосфатные и др.

Существуют следующие способы защиты металла от коррозии.

1. Нанесение защитных покрытий: никелирование, хромирование, оцинкование, лужение, покрытие полимерами, маслами, красками, эмалями, лаками.

2. Применение сплавов, стойких к коррозии, с использованием добавок нержавеющей стали, которые замедляют коррозию.

3. Протекторная защита, когда к защищаемой металлической конструкции прикрепляется «активный» металл (протектор), который разрушается, защищая основной слой металла. В качестве протекторов используется магний, алюминий, цинк.

4. Введение в металл ингибитора – вещества, которое заметно снижает скорость коррозии металла [2].



Рис. 1. Нанесение защитного покрытия.

Одним из первоначальных способов подготовки оружия к восстановлению защитного слоя является фосфатирование с использованием готовой смеси в виде сухих солей или концентратов.

Фосфатирование – метод получения фосфатных пленок на изделиях из черных и цветных металлов. Метод основан на способности к образованию на поверхности металлов в результате их взаимо-

действия с растворами фосфорной кислоты и ее кислых солей, нерастворимых фосфорнокислых соединений в виде фосфатной пленки.

Фосфатирование относится к группе химических методов обработки металлов (как оксидирование, хромирование, сульфидирование и им подобные), в результате которой ионы обрабатываемой поверхности становятся составной частью образующейся на ней пленки [3].

Развитие метода фосфатирования началось с использования фосфатных пленок для антикоррозионной защиты металлов. Впоследствии были выявлены и использованы антифрикционные, электроизоляционные и другие свойства пленок. Хотя коррозионная стойкость самих пленок недостаточно высока, однако в сочетании с дополнительно нанесенными на них покрытиями из масляно-жировых или лакокрасочных материалов они способны обеспечить высокую защиту металлов от коррозии в различных условиях их эксплуатации. Использование фосфатирования для предохранения металлических изделий от коррозии обусловлено также и несложностью технологического процесса, легкостью его осуществления и малой стоимостью работ по его проведению.

В качестве защитного покрытия фосфатные пленки во много раз более стойки к химическому и механическому воздействию, чем пленки, полученные химическим оксидированием в щелочных растворах. Фосфатный слой устойчив в обычных и тропических атмосферных условиях, в морской воде, в смазочных маслах, лаках, красках (которые он хорошо впитывает благодаря пористости), бензине, керосине. Фосфатный слой разрушается в кислотах и щелочах, поэтому необходимо оберегать детали от их воздействия [3].



Рис. 2. Процесс фосфатирования

Качество фосфатного покрытия во многом зависит от тщательности их предварительной подготовки, поэтому детали с целью очистки их поверхности от смазки и загрязнений размещают в раствор из хромового ангидрида в соотношении от 180 до 200 грамм на литр и непосредственно самой воды. Ванну заполняют водой до рабочего уровня и осуществляют ее подогрев до температуры +80...+90 °С. Затем добавляют хромовый ангидрид; после его растворения ванна готова к работе [4]. Погружают детали в ванну и выдерживают их в растворе 25...30 мин. Наилучшие результаты получаются, когда раствор прозрачен и температура его удерживается без резких колебаний +92...+95 °С. Кипение раствора не допускается, так как это ведет к браку из-за образования налета на поверхности деталей от взмутившегося осадка фосфатной ванны.

Затем производится промывка деталей в ванне с холодной водой и в ванне с горячей водой.

Промытые в воде детали сушатся с использованием сушильных приспособлений при температуре +110...+140 °С в течение от 14...15 мин.

Далее следует обдувка сжатым воздухом. Данный процесс производится при давлении 3...4 атмосферы в течение 2...3 мин.

После сушки детали протираются хлопчатобумажной ветошью и щетками. Канал ствола протирают ветошью, щетинными ершиками с целью удаления белого налета и крупного кристалла.

Зафосфатированные детали подвергаются осмотру по внешнему виду и испытанием на стойкость против коррозии. Осмотр производится визуально при дневном рассеянном свете или искусственном освещении от настольной лампы с матовым абажуром. Фосфатное покрытие может иметь цвет от светло-серого до темно-серого. На поверхности деталей и сборок не должно быть непрофосфатированных мест, ржавчины и налета от осадка ванны. При испытании на стойкость против коррозии фосфатированные детали не должны иметь на своей поверхности пятен или точек коррозии после двухчасовой выдержки в 3%-м растворе хлористого натрия (поваренная соль).

После выполняется химическое обезжиривание деталей.



Рис. 3. Химическое обезжиривание деталей.

Раствор для обезжиривания включает в себя:

- 20...40 граммов карбоната натрия на один литр воды;
- 3...5 граммов мыла хозяйственного на один литр воды;
- воду.

После подготовки необходимых веществ для приготовления очередного раствора ванну заливается водопроводная вода и подогревается до температуры 100 °С. В сетчатое ведро насыпается карбонат натрия (сода), согласно расчету, завешивается и растворяется в ванне, заполненной водой. Полученный раствор необходимо довести до состояния кипения. Затем с помощью сетчатого ведра в нем растворяется соответствующее количество мыла. После растворения мыла и снижению температуры до определенной технологическим процессом температуры до 30...60 °С раствор готов к работе.

Технологический процесс обезжиривания производится в следующем порядке: на подвесках или в корзинах, в зависимости от своих размеров и габаритов, детали опускаются в ванну для химического обезжиривания, где выдерживаются 10...15 мин при температуре раствора +30...+45 °С. После извлечения деталей из ванны их необходимо промыть в холодной и горячей воде.

Для обеспечения качественных фосфатных пленок пригодны растворы, в которых концентрация фосфорной кислоты не будет превышать 2...3 %. В случае, при котором фосфорная кислота будет находиться в более высоком содержании, будет происходить растворение металла.

После выполнения подготовительных процессов выполняется процесс нанесения фосфатного покрытия. Состав ванны будет включать в себя компоненты соли «МАЖЕФ» в количестве 30...35 г на литр, азотно-кислотный цинк в количестве 50...60 г на литр и воды. Ванна наполняется определенным количеством водопроводной воды, которая подвергается кипячению. В сетчатое ведро насыпается азотно-кислотный цинк и растворяется в ванне. В специальном ведре растворяется рассчитанное количество соли «МАЖЕФ», затем раствор процеживается через марлю в ванну. Приготовленный раствор кипятится, отстаивается от образовавшегося осадка, и при установившейся температуре +92...+96 °С детали погружаются в ванну, выдерживаются 25...40 мин.

После выполнения данной работы приходится сталкиваться с проблемой утилизации веществ и отработанных жидкостей, которые образуются в процессе производства фосфатирования, а также при выполнении промасливания и обезжиривания, которые пагубно влияют на окружающую

среду. Одно из решений данной проблемы – необходимо создать сливные трубы, по которым использованная жидкость будет скапливаться в резервуарах, что позволит передать ее в специальные организации, которые имеют возможность утилизировать данные отходы.

Список литературы

1. *Муралев, А. А.* К вопросу определения вероятности отказов приборов в процессе эксплуатации / А. А. Муралев, С. Н. Усанин, А. А. Чурсин // *Международный научно-исследовательский журнал*. – 2020. – № 6-1 (96). – С. 81–83.
2. *Основы общей технологии ремонта вооружения*. – Москва : Воениздат, 1979.
3. *Инструкция по технологическому процессу фосфатно-лакового покрытия деталей стрелкового оружия и оборудования* // *Военная база*. – 1976. – № 101.
4. *Общее руководство по ремонту ракетно-артиллерийского вооружения*. – Москва : Воениздат, 1983.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРИБОРОВ И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ
ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА
30-ММ ГРАНАТОМЕТОВ АГС-17 И АГС-30

Статья содержит материал, необходимый для организации технического обслуживания 30-мм автоматического гранатомета на станке (АГС-17), состоящего на вооружении войск национальной гвардии Российской Федерации. Рассматриваются средства диагностирования для данного образца вооружения и порядок их применения.

Ключевые слова: гранатомет, калибр, ремонт, вооружение, проверка, исправность, оружие.

Введение

В настоящее время в войсках национальной гвардии Российской Федерации много внимания уделяется вопросам восстановления ресурса вышедших из строя по различным причинам образцов вооружения.

Образец вооружения в процессе эксплуатации подвергается износу, отдельные его детали из-за трения, ударов, воздействия атмосферы, пороховых газов, пыли, грязи и вследствие ряда других причин изменяют свою форму и размеры, т. е. получают дефекты. В результате этого образец вооружения теряет свои первоначальные боевые и эксплуатационные свойства и качества. Накапливаясь, дефекты достигают такой величины, что начинают влиять на боевые и тактико-технические данные, а иногда могут привести к поломке отдельных деталей и выходу из строя вооружения [1].

Исправность вооружения во многом зависит от уровня технической подготовки специалиста ремонтного органа. Специалист должен знать материальную часть оружия, уметь распознавать неисправности и устранять их.

Гранатометы АГС-17 являются изделиями длительного пользования, в процессе которого их исправность до выхода в капитальный ремонт обеспечивается за счет профилактических мероприятий (технического обслуживания) и проведения технического ремонта с применением технических средств и комплектов ЗИП [2].

Одним из ответственных элементов работы специалиста ремонтного органа является выбор способа ремонта в зависимости от степени износа оружия и характера неисправности.

Для обеспечения качественного состояния вооружения, находящегося в эксплуатации и хранящегося в воинских частях, необходимо его проверять.

Применение войсковых калибров

Одним из методов проверки качественного состояния вооружения является периодические проверки его с обмером войсковыми калибрами.

Калибры применяются только по прямому назначению для проверок предназначенных размеров. Их необходимо оберегать от ударов, падений, перекосов при измерениях, от загрязнений, механических повреждений, влаги и влияния агрессивных сред (веществ).

Перед проверкой рабочие поверхности калибров и части оружия, подвергаемые проверке, протереть насухо и проверить, чтобы на проверяемых частях оружия не было забоин, заусенцев, наминов и других неисправностей, искажающих результаты проверки и (или) вызывающих порчу калибров [3].

При проверке гранатомета АГС-17 применяются следующие войсковые калибры и инструмент:

- калибр К-1РНЕ, предназначен для проверки выхода бойка;
- калибр К-3Р, К-4Р, предназначены для проверки работы разобшителя;
- ключ сосковый, предназначен для разборки затвора;
- ключ торцовый, предназначен для разборки затвора и ударника;
- ключ универсальный, разработанный в ПВИ ВНГ РФ, позволяет производить разборку затвора без предварительного отсоединения гайки и фланца затвора (рис. 1).



Ключ универсальный для АГС-17

Техническое обслуживание гранатомета

Гранатомет должен содержаться всегда в полной исправности и быть готовым к стрельбе. Это достигается своевременной и умелой чисткой и смазкой, правильным хранением гранатомета, бережным обращением с ним и своевременным устранением поломок и повреждений [4].

Чистка гранатомета, находящегося в подразделении, производится:

- после стрельбы; немедленно по окончании стрельбы на стрельбище (в поле); чистятся и смазываются канал ствола и затвор, затем производится чистка гранатомета по возвращению со стрельбы и в течение последующих трех-четырех дней ежедневно;
- после занятий в поле без стрельбы; по возвращении с занятий;
- в боевой обстановке и на длительных учениях; ежедневно в периоды затишья боя и во время перерывов в учениях;
- если гранатомет стоит без применения; не менее одного раза в неделю.

После чистки гранатомет смазать. Смазку наносить только на хорошо очищенную и сухую поверхность металла немедленно после чистки, чтобы не допустить воздействия влаги на металл.

Чистка и смазка гранатомета производится под непосредственным руководством командира отделения. Командир отделения обязан определить степень необходимости разборки, чистки и смазки, проверить исправность и доброкачественность материалов для чистки, правильность и качество произведенной чистки и дать разрешение на смазку и сборку; проверить правильность произведенной смазки и сборки гранатомета.

Офицеры обязаны периодически присутствовать при чистке гранатомета и проверять правильность ее проведения.

При казарменном или лагерном расположении чистка гранатомета производится в специально отведенных местах на оборудованных для этой цели столах, а в боевой или походной обстановке – на чистых подстилках, досках, фанере.

Для чистки и смазки гранатомета применяются:

- *жидкая ружейная смазка* – для чистки гранатомета после стрельбы и смазывания его частей и механизмов при температуре воздуха $+5...-50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- *ружейная смазка* – для смазывания канала ствола, частей и механизмов гранатомета после их чистки при температуре воздуха выше $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- *раствор РЧС* (раствор чистки стволов) – для чистки канала ствола и других частей гранатомета, подвергшихся воздействию пороховых газов; при этом удаляется нагар и омеднение (томпакизация) канала ствола; чистку гранатомета раствором РЧС можно производить при температуре воздуха $+50...-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Чистка гранатомета раствором РЧС производится только после стрельбы и под руководством офицера или старшины подразделения. Если после стрельбы гранатомет был вычищен жидкой ружейной смазкой, то по возвращении в казарму произвести повторную чистку гранатомета раствором РЧС.

На учениях чистка гранатомета производится только жидкой ружейной смазкой. При чистке гранатомета раствором РЧС необходимо предохранять глаза от попадания раствора РЧС. По окончании чистки и перед принятием пищи руки и лицо обязательно вымыть водой с мылом.

Чистку гранатомета производить в следующем порядке.

1. Подготовить материалы для чистки и смазки.
2. Разобрать гранатомет.
3. Осмотреть принадлежность и подготовить ее для чистки.
4. Прочистить канал ствола. Положить ствол в вырезы ствола для чистки оружия или на обычный стол, а при отсутствии ствола – на подстилку. Намотать на щетку, предназначенную для чистки, тон-

ким слоем паклю (ветошь) и смочить ее раствором РЧС или жидкой ружейной смазкой. Ввести щетку в канал ствола и плавно продвинуть ее по всей длине канала ствола несколько раз. После этого тщательно обтереть щетку и протереть канал ствола сухой паклей, а затем ветошью. Если ветошь после протирания вышла из канала ствола чистой, то есть без черноты от порохового нагара или желтого цвета от ржавчины и зеленого цвета омеднения, тщательно осмотреть канал ствола на свет с дульной части и со стороны патронника, медленно поворачивая ствол в руках. При этом особое внимание обращать на углы нарезков, в которых не должно оставаться грязи и нагара.

5. Остальные части гранатомета, подвергавшиеся воздействию порохового нагара, чистить с помощью ветоши, смоченной в растворе РЧС или жидкой ружейной смазкой, применяя при необходимости деревянные палочки. После чистки все части протереть сухой ветошью и проверить, не осталось ли на них нагара, протереть чистой ветошью.

6. Об окончании чистки гранатомета доложить командиру отделения. Затем с разрешения командира отделения производится смазка и сборка гранатомета.

Смазку гранатомета производить в следующем порядке.

1. Смазать канал ствола. Для этого намотать на щетку, предназначенную для смазки, чистую ветошь и пропитать ее смазкой. Ввести щетку в канал ствола с дульной части и плавно продвинуть ее два-три раза по всей длине ствола, чтобы равномерно покрыть канал ствола тонким слоем смазки. Смазать патронник.

2. Все остальные металлические части гранатомета и принадлежность покрыть тонким слоем смазки с помощью промасленной ветоши. Излишняя смазка способствует загрязнению гранатомета.

3. По окончании смазки собрать гранатомет. При сборке гранатомета обратить внимание на нумерацию частей, чтобы не перепутать их с частями других гранатометов. После сборки гранатомета проверить работу частей и механизмов.

Чистой ветошью протереть наружные поверхности оптического прицела. Фланелевой салфеткой (ватой) осторожно протереть защитное стекло, объектив и окуляр, производя кругообразные движения, начиная с середины. Не разрешается протирать стекла ветошью, которой протирались другие части прицела.

По окончании чистки прицела показать гранатомет и прицел командиру отделения.

В холодное время года при температуре воздух $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже гранатомет смазывать только жидкой ружейной смазкой [5].

При переходе с одной смазки на другую надо тщательно удалить старую смазку со всех частей гранатомета.

Для удаления смазки необходимо произвести полную разборку гранатомета и все металлические части промыть в жидкой ружейной смазке, затем обтереть чистой ветошью.

Гранатомет, внесенный зимой (с мороза) в теплое помещение, чистить через 10...20 мин (после того, как он отпотее). Когда появятся капли воды, нужно, не дожидаясь высыхания влаги, насухо протереть части и механизмы гранатомета и смазать их.

Гранатомет, сдаваемый на длительное хранение, тщательно вычистить, смазать жидкой ружейной смазкой, завернуть в один слой ингибированной бумаги и затем в два слоя парафинированной бумаги. Прицел консервации ингибированной бумагой не подлежит.

Вооружение должно всегда содержаться в полной исправности и быть готово к действию по прямому назначению [6]. Это достигается своевременным осмотром, обслуживанием, чисткой и смазкой, правильным хранением, бережным обращением и устранением неисправностей и поломок.

Список литературы

1. Конструкция стрелкового оружия : учебник. Москва : Воениздат, 1972. – 395 с.
2. Номенклатуры-комплекты и нормы содержания ЗИП к стрелковому оружию и гранатометам (12Е5-1511-85). – Москва : Воениздат, 1988. – 250 с.
3. Руководство по эксплуатации войсковых калибров и приборов. – Москва : Воениздат, 1983. – 78 с.
4. Руководство по ремонту изделия АГС-17. – Москва : Воениздат, 1974. – 70 с.
5. Руководство по 30-мм автоматическому гранатомету на станке (АГС-17). – Москва : Воениздат, 1987. – 192 с.
6. Муралев, А. А. К вопросу определения вероятности отказов приборов в процессе эксплуатации / А. А. Муралев, С. Н. Усанин, А. А. Чурсин // Международный научно-исследовательский журнал. – 2020. – № 6-1 (96). – С. 81–83.

С. А. Хоченков, студент; К. Я. Аубакиров, студент; И. Д. Кузьмин, студент
А. В. Макеев, ассистент кафедры специальных устройств и технологий
Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

АТТЕНУАТОРЫ – НАГРУЗКИ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И КОНТРОЛЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Представлены результаты моделирования аттенюаторов с ослаблением 1,2 и 1,8 дБ, выполненных на основе фильтра гармоник с резистивными вставками. В низкоомные участки фильтра гармоник введены резистивные вставки, к высокоомным участкам фильтра подключены резистивные шлейфы. Предложена реализация аттенюатора на ослабление 10 дБ. Рабочая полоса частот таких аттенюаторов достигает 4 ГГц.

Ключевые слова: аттенюатор, фильтр гармоник, СВЧ, пленочный резистор.

Доклад посвящен разработке, исследованию и анализу аттенюаторов, выполненных на основе семизвенного ступенчатого фильтра. Ступенчатый фильтр гармоник представляет собой цепочку каскадно соединенных отрезков однородных передающих линий, имеющих одинаковые электрические длины θ и различные волновые сопротивления ρ [1–3]. Также рассмотрены аттенюаторы, разработанные на базе квазиполиномиальных полосовых фильтров с потерями [4].

На рисунке 1, а, б представлена реализация аттенюатора на ослабление 1,2 дБ, полученная в результате применения САПР [7]. Как видно из рисунка 2, неравномерность коэффициента передачи такого аттенюатора в полосе рабочих частот до 4,5 ГГц не превышает 0,1 дБ, а $K_{срU}$ – не более 1,15. Данные результаты достигаются путем введения резистивных вставок в последовательные звенья фильтра с поверхностным сопротивлением 10 Ом/квadrat. Для коррекции АЧХ в полосе рабочих частот к участкам фильтра с высоким волновым сопротивлением дополнительно включаются заземляющие шлейфы с поверхностным сопротивлением 800 Ом/квadrat.

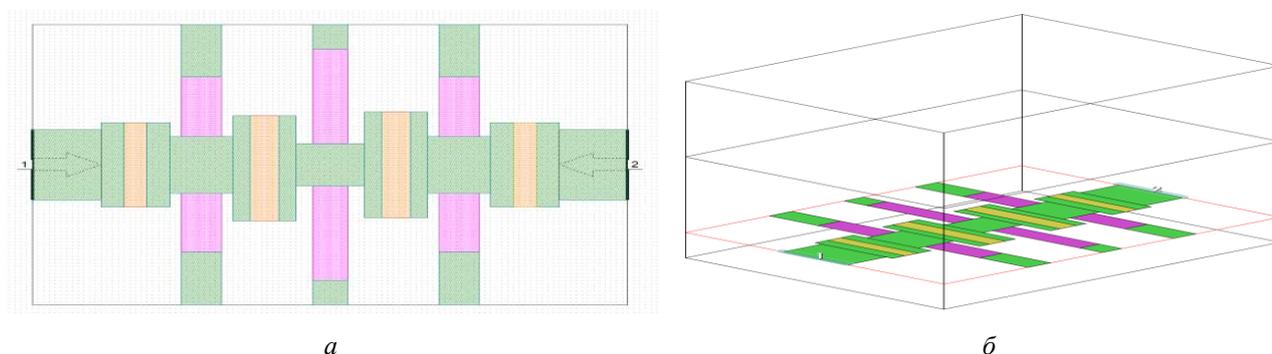


Рис. 1. Топология аттенюатора: а – 1,2 дБ; б – 3D-модель аттенюатора 1,2 дБ

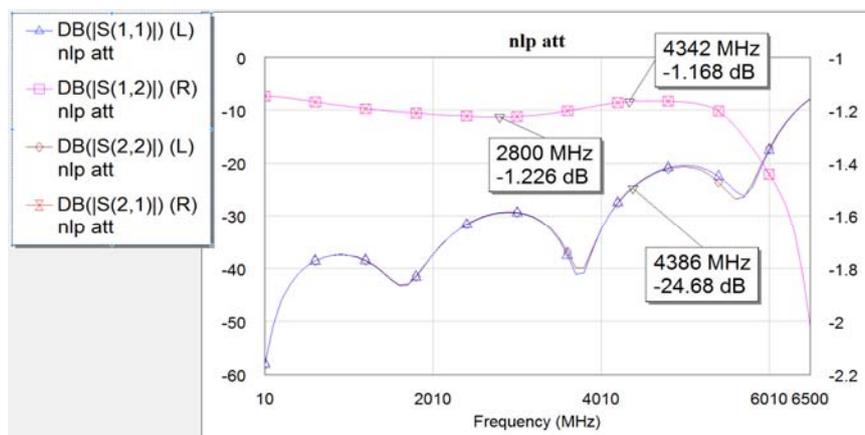


Рис. 2. Частотные характеристики аттенюатора 1,2 дБ

На рисунке 3, *а, б* представлена реализация аттенюатора на 1,8 дБ ослабления, полученная при использовании САПР [7]. Как видно из рисунка 4, неравномерность коэффициента передачи такого аттенюатора в полосе рабочих частот до 4,5 ГГц не превышает 0,15 дБ, а $K_{сгУ}$ – не более 1,1. Данные результаты достигаются путем введения резистивных вставок в последовательные звенья фильтра с поверхностным сопротивлением 15 Ом/квадрат. Для коррекции АЧХ в полосе рабочих частот к участкам фильтра с высоким волновым сопротивлением дополнительно включаются заземляющие шлейфы с поверхностным сопротивлением 650 Ом/квадрат [5].

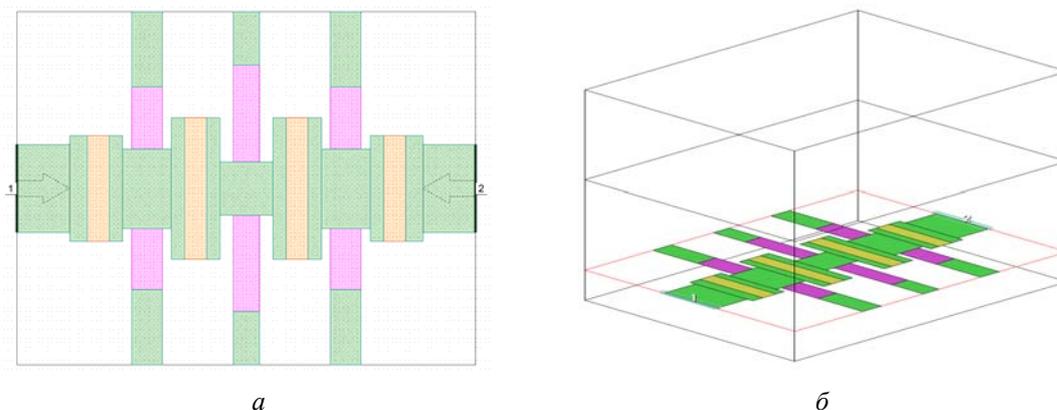


Рис. 3. Топология аттенюатора: *а* – 1,8 дБ; *б* – 3D-модель аттенюатора 1,8 дБ

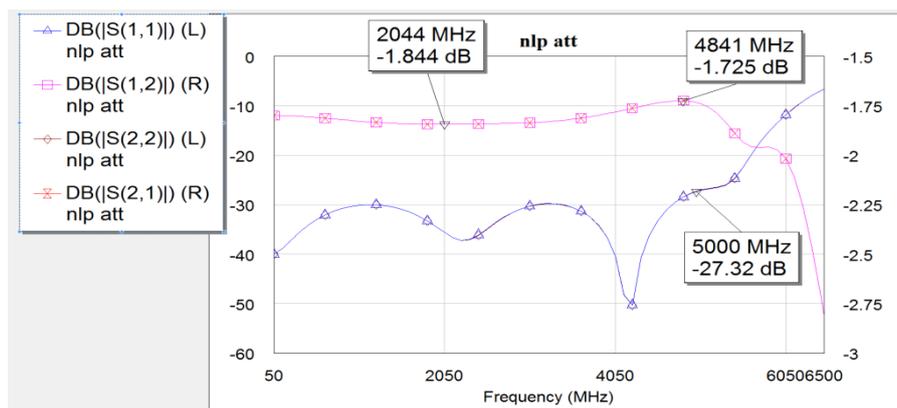


Рис. 4. Частотная характеристики аттенюатора 1,8 дБ

Для получения ослаблений, достигающих 10 дБ, была разработана методика, позволяющая преобразовать квазиполиномиальный полосовой фильтр без потерь в аттенюатор [4, 6]. Так, на рисунке 5 представлена электрическая схема, содержащая три звена с ослаблением 2, 3 и 5 дБ.

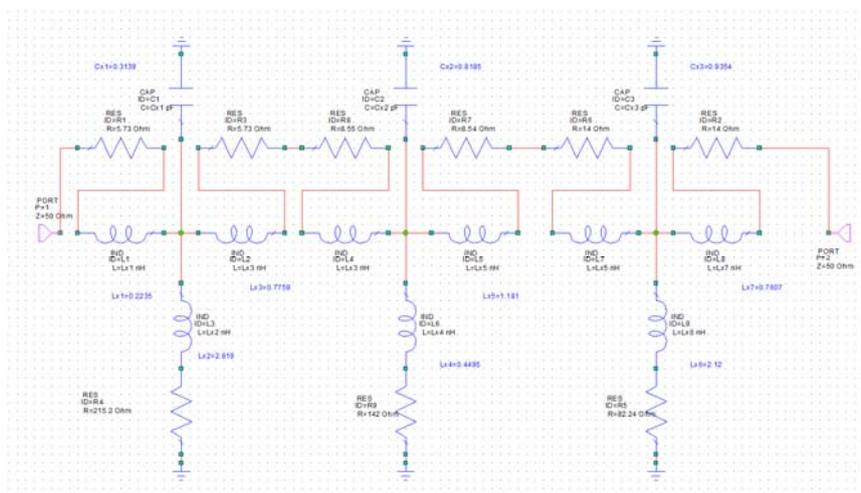


Рис. 5. Квазиполиномиальный полосовой фильтр с потерями

Частотные характеристики схемы (рис. 5) представлены на рисунке 6.

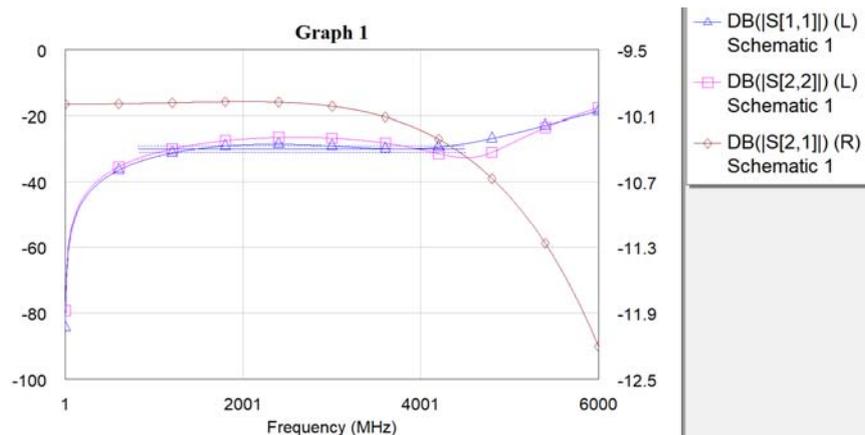


Рис. 6. Частотные свойства аттенуатора 10 дБ на основе квазиполиномиального фильтра с потерями

Топологии микрополосковых структур на керамике ВеО для звеньев с ослаблением 2, 3, 5 дБ представлены на рисунке 7, а–в.

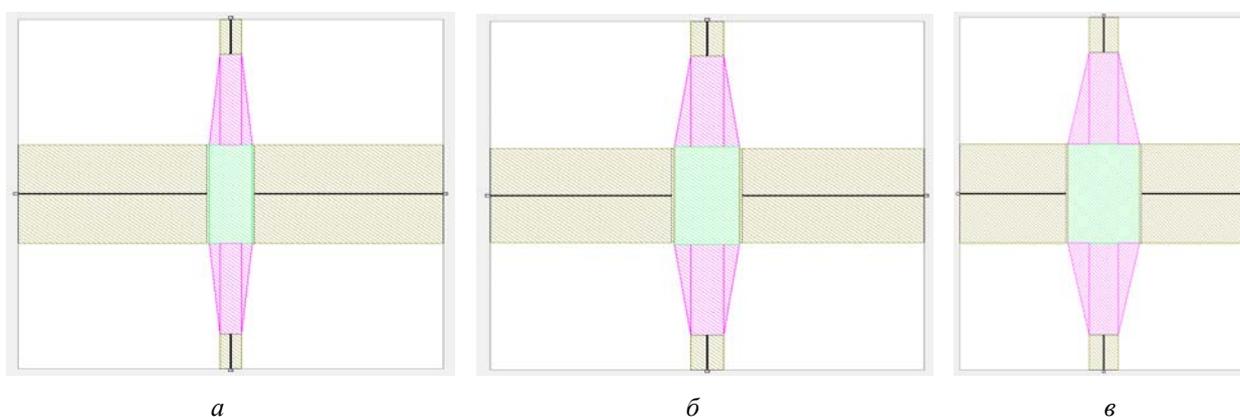


Рис. 7. Топологии звеньев фильтра-аттенуатора: а – 2дБ; б – 3дБ; в – 5дБ

Каскадное соединение этих звеньев (рис. 7) совместно с корректирующими индуктивностями представлено на рисунке 8.

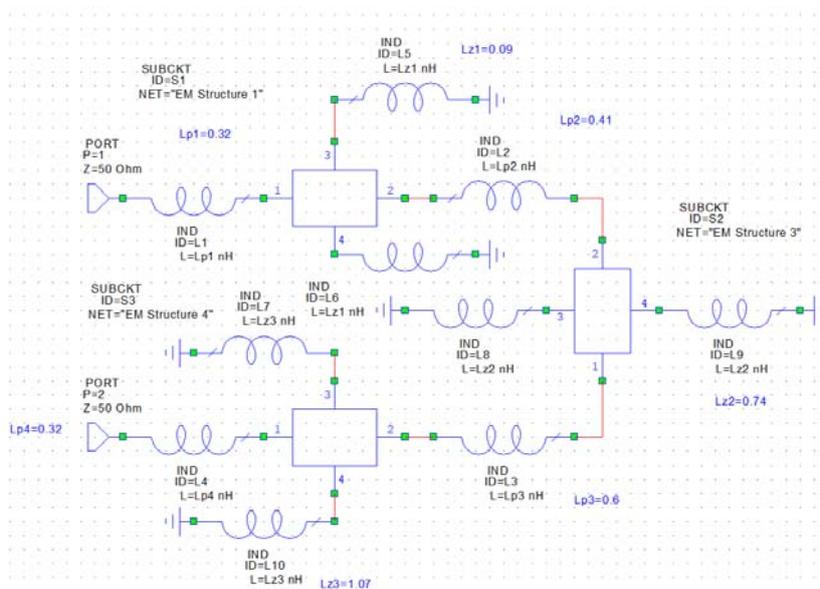


Рис. 8. Микрополосковый СВЧ аттенуатор на 10 дБ с корректирующими индуктивностями

Частотные характеристики и топология на подложке размером 20×20×4 мм представлены на рисунках 9, 10.

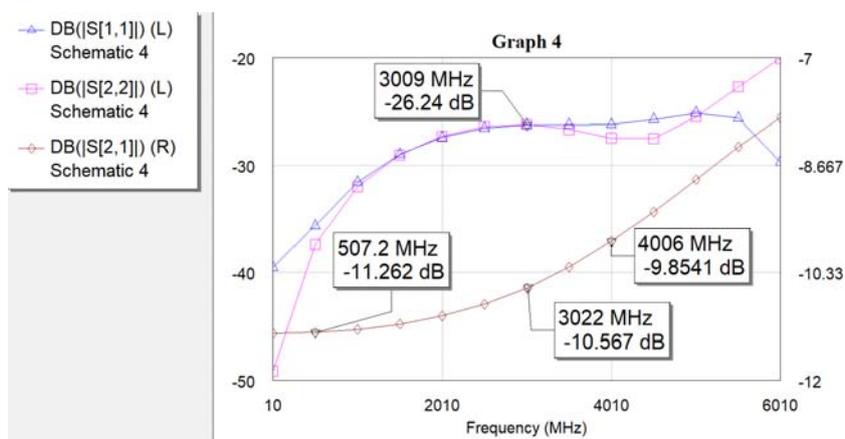


Рис. 9. Частотные характеристики трехкаскадного аттенюатора 10 дБ с корректирующими индуктивностями

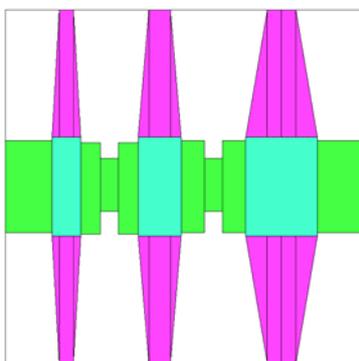


Рис. 10. Топология аттенюатора 10 дБ

По результатам моделирования можно сделать вывод, что возможна практическая реализация аттенюаторов с ослаблением 1,2, 1,8 и 10 дБ в полосе рабочих частот до 4,5 ГГц и неравномерностью 1,15...2 дБ, что позволяет на их основе создавать устройства с полосой рабочих частот до 4 ГГц.

Список литературы

1. Справочник по элементам полосковой техники / О. И. Мазепова, В. П. Мещанов, Н. И. Прохорова [и др.] / под редакцией А. Л. Фельдштейна. – Москва : Связь, 1979. – 271 с.
2. Film attenuators new generation / M. Rubanovich, V. Khurstalev, K. Aubakirov, V. Razinkin, A. Stolyarenko, P. Bogomolov. American J. of Scientific and Educational Research, 2014, no. 1, pp. 634-647.
3. Широкополосные пленочные аттенюаторы / К. Я. Аубакиров, А. В. Макеев, А. А. Столяренко [и др.] // Специальные вопросы фотоники : Наука. Оборона. Безопасность : Сборник материалов международной научной конференции. – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. – С. 38–41.
4. Столяренко, А. А. Широкополосный СВЧ-аттенюатор 10 дБ большой мощности / А. А. Столяренко // Современные проблемы телекоммуникаций : материалы научно-технической конференции (Новосибирск, 25–26 апреля 2019 г.). – Новосибирск : Издательство СибГУТИ, 2019. – С. 627–630.
5. Свидетельство о регистрации топологии интегральной микросхемы № 2017630073. Широкополосный аттенюатор с входным сопротивлением 50 Ом и затуханием 1,8 дБ в полосе частот 5 ГГц / К. Я. Аубакиров, П. Г. Богомолов, А. С. Митьков, М.Г. Рубанович, А. А. Столяренко, В. А. Хрусталеv. Правообладатель: НГТУ; заяв. 29.06.16; опубл. 14.02.17.
6. Алексеев, Л. В. Электрические фильтры метрового и дециметрового диапазонов / Л. В. Алексеев, А. Е. Знаменский, Е. Д. Лоткова. – Москва : Связь, 1976. – 280 с.
7. Разевиг, В. Д. Проектирование СВЧ устройств с помощью Microwave Office / В. Д. Разевиг, Ю. В. Потапов, А. А. Курушин ; под редакцией В. Д. Разевига. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2003. – 496 с.

И. Д. Шадрин, студент

Д. В. Юдинцев, кандидат технических наук, доцент
Нижнетагильский технологический институт (филиал)

Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН В SIEMENS IMAGINE.LAB LMS

Рассматривается комплексная методика процесса построения численной модели ходовой части военной гусеничной машины для ее всестороннего анализа. В основе лежит структурная модель, представленная в виде блок-схемы. Предложенная в статье методика подразумевает создание параметризованной математической модели, которая используется на всех этапах проектирования изделия.

Ключевые слова: военная гусеничная техника, параметризованная математическая модель, методика создания математической модели.

Введение

В настоящее время, тенденции в разработке и модернизации систем для основных боевых танков идут по пути усложнения [1]. Это связано с тем, что системы и агрегаты становятся более интегрированными, взаимозависимыми и взаимовлияющими. Несмотря на это время, выделяемое для разработки нового изделия либо модернизации устаревшего, постоянно уменьшается. Как следствие, объем работы инженера-конструктора увеличивается и усложняется при неизменных требованиях, предъявляемых к точности и качеству проектируемого изделия.

Поэтому для расчета и моделирования военных гусеничных машин требуется программное обеспечение с максимально широким и гибким функционалом, которое могло бы объединить в одной модели несколько разделов физики. Именно таким ПО и представляется *Siemens imagine.LAB LMS*.

Siemens imagine.LAB LMS – это программный пакет, представляющий из себя набор инструментов, используемых для моделирования, анализа и прогнозирования производительности в многодисциплинарных системах.

Из основных свойств данного программного пакета стоит отметить следующие:

- сочетание одномерного и трехмерного моделирования, что позволяет построить параметризованную функциональную модель;
- возможность связать между собой различные области физики, такие как гидравлика, пневматика, механика, электрика, термодинамика и электромеханика;
- возможность анализа работы и оптимизации параметров изделия;
- поведение физических систем описывается с помощью нелинейных нестационарных аналитических уравнений.

Процесс моделирования состоит из создания эскиза системы, назначения подмоделей компонентов, задания параметров и режима симуляции.

Для создания методики исследования был рассмотрен ГОСТ РВ 15.203–2001 [2], на основании которого был сделан вывод, что на каждом из этапов разработки требуется разная проработанность создаваемого изделия, следовательно, требуются разные по назначению и сложности модели.

Математическая модель исследования

Для создания математической модели была разработана методика, состоящая из трех блоков.

1. Блок «Концептуальная проработка изделия». Важный этап начала создания имитационной модели. В данном блоке определяется архитектура изделия с точки зрения входящих в нее базовых систем; строится структурная модель, которая отражает основу изделия, состав входящих систем и информацию об их интеграции и связи между ними.

Состав структурной модели и связи между элементами определяются из предшествующего опыта проектирования или тактико-технического задания.

После создания основы производится построение первичной обобщенной функциональной модели (расчетные компьютерные модели систем и подсистем). Функциональные модели изначально являются полностью параметризованными, поэтому имеется автоматическая возможность изменить ха-

рактические характеристики работы системы в модели за счет простого изменения величины (или функции) того или иного параметра.

2. Блок «Разработка систем изделия». На данном шаге производится требуемая детализация в зависимости от этапа выполнения ОКР. Под детализацией на этом этапе понимается построение более детальных расчетных моделей, в которых должна быть определена вся архитектура системы, включая все входящие подсистемы и агрегаты.

3. Блок «Уточнение модели по результатам физического эксперимента». Завершающий этап, на нем производится верификация изделия.

Как результат: на основе выбранной методики создания математической модели, а также статьи [3], при поддержке АО «Уральское конструкторское бюро транспортного машиностроения» была воссоздана укрупненная математическая модель изделия; схема математической модели военной гусеничной машины изображена на рисунке 1.

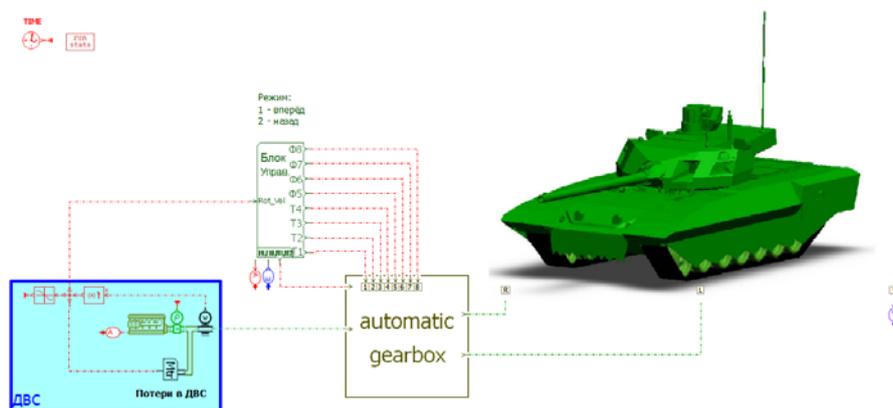


Рис. 1. Укрупненная математическая модель изделия

Данная модель состоит из следующих элементов: высокофорсированный дизельный двигатель (блок ДВС); блок управления (Блок. Управ.); трансмиссия; автоматическая коробка передач (automatic gearbox) и ходовая часть. Между элементами (системами) этой структурной модели заданы основные связи (например, между двигателем и трансмиссией – момент и обороты). Каждый элемент математически описан, произведена параметризация.

Для проверки правильности построения математической модели было проведено имитационное моделирование движения военной гусеничной машины. Выбрано прямолинейное движение изделия с принятыми начальными параметрами:

- ходовая часть представлена в виде колесной базы автомобиля, имитирующей массово-инерционные характеристики военной гусеничной машины;
- трогание происходит с места, со второй передачи, через 10 с после запуска симуляции;
- время, затрачиваемое на переключение передачи, составляет 3 с;
- изделие движется в течение 100 с;
- учтены потери в механизмах управления, коэффициент сопротивления качению;
- воздействие внешней среды на изделие не учитывается.

После симуляции был построен график зависимости скорости движения от времени. Данный график изображен на рисунке 2.

Проанализировав разгон изделия, плавность хода и моменты в трансмиссии, можно сделать вывод, что все процессы протекают относительно верно в сравнении с реальным прототипом изделия. Таким образом, функциональная математическая модель изделия построена верно.

Модернизация ходовой части

Для дальнейших разработок, связанных с модернизацией и проведением научно-исследовательских работ, связанных с изделием, было принято решение по дополнительному уточнению существующей математической модели изделия. С этой целью был выделен ряд основных компонентов, нуждающихся в детализации и уточнении параметров их работы. Одним из них является ходовая часть изделия.

Как было указано ранее, ходовая часть была представлена в виде колесной базы автомобиля. Недостатками данного способа представления ходовой части является: объединение опорного катка

с ведущим колесом; невозможность учета характеристик каждого отдельно взятого элемента ходовой части; для расчета используются усредненные значения массово-инерционных и геометрических параметров.

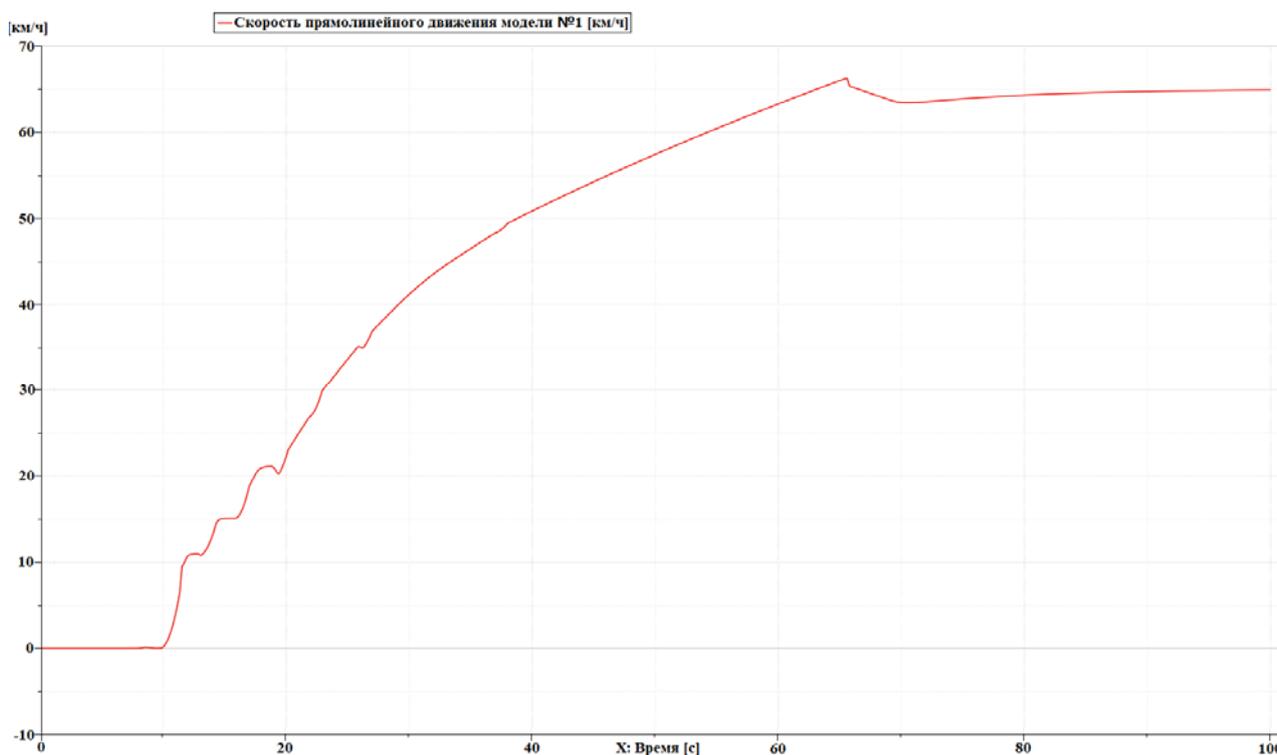


Рис. 2. График скорости прямолинейного движения модели

Существующий компонент колесной базы автомобиля был заменен на многоосную модель бронетранспортера, что позволило избавиться от большинства недостатков колесной базы, описанных ранее, при этом были учтены геометрические и инерционно-массовые параметры ходовой части реального изделия. Также за счет использования многоосной модели появилась возможность выделить одну ось на ведущее колесо, одну – на опорный каток, а оставшиеся две привести к характеристикам подвески относительно центра тяжести изделия.

Стоит отметить, что на данном этапе моделирования гусеничный движитель учитывается в виде потерь на нем, но при этом сама гусеница не моделируется. Ее введение в существующую модель требует построения дополнительного 3D-компонента, что нецелесообразно на данном этапе проектирования и требует большого опыта в проработке такого рода компонентов.

Для верификации доработок было проведено дополнительное имитационное моделирование прямолинейного движения модели. Начальные параметры сохранились такими же, как и при первой симуляции.

После тестовой симуляции была произведена линеаризация полученных результатов. Таким образом, были построены сравнительные графики скорости прямолинейного движения и ускорения модели, которые показаны на рисунках 3 и 4 соответственно.

Характеристика разгона гусеничного шасси является одним из основных показателей, позволяющих оценить его динамические свойства. На характеристику разгона влияют массово-инерционные характеристики изделия, потери в гусеничном движителе, сопротивление движению, потери мощности на обеспечивающие агрегаты, параметры двигателя и трансмиссии, а также настройки системы управления переключением передач, причем за счет последних возможно качественное изменение характеристики разгона.

На основе представленных графиков были проанализированы дополнительные параметры симуляции движения моделей.

В таблице представлена сравнительная характеристика скоростей моделей. Результат реальных испытаний быстроходного гусеничного шасси на полигоне в режиме автоматического переключения передач был представлен в статье [5].

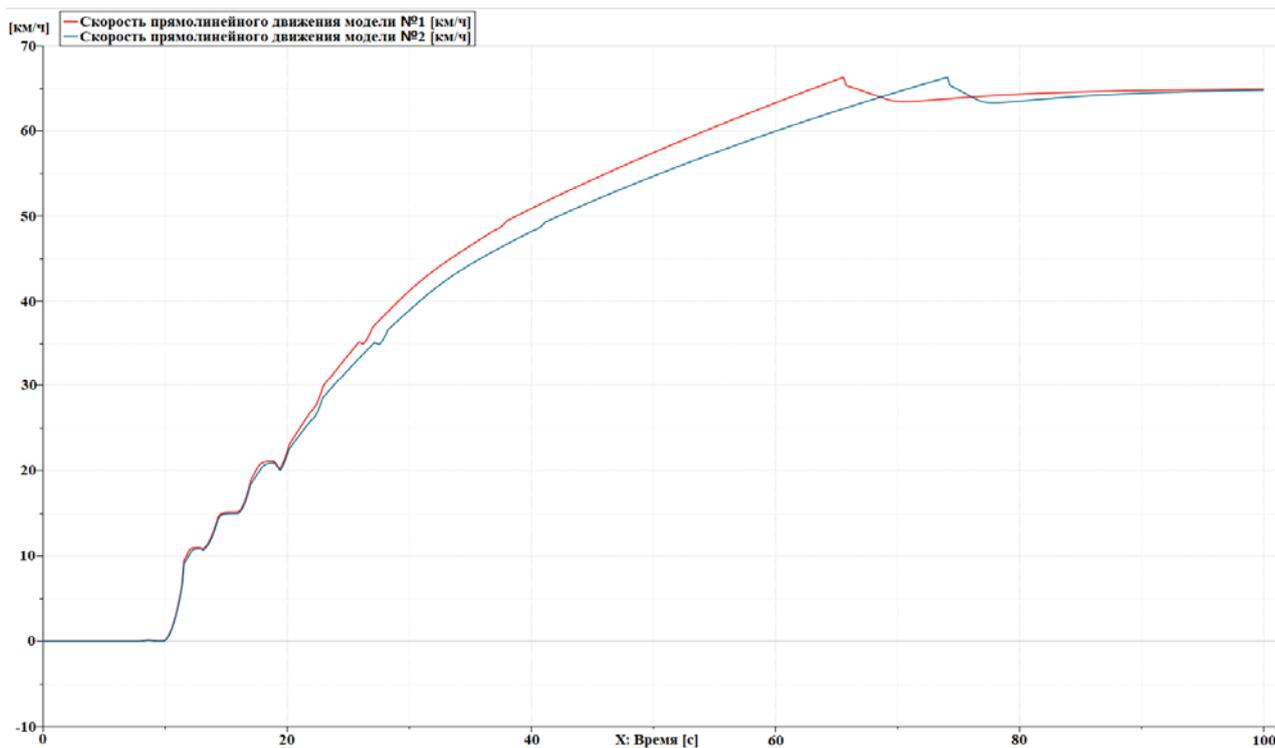


Рис. 3. График сравнения скоростей прямолинейного движения моделей

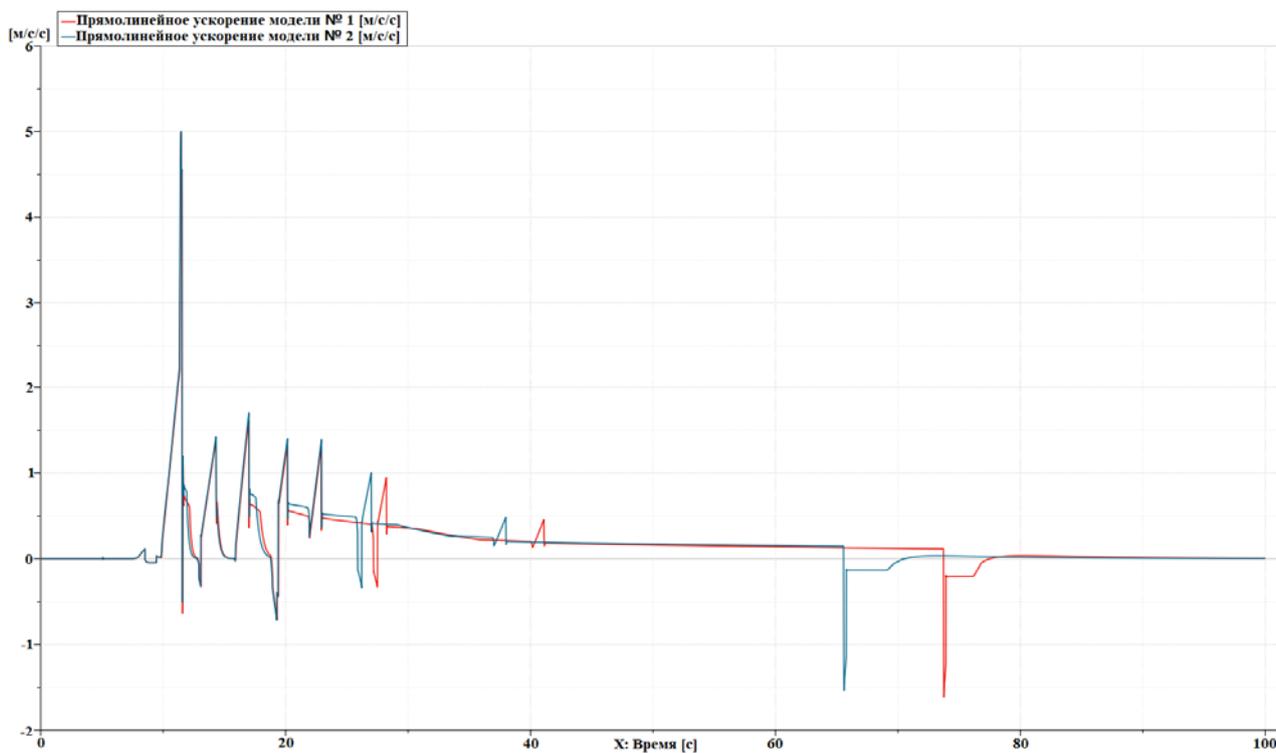


Рис. 4. График сравнения прямолинейного ускорения моделей

Параметр сравнения	Модель № 1	Модель № 2	Δ_1	Δ_2
Время, с, затрачиваемое на достижение изделием прямолинейной скорости 32 км/ч	24,09	25,06	1,31	0,34
Время, с, затрачиваемое на достижение изделием прямолинейной скорости 60 км/ч	54,25	59,92	1,25	5,11
Время, с, прохождения 400 м	49,38	50,58	Нет данных	Нет данных

В последних двух столбцах таблицы (Δ_1 , Δ_2) представлено расхождение полученных значений имитационных моделей с реальным изделием, испытанным на полигоне. Дельта с индексом 1 относится к начальной версии модели,; с индексом 2 – к более детализированной версии модели.

Стоит отметить, что разгон до 32 км/ч показывает уровень «совершенства» трансмиссии при одинаковой удельной мощности изделия. Данный параметр применяется в стандартах НАТО при проверке разгонных характеристик изделия. Разгон до 60 км/ч является комплексным параметром моторно-трансмиссионной установки, который отражает как параметры трансмиссии, так и параметры двигателя, так как в диапазоне от 40 км/ч разгон осуществляется за счет характеристики двигателя. Необходимо понимать, что данные значения важны при анализе динамических характеристик быстроходной гусеничной техники.

Полученные результаты подтверждают рациональность введения многоколесного шасси математической модели при оценке подвижности в диапазоне 0...2 км/ч. При этом требуется анализ и поиск причин, связанных с расхождением более 5 % на промежутке разгона 32...60 км/ч. Возможность использования модели в дальнейших исследованиях требует уточнения модели, ее параметров, учета влияния внешней среды и введения дополнительных компонентов для более детального описания протекающих процессов в агрегатах изделия.

Введение в модель дополнительных осей с уточнением характеристик подвески показывает, что учет дополнительных параметров подвески в виде отдельных осей увеличивает время разгона до заданной скорости, так как характеристика подвески учитывает дополнительные опорные катки с приведенной жесткостью.

Заключение

При данном подходе от проекта к проекту разработчик накапливает как опыт построения шаблонных и обобщенных функциональных моделей, так и собственную базу таких моделей. В результате такой капитализации знаний и опыта виртуальное функциональное моделирование в рамках каждого последующего проекта требует существенно меньших временных затрат при росте качества проектных решений.

Стоит отметить, что данная методика разработки позволяет минимизировать потери на всех стадиях проектирования, а на самых ранних из них избежать возможных критических ошибок.

Список литературы

1. Военные гусеничные машины. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1990. – 378 с.
2. ГОСТ РВ 15.203–2001. Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей.
3. Муганцев, В. П. Моделирование движения гусеничных машин / В. П. Муганцев, М. С. Рублев // Танкостроение: состояние и перспективы : Сборник докладов 3-й научно-практической конференции. – Нижний Тагил, 2008. – С. 7.
4. Теория и конструкция танка / под редакцией П. П. Исакова. – Москва : Машиностроение, 1985. – Т. 6. Вопросы проектирования ходовой части военных гусеничных машин. – 302 с.
5. Юдинцев, Д. В. Обеспечение разгонных характеристик быстроходного гусеничного шасси за счет оптимизации процесса управления фрикционными элементами коробки передач / Д. В. Юдинцев, М. С. Рублев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Проблемы специального машиностроения. – 2018. – Вып. 12. – Ч. 3. – С. 9.

Е. В. Шмелев, магистрант
Т. Н. Хацевич, кандидат технических наук, профессор
Сибирский государственный университет геосистем и технологий, Новосибирск

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИЦЕЛОВ С ДИСКРЕТНОЙ СМЕНОЙ УВЕЛИЧЕНИЯ

Рассматривается проектирование оптической системы прицела с дискретной сменой увеличения от 2 до 8 крат. Отображен поэтапный подход, начиная с определения схемного решения будущей системы, структурного и параметрического синтеза компонентов и заканчивая оценкой качества по критерию остаточных aberrаций.

Ключевые слова: оптический прицел, прицел с дискретной сменой увеличения, переменные характеристики, телескопичность, угловые aberrации.

Введение

Человечество на протяжении более двух веков использует оптические устройства для наблюдения и прицеливания. Однако в самом начале пути своего становления прицельное приспособление представляло собой длинные зрительные трубы с постоянным увеличением и плохим качеством. В начале 20 века немцами был внесен огромный вклад в развитие оптических прицельных устройств. Так, компанией Цейсс в начале века было создано два панкратических прицела для стрелкового оружия: Zeilmulti с перепадом увеличения от 1 до 4 крат, Zeelmultar с перепадом от 1 до 6 крат [1]. Создание этих прицелов открыло эпоху панкратических прицелов. Лишь в 21 веке с изменением условий военных действий начали развиваться прицелы с дискретной сменой увеличения. На текущий момент доля прицелов с дискретной сменой увеличения на рынке всего лишь около двух процентов. Таким образом, можно характеризовать прицелы с дискретной сменой как новые и слабо развитые, однако востребованные и развивающиеся [2].

Одной из причин развития прицелов с дискретной сменой стал поиск путей развития для дальнейшего улучшения технических характеристик прицелов, а также их эргономики и скорости взаимодействия с ним. Известно соотношение, определяющее зависимость полей зрения системы от ее увеличения. Типичным сценарием использование приборов наблюдения является решение задачи обнаружения цели при малых увеличениях и больших полях зрения, дальнейшем распознавании и идентификации при больших увеличениях и малых угловых полях [3]. Для ускорения смены увеличения в системах с непрерывной сменой увеличения существуют специальные кольца-рычаги, косвенно подтверждая тем самым необходимость в возможности быстрой смены увеличений между крайними значениями. Прицелы со ступенчатым увеличением лишены такого недостатка, поскольку в них конструктивно заложена смена увеличения одним движением, что упрощает и ускоряет работу с ним в условиях переменной дистанции стрельбы. Такая скорость работы закладывается через перемещение в крайние положения и фиксации в них в отличие от прицелов с непрерывной сменой, где перемещение компонентов осуществляется по нелинейному закону и выполняется с помощью кулачков.

Целью исследования является создание оптической схемы прицела с дискретной сменой увеличения 2 и 8 крат со стабильным положением выходного зрачка.

В исследовании применены методы геометрической оптики и методы компьютерного дизайна оптических систем.

Классификация систем со сменным увеличением и выбор оптимальной для достижения поставленной цели

Проектирование систем с переменными характеристиками имеет ряд особенности относительно систем с постоянными характеристиками. Одной из таких особенностей является необходимость обеспечения постоянства визирной линии. Визирная ось представляет собой линию, образованную задней главной точкой объектива и вершиной прицельного знака устройства. Проблемы увода визирной линии не возникает, если смена увеличения идет частью оптической системы, расположенной по ходу лучей позади сетки. Также не возникает проблемы при постоянном совмещении прицельной

марки с оптической осью устройства, однако в таких устройствах выверка осуществляется внешним способом.

Смена видимого увеличения всей системы в целом осуществляется путем изменения отдельных ее компонентов. В качестве действий, приводящих к изменению, можно рассматривать подвижки компонентов вдоль оси, вывод одних и ввод других компонентов в ход лучей, а также вращение систем компонентов [4]. Классификация систем по методам дискретной смены увеличения представлена на рисунке 1.



Рис. 6. Классификация телескопических систем с дискретной сменой увеличения

Из-за специфических особенностей конструирования прицельных устройств для разработки могут приниматься не все схемы, а лишь некоторые, обеспечивающие целостность конструкции и выполнение требований на габаритные размеры устройства. Перед системами ставилась задача обеспечения следующих характеристик: дискретная смена увеличения от 2 до 8 крат с поля зрения в пространстве предметов 10 и 2,5 градуса соответственно; длина вдоль оси не более 350 мм; удаление выходного зрачка 70 и более мм; диаметр входного зрачка 32 мм; удаления выходных зрачков при разном увеличении не должны отличаться на величину, превышающую допуск 10 %; виньетирование наклонных лучей не более 50 %.

Для всех подходящих моделей в программном продукте Zemax была составлена параксиальная модель, удовлетворяющая характеристикам. Моделирование параксиальной системы используется как быстрый способ оценки пригодности системы для дальнейшей разработки. В ходе моделирования оцениваются относительные отверстия компонентов и степень выполнения условий из технического задания. От относительного отверстия компонента зависит количество реальных линз, необходимых для реализации компонента и устранения aberrаций. Сравнительные характеристики параксиальных систем представлены в таблице.

Характеристика	Методы смены увеличения			
	Перемещение компонента оборачивающей системы	Замена компонента оборачивающей системы	Вращение внутренней афокальной системы	Перемещение компонента внутри афокальной системы
Несовпадение выходных зрачков при увеличении 2 и 8 крат соответственно, мм	0,1	0,5	0,1	0
Диафрагменное число объектива	5		2,08	2,65
Диафрагменные числа компонентов ОбС			0,73; 2,11	1,91; 8,31
Диафрагменные числа системы смены увеличения	0,97	0,9; 4,1; 1,05	1,71; 2,58	2,54; 1,67; 9,85
Длина вдоль оси, мм	295	300	270	297
Количество компонентов	4	4	6	7

На основе сравнительных характеристик параксиальных моделей из таблицы, а также конструктивных соображений к разработке принимается система с перемещающимся внутри афокальной системы компонентом. Принципиальная оптическая схема системы представлена на рисунке 2.

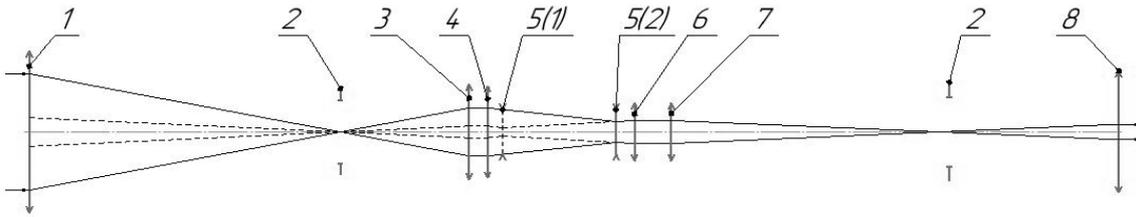


Рис. 2. Принципиальная оптическая схема системы с подвижным отрицательным компонентом: 1 – объектив; 2 – полевая диафрагма или сетка; 3, 7 – неподвижные компоненты оборачивающей системы; 4, 6 – неподвижные положительные компоненты системы смены увеличения; 5(1), 5(2) – подвижный отрицательный компонент системы смены увеличения; 6 – окуляр

Подвижный компонент 4, перемещаясь, попеременно образует отрицательный компоненты системы Галилея с компонентом 3 и 5. Такое перемещение эквивалентно повороту системы Галилея на 180 градусов. При этом увеличение системы смены увеличения зависит от наибольшего $\Gamma_{\text{наиб}}$ и наименьшего $\Gamma_{\text{наим}}$ увеличения всей системы. В положении 1 компонента 4 увеличение системы 3–5 должно определяться условием, а в положении 2 должно быть обратно ему:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{\Gamma_{\text{наиб}}}{\Gamma_{\text{наим}}}}. \quad (1)$$

Стабильное положение выходного зрачка в системе при смене увеличения достигается путем определения в качестве апертурной диафрагмы одной и той же поверхности, расположенной после системы смены увеличения. Поскольку диаметры входных зрачков в системе различные, существует возможность создание стабильной плоскости выходного зрачка путем размещения апертурной диафрагмы для обеих конфигураций на одной и той же поверхности. Следствием этого является стабильное положение ее проекции системой, следующей за ней. Проекция апертурной диафрагмы в пространство изображений дает положение и диаметр выходного зрачка. Ход лучей в параксиальной системе представлен на рисунке 3.

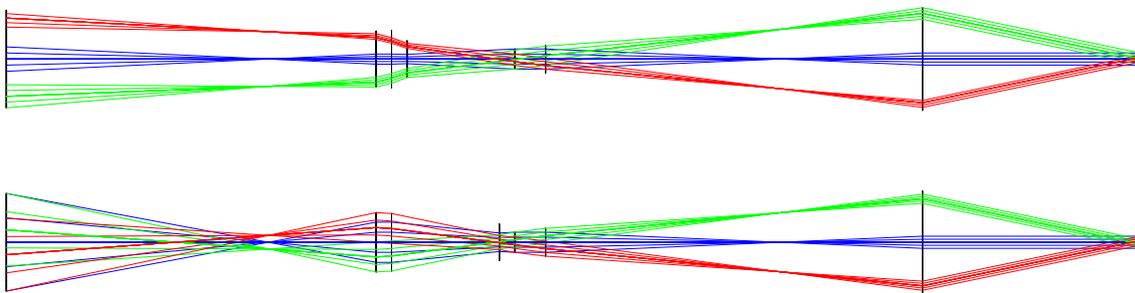


Рис. 3. Ход лучей в оптической системе с подвижным отрицательным компонентом

Дальнейший синтез и компоновка оптической системы подразумевают определение внешних и внутренних параметров отдельных ее компонентов. Эти задачи решаются в ходе структурного и параметрического синтеза системы.

В ходе параметрического синтеза определяются: внешние параметры – оптические силы компонентов, воздушные промежутки между компонентами; внутренние параметры – форма линз и оптические постоянные материалов [5]. Так, например, решив систему уравнений, можно определить оптические силы компонентов, входящих в объектив:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^{n=5} h_i \varphi_i &= 1, \\ S_{I_{xp}} &= - \left(\sum_{i=1}^{n=5} h_i^2 \varphi_i \nu_i^{-1} \right), \\ S_{IV} &= \sum_{i=1}^{n=5} \varphi_i n_i^{-1}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Для решения системы принимаются следующие условия: $h_1 = 1$; $\varphi = 1$. Также для уменьшения количества неизвестных в решаемых уравнениях принимается: $\varphi_1 = 2,5 \cdot \varphi$; $\varphi_2 = -0,8 \cdot \varphi$; $h_2 = 0,95 \cdot h_1$; $h_3 = 0,8 \cdot h_1$; $h_4 = 0,5 \cdot h_1$; $h_5 = 0,3 \cdot h_1$. Значения приведенных оптических сил компонентов 3–5 пятикомпонентного объектива равны, соответственно, 0,327, $-1,645$ и $-0,597$. Для остальных силовых компонентов используются двухлинзовые склейки или двухкомпонентных системы из двух склеенных и одной одиночной линзы.

Процесс оптимизации оптической системы сводится к ее описанию через оценочную функцию и уменьшению последней, для достижения требований, заложенных в функцию. Результатом оптимизации стала оптическая система, ход лучей в которой представлен на рисунке 4.

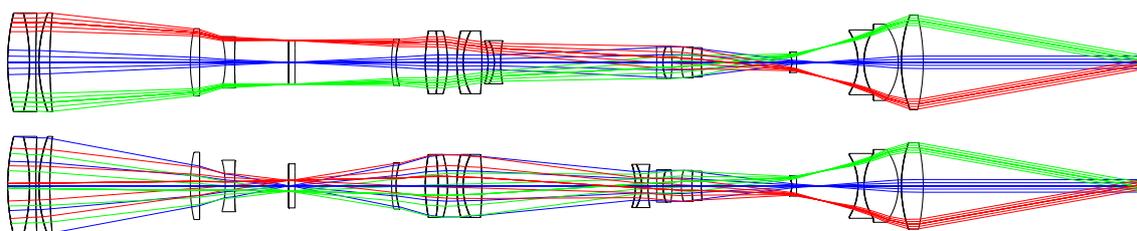


Рис. 4. Ход лучей в оптимизированной системе

Качество системы можно охарактеризовать через остаточные aberrации за окуляром, выраженные в угловой мере. Разработанная система соответствует требованиям качества, предъявляемым к системам такого типа, изложенным в [4]. График пятен рассеяния в угловой мере представлены на рисунке 5.

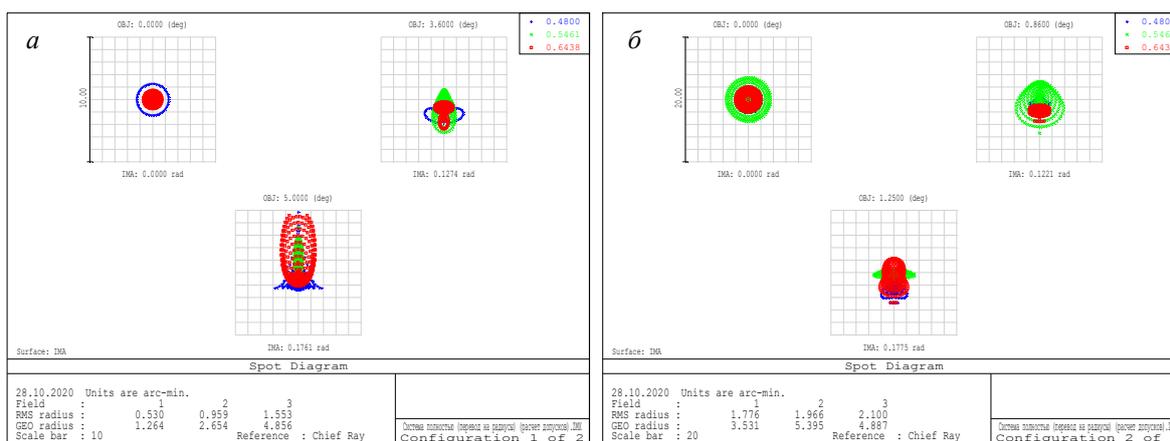


Рис. 5. Остаточные aberrации за окуляром, выраженные в угловой мере при увеличении системы: а – 2 крат; б – 8 крат

Радиусы кривизны компонентов разработанной системы приведены к соответствию возможностям изготовления отечественных производителей. Толщины по оси округлены до десятых, а диаметры линз приведены к нормальным [6]. Дополнительно проведен расчет допусков и выпуск конструкторской документации.

Заключение

В ходе работы представлено сравнение возможным схем реализации смены увеличения в телескопических системах прицелов, полученной путем сравнения параксиальных моделей оптических систем. Наилучшая по совокупности характеристик система принята в разработку и доведена до выпуска технической документации. Качество разработанной системы соответствует требованиям к качеству подобного типа оптических систем.

Разработка телескопических систем прицелов актуальна из-за изменившихся характера и потенциальных условий ведения боя. Использование систем с дискретной сменой позволяет сократить время смены увеличения, что является актуальным при быстротекущих столкновениях на малых и средних дальностях.

Список литературы

1. History of Zeiss. – URL: www.zeiss.com. – Загл. с экрана.
2. Шмелев, Е. В. Оптические системы охотничьих прицелов / Е. В. Шмелев // LXVII студенческая научная конференция СГУГиТ (8–13 апреля 2019 г.) : сборник тезисов докладов. – Новосибирск : СГУГиТ, 2019. – С. 51–53.
3. Волкова, К. Д. Оптические системы с переменными характеристиками / К. Д. Волкова, Т. Н. Хацевич // Интерэкспо «ГЕО-Сибирь – 2014» : X Международный научный конгресс (Новосибирск, 8–18 апреля 2014 г.) : сборник материалов. – В 2 томах. – Новосибирск : СГУГиТ, 2014. – Т. 1. – С. 13–20.
4. Запрягаева, Л. А. Расчет и проектирование оптических систем / Л. А. Запрягаева, И. С. Свешникова. – Москва : Логос, 2000. – 584 с. : ил.
5. Сивцов, Г. П. Специальные разделы прикладной оптики : учеб. пособие / Г. П. Сивцов. – Новосибирск : СГГА, 2010. – 78 с.
6. ГОСТ 6636–69. Основные нормы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры : межгосуд. стандарт. – Взамен ГОСТ 6636–60; Введ. 01.01.70. – Издательство стандартов, 2004. – 5 с.

Электронное научное издание

«КАЛАШНИКОВСКИЕ ЧТЕНИЯ»

Материалы VII Всероссийской научно-практической
online-конференции

10 ноября 2020 г.

В рамках III Молодежного форума студентов и курсантов
оборонных специальностей вузов России
«С именем Калашникова»

10–11 ноября 2020 г.

Технический редактор *С. В. Звягинцова*

Корректор *Я. В. Олина*

Верстка *Н. В. Паклиной*

Дизайн обложки *Е. А. Рябичевой*

Подписано к использованию 23.12.2020
Уч.-изд. л. 12,32. Объем 12,8 МБ (PDF). Заказ № 255