

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Новосибирский государственный технический университет
Сибирское отделение Российской академии наук
Академия Военных Наук
Российская академия ракетных и артиллерийских наук
Межрегиональная ассоциация «Сибирское Соглашение»
Федеральное государственное казенное военное образовательное
учреждение высшего образования
Новосибирское высшее военное командное училище

НАУКА ПРОМЫШЛЕННОСТЬ ОБОРОНА

**ТРУДЫ
XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ПЕРВОГО ПОЛЁТА
ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС**

г. Новосибирск, 21-23 апреля 2021 г.

Том II

СЕКЦИИ:

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

*РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ*

РАДИОЛОКАЦИЯ. РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Новосибирск
2021

УДК 62+623](063)

ББК 72я431

Н 34

12 апреля 2021 г. исполнилось 60 лет со дня первого полета человека в космос. Его совершил гражданин СССР Юрий Гагарин. Стартовав с космодрома Байконур на корабле-спутнике "Восток", он провел в космосе 108 минут и благополучно вернулся на Землю. Первый полёт человека в космос имел важнейшее значение для дальнейшего развития космонавтики и всего человечества.

Н 34 Наука Промышленность Оборона: труды XXII Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2021.

ISBN 978-5-7782-4411-5

Том 2: – 360 с.

ISBN 978-5-7782-4413-9

Редакторы тома:

Гуськов А.В., д.т.н., доцент (Секция №1. Конструкция и действие средств поражения и боеприпасов)

Легкий В.Н., д.т.н., профессор (Секция №4. Ракетно-космическая техника, системы управления летательными аппаратами)

Балаганский И.А., д.т.н., профессор (Секция №2. Высокоэнергетические конденсированные системы)

Никулин А.В., к.т.н., доцент (Секция № 13. Радиолокация, радиоэлектронные комплексы и системы)

Представлены труды XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2021». Материалы представлены по следующим секциям:

- *конструкция и действие средств поражения и боеприпасов;*
- *высокоэнергетические конденсированные системы;*
- *ракетно-космическая техника, системы управления*
- *летательными аппаратами*
- *радиолокация, радиоэлектронные комплексы и системы*

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-4413-9 (Том 2)

ISBN 978-5-7782-4411-5

© Коллектив авторов, 2021

© Новосибирский государственный
технический университет, 2021

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета:

Пустовой Н.В., д.т.н., профессор, председатель совета ректоров Сибирского Федерального округа, президент Новосибирского государственного технического университета (НГТУ).

Сопредседатели:

Диканский Н.С., академик РАН, советник РАН, профессор, д.ф.-м.н.;

Заболотный П.В., генеральный директор АО «НПО НИИИП-НЗиК»;

Серьезнов А.Н., д.т.н., профессор, научный руководитель государственного Сибирского научно-исследовательского института авиации имени С.А. Чаплыгина (СибНИА);

Панасенко С.Н., заместитель Генерального директора ПАО "Компания "Сухой", директор НАЗ им. В.П. Чкалова;

Фомин В.М., академик РАН, профессор, д.ф.-м.н., научный руководитель Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения РАН (ИТПМ СО РАН);

Марковчин С. Г., полковник, начальник Новосибирского Высшего Военного Командного училища;

Эдвабник В.Г., к.т.н., д.э.н., член-корреспондент РАН, зав. кафедрой АИУС, зам. генерального директора по развитию ОАО Научно исследовательский институт электронных приборов (НИИЭП).

Хмельников Е.А., д.т.н., профессор, Нижнетагильского технологического института (филиала) Уральского федерального университета имени первого президента России Б.Н. Ельцина, ученый секретарь РУСЦ РАН, член-корреспондент РАН, действительный член АВН,

Терехов В.И. д.т.н., профессор кафедры Технической теплофизики (ТТФ), ведущий научный сотрудник лаб. Термогазодинамики Института теплофизики СО РАН им. С.С. Кутателадзе.

Члены Оргкомитета:

Атапин В.Г., д.т.н., профессор, кафедра «Прочности летательных аппаратов» (ПЛА) НГТУ;

Балаганский И.А., д.т.н., профессор, кафедра «Газодинамических импульсных устройств» (ГДУ) НГТУ;

Гуськов А.В., д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Газодинамических импульсных устройств» (ГДУ) НГТУ – ответственный секретарь, действительный член Академия военных наук АВН;

Горбачев М.В., к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Дьяченко Ю.В., д.т.н., профессор, кафедра «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Киселёв А.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Радиоприемных и радиопередающих устройств» (РПиРПУ) НГТУ;

Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Безопасности труда» (БТ) НГТУ;

Костин В.В., президент ООО «Авиатехснаб»;

Красноруцкий Д.А., к.т.н., доцент, кафедра «Прочность летательных аппаратов» ПЛА (НГТУ);

Курлаев Н.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Самолето- и вертолетостроения» (СиВС) НГТУ;

Ларичкин В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Инженерных проблемы экологии» (ИПЭ) НГТУ;

Легкий В.Н., д.т.н., доцент, кафедра «Автономных информационных и управляющих систем» (АИУС) НГТУ;

Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор, заведующая кафедрой «Экономической теории и прикладной экономики» (ЭТПЭ) НГТУ;

Милевский К.Е., к.т.н., доцент, кафедра ГДУ НГТУ, член-корреспондент АВН;

Немировский Ю.В., д.ф.-м.н., профессор, главный научный сотрудник ИТПМ СО РАН, действительный член АВН;

Обуховский А.Д., к.т.н., доцент, заместитель заведующего кафедрой «Аэрогидродинамики» (АГД) НГТУ;

Поляков С.А., к.ю.н., доцент, заведующий кафедрой «Правоведения» (Правоведения) НГТУ;

Подружин Е.Г. д.т.н. профессор, кафедра «Прочности летательных аппаратов» (ПЛА) НГТУ;

Саленко С.Д., д.т.н., профессор, декан факультета летательных аппаратов НГТУ, заведующий кафедрой «Аэрогидродинамики» (АГД) НГТУ;

Чичиндаев А.В., д.т.н., профессор, кафедра «Технической теплофизики» (ТТФ) НГТУ;

Санков О.В., ст. преподаватель, кафедра «Автономных информационных и управляющих систем» (АИУС) НГТУ;

Рынгач Н. А., к.т.н., доцент, кафедра «Самолето- и вертолетостроения» (СиВС) НГТУ.

Редакционная коллегия сборника трудов научно-технической конференции «НПО-2021»

Саленко С.Д., д.т.н., профессор- председатель

Атапин В.Г., д.т.н., профессор

Балаганский И.А., д.т.н., профессор

Гуськов А.В., д.т.н., доцент- учёный секретарь

Горбачев М.В., к.т.н., доцент

Карпович А.И., д.э.н., профессор

Коробейников С.М., д.ф.-м.н., профессор

Красноруцкий Д.А., к.т.н., доцент

Курлаев Н.В., д.т.н., профессор
Ларичкин В.В., д.т.н., профессор
Легкий В.Н., д.т.н., профессор
Литвинцева Г.П., д.э.н., профессор
Обуховский А.Д., к.т.н., доцент
Поляков С.А., к.ю.н., доцент

СЕКЦИЯ: КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ

УДК 623.455.12

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КУЧНОСТЬ СТРЕЛЬБЫ ПАТРОНА 8,6X69ММ

*А.К. Абдразаков; А.В.Гуськов, д.т.н, доцент; К.Е. Милевский, к.т.н, доцент;
А.А.Пушкарев, заместитель начальника заготовительного отделения АО
«НПЗ».*

Новосибирский государственный технический университет, Россия 630073,
Новосибирск, просп. Карла Маркса, 20.

Абдразаков А.К., email: adi-turbo@mail.ru

Гуськов А.В., email: a.guskov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630079, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-11-21

Аннотация: исследован процесс изготовления снайперского патрона калибра 8,6x69мм и определены ключевые факторы, влияющие на кучность стрельбы.

Ключевые слова: патрон, пуля, пульная оболочка, кучность, испытания.

Использование нового снайперского комплекса, использующего патрон калибра 8,6x69мм, расширяет возможности поражать цели, как в средствах индивидуальной защиты, так и вести прицельный огонь на дистанции до 1500 метров. На вооружении российской армии и спецслужб комплекс данного калибра отсутствует, несмотря на то, что для снайперских винтовок данный калибр является самым распространенным и востребованным в мире. Патрон данного калибра выпускается массово в ряде стран: Финляндия, Швеция, США, Чехия. За аналог по тактико-техническим характеристикам взят патрон, разработанный финляндской компанией .338 Lapua Magnum (штатный) с характеристиками рассеивания 4,5 см на дальности 100 метров [рис.1] при этом он обеспечивает значительно меньшую отдачу, меньшее звуковое давление и возможность создавать оружие более компактное и легкое. Боеприпас позволяет вести прицельный снайперский огонь на дистанции до 1500 метров, при этом пуля сохраняет скорость 354 м/с и кинетическую энергию 1015 Дж. В таблице 1 представлены тактико-технические характеристики патронов трёх калибров.

Таблица 1- Тактико-технические характеристики

Калибр, мм	7,62x51	8,6x69	12,7x108
Тип пули	Full Metal Jacket	Full Metal Jacket	Full Metal Jacket
Масса патрона, г	23,20-25,55	43,5- 45,5	130,0-137,0
Масса пули, г	9,50-9,70	16,10-16,30	47,40-49,0
Энергия пули, Дж	3500	6600	17000
Скорость полета пули, м/с	810-825	835-855	810-830
Прицельная дальность, м	700	1500	2000

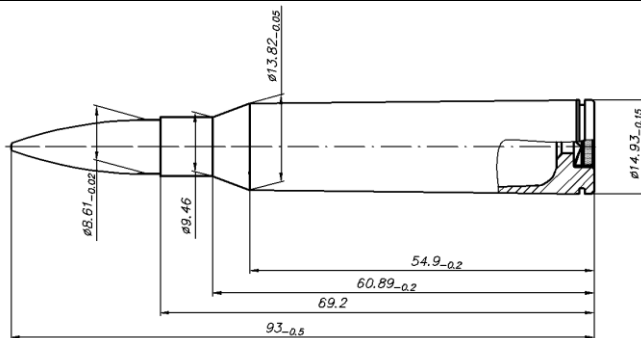
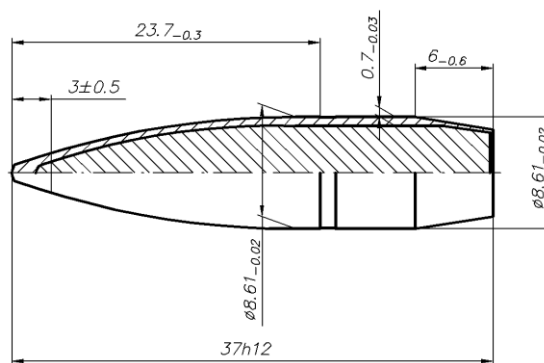


Рисунок 1 –Эскиз снайперского патрона калибра 8,6х69мм.

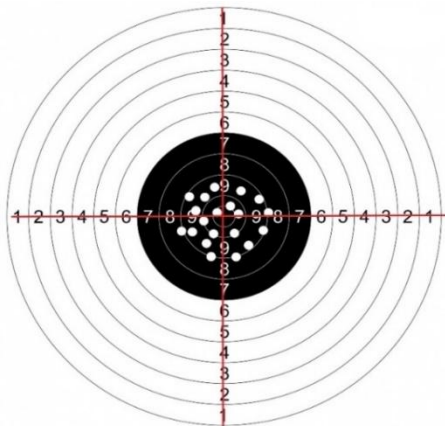
На рисунке 2 представлен эскиз пули к предлагаемому снайперскому патрону калибра 8,6х69мм, и основной задачей является создания технологического процесса его изготовления на базе модернизации существующей технологии для калибра 7,62 мм.



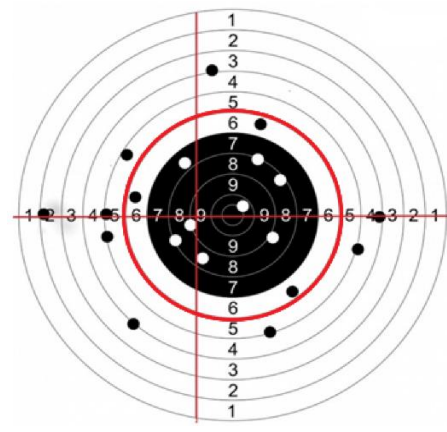
1-томпаковая оболочка; 2-свинцовый сердечник.

Рисунок 2- Эскиз пули к снайперскому патрону 8,6х69мм.

По предложенному технологическому процессу изготовлена опытная партия патронов. Проведены сравнительные испытания стрельбой по мишени, как штатными, так из патронов опытной партий на кучность. Результаты испытаний представлены на рисунке 3.



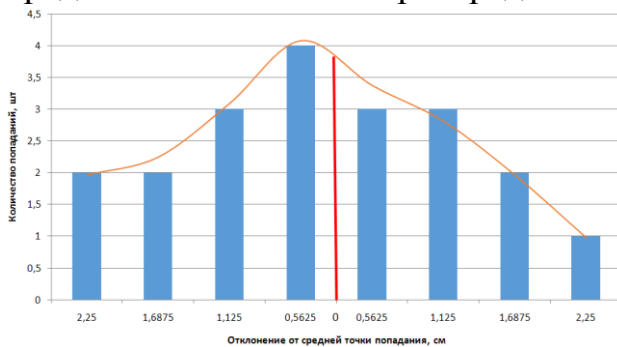
-а) штатный патрон



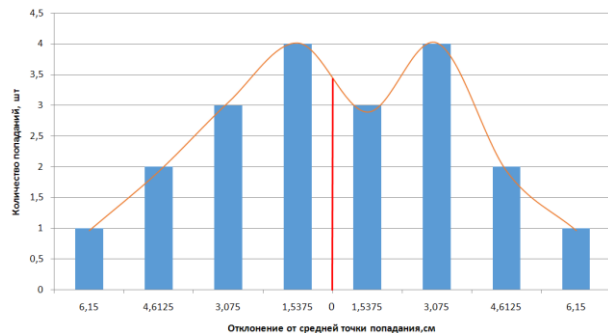
-б) патрон из опытной партии

Рисунок 3- Результаты стрельбы по мишени.

Стрельба велась из баллистического ствола БК-8,6x69 на дистанции 100 метров. Кучность стрельбы штатным патроном составила 4,5 см. На рисунке 4 представлена плотность распределения результатов испытаний.



-а) штатный патрон



-б) патрон из опытной партии.

Рисунок 4- Плотность распределения стрельбы.

По плотности распределения результатов испытаний опытной партии патронов калибра 8,6x69 мм, определено, что распределение пробоев на мишени хаотично (рис.4 б), по сравнению со штатным (рис.4 а), кучность стрельбы составила 12,3 см (рис.3 б), а в требуемый диапазон попало только 50% выстрелов.

На рассеивание пуль при стрельбе в разной степени влияют различные факторы, которые можно разделить на две основные группы:

-конструктивные - соотношение геометрических размеров и масс, количество элементов в пуле, расположение центра масс, величина допусков на размеры элементов и пули в целом и др.;

-технологические - величина разностенности полых элементов пули, наличие эллипсности и неперпендикулярности торцов деталей относительно оси пули, плотность монтажа и биение отдельных частей пули относительно ведущей её части, наличие смещения центра масс в радиальном и осевом направлениях, разброс в навеске заряда, стабильность пулеизвлекающего усилия и др. [1].

Из вышеперечисленных факторов, влияющих на кучность стрельбы, выделен главенствующий – это эксцентриситет, то есть величина, зависящая от

смещения центра масс, или технологически разностенность пульной оболочки. Которая приводит к тому, что при монтаже сборки происходит не совпадение оси оболочки с осью сердечника, которая приводит к смещению центра масс, в следствии разноплотности материалов оболочки и сердечника, то есть свинцовый сердечник смещается относительно оси и большая часть свинца сосредотачивается, где толщина оболочки минимальна.

В результате действительная динамическая ось вращения пули не совпадает с её геометрической осью [2].

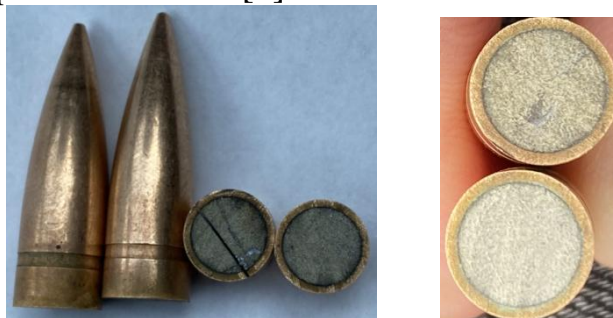


Рисунок 5- Разностенность пули из опытных партий патронов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Г.А. Данилин., В.П. Загородников., А.Б. Заволокин. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию. –СПб., БГТУ «ВОЕНМЕХ», 2005. С.101-105.
2. А.М.Попов, Г.А.Данилин, Е.С.Воронина. Снижение разностенности при вытяжке с утонением через две матрицы// Металлообработка. 2010г. №5. С. 25-29.
3. Малов А.Н. Производство патронов стрелкового оружия. М: Оборонгиз. 1947.

DETERMINATION OF FACTORS AFFECTING THE ACCURACY OF THE FIRING OF THE 8.6X69MM CARTRIDGE

A. K. Abdrazakov; A.V. Guskov, Doctor of Technical Sciences, Professor; K. E. Milevsky, Candidate of Technical Sciences, Professor; A. A. Pushkarev, Deputy Head of the Procurement Department of AO "НПЗ".

Novosibirsk State Technical University, Russia 630073, Novosibirsk, ave. Karl Marx, 20.

Abdrazakov A. K., email: adi-turbo@mail.ru

Guskov A.V., email: a.guskov@corp.nstu.ru

Address for correspondence: Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630079, tel. (383)346-11-21

Abstract: The process of manufacturing a sniper cartridge of 8.6x69mm caliber is investigated and the key factors affecting the accuracy of shooting are determined.

Keywords: cartridge, bullet, bullet shell, accuracy, tests.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СНАРЯДОВ В ВЫСТРЕЛАХ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ

*Антонов Дмитрий Олегович, студент; Сухарев Дмитрий Андреевич,
студент; Семашко Марина Юрьевна, доцент*

Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г.

Челябинск, пр. Ленина, д.76

Антонов Д.О., e-mail-dimaantonov4110@gmail.com

Сухарев Д.А., e-mail-Sukharev921@gmail.com

Семашко М.Ю., e-mail-semashkomi@susu.ru

Адрес для корреспонденции: Антонов Дмитрий Олегович, Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д.76, тел. (982)108-56-16

Аннотация: в данной работе описана концепция использования сменной боевой части в боеприпасах ствольной артиллерии, предложен вариант компоновки сменной боевой части в управляемом артиллерийском снаряде 2К25 «Краснополь», оценена тактическая эффективность изделия. Возможность использования различных типов боевых частей в одном корпусе позволит упростить технологическую схему создания боеприпасов, а также повысит боевые возможности орудия при фиксированной массе боеприпасов.

Ключевые слова: сменная боевая часть; многоцелевой снаряд; ствольная артиллерия; эффективность; унификация; модульные боеприпасы.

1. 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. Чтобы занимать лидирующие позиции в гонке вооружений необходимо либо модернизировать существующие виды боеприпасов, либо создавать новые.

Одним из путей модернизации является унификация имеющегося вооружения. В частности, это достигается путем создания модульных быстросменных конструкций. Подобная концепция позволяет не только поменять неисправный компонент, а также оперативно подготовить боеприпас к выполнению боевой задачи. Боевая часть выстрела так же может быть реализована в качестве отдельного блока, который может быть заменен в зависимости от необходимого действия по цели.

Идея применения сменных боевых частей не является новой. Известен многоцелевой снаряд, состоящий из скрепленных с помощью разъемного соединения и электрически связанных между собой головного и донного блоков, причем донный блок имеет корпус, заряд взрывчатого вещества, взрыватель, а головной блок кроме того содержит вкладные элементы и

является сменным. После определения цели и выбора нужного типа головного блока, оба блока поступают на сборочный манипулятор, который производит соединение блоков в снаряд и подает его в систему заряжания орудия [1].

Также существует вариант многоцелевой управляемой ракеты в пусковом контейнере ближайшим аналогом которого является управляемый снаряд 9М114. Управляемая ракета может быть оснащена тандемной, осколочно-фугасной, фугасной боевыми частями. Использование данного технического решения позволило повысить эффективность комплексов управляемого вооружения при сохранении унифицированной ракетной части и пускового контейнера, что существенно сократило стоимость образца и затраты при его производстве и эксплуатации в войсках [2].

Данные примеры показывают, что концепция применения сменных боевых частей является эффективной, следовательно, целесообразно ее применение и в снарядах ствольной артиллерии.

1. Теория

В качестве прототипа для многоцелевого модульного артиллерийского снаряда был выбран 152-мм управляемый артиллерийский снаряд «Краснополь» (рис. 1).

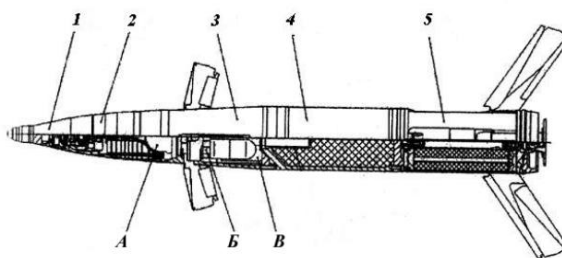


Рис. 1. 152 мм УАС «Краснополь»:

1 – носовой блок; 2 – головка самонаведения; 3 – автопилотный блок (А – гироскоп; Б – рулевой привод; В – Блок питания и преобразования); 4 – Блок боевой части; 5 – блок стабилизаторов с разгонным двигателем

Данный снаряд является модульным боеприпасом обладает хорошей дальностью стрельбы (до 25 км), большой вероятностью попадания в цель (80-90%), а также удобной компоновкой БЧ внутри снаряда. По мимо этого данный выстрел в различных его модификациях может использоваться в следующих артиллерийских системах: «2С3М», «2С19», «Д-20», «2А65» [3].

На базе данного боеприпаса были созданы следующие снаряды: 155 мм «Краснополь М1», 122 мм «Китолов 2М». Подобную модульную систему со схожей компоновкой блоков так же имеют управляемые мины: 240 мм «Смельчак» и 152мм «Сантиметр» [4].

Именно благодаря схожести конструкции «Краснополя» с большим количеством управляемых боеприпасов он был выбран для реализации концепции. Если в дальнейшем подобный способ модульности боевой части зарекомендует себя, то его можно будет применять и в других артиллерийских боеприпасах.

Необходимые этапы реализации

Первоначально необходимо разработать универсальные отдельные блоки с боевыми частями различного действия и определиться с необходимым типом действия боевых частей. Необходимым условием является сохранение формы и объема наружного контура блока. Вариант компоновки боевых частей представлен на рисунке 2.

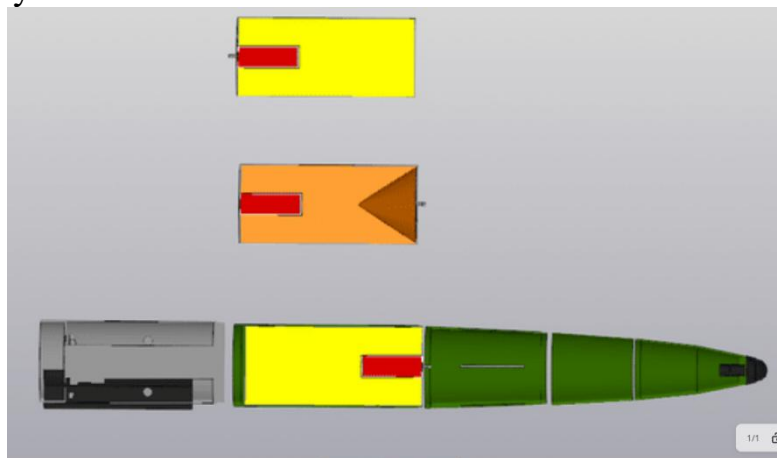


Рис. 2. Разделение модулей снаряда:

Средства поражения основного назначения по физической природе действия по цели делят на следующие основные виды: осколочные, с направленным потоком головных поражающих элементов, фугасные, фугасно-зажигательные, проникающие-фугасные, осколочные-фугасные, кумулятивные, с взрывоформируемыми поражающими элементами, кинетические бронебойные, бетонобойные [5].

Отлакиваясь от основных задач боеприпаса считаем целесообразным создание кумулятивной, фугасной, осколочно фугасной, фугасно-зажигательной боевых частей (Рис.3).

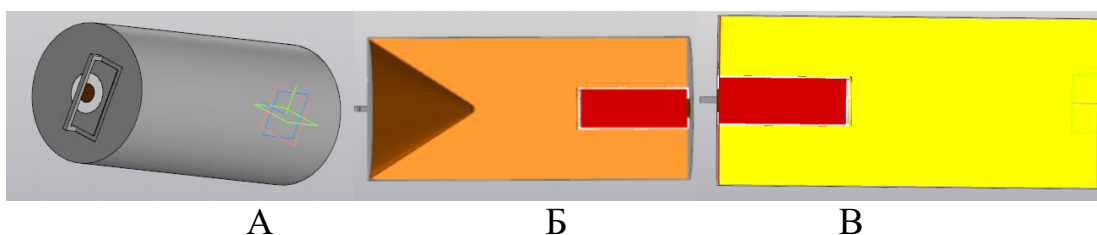


Рис. 3. Общая схема модульной боевой части боеприпаса:

А – общий вид сменного блока БЧ; Б – Блок с кумулятивным действием;
В – блок с осколочно-фугасным действием

Данный элемент вкладывается в блок боевой части во время сборки снаряда и блоки соединяются между собой при помощи резьбового или байонетного соединения для обеспечения быстрой сборки и переснаряжения при транспортировке и ведении боевых действий.

Для разработки вкладной боевой части необходимо произвести расчет эффективности всех типов боевых частей. Так как размеры контейнера ограничены, необходимо добиваться необходимой эффективности действия не с помощью увеличения количества ВВ, а благодаря выбору взрывчатого

веществ с большей работоспособностью. Также необходимо разработать универсальную схему передачи импульса от взрывателя к блоку БЧ.

Достоинства недостатки концепции

Подобная концепция имеет как ряд преимуществ перед стандартной схемой боеприпаса, так и недостатки, влияние которых необходимо свести к минимуму в процессе реализации идеи.

К преимуществам идеи можно отнести:

- Повышение боевых возможностей ствольной артиллерии при ограниченной массе боекомплекта
- Унификация используемых боеприпасов

Недостатками идеи являются:

- Повышение себестоимости одного выстрела
- Увеличение времени подготовки выстрела

2. Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности использования многоцелевых модульных конструкций боеприпасов ствольной артиллерии в современной армии, поскольку унификация элементов конструкции боеприпаса повысит мобильность, снизит расход боеприпасов.

На данный момент трудно оценить реальную эффективность конструкции, но работа над подобными многоцелевыми боеприпасами может изменить подход к производству артиллерийских выстрелов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заявка 93017275/02 Российская Федерация, МПК F42B 12/02, *Многоцелевой снаряд/ Одинцов В.А. (РФ); патентообладатель* Научно-исследовательский институт специального машиностроения Московского государственного технического университета им. Н.Э.Баумана; заявл. 01.04.1993; обупл. 27.05.1997,– 4 с.
2. Заявка 2004128293/02 Российская Федерация, МПК F42B 15/00, *Многоцелевая управляемая ракета в пусковом контейнере/ Путиков С.В. (РФ); патентообладатель* Федеральное государственное унитарное предприятие «Конструкторское бюро машиностроения»(РФ); заявл. 23.09.2004; обупл. 10.06.2006, Бюл. №16. – 9 с.
3. . Системы высокоточного оружия / В.Н. Зубов, Д.В. Лугин // Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2007. – 43-45 с.
4. Основы устройства и функционирования артиллерийских управляемых снарядов / В.И. Бабичев, В.В. Ветров, А.В. Игнатов, А.Р. Орлов // Тула. – 2003. – 108-112 с.
Боеприпасы / А.В.Бабкин, В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов, Н.А Имховик; [под ред. В.В. Селиванова] // Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2016. – Т. 1, с. 23-24.

USE OF MULTI-PURPOSE PROGRAMS IN BARREL SHOTS

***Antonov Dmitry Olegovich, student; Sukharev Dmitry Andreevich, student;
Semashko Marina Yurievna, associate Professor***

South Ural State University, 454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76

Antonov D.O., e-mail-dimaantonov4110@gmail.com

Sukharev D.A., e-mail-Sukharev921@gmail.com

Semashko M.Y., e-mail-semashkomi@susu.ru

Correspondence address: Antonov Dmitry Olegovich, South Ural State University, 454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76, num.8 (982) 108-56-16

Abstract: This paper describes the concept of using a replaceable warhead in cannon artillery ammunition, proposes a variant of the layout of a replaceable warhead in a 2K25 «Krasnopol» guided artillery projectile, and evaluates the tactical effectiveness of the product. The possibility of using various types of warheads in one body will simplify the technological scheme for creating ammunition, as well as increase the combat capabilities of the weapon with a fixed mass of ammunition.

Keywords: replaceable warhead; multipurpose projectile; barrel artillery; efficiency; unification; modular ammunition.

ВООРУЖЕНИЕ ДЛЯ ДРОНОВ

Башикирев Станислав Евгеньевич, курсант 3 курса 11 взвода
Руководитель: преподаватель кафедры вооружения и стрельбы, майор

Татаров Иван Викторович

Башикирев С.Е., e-mail bashkirev.stas00@gmail.com

Новосибирское высшее военное командное училище, 630117, Россия,
г.Новосибирск, ул. Иванова 49.

Башикирев Станислав Евгеньевич,

Новосибирское высшее военное командное училище, 630117, Россия,
г.Новосибирск, ул. Иванова 49. Тел. (988)708-73-14.

Аннотация. В статье идет речь о различных видах вооружения, которым могут оснащаться беспилотные летательные аппараты.

Ключевые слова: БПЛА, вооружение, технологии.

Введение

Применение дронов(БПЛА) на войне XXI века — не новость. На сегодняшний день их роль и доля участия стремительно растет, и уже скоро, можно предположить, что беспилотники займут ведущую роль в военных конфликтах любой интенсивности. Речь идет далеко не только о мониторинге или разведке с воздуха, какими обычно привыкли их видеть. На мой взгляд, в ближайшее время дроны смогут вести настоящие войны, где человеку придется лишь нажимать на кнопку. В наше время многие развивающиеся страны выделяют из бюджета немаленькие деньги на совершенствование и разработку новых образцов БПЛА — беспилотных летательных аппаратов. После войны в Карабахе многие эксперты заговорили о том, что в военном деле происходит революция, которая вот-вот изменит тактику, оперативное искусство и даже стратегию армий — не только развивающихся стран, но и самых мощных

История Развития Бпла

Человека достаточно давно посетила мысль о создании такой машины, которой можно было бы, без вреда для себя, управлять на расстоянии. И вот спустя 30 лет после первого полета братьев Райт эта идея воплотилась в реальность, и в 1933 году в Великобритании был построен специальный самолет на дистанционном управлении. Это был первый дистанционно управляемый самолет FairyQueen. Его использовали в качестве самолета-мишени для тренировок истребителей и зенитчиков.

Первым дроном, если такой можно им назвать, принявшим участие в боях была немецкая ФАУ-1. Это была управляемая ракета с реактивным двигателем. Она была оснащена автопилотом, в который немецкие операторы вводили информацию о предстоящем полете. За годы Второй мировой войны эта ракета успешно выполняла боевые вылеты, нанося авиаудары по важным стратегическим и гражданским объектам Великобритании. За годы войны Фау-

1 убила более 6 тыс. англичан. Эти первые прототипы дронов(БПЛА) стали первым толчком в становлении и последующем развитии беспилотной летательной авиации.

В 1978 году случился настоящий прорыв в истории развития беспилотников. беспилотник IAI Scout был представлен военпредами Израиля и стал первым в истории боевым БПЛА.

В ходе ливанской войны 1982 года армия Израиля с помощью беспилотников полностью разгромили систему ПВО Сирии, которая была создана советскими специалистами. В результате тех боев сирийцы потеряли 18 батарей ПВО и 86 самолетов. Эти события заставили военных многих стран мира по-новому посмотреть на беспилотные летательные аппараты.

Чем дроны лучше, а чем хуже обычной авиации?

- Главное достоинство БПЛА — особенно малого и среднего класса — дешевизна создания и эксплуатации.

- Ударные дроны малого и среднего класса представляют собой платформы для использования высокоточных средств поражения и довольно продвинутых инструментов наблюдения и разведки. Они способны поражать большую часть целей на поле боя и в тылу противника, оставаясь при этом весьма простыми (по сравнению с современными пилотируемыми самолетами и вертолетами) летательными аппаратами. При этом относительная дешевизна и простота БПЛА позволяет построить их намного больше, чем пилотируемых аппаратов.

- БПЛА вооружают относительно дешевыми боеприпасами; развитие технологий позволяет производить небольшие по размерам и массе ракеты и бомбы, которые, несмотря на размеры и цену, могут поражать большинство типовых целей на поле боя.

- Главное преимущество дронов — на борту нет пилота. Управляют ими операторы, которые находятся в десятках, сотнях километров от театра военных действий.

- Еще одно преимущество — возможность проводить многочасовые миссии. БПЛА с турбореактивными двигателями, летающие на очень маленькой скорости (меньше 200 км/ч), чрезвычайно экономичны в смысле потребления топлива. Класс военных беспилотников MALE (средневысотные большой продолжительности полета) могут находиться в воздухе сутки и более. Даже при том, что они тратят больше времени, чем реактивные самолеты, на то, чтобы добраться до места, в котором будет выполняться та или иная задача, они все равно имеют возможность намного более «вдумчиво» отслеживать цели самостоятельно (без внешнего целеуказания от других разведывательных источников).

- Также преимущество дронов: они изначально задумывались как важная часть сети информации о поле боя. БПЛА — как ударные, так и разведывательные — это платформа для различных сенсоров, изучающих обстановку и выявляющих цели. Они обмениваются этой информацией в режиме реального времени с операторами, которые, в свою очередь, также в режиме реального времени делятся ею со всей сетью управления боевыми

действиями. Например, стандартная задача военных дронов — вызвать огонь ствольной или ракетной артиллерии по выявленным целям, которые БПЛА не может поразить самостоятельно (например, по укреплениям или большим скоплениям пехоты и техники). Кроме того, дроны легко научить взаимодействовать между собой. На видео азербайджанского Минобороны из Карабаха были показаны оба варианта: комбинированные удары дронов и вызванной ими артиллерии по пехоте и удары разными дронами и пилотируемой авиацией по особо важным целям (именно так, например, была уничтожена армянская зенитно-ракетная установка «Тор»).

Впрочем, БПЛА по сравнению с пилотируемыми платформами имеют и очевидные недостатки:

- Полезная нагрузка малых и средних дронов невелика — из-за относительно маломощных двигателей и малых размеров планера. Грубо говоря, пилотируемые системы одномоментно способны сбросить на врага намного больше взрывчатки, чем дроны. Это может быть важно в «войне высокой интенсивности» — конфликте между развитыми военными державами.

- Кроме того, при оснащении дронов всегда нужно искать компромисс между весом (и, значит, эффективностью) боеприпасов и весом (эффективностью) сенсоров. Так, во время войны в Карабахе Канада запретила поставки в Турцию оптических электронных станций Wescam — это главный набор сенсоров для БПЛА Bayraktar TB2, позволяющий ему видеть технику и людей за многие километры и измерять расстояние до цели с 20 километров с помощью лазерного дальномера. Турки были готовы к такому повороту: они объявили, что у них есть оптическая станция собственного производства CATS. Она имеет схожие характеристики с канадской, но весит почти на 10 килограммов больше. А это минус две 6,5-килограммовые бомбы с лазерным наведением МАМ-С в полезной нагрузке Bayraktar (всего он может нести четыре малые бомбы или ракеты).

- Наконец, дроны зависят от качества и «дальнобойности» радиосвязи, которая необходима им для взаимодействия с оператором. Противник может попытаться подавить связь средствами радиоэлектронной борьбы (РЭБ) или даже перехватить управление. Из-за ограничений по связи БПЛА типа Bayraktar TB2 имеет радиус действия всего 150 километров (может быть немного увеличен с помощью ретрансляторов). Проблема решается с помощью спутниковой связи (так делают родоначальники «войны дронов» — американцы).

- Но использование спутниковых каналов ведет к тому, что БПЛА теряет одно из своих главных преимуществ — дешевизну эксплуатации по сравнению с пилотируемой авиацией. Так, час полета ударного дрона MQ-9 Reaper в 2006 году обходился армии США в 3624 доллара, а час полета истребителя F-16С — в 20 809 долларов. Однако если включить в цену годовое обслуживание обеих машин и расходы на управление ими и поделить на количество часов, проведенных в воздухе, выяснится, что использование

Reaper будет едва ли не дороже истребителя — в том числе из-за использования широкополосной спутниковой связи.

Различные системы вооружения, используемые на дронах(БПЛА)

Известные проекты БЛА разработаны или разрабатываются в большинстве для решения следующих задач:

1.Разведка или целеуказание оружию.

Сегодня для выполнения разведывательных задач не нужен человек. Это мнение едва оспорит хоть один военный эксперт, особенно разбирающийся в тонкостях современной военной техники. И хотя всецело роботам еще нет доверия в полевых условиях, все чаще беспилотники применяются для изучения и составления карт местности и локаций противника в труднодоступных зонах.

Единственное, дрон, в котором нуждается армия, должен по своим характеристикам несколько превосходить игрушечные модели, которые любители запускают во дворе своих домов. В частности, сюда относится запас полетного времени и радиус действия. По оценкам экспертов, длительность полета не должна быть менее 30 минут при дальности действия — от трех километров. Желателен еще максимально компактный размер самого устройства и его бесшумность. Сейчас они оснащаются камерами, станциями РЛС и тепловизионными камерами, что делает их первоклассными разведчиками. Достоинствами разведки с помощью тепловизора является скрытость ее ведения и возможность быстро и точно обнаруживать объекты даже при плохих погодных условиях. При этом человек, который отслеживает цель, может находиться вдали от непосредственного объекта отслеживания. Сегодня большинство тепловизоров способны работать на удалении до 5000 метров

2.В качестве ударных средств.

Сейчас в мире имеется множество БПЛА различного типа, например, квадрокоптеры-камикадзе и мощные дроны, способные нести десятки килограммов бомб и ракет и имеющих спутниковый канал управления — то есть дальность в тысячи километров. Различные типы управляемых ракет и просто ракет делают БПЛА первоклассным современным оружием, способным поразить любую цель и без затрат большого количества боеприпасов. Дроны кустарного производства оснащаются специальными спусковыми устройствами, способными сбрасывать малые бомбы или гранаты. Небольшие по размеру БПЛА оснащаются различным стрелковым оружием, начиная с пулемета и заканчивая пистолетом. Например, Министерство обороны Великобритании разрабатывает беспилотные летательные аппараты, вооруженные дробовиком. Устройства могут летать внутри зданий, а также выявлять потенциальные цели. Шестироторный дрон пока существует в виде прототипа под названием i9. Военные планируют использовать дроны в конфликтных ситуациях внутри помещений, когда слишком опасно посылать группу людей. Хотя дрон выполняет различные автономные функции, самим оружием будет дистанционно управлять солдат, ответственный за стрельбу. В министерстве отметили, что не собираются создавать автономные вооруженные

системы, которые могут захватывать и поражать цель самостоятельно.

3. Построение карт местности.

Построение 3D-плана местности, моделирование поверхности, вычисление площадей и объемов объектов, расположенных на определенных участках, выявление путей движения техники — все это сегодня под силу дронам. Полученные с летательного аппарата данные легко импортируются в программы фотограмметрии для дальнейшего изучения и построения цифровых моделей. И хотя на практике это применяется в таких отраслях как строительство, сельское хозяйство и геодезия, все чаще армии мира привлекают БПЛА для выполнения задач по изучению мест дислокации противника. По сути та же разведка, но менее экономично затратная и более эффективная в сравнении с использованием человека.

4. Создание помех связи или ее восстановление.

Любительские БПЛА сегодня уже активно используются силовыми структурами в качестве глушилок связи. Речь идет о переносимых на дронах устройствах, которые создают помехи на определенных площадях.

Такие же устройства, переносимые на борту беспилотников, также неоднократно использовались и для временного восстановления коммуникаций. Так, например, беспилотники Flying COW (“Летающие коровы”) использовались для восстановления связи в районах Пуэрто-Рико, пострадавших от урагана “Мария” в ноябре 2017 года. Руководила проектом компания AT&T. Дроны обеспечили бесперебойную связь и 4G-покрытие на территории 104 кв. км.

5. Разминирование.

Это удивительно, но беспилотники способны не только обнаруживать скрытые от человеческого глаза детали, но и обезвреживать их, если речь идет о заминированных объектах.

И вправду, в 2016 году в Нидерландах беженец из Афганистана Массуд Хассани представил в Сети напечатанный на 3D-принтере прототип беспилотника для обнаружения и ликвидации бомб и иных заряженных частиц. На модели были установлены камера 12 Мп, металлодетектор и роботизированная рука. По замыслу умные встроенные системы дрона создают 3D-карту местности, а металлодетектор обнаруживает мину на высоте 4 см над землей. Далее по команде с пульта ДУ оператор сбрасывает с дрона детонатор, после чего дрон отлетает на безопасное расстояние и активирует взрывчатку.

Заключение

Хотелось бы сказать, что это далеко не полный список, а всего лишь небольшая часть всего того, что люди могут установить на дроны, и каким целям послужат все эти разработки: благим как, например, разминирование различных объектов или совсем иначе, уничтожению различных объектов и людей.

Стоит также добавить, беспилотные летательные аппараты — существенно новое слово в век стремительно развивающихся технологий. Дроны идут в ногу со временем, охватывают не только одно направление, а развиваются сразу в нескольких.

Но все же, несмотря на еще далекие от идеала, по меркам человека, модели в области погрешностей или дальностей полета, БПЛА имеют один огромный и неоспоримый плюс. Дроны, за время их использования сохранили сотни человеческих жизней в решении опасных задач, а это дорогого стоит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс: <https://www.bbc.com/russian/features-544>
2. Электронный ресурс: <https://www.dw.com/ru>
3. Электронный ресурс: <https://meduza.io/feature>
4. Электронный ресурс: <https://function.mill.ru>

WEAPONS FOR DRONES

Bashkirev Stanislav Evgenevich, student.

Tatarov Ivan Viktorovich, teacher.

**Novosibirsk Higher Military Command School, 630117, St. Ivanova 49,
Novosibirsk, Russia.**

Bashkirev S.E., e-mail: bashkirev.stas00@gmail.com

Abstract. The article discusses various types of weapons that can be equipped with unmanned aerial vehicles.

Keywords: UAS, ARMAMENT, TECHNOLOGIES.

УДК 669.1

УПРОЧНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИМПУЛЬСНЫМИ НАГРУЗКАМИ

**Бессонов Виктор Евгеньевич, Милевский Константин Евгеньевич,
к.т.н., доцент**

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Бессонов В. Е., e-mail viktorbessonov800@gmail.com

Милевский К. Е., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Аннотация: в данном докладе показаны существующие методики и средства упрочнения металлов методом газопламенной закалки. Представлена возможность обработки импульсным методом с помощью ВВ (взрывчатые вещества).

Ключевые слова: упрочнение; детонация; давление; импульс.

1. Введение

В настоящее время прослеживается потребность в материалах, сочетающих в себе высокую прочность, коррозионную устойчивость,

жаростойкость. Производство полуфабрикатов и изделий из новых материалов традиционным методом обработки давлением в ряде случаев невозможно или требует мощного дорогостоящего оборудования. Детали и механизмы, агрегатов в процессе их эксплуатации подвергаются различным воздействиям: статическому и динамическому механическому нагружению, трению, нагреву. Результатом этих воздействий являются износ и коррозия деталей, ограничивающие ресурс работы и надежность современных машин и механизмов.

2. Методика экспериментального исследования

Существует большое количество традиционных методов упрочнения (пластическая деформация) и методов закалки (термическая закалка), которые имеют свои особенности, преимущества и недостатки. На сегодняшний день в зависимости от способов нагрева различают несколько видов поверхностной закалки.

Газопламенная закалка.

Разогрев поверхности детали проводится за счет нагрева пламенем газовой горелки.

Достоинства способа: универсальность

Недостатки метода: невысокая производительность, сложность регулирования глубины закаленного слоя и температуры нагрева (возможность перегрева), и как следствие- получение крупного зерна, выгорание углерода, легирующих элементов, возможно отслаивание закаленного слоя.

Упрочнение металлов импульсными нагрузками.

Упрочнение металла при взрывном нагружении существенно отличается от упрочнения в статических (постоянные нагрузки) условиях. Это обусловлено волновым характером распространения возмущения по металлу, кратковременностью процесса и высокими значения приложенного давления.

Опираясь на патент «Устройство для упрочнения металлов энергией взрыва» можно утверждать, что из перспективных способов деформационного упрочнения является воздействие на материалы и сплавы УВ (ударная волна) реализующихся при детонации БВВ. Например, наклеп металла детонацией значительно увеличивает прочность при растяжении, так для мягкой стали прочность может возрасти в два с лишним раза под действием ударной волны порядка 20 ГПа.

УВ обычно генерируются или накладными зарядами ВВ (контактный взрыв заряда). Или соударением метаемого тела с упрочняемой поверхностью металлического материала (удар пластины). Соответственно с этим существуют различные схемы упрочнения металлов взрывом. В настоящее время получили распространение две схемы взрывной обработки материалов: бегущей «косой» и плоской ударной волной.

Преимущество первой схемы, как видно из рисунка(рис.1), (а, в) в том, что здесь не требуется применение специального устройства – генератора плоской волны, и возможна обработка протяженных деталей большой площади.

Основное достоинство второй (б и г)- возможность достижения большего в 1,5-2 раза давления нагружения.

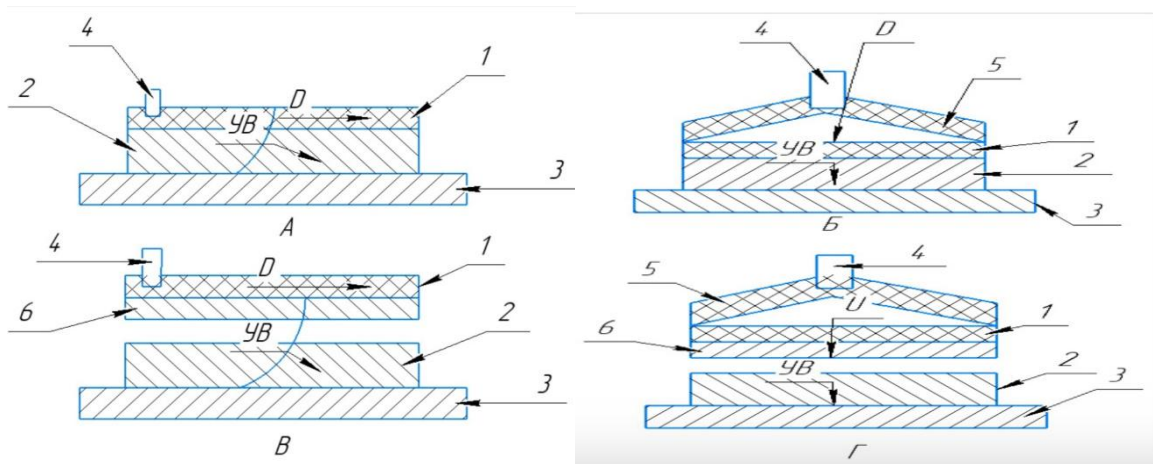


Рисунок 1. Схема упрочнения металла взрывом.

1-заряд пластичного ВВ; 2-упрочняемая деталь; 3-основание;
4-электродетонатор; 5-генератор плоской волны; 6-метаемая пластина-ударник; УВ-упрочняющая ударная волна.

В промышленных масштабах упрочнение обычно осуществляется УВ, образующихся при скользящей детонации тонких слоев пластичных или эластичных ВВ, находящихся в плотном контакте с упрочняемой деталью (рис а) плотность таких ВВ составляет $1,5-1,6 \text{ г/см}^3$, скорость детонации- $7-8 \text{ км/с}$ а достигаемое давление УВ, распространяющихся в стальной детали. $15-20 \text{ ГПа}$.

Для увеличения давления нагружения используют схемы падающей детонационной волной (рис.1.б) при нормальном отражении детонационной волны от границы раздела детонационной волны от границы раздела сталь- ВВ давления УВ достигает $35-40 \text{ ГПа}$

Высокое давление нагружения может быть достигнуто также при нагружении упрочняемой детали ударом металлической пластины, разгоняемой взрывом (рис.1.в и г.)

При скорости стальной пластины-ударника 1500 м/с давление нагружения стальной детали составляет 30 ГПа , при скорости 2000 м/с - 44 ГПа .

Где на практике может применяться данная схема? Схему упрочнения металлов накладными зарядами ВВ применяют в тех случаях, когда не предъявляются высокие требования к точности и чистоте обрабатываемой поверхности, например, для упрочнения рельсов, экскаваторных зубьев, рабочих органов дробилок.

Для увеличения глубины упрочнения применяют схему, при которой детонационная волна движется вдоль поверхности металла. Эта схема более проста и эффективна по сравнению со схемой упрочнения плоской волной.

Достоинства способа: Основным преимуществом упрочнения взрывом являются: равномерность упрочнения по все упрочняемой поверхности, возможность упрочнения криволинейных, труднодоступных внешних и внутренних поверхностей, большие скорости деформации, большая производительность, возможность получения композиционных материалов высокого качества.

Недостатки метода: является возможность образования поверхностных трещин в упрочняемом материале.

Для уменьшения трещинообразования используют передающие среды (вода, масло, песок, резина, пластилин, жидкое стекло) или защитный слой между зарядом ВВ и упрочняемым металлом.

3. Результаты и обсуждения

Данный тип поверхностной обработки металлов действительно может быть применим в промышленных отраслях, так как не требует больших затрат на оборудование, имеет широкое применение и имеет высокую производительность. но при интенсивном ударно волновом нагружении детали возможно ее разрушение отколом в случае отражения упрочняющей ударной волны от свободных поверхностей.

Для предотвращения разрушения отколом и уменьшения остаточных деформаций упрочняемую деталь либо помещают в плотную среду(вода, песок) либо окружают пластинами и кольцами, предохраняющими от откола-«ловушка импульса»

Величина упрочнения, прежде всего, зависит от давления нагружения как показано на рисунке 2.

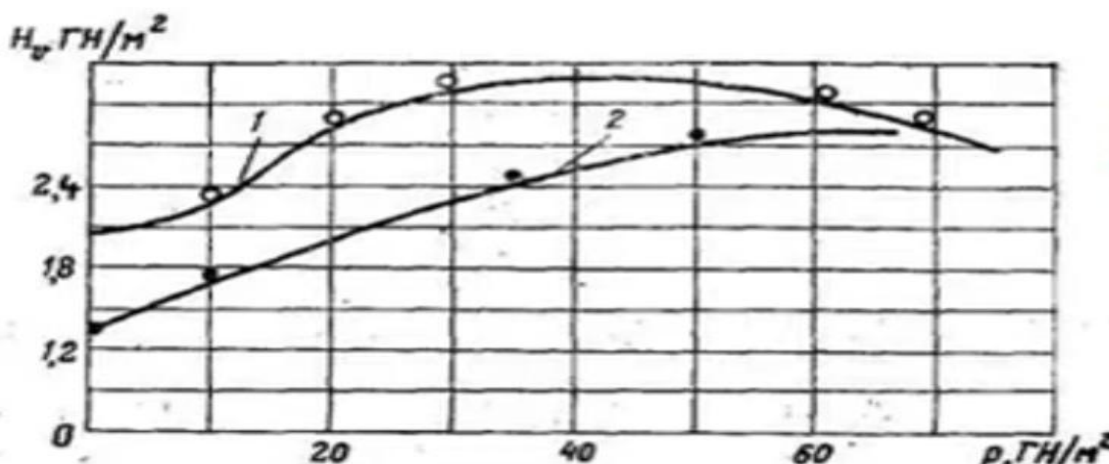


Рисунок 2. Зависимость твердости H_v от p : 1-сталь; 2-никель.

4. Выводы

Таким образом, импульсные нагрузки обеспечивают поверхностное упрочнение металла. Метод используется для увеличения износостойкости сердечников ж.-д. крестовин, зубьев ковшей экскаваторов, щёк и молотков дробилок, вкладышей подшипников и т.д. Срок службы деталей, упрочнённых взрывом, увеличивается в 1,5—2 раза. Взрывная деформация может быть предварительной операцией для последующего изменения структуры металла отжигом. Качество упрочнения зависит от давления на фронте ударной волны и свойств металла. При взрывном упрочнении металла, твёрдость и прочность увеличиваются, пластичность и ударная вязкость уменьшаются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Эксплозивные вещества: учебное пособие/ В.В. Андреев, А. В. Гуськов, К. Милевский.-Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.-342 с.-(Серия «Учебники НГТУ»).
2. Селиванов В.В., Кобылкин И.Ф., Новиков С.А. Взрывные технологии: Учебники для вузов/ Под общей ред. В. В. Селиванова.: Изд-во МГТУ им.Н.Э. Баумана, 2008.-648 с.
3. Патент: Устройство для упрочнения металлов энергией взрыва:/ Кузнецов И.А., Натаров О. В., Ухабин О. А., Козлов С. М. Патентообладатели: Акционерное общество "Государственный научно-исследовательский институт машиностроения имени В.В. Бахирева" (АО "ГосНИИмаш")
Опубликовано: 27.01.2021

STRENGTHENING OF METALS BY PULSE LOADS

Bessonov Viktor Evgenievich, Milevsky K

onstantin Evgenievich, Ph.D., Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa., Novosibirsk,
630073, tel. (913)005-48-19

Bessonov V. E., e-mail viktorbessonov800@gmail.com

Milevsky K. E., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Abstract: This report shows the existing methods and means of hardening metals by immersion hardening, by the method of flame hardening. The possibility of processing by the pulsed method using explosives is presented.

Keywords: hardening; detonation; pressure; pulse.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИРОСОКОПИСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БРОНЕБОЙНОГО ПОДКАЛИБЕРНОГО СНАРЯДА, СТАБИЛИЗИРУЕМОГО ВРАЩЕНИЕМ, ОТ ВЕЛИЧИНЫ УДЛИНЕНИЯ АКТИВНОЙ ЧАСТИ

Быков Артём Александрович, студент;

Знаменский Евгений Александрович, канд. техн. наук, доцент

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНЕМХ» им
Д.Ф. Устинова, 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я
Красноармейская, 1, тел. (812)316-23-94

Быков А.А., e-mail bykov.a.a.1999@gmail.com

Знаменский Е.А., e-mail znamenskii_ea@voentekh.ru

Адрес для корреспонденции: Знаменский Евгений Александрович,

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНЕМХ» им
Д.Ф. Устинова, 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я
Красноармейская, 1, тел. (812)316-23-94

Аннотация: В данной статье представлено исследование коэффициента гироскопической устойчивости снаряда в зависимости от изменяемой величины удлинения и диаметра активной части для 30-мм автоматической пушки 2А42 на основе штатного выстрела ЗУБР8. Уменьшение использования дорогостоящего материала ударника, за счет варьирования величин удлинения и диаметров активной части, позволит не только изменить коэффициент гироскопической устойчивости, а также добиться величины бронепробития, аналогичной штатному снаряду и снизить затраты на производство, что будет оправдано с точки зрения эффективности применения и соотношения «цена-качество»

Ключевые слова: боеприпас, артиллерия, устойчивость на траектории, броневой снаряд

1. Введение

В настоящее время, в подкалиберных броневых боеприпасах, пожалуй, самая важная и наиболее дорогостоящая составляющая – это сердечник из тяжелого сплава, именно от него зависит величина бронепробития. Как известно, чем больше величина удлинения активной части броневых боеприпаса (БПС), тем выше его бронепробитие. Однако очень остро встает вопрос о гироскопической устойчивости такого снаряда на траектории, возможности его разгона и экономической составляющей производства.

2. Методика расчета

В общем случае, все БПС можно представить в виде калиберного ведущего устройства (поддона), в котором размещается снаряд с баллистическим наконечником и метательного заряда, расположенного в гильзе

или картузе. После вылета из канала ствола поддон отделяется и снаряд начинает самостоятельное движение. Схематично такой снаряд представлен на рисунке 1.

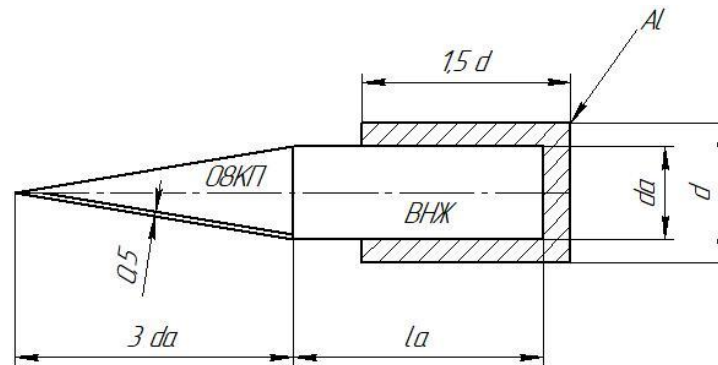


Рис.1. Расчетная схема

где l_a – длина активной части; d_a – диаметр активной части; d – диаметр ведущего устройства. Слева на рисунке изображен баллистический наконечник, который изготовлен из стали 08КП и имеет толщину стенок, равную 0,5 мм.

Устойчивостью на полёте или правильностью полёта снаряда называется свойство вращающегося снаряда двигаться в воздухе без значительных отклонений его оси от касательной к траектории.

На начальных участках траектории правильность полета снаряда оценивается коэффициентом гироскопической устойчивости, который не должен быть меньше допустимого коэффициента гироскопической устойчивости.

Допустимый коэффициент гироскопической устойчивости может быть найден по известным аэродинамическим характеристикам снаряда. Методика расчета гироскопического коэффициента устойчивости и допустимого коэффициента подробно описана в источнике [2].

Введем коэффициент эффективности использования материала. Данный коэффициент помогает определить оптимальное соотношение величины бронепробития к массе тяжелого сплава.

$$K_{\text{эф}} = \frac{b}{M_a} \quad (1)$$

3. Результаты расчета

В таблице 1 приведены результаты расчета коэффициента гироскопической устойчивости и допустимого коэффициента.

Таблица 1-Результаты расчета

Коэффициент гироскопической устойчивости												
d_a \ λ_a	0	6,	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5					
0,020	560	0,	53	0,6	26	0,7	86	0,7	34	0,8	74	0,8
0,018	562	0,	54	0,6	27	0,7	87	0,7	35	0,8	75	0,8
0,016	564	0,	56	0,6	28	0,7	88	0,7	36	0,8	76	0,8
0,014	566	0,	58	0,6	30	0,7	89	0,7	37	0,8	77	0,8
0,012	570	0,	60	0,6	32	0,7	90	0,7	38	0,8	78	0,8
0,010	574	0,	64	0,6	35	0,7	93	0,7	40	0,8	79	0,8
Допустимый коэффициент												
0,020	735	0,	26	0,7	22	0,7	23	0,7	29	0,7	41	0,7
- 0,010												

Исходя из результатов, представленных в таблице 1, можно сделать вывод, что коэффициент гироскопической устойчивости уменьшается, по мере увеличения величины удлинения активной части.

Допустимый коэффициент гироскопической устойчивости будет одинаков для снарядов с изменяемым диаметром активной части при фиксированной величине удлинения, что позволит создать запас по устойчивости для снарядов с малым диаметром активной части и обеспечить увеличение начальной скорости снаряда и, как следствие, бронепробития.

В тоже время, для 30-мм пушки 2А42 существует ограничение по массе снаряда, она не имеет возможности стрелять снарядами массой меньше 300 грамм, что накладывает ограничения на минимальную массу снаряда.

Для более наглядного представления зависимости величины бронепробития от величины удлинения и массы активной части построен график, изображенный на рисунке 2.

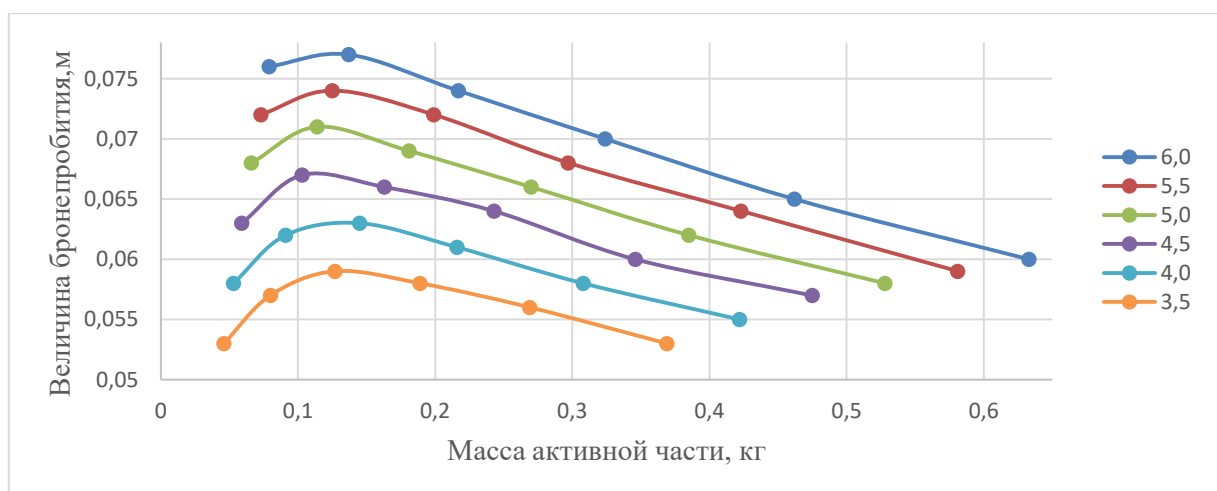


Рис.2. Зависимость величины бронепробития от величины удлинения и массы активной части

4. Выводы

В ходе работы, было выявлено, что для БПС с величиной удлинения от 3,5 до 5,0 включительно, обеспечивается условие устойчивости на начальном участке траектории. Оптимальные значения величины бронепробития находятся в пределах от 100 до 150 грамм, что позволяет добиться максимальной величины бронепробиваемости при минимальном использовании тяжелого сплава. Таким образом, необходимо разработать ведущее устройство, отвечающее ограничениям по минимальной массе снаряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Селиванов В.В. Боеприпасы: в 2 т. 3 -е изд, Б75 испр. – Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019
2. Беляева С.Д., Монченко Н.М., Паршин Ж.П. Внешняя баллистика ч II: Устойчивость движения снарядов. – МО СССР, 1988. – 393 с., 93 ил., 15 табл., библиогр. 50 назв.

INVESTIGATION OF THE COEFFICIENT GYROSCOPIC STABILITY AN ARMOR-PIERCING SUB-CALIBER PROJECTILE, STABILIZED BY ROTATION, FROM THE VALUE OF THE ELONGATION OF THE ACTIVE PART

Bykov Artem Aleksandrovich, student;

Znamenskiy Evgeniy Aleksandrovich, Ph.D, Associate Professor

Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov

Abstract: This article presents an investigation of the coefficient gyroscopic stability the projectile depending on the variable elongation and diameter the active part for the 30-mm Soviet automatic gun 2A42 based on the projectile 3UBR8. Reducing the use of expensive impactor material, due to varying the elongation values and diameters of the active part, will not only change the gyroscopic stability

coefficient, but also achieve an armor penetration value similar to the standard projectile and reduce production costs, which will be justified in terms of application efficiency and the "price-quality" ratio»

Keywords: ammunition, artillery, trajectory stability, armor-piercing projectile

УДК 623.4

ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БРОНЕПРОБИВАЕМОСТИ БРОНЕБОЙНЫХ ОПЕРЕННЫХ ПОДКАЛИБЕРНЫХ СНАРЯДОВ

*Гынгазов Иван Владимирович, студент; Милевский Константин
Евгеньевич, к.т.н. доцент.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр.Карла Маркса 20, тел. (913)005-48-19

Милевский К.Е., e-mail: milevskij@corp.nstu.ru

Гынгазов И.В., e-mail: Ivangyn@mail.ru

Аннотация: в работе рассматриваются способы повышения бронепробиваемости снаряда типа, бронебойно оперенный подкалиберный снаряд (БОПС). Проведен обзор на основные способы повышения бронепробиваемости

Ключевые слова: бронебойный оперенный подкалиберный снаряд, сердечник, конструктивные приемы, калибр, поперечная нагрузка

Недостаточное могущество бронебойных калиберных и подкалиберных снарядов для нарезных орудий в послевоенные годы привела к появлению БОПС. При увеличении удельной нагрузки (то есть удлинение их сердечника при сохранении его массы) в подкалиберных снарядах столкнулись с проблемой потери стабилизации вращением при увеличении длины снаряда свыше 6-8 калибров. Прочность материалов того времени не позволяла более увеличивать угловую скорость вращения снарядов.

В Советском Союзе (и позже России) во второй половине 1950-х годов В. В. Яворским и сотрудниками был развит принципиально новый путь увеличения длины снаряда (то есть его поперечной нагрузки) путём применения стреловидных снарядов, выстреливаемых из гладкоствольных или артиллерийских орудий с пологой нарезкой. Впоследствии от пологой нарезки отказались и перешли на полностью гладкоствольные артиллерийские орудия, которые в настоящее время обеспечивают необходимую кучность стрельбы стреловидными оперенными снарядами [1].

В настоящее время калибры гладкоствольных орудия, используемых для стрельбы БОПС, составляет 115,120,125 мм. Некоторые конструкции БОПС позволяют выстреливать их из нарезных артиллерийских орудий калибров 90, 100 и 105 мм.

Основные преимущества выстрелов с БОПС перед бронебойными калиберными и БПС:

- высокая бронепробиваемость всех типов защиты;
- малое полётное время до цели.

Усиление противоснарядной защиты современных танков, состоящей из сложной и разнесенной комбинированной брони с применением элементов динамической защиты, многослойных сетчатых или ячеистых структур, требует повышения эффективности действующих по такой броне танковых бронебойных подкалиберных снарядов [1].

Так, в последние годы БОПС в значительной степени вытеснили из боекомплектов танков кумулятивно-осколочные снаряды за счёт ряда преимуществ перед последними:

- относительно слабая чувствительность БОПС в сравнении с кумулятивными БП к различного рода деструктивным воздействиям со стороны броневой защиты за счёт ее многослойности, разнесенности и наличия ДЗ (динамической защиты);
- более мощное заброневое действие БОПС по сравнению с кумулятивными снарядами;
- слабая зависимость бронепробивной способности срабатывающих моноблочных сердечников от углов встречи с броней, вплоть до углов в 50° [2].

Основными направлениями увеличения бронепробиваемости подкалиберных снарядов являются:

- Повышение начальных скоростей метания снарядов;
- Увеличение поперечной нагрузки (отношение массы активной части снаряда к площади его поперечного сечения) активной части снаряда;
- Конструктивные и технологические приемы [2].

Повышение начальной скорости метания снарядов может осуществляться за счет:

- совершенствования метательных зарядов и улучшения параметров внутренней баллистики, таких как калибр орудия, объем камеры, масса снаряда, масса порохового заряда и т.д. (однако считается, что этот путь скоро достигнет своего предела в рамках калибров 120...125 мм);
- применение жидких метательных веществ (рис.1), что может привести к увеличению начальной скорости до 2000 м/с и более.

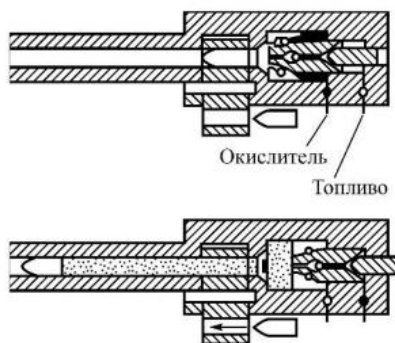


Рис.1. Пушка с двухкомпонентным ЖМВ

- минимизация массы частей снаряда, непосредственно не участвующих в процессе бронепробития (в частности применение легких высокопрочных материалов для ведущего устройства (снаряд М829А2, США))

Увеличение поперечной нагрузки активной части снаряда – один из самых надежных способов сосредоточения максимума кинетической энергии на минимальной площади контакта БОПС с преградой и, как следствие повышение бронепробиваемости. Такой способ может быть осуществлен с помощью удлинения (отношения длины сердечника к диаметру) или плотности активной части снаряда.

К конструктивным приемам относят перераспределение массы снаряда вдоль его корпуса, в частности сегментирования снаряда:

1. Сегментирование из отдельных элементов, расположенных вплотную без скрепления между собой (патент Франция 2529320, ЕПВ(Европейское патентное агентство) 0088798, рис.2, а);
2. Сегментирование из отдельных элементов, разделенных вдоль оси снаряда воздушными промежутками или вкладышами из пластичного материала (патент США 4108072, рис.2, б) .

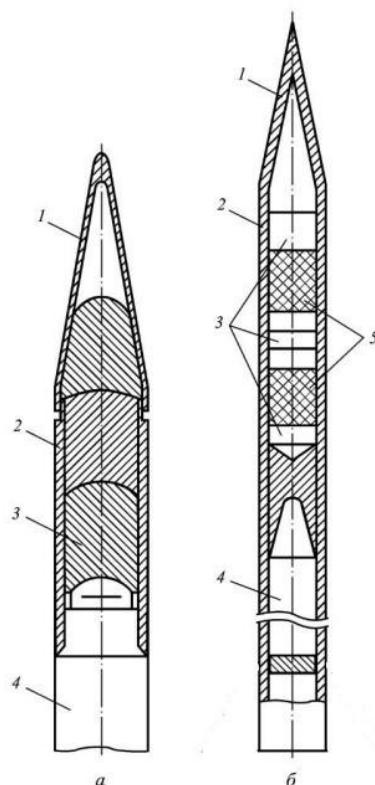


Рис.2. Снаряды в виде отдельных последовательно расположенных элементов-вплотную(а) и с промежутками(б):
1-баллистический наконечник; 2-корпус; 3-бронепробиваемые элементы(сегменты); 4-бронепробиваемый сердечник; 5-вкладыши из пластичного материала

При взаимодействии отдельного сегмента и преграды(рис.3) формируются мощные УВ. Материалы преграды и элемента приобретают радиальную скорость, что приводит к образованию каверны. На следующем этапе формируются волны разгрузки, разрушающие преграду и элемент снаряда и

выносящие разрушенный материал из каверны. Следующий элемент ударяет по дну сформированной предыдущим элементом каверны.

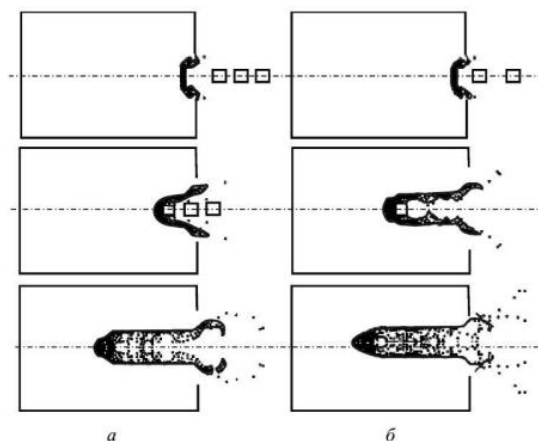


Рис.3 Проникновение сегментированного снаряда с зазором между элементами, равными одному (а) и двум его диаметрам (б)

В дополнение, к конструктивным приемам можно отнести особые формы сердечника:

- Сердечник с расположенной эллипсоидной полостью, которая выполнена с возможностью образования кумулятивной струи в момент прохождения снаряда в броню и обеспечения дальнейшего ее пробития, при этом эллипсоидная полость облицована медью (рис.4). [3].

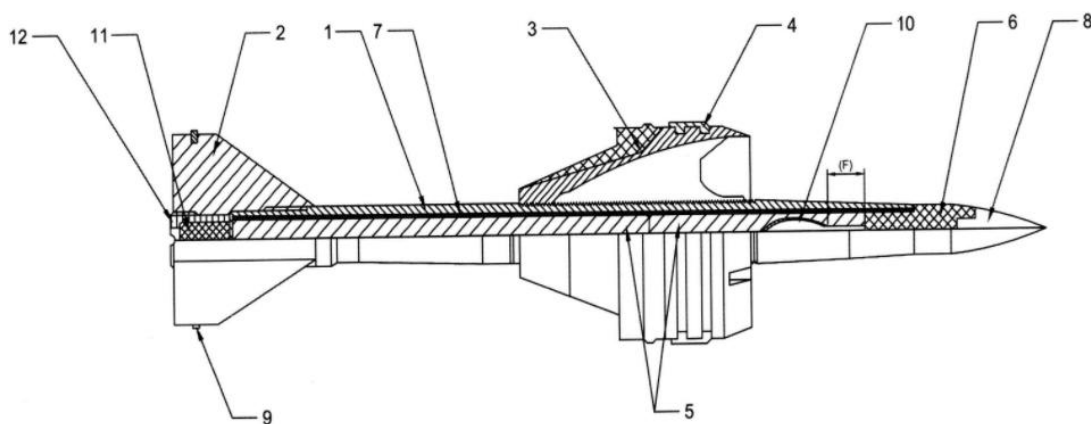


Рис.4 Бронебойный оперенный подкалиберный снаряд : 1 - корпус снаряда, 2 - калиберный стабилизатор, 3 - obturator, 4 - obturiрующий пояс, 5 - первый и второй сердечники, 6 - демпфер, 7 - рубашка из легкоплавкого сплава, 8 - баллистический наконечник, 9- центрирующие штифты, 10 - эллипсоидная полость облицованная пластичным материалом (медь), 11 - трассер, 12 - гайка трассера

Технологическим приемом является придание сердечнику дифференцированных свойств по длине (повышенная твердость передней части), что обеспечивает рациональное расходование массы сердечника на разных стадиях пробития.

Вывод: В настоящее время один из наиболее перспективных способов повышения могущества БОПС – это увеличение поперечной нагрузки. Наиболее приоритетным направлением развития бронебойных оперенных

подкалиберных снарядов является поиск и реализация новых конструктивных и технологических приемов, обеспечивающих максимальную длину срабатывающегося корпуса, что, в свою очередь, может повысить их бронепробиваемость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабкин А.В. (ред.) Средства поражения и боеприпасы, Т.1, Изд. МГТУ им Н.Э. Баумана, 2016 – 976 с.
2. Григорян В.А., Белобородько А.Н., Дорохов Н.С. и др.; Под ред. Григорян В.А.-М: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006 Частные вопросы конечной баллистики. – 583 с.
3. Пат. 186149 Российская Федерация, МПК F 42 В 12/10. Бронебойный оперенный подкалиберный снаряд/А. В. Гуськов, К.Е. Милевский, В.П. Халеменчук; заявитель и патентообладатель НГТУ. – № 2018125161; заявл. 09.07.2018; опубл. 11.01.2019, Бюл. № 2.

OVERVIEW OF WAYS TO INCREASE ARMOR PENETRATION OF ARMOR-PIERCING FEATHERED SUB-CALIBER PROJECTILE

Gyngazov I.V., student; Milevsky K.E., Ph.D. assistant professor.

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, tel. (913)005-48-19

Milevsky K.E., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Gyngazov I.V., e-mail ivangyn@mail.ru

Annotation

In this paper, methods for increasing the armor penetration of a projectile of the type, armor-piercing feathered sub-caliber projectile (APFSDS). The overview of the main ways to increase armor penetration is compiled.

Keywords

Armor-piercing feathered sub-caliber projectile, core, design techniques, caliber, transverse load

УТИЛИЗАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ПРИ ПОМОЩИ ЭФФЕКТА ДЖАНИБЕКОВА В.А.

*Дьяковский Михаил Андреевич, студент; Милевский Константин
Евгеньевич, к.т.н. доцент.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр.Карла Маркса 20, тел. (913)005-48-19

Милевский К.Е., e-mail: milevskij@corp.nstu.ru

Дьяковский М.А., e-mail: Lukskei@mail.ru

Аннотация: в работе рассматриваются: проблема космического мусора, причины его появления, возможные последствия и методы его утилизации при помощи эффекта Джанибекова.

Ключевые слова: космический мусор. Эффект Джанибекова. Внешняя баллистика. Нутационно-прецессионное движение.

Хотелось бы затронуть такую проблему как космический мусор. С момента запуска первого спутника прошло менее ста лет. Этого времени человечеству хватило, чтобы превратить орбиту планеты в огромную технологическую свалку. Космический мусор стал глобальной проблемой, способной помешать дальнейшему использованию околоземного пространства. Мусор на орбите – это совокупность нефункционирующих искусственных объектов и их фрагментов на околоземной орбите.

На околоземной орбите находится самая большая часть космического мусора. Определить точно, сколько нежелательных объектов летает на орбите, практически невозможно. Обломки постоянно сгорают в атмосфере, фрагментируются, космические аппараты регулярно выходят из строя, увеличивая количество мусора. Кроме того, отслеживать небольшие фрагменты технически сложно. Сегодня на орбите летает тысячи опасных объектов крупного размера и миллионы мелких фрагментов, а общая масса мусора в околоземном пространстве оценивается от 6 до 7,5 тыс. тонн.

Основные источники засорения орбиты:

- работающие аппараты – 6%;
- выведенные из эксплуатации – 22%;
- разгонные блоки и ступени – 17%;
- технологические элементы, отходы, сопутствующие запускам, фрагменты и обломки – 55%.

Мусор обладает неприятной особенностью: он способен воспроизводиться прямо на орбите. Крупные обломки фрагментируются и образуют миллионы мелких осколков.

Опасность космического мусора. Наибольшую опасность обломки спутников и ракет представляют для работающих аппаратов. В космосе нет

силы трения, и тела движутся по орбите планеты с огромной и постоянной скоростью.

Космический мусор опасен и для обитателей планеты. Если проблему не решить, то скопление мертвой техники сделает полеты невозможными. Человечеству придется забыть об использовании спутников – мы можем оказаться без связи, интернета, телевидения, прогнозов погоды и других полезных вещей.

Способы решения проблемы. Все существующие и перспективные пути решения проблемы космического мусора вокруг Земли можно разделить на две большие группы: профилактика и уборка.

К профилактическим мерам относят:

- снижение веса запускаемых аппаратов;
- усиление защиты;
- увеличение срока эксплуатации;
- обязательная утилизация космических аппаратов;
- повышение маневренности.

Такие решения способны замедлить дальнейшее «замусоривание» пространства, но они не уберут объекты, уже находящиеся там. Поэтому хотелось бы рассмотреть варианты сортировки и уборки мусора на орбите.

Теорема промежуточной оси в классической механике — утверждение о неустойчивости вращения твёрдого тела относительно второй главной оси инерции. Является следствием законов классической механики, описывающих движение твёрдого тела с тремя различными главными моментами инерции. Проявление теоремы при вращении такого тела в невесомости часто называют эффектом Джанибекова, в честь советского космонавта Владимира Джанибекова, который заметил это явление 25 июня 1985 года во время миссии по спасению космической станции "Салют-7".

Теорема описывает следующий эффект: вращение объекта относительно главных осей с наибольшим и наименьшим моментами инерции является устойчивым, в то время как вращение вокруг главной оси с промежуточным моментом инерции – нет.

На Земле этот эффект можно увидеть с помощью такого эксперимента: возьмите за ручку теннисную ракетку и попытайтесь подбросить её в воздух так, чтобы она выполнила полный оборот вокруг оси, проходящей в плоскости ракетки перпендикулярно рукоятке, и поймайте за ручку. Почти во всех случаях ракетка выполнит пол-оборота вдоль продольной оси и будет «смотреть» на вас другой стороной. Если подбрасывать ракетку и закручивать её по другим осям, то ракетка сохранит свою ориентацию после полного оборота.

Эксперимент может быть выполнен с любым предметом, который имеет три различных момента инерции, например с книгой или пультом дистанционного управления. Эффект возникает, когда ось вращения немного отличается от второй главной оси предмета; сопротивлением воздуха или гравитацией можно пренебречь.

Называть устойчивыми вращения вокруг осей с максимальным и минимальным моментом инерции всё же неправильно, учитывая реальные физические тела. Если существуют какие-либо силы, способные рассеивать энергию вращения, например приливные, тело со временем будет вращаться только вокруг оси с максимальным моментом инерции. Так вращаются все астероиды и планеты, включая Землю. Поэтому спекуляции о возможном повороте оси вращения Земли необоснованны. Вращение снаряда описывает нутационно-прецессионное движение, тот же самый эффект наблюдается в космосе (эффект Джанибекова)

В пример можно привести запуск спутника «Эксплорер-1» - искусственный спутник Земли. Для запуска была создана форсированная версия баллистической ракеты «Редстоун» (Redstone), названная «Юпитер-С» (Jupiter-C), первоначально предназначавшаяся для испытания уменьшенных макетов боеголовок и отличавшейся от прототипа удлинёнными баками и форсированным двигателем.

По проекту спутник должен был раскрутиться вокруг первой оси и таким образом стабилизироваться, но уже через несколько часов после выхода на орбиту он начал кувыркаться. Проблема оказалась в гибких антеннах, которые изгибались в разные стороны, тем самым снизили кинетическую энергию спутника на столько, что спутнику пришлось перейти на вращение оси с максимальным моментом инерции.

Тот же самый эффект наблюдается во внешней баллистике.

$$\frac{B}{A} = \frac{\text{Экв. момент энергии цилиндра}}{\text{Осевой момент инерции системы (цилиндр + обойма)}}$$

$$6 \leq \frac{B}{A} \leq 12$$

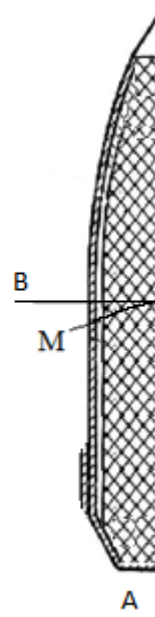


Рис.1 Осколочно-фугасный снаряд повышенной точности.

Если отношение экваториального момента инерции цилиндра к осевому моменту инерции системы (цилиндра + обоймы) снаряда не попадает в промежуток от 6 до 12, снаряд начинает кувыркаться, как видно из рисунка 1. Этот эффект схож с эффектом Джанибекова. Данный снаряд полностью совпадает с нормальными характеристиками снаряда, кроме центра масс.

Эффект, рассматриваемый во внешней баллистике, более точно подходит к явлениям, которые считаются браком, так как не соответствует требованиям

стрельбы.

В одной системе координат это брак, в другой системе координат этот эффект можно назвать положительным. Поэтому при проведении экспериментов стоит обращать внимание даже на испытания, которые были отбракованы. Так как в них может содержаться потенциал для других задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Космический мусор — угрозы мнимые и реальные. Инфографика от РИА Новости, 2012г.
2. Сивухин Д. В. § 53, Тензор и эллипсоид инерции; § 54, Вращение твердого тела по инерции вокруг неподвижной точки // Общий курс физики. — М.: Наука, 1979. — 520с.
3. Взрывная сварка // Большая советская энциклопедия: / гл. ред. А. М. Прохоров. - 1969г. – 608с.
4. Шапиро Я.М. Внешняя баллистика - М: Оборонгиз, 1946г - 408с.
5. Беневольский С.В., Бурлов В.В., Казаковцев В.П. и др. под ред. Лысенко Л.Н. Баллистика: Учебник. – Пенза: ПАИИ, 2005. – 510с.

UTILIZATION OF SPACE DEBRIS USING THE DZHANIBEKOV V.A. EFFECT.

*Mikhail A. Dyakovsky, student; Konstantin E. Milevsky, Candidate of
Technical Sciences, Associate Professor.*

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl
Marx, 20, tel. (913)005-48-19

Milevsky K.E., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Dyakovsky M.A., e-mail: Lukskei@mail.ru

Annotation: The paper considers: the problem of space debris, the causes of its occurrence, possible consequences and methods of its disposal using the Dzhanibekov effect.

Keywords: Space junk. The Dzhanibekov effect. External ballistics. Nutation-precession movement.

О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИМПУЛЬСА ОТДАЧИ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ИЗ СТВОЛЬНОГО ОРУЖИЯ

Кауркин Андрей Егорович¹, студент; Тюрин Александр Васильевич¹, кандидат технических наук, доцент; Филиппов Павел Сергеевич², инженер-технолог

¹ КГТА им. Дегтярёва, 601910, Россия, г. Ковров, ул. Маяковского, 19

² «Ковровский механический завод», 601909, Россия, г. Ковров, ул. Социалистическая, 26

Тюрин А.В., e-mail turin@dksta.ru

Кауркин А.Е., e-mail kasimov.andrey1@yandex.ru

Филиппов П.С., e-mail turin@dksta.ru

Адрес для корреспонденции: Тюрин А.В., КГТА им. Дегтярёва, 601910, Россия, г. Ковров, ул. Маяковского, 19

Аннотация: исследуется возможность уменьшения импульса отдачи при стрельбе из ствольного оружия с помощью спирального дульного газового устройства (ДГУ), которое использует энергию порохового газа на компенсацию энергии отдачи. При этом направление вектора скорости газопорохового потока в ДГУ изменяется на 180° и осуществляется его разгон до предельной возможной скорости. В сумме ствол и ДГУ представляют собой реактивный двигатель с обратным вектором тяги. Вследствие преобразования внутренней энергии газопорохового потока в кинетическую давление и температура в нём уменьшается, а, следовательно, снижаются свечение пламени выстрела и уровень шума выстрела.

Ключевые слова: ДГУ, газовый поток, энергия отдачи, диффузор, дульный тормоз.

Введение

При стрельбе из ствольного оружия энергия, получаемая в результате сжигания топлива, расходуется на совершение полезной работы – сообщение кинетической энергии метаемому телу и совершение второстепенных работ, а остальная часть выбрасывается в окружающую среду в виде сильно разогретого газового потока. Термический коэффициент полезного действия (к.п.д) в ствольном оружии составляет 20-40%. Избыточная энергия энергоносителя создаёт импульс отдачи и демаскирующие факторы выстрела – звук и свечение пламени выстрела. В этой связи, весьма актуальной задачей является эффективная утилизация этой энергии с целью максимально возможного уменьшения энергии отдачи оружия, при том что попутно, за счёт энергетического обеднения потока, обеспечивается снижение уровня указанных демаскирующих факторов.

Одним из способов утилизации энергии, выбрасываемой в окружающую среду – это направление её на компенсацию энергии отдачи. Для этого

необходимо направить газовый поток, истекающий из канала ствола в сторону противоположную вектору скорости метаемого тела, и при этом разогнать поток до максимально возможной скорости, чтобы обеспечить равенство импульсов метаемого тела и потока порохового газа.

1. Экспериментальное исследование

Наиболее простой способ осуществить разгон потока – сделать достаточно длинный диффузор, в соответствии с рисунком 1.

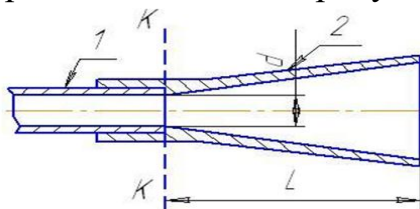


Рисунок 1. Схема выпуска газа. 1 - ствол, 2 - диффузор, К-К - критическое сечение.

Практически осуществить задачу разгона потока с его поворотом на 180° возможно с помощью дульного газового устройства (ДГУ) представленного на рисунке 2.

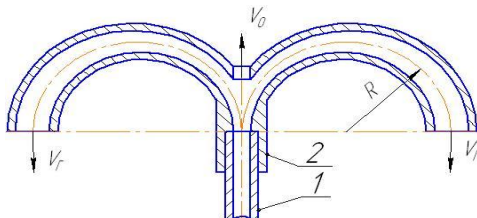


Рисунок 2. Реактивное ДГУ: 1 - ствол; 2 - диффузор.

В соответствии с третьим законом Ньютона при балансе импульсов, то $q \cdot v_0 = m_2 \cdot v_2$, где m_2 – масса порохового газа, вектор скорости которого противоположен по направлению вектору v_0 ; если нет утечки порохового газа через снарядное отверстие, m_2 равна массе заряда w .

Так как масса заряда задана и в большинстве случаев намного меньше массы снаряда то, чтобы обеспечить это равенство, необходимо чтобы $v_2 \gg v_0$. Принципиально, добиться соблюдения этого равенства возможно, если истекающий из канала ствола пороховой газ от дульного среза запустить в диффузор с плавным изменением направления вектора скорости на 180° в соответствии с рисунком 2.

Поперечный размер ДГУ представленного на рисунке 2 исходя из условия неторможения газопорохового потока составляет около 200 калибров

Резюмируя: ДГУ вместе со стволом представляет собой реактивный двигатель с обратным вектором тяги.

С целью уменьшения габаритов ДГУ осуществляется свертка диффузора в спираль. Конструктивная схема спирального ДГУ представлена на рисунке 3.

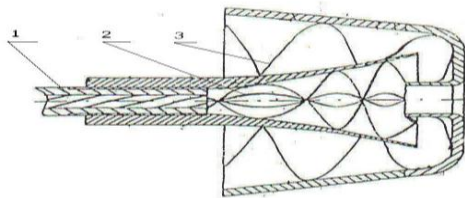


Рисунок 3. Спиральный ДГУ: 1 - ствол, 2 - внутренняя спираль, 3 - внешняя спираль.

ДГУ структурно состоит из двух частей: внутренней 2 и внешней 3 спиралей, соединенных между собой так, чтобы были образованы сквозные каналы от дульного среза до выхода из ДГУ, представляющие собой диффузоры. Спирали представляют собой геликоиды вращения с переменным шагом и диаметром. На внутренней спирали движение газового потока преобразуется из поступательного во вращательное, а на внешней – из вращательного в поступательное. При этом вектор скорости газа по абсолютной величине плавно увеличивается от V_D до V_G , а его направление меняется на противоположное. На внутренней спирали за счет центробежных сил происходит отсос газа из центральной области (т.е. образуется газовая центрифуга, с вращением около 1 млн.об/мин.), что снижает утечку газа в направлении стрельбы.

С увеличением V_G температура газового потока уменьшается, т.к. тепловая энергия преобразуется в кинетическую.

Экспериментальная оценка спирального ДГУ, выполненного по патенту [1], была проведена на пулемёте ПКМ и получены следующие результаты по функциям.

1) Дульный тормоз – максимальная импульсная эффективность $\mathcal{E}_1 = 0,69$ (у лучших существующих активных дульных тормозов в оружии под данный патрон импульсная эффективность не более 0,3).

Для увеличения эффективности необходимо увеличивать отношение ω/q . При $\omega/q=0,6$ и более возможна полная компенсация импульса отдачи или получение отдачи вперёд. Измеренные величины энергии отдачи хорошо согласуются с теоретическими оценками

2) Глушитель – снижение уровня шума в зоне стрелка (по сравнению со штатным пулеметом) составило около 7 Дб. (оценка субъективная).

3) Пламегаситель – истечения газа в направлении стрельбы (за пулей) практически нет. Экспериментально полученные величины температуры газа и её теоретические оценки в выхлопе из ДГУ совпадают (в пределах погрешности измерений). (см. рис.4)



Рисунок 4. Стрельба из ПКМ: 1 - со штатным пламегасителем, 2 - со спиральным ДГУ.

4) Компенсатор – есть возможность компенсации любого момента путем задания соответствующего направления выхлопа.

5) Локализатор – выхлоп осуществляется в любую заранее заданную зону.

6) В отличии от существующих ДТ спиральный ДГУ на параметры внутренней баллистики влияния не оказывает (не увеличивает загазованности боевого отделения).

7) Ограничений, по применению спирального ДГУ в зависимости от калибра, не установлено.

С использованием экспериментальных данных была приведена теоретическая оценка возможностей спирального ДГУ по сравнению с обычными дульными тормозами для основных отечественных патронов стрелкового оружия. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица №1
Результаты теоретической оценки.

Патрон	Масса пули q , г.	Масса заряда ω , г.	Нач. скорость V_0 , м/с.	V_T в выхлопе спирального ДГУ, м/с	Полный импульс отдачи без ДГУ, J , н·с.
5,45×39	3,5	1,4	870	1532	4,87
7,62×54	9,6	3,13	820	1443	11,73
12,7×108	4,6	16	820	1445	57,4
14,5×114	64	30,5	950	1673	104,27
23 ГШ	190	36	740	1303	180,56
23 ВЯ	190	68	920	1620	271,4
30 ГШ	480	117	780	1373	511,26

2. Выводы:

1. Анализ результатов расчета, приведенные в таблице, показывает, что при использовании реактивного ДГУ на более мощном оружии можно получить меньший импульс отдачи.

2. Для того, чтобы вообще ликвидировать импульс отдачи, нужно увеличить массу заряда, чтобы отношение массы заряда к массе снаряда была не меньше 0,6, при этом увеличивается V_0 и снижается импульс отдачи.

3. Для уменьшения импульса отдачи до нуля необходимо совместное проектирование «патрон – оружие», а не проектирование оружия под заданный патрон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на изобретение RU №2228504, МПК⁷ F41A 2/00
2. Надульное устройство ТМТ-2/Тюрина О. И., Молокин Ю. В., Тюрин А. В. (RU); заявка №200310564 от 30.01.2003; опубли. 10.05.2004; Бюлл. №13 / Открытия. Изобретения – 2004 №13 с. 23

ON THE POSSIBILITY OF REDUCING THE RECOIL PULSE WHEN FIRING FROM A BARREL WEAPON

Kaurkin Andrey Yegorovich¹, student; Tyurin Alexander Vasilyevich¹, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor; Filippov Pavel Sergeevich², Process Engineer

1 KGTA im. Degtyareva, 601910, Russia, Kovrov, Mayakovsky str., 19
2 "Kovrov Mechanical Plant", 26 Sotsialisticheskaya str., Kovrov, 601909, Russia

Tyurin A.V., e-mail turin@dksta.ru

Kaurkin A. E., e-mail kasimov. andrey1@yandex.ru

Filippov P. S., e-mail turin@dksta.ru

Address for correspondence: Tyurin A.V., KGTA im. Degtyareva, 601910, Russia, Kovrov, Mayakovsky str., 19

Abstract: The possibility of reducing the recoil pulse when firing from a barrel weapon using a spiral muzzle gas device (DGU), which uses the energy of the powder gas to compensate for the recoil energy, is investigated. In this case, the direction of the velocity vector of the gas-powder flow in the DSU changes by 180 and its acceleration to the maximum possible speed is carried out. In total, the barrel and the DGU are a jet engine with a reverse thrust vector. Due to the conversion of the internal energy of the gas-powder flow into kinetic energy, the pressure and temperature in it decreases, and, consequently, the glow of the flame of the shot and the noise level of the shot decrease.

Keywords: DGU, gas flow, recoil energy, diffuser, muzzle brake.

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПУЛИ

Кауркин Алексей Егорович, студент; Тюрин Александр Васильевич, доцент;

КГТА им. Дегтярёва, 601910, Россия, г. Ковров, ул. Маяковского, 19

Тюрин А.В., e-mail turin@dksta.ru

Кауркин А.Е., e-mail kasimov.alex1@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: *Тюрин А.В.*, КГТА им. Дегтярёва, 601910, Россия, г. Ковров, ул. Маяковского, 19

Аннотация: Исследуется возможность создания универсальной пули, совмещающей взаимоисключающие свойства: бронепробиваемость, зажигательное действие, параметры рассеивания на уровне снайперских патронов. Конструкция пули и характер её взаимодействия с преградой существенно отличается от пуль существующих патронов. Результаты приведённых экспериментов показывают, что в предлагаемой пуле пробивным элементом является спиральная кумулятивная струя, образующаяся из наполнителя корпуса пули. Приводится результат сравнительных испытаний патронов с опытной и штатных патронов для пулемёта ПКМ.

Ключевые слова: Пуля, пробоина, патрон, оболочка, бронепробиваемость.

Введение

В настоящее время патроны в зависимости от их назначения комплектуются различными пулями:

- бронепробиваемые (имеют стальной сердечник)
- зажигательные (имеют зажигательный состав)
- снайперские (чаще всего двухэлементные – оболочка со свинцовым наполнителем)

Патронов, совмещающих эти взаимоисключающие свойства, в настоящее время нет.

3. Экспериментальное исследование

Для создания патрона совмещающего указанные выше свойства прилагается создать патрон [1], конструкция которой представлена на рис.1.

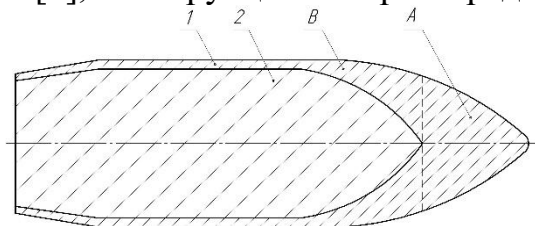


Рисунок 5. Схематическая конструкция пули: 1 - корпус; 2 - свинцовый наполнитель (сердечник); А - твёрдая хрупкая зона корпуса (носик); В - зона

корпуса с такими же механическими характеристиками, как у оболочки обычной пули.

С целью оценки свойств опытного патрона с двухэлементной пулей (рис.1) был проведён ряд экспериментов стрельбой.

1. Оценка бронепробиваемости.

Стрельба проводилась по листу из материала «Сталь 10» толщиной 10 мм. Результаты эксперимента «пробитие-непробитие» предоставлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента «Пробитие - не пробитие».

Дистанция стрельбы, м	Виды патронов калибра 7,62 мм	Начальная скорость пули, м/с	Материал преграды	
			Кол-во выстр.	Кол-во пробит.
100	57-Н-323С	825	2	0
200	57-Н-323С	825	2	0
300	Опытный	797	4	4
	7Н13	834	4	4
400	Опытный	797	6	3
	7Н13	834	4	3
500	Опытный	797	6	2
	7Н13	834	5	1
600	Опытный	797	2	2
	7Н13	834	1	1

2. Оценка зажигательного действия

На опытном патроне калибра 7,62 мм перед преградой и за преградой была вспышка пламени, которая фиксировалась видеокамерой. На патронах 7Н13 и 57-Н-323С вспышек пламени нет.

3. Характеристики рассеивания, как и ожидалось, на опытном патроне были хуже, чем на патроне 7Н13, т.к. технология изготовления опытного патрона была далека по качеству от технологии изготовления серийных патронов, а именно: корпус пули изготавливался точением на токарном станке с точностью существенно уступающей методу получения оболочки пули штамповкой; условия запрессовки пули в гильзу были далеки от совершенства.

4. Характер пробойны.

Пробойна в стальном листе от опытного патрона представляет собой отверстие диаметром 12÷14 мм.

Пробойна в стальном листе от патрона 7Н13 представляет собой отверстие равное диаметру сердечника ~ 6,5÷7,0 мм.

5. Запреградное действие.

Для оценки запреградного действия за мишенью (стальным листом) устанавливалась бумажная мишень (лист ватмана) согласно рис.2.

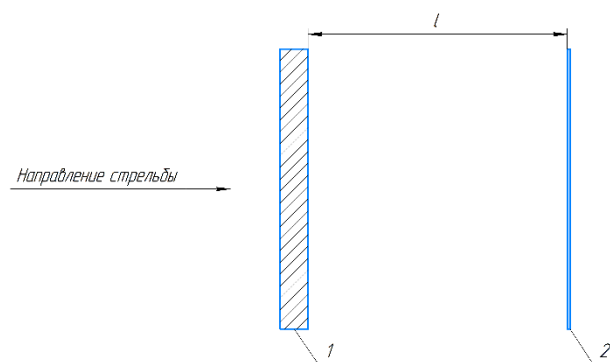


Рисунок 6. Мишень для оценки запреградного действия: 1 - мишень (стальной лист); 2 - лист ватмана

При стрельбе патроном 7Н13 на листе ватмана была пробоина различной формы (чаще по форме близкая к кругу с диаметром примерно равным диаметру пробоины на мишени).

При стрельбе опытным патроном на листе ватмана было множество мелких пробоин, но все они вмещались в круг, диаметр которого зависел от расстояния между мишенью и листом ватмана. При $l = 0,3$ м диаметр составлял около 80÷85 мм.

6. Эксперимент, направленный на выработку гипотезы взаимодействия опытной пули с преградой.

Эксперимент заключался в создании предельных условий «пробитие-непробитие» и оценке результатов полученных при этих условиях.

При стрельбе патроном 7Н13 на пределе пробития сердечник пули выставлялся с задней стороны мишени (т.е. застревал в ней), причём отверстие в мишени было таким же как и при полном пробитии.

При стрельбе опытным патроном форма отверстия в мишени представлена на рис. 3.

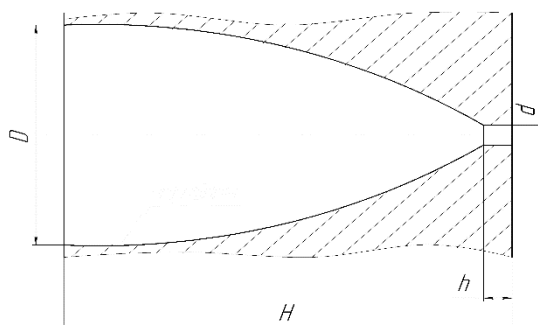


Рисунок 7. Форма пробоины в продольном сечении при неустойчивом пробитии: D - наибольший диаметр пробоины (диаметр спирали 12-14 мм); d - наименьший диаметр пробоины (диаметр струи 2-2,5мм); H - толщина преграды; h - толщина слоя преграды с наименьшим диаметром пробития d .

Для установления физики процесса за преградой ставили лист ватмана, согласно рис. 2 на расстоянии 0,5 м и 1 м. На ватмане было множество мелких пробоин (сита). Диаметр сита зависел от расстояния l .

Анализ результатов показывает, что из отверстия в мишени диаметром d вылетает множество мелких элементов, имеющих в пространстве форму

конуса.

7. Предполагаемая физическая модель взаимодействия опытной пули с преградой.

7.1. Перед преградой и за ней имеет место достаточно сильная вспышка, значит свинцовый наполнитель сильно разогрет.

7.2. При высокой температуре свинец переходит в жидкую фазу и дает на листе ватмана за мишенью много мелких пробоев (от брызг жидкости)

7.3. Получаемый конус жидкой свинцовой струи свидетельствует о вращательном движении струи диаметром d .

7.4. В опытной пуле (гипотеза) пробивным элементом является вращающаяся струя из жидкого свинца, предположительная форма которой представлена на рис. 4.

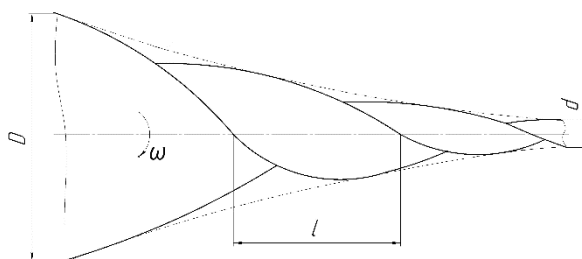


Рисунок 8. Предположительная форма струи в профиль

7.5. Пуля опытного патрона является кумулятивной со спиральной струей, создаваемой кинетической энергией пули

Вывод

Создание универсального патрона с взаимоисключающими свойствами возможно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент на изобретение RU №2287769, МПК⁷ F42В 12/04 Оболочка пули и способ её изготовления/Тюрин А. В. (RU); заявка №2004112115/02 от 20.04.2004; опубл. 20.11.2006 г.; Бюлл. №32 / Открытия, Изобретения – 2006

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING A UNIVERSAL BULLET

Alexey Kaurkin, student; Alexander Tyurin, Associate Professor;
KGTA im. Degtyareva, 601910, Russia, Kovrov, Mayakovsky str., 19

Tyurin A.V., e-mail turin@dksta.ru

Kaurkin A. E., e-mail kasimov.alex1@yandex.ru

Address for correspondence: Tyurin A.V., KGTA im. Degtyareva, 601910,
Russia, Kovrov, Mayakovsky str., 19

Annotation: The possibility of creating a universal bullet that combines

mutually exclusive properties: armor penetration, incendiary effect, and dispersion parameters at the level of sniper cartridges is investigated. The design of the bullet and the nature of its interaction with the barrier is significantly different from the bullets of existing cartridges. The results of the above experiments show that in the proposed bullet, the piercing element is a spiral cumulative jet formed from the filler of the bullet body. The result of comparative tests of cartridges from the experimental and standard cartridges for the РСМ machine gun is given.

Keywords: Bullet, hole, cartridge, shell, armor penetration.

УДК 623.454. 52

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОГНЕМ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

Комендантов Артемий Павлович, курсант

Самойлов Леонид Александрович, доцент,

Новосибирское высшее военное командное училище, 630117, Россия,
г. Новосибирск, ул. Иванова, 49

Самойлов Л.А., e-mail lenya.samoylov.1958@mail.ru

Комендантов А.П., e-mail artemkom26@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Самойлов Леонид Александрович,

Новосибирское высшее военное командное училище, Россия,
630117, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49, тел 8(383)332-50-45.

Аннотация: В работе показаны основные направления развития систем управления огнем (СУО) объектов бронетанкового вооружения. Внедрение унифицированной автоматической высокоточной СУО позволяет существенно повысить эффективность вооружения объектов бронетанкового вооружения и обеспечить поражение различной номенклатуры целей в сложных метеорологических и топогеодезических условиях, с места, с ходу и на плаву, днем и ночью на всех дальностях применения оружия.

Ключевые слова: система управления огнем, объект бронетанкового вооружения, баллистический вычислитель.

Одним из основных факторов повышения боеспособности современных объектов бронетанкового вооружения (ОБТВ) является оснащение их более совершенной СУО. В течение десятилетий наблюдалось заметное отставание развития СУО ОБТВ легкой весовой категории (БМП, БМД, БТР) по сравнению с танковыми СУО.

Огневая мощь современной бронетехники на поле боя должна обеспечить поражение цели за минимально короткое время и с минимальным расходом боеприпасов. В связи с этим ее основными характеристиками являются точность, быстродействие и эффективность действия боеприпасов по цели.

С этой целью в 1960-х гг. боевые машины стали оснащаться

дальномерами (сначала оптическими, а затем и квантовыми), более совершенными стабилизаторами вооружения и прицелами. Все эти меры, в конечном счете, позволили поднять планку увеличения дальности эффективной стрельбы. Но и этого оказалось недостаточно. Одним из основных факторов повышения боеспособности современных ОБТВ является оснащение их более совершенной системы управления огнем. Поэтому все чаще прирост эффективности осуществляется за счет совершенствования СУО комплекса вооружения боевых машин.

Схема, состав СУО современных боевых машин представлена на рис.1



Рис.1. Схема СУО современных боевых машин

От СУО зависят точность стрельбы, быстродействие вооружения, а также поиск целей. Современные СУО отечественных и зарубежных ОБТВ построены на принципах автоматизации процессов поиска целей и подготовки к стрельбе. В состав отечественных систем управления, например, применяются дневные прицельные комплексы наводчика с независимой стабилизацией линии визирования. В боевой машине пехоты БМП-1 для стрельбы 73-мм орудия и спаренного с ним пулемета использовался перископический комбинированный прицел наводчика с зависимой линией визирования (вместе с оружием) и нестабилизированный электрический привод. Поэтому стрельба БМП-1 всеми видами вооружения может вестись только с места.

В СУО БМП-2 появляется стабилизатор вооружения, впервые для боевых машин легкой весовой категории, благодаря этому стрельба 30-мм пушки и спаренного с ней пулемета ведется не только с места, но и с ходу, ПТУР – только с места.

Бурное развитие электроники в 1970-1980 гг. позволило создать автоматизированные СУО, обеспечившие дальнейшее повышение эффективности огня боевых машин. СУО позволяет наводчику в считанные секунды с момента обнаружения цели поразить ее. При этом всю подготовку исходных данных для производства 1-го выстрела берет на себя автоматика. Система

автоматически определяет угол прицеливания в соответствии с измеренной до цели дальностью, поправки на метеоусловия, температуру заряда, износ канала ствола, угловую скорость цели и самого танка (или БМП), линейный изгиб ствола пушки и через исполнительные механизмы стабилизатора вооружения автоматически учитывает все их при стрельбе.

Наводчику остается только навести прицельную марку на цель, замерить до нее дальность при помощи лазерного дальномера, дождаться, когда заряжающий зарядит орудие (на российских, украинских и французских танках эта операция автоматизирована), и произвести выстрел.

Основой таких СУО являются баллистический вычислитель (БВ), комплект автоматических датчиков условий стрельбы и прицел со стабилизацией линии визирования в двух плоскостях.

При стрельбе управляемой ракетой БВ вырабатывает команды для перемещения пушки и поля зрения прицела на углы начального возвышения и бокового упреждения с учетом режима стрельбы управляемыми ракетами и скоростей слежения за движущейся целью. Кроме того, определяет время задержки снятия команды превышения с учетом измеренной дальности до цели, ее изменения и реальных метеорологических условий стрельбы. Баллистический вычислитель выполняет функции и блока разрешения-стрельба осуществляется только в том случае, если отклонение оси канала ствола пушки в горизонтальной и вертикальной плоскостях от заданного ей направления не превышают установленного порогового значения [2].

Принятая на вооружение более двадцати лет назад БМП-3 имела существенный резерв повышения тактико-технических характеристик. В части СУО комплекса вооружения БМП-3 совершенствование проводилось в следующих основных направлениях:

- обеспечение эффективного боевого применения днем и ночью, в сложных метеоусловиях и при дымовых помехах;
- автоматизация боевой работы, снижение нагрузки на экипаж в бою;
- улучшение обзорности экипажа за счет совершенствования его прицельно-наблюдательного комплекса;
- повышение точности стрельбы артиллерийского вооружения, обеспечение эффективной стрельбы по низколетящим и малоскоростным самолетам и вертолетам;
- обеспечение автономности действия во всех боевых ситуациях и отдельных фазах боя
- при огневой подготовке атаки, наступлении, отражении контратаки противника, в том числе ведение эффективной стрельбы с закрытых огневых позиций

Опыт локальных военных конфликтов и исследования показали, что вероятность обнаружения из боевой машины цели типа танка (или БМП) на такой дальности свыше 2500 м без использования специальных средств разведки составляет не более 9%.

В настоящее время аспекты в развитии СУО боевых машин сместились - происходит резкое усиление внимания к созданию высокоэффективных средств

поиска и обнаружения целей.

Растущая насыщенность поля боя быстродействующими и эффективными противотанковыми средствами заставляет танкостроителей искать способы и средства быстрого поиска целей, чтобы упредить противника в открытии огня, сохраняя при этом возможность их поражения первым выстрелом, так как в случае не поражения цели первым сделать второй выстрел противник может не дать.

Работы ведутся в двух направлениях: совершенствование автономных систем обнаружения целей экипажами боевых машин и разработка автоматизированных средств внешнего (от командира подразделения) целеуказания.

Преобладающей тенденцией в совершенствовании автономных средств обнаружения целей экипажами является комплексирование приборов, работающих в различных диапазонах электромагнитных волн. На ОБТВ стали внедряться системы дублированного управления огнем с места командиров боевых единиц. При этом, в основном, использовались возможности прицельных приспособлений наводчика, но внедрялись и дополнительные прицелы для командира. Так, например, командир танка М1А1 «Абрамс» может обнаруживать цели либо с помощью окулярного отвода прицела наводчика, либо используя собственный перископический монокулярный прицел.

Комбинированные приборы обнаружения целей для наводчика и командира установлены на французском танке «Леклерк», а также на модернизированной версии БМП-3. Так, например, в прицеле наводчика «Леклерк» конструктивно объединены четыре оптико-электронных канала: дневной визуальный с переменным увеличением (2,5x и 10x), лазерный дальномер, тепловизор, работающий в диапазоне волн 8-12 мкм и имеющий малое (1,9x2,9°) и большое (5,7x8,6°) поля зрения, а также телевизионный канал.

Причем информация от телевизионного и тепловизионного каналов выводится на общий дисплей. У командира танка «Леклерк» практически такие же поисковые возможности, как и у наводчика. Его прицел содержит три оптико-электронных канала: дневной визуальный с переменным увеличением (2,5x и 10x), лазерный дальномер и ночной канал (с электронно-оптическим преобразователем). Кроме того, в распоряжении командира находится монитор, на который выводится телевизионное изображение от прицела наводчика.

Дальнейшее совершенствование комбинированных приборов обнаружения целей осуществлялось с комплексированием их телевизионных каналов с лазерными дальномерами. Кроме увеличения дальности действия сочетание тепловизора и лазерного канала позволяет повысить вероятность правильного опознавания цели за счет увеличения ее контраста при лазерной подсветке.

В перспективе предполагается создание интегрированных систем обнаружения целей, в которых не только конструктивно объединяются несколько оптико-электронных каналов, но и после обработки информации бортовой ЭВМ создается синтезированное изображение цели на общем дисплее. Вероятно, боевые машины, в том числе и танки, XXI века не будут

иметь традиционных визуальных прицелов либо последние станут резервными средствами обнаружения целей.

Увеличение дальности обнаружения целей за счет включения в состав СУО объектов БТВ тепловизионных приборов выявило еще одну проблему, которую сейчас решают специалисты.

Проблема заключается в сложности опознавания принадлежности обнаруженной цели. Так, например, во время проведения операции «Буря в пустыне», согласно официальным заявлениям 1991 г., от общего числа потерь американцев - 77% уничтоженных танков «Абрамс», 85% уничтоженных БМП «Брэдли», 23% убитых и 15% раненых - это потери от огня своих же танков и БМП.

В настоящее время проблему опознавания целей пытаются решить усовершенствованием приемного устройства лазерного дальномера и установкой на «своих» боевых машинах специального устройства. При облучении такой машины лазерным лучом дальномера во время замера до нее дальности устройство опознавания отражает информацию о принадлежности машины, попадающую в приемное устройство вместе с отраженным лучом. Далее эта информация дешифрируется и отображается в прицеле наводчика. В случае замера дальности до «своей» боевой машины цепи стрельбы блокируются для предотвращения случайного выстрела.

Одним из направлений совершенствования СУО является создание автоматических систем слежения за целью, основанных на использовании принципов радио и лазерной локации, тепловидения и пространственной фильтрации изображения (голографическая фильтрация). Однако в этом случае необходимо применение комплексных методов, использующих различимо признаки целей, взаимно дополняющих информацию о ней (сочетание тепловых и радиолокационных средств с оптическими, телевизионными и электронно-оптическими), что обеспечивает процесс слежения в максимально широком диапазоне тактических и погодных ситуаций.

Таким образом, разрабатываются новые подходы к построению СУО, учитывающие широкий круг огневых задач, скорость их решения, потребность в различных каналах получения информации о цели, объем информации и рациональное ее использование в зависимости от тактических и метеорологических условий.

Совершенствование таких систем, скорее всего, пойдет по пути обеспечения их совершенными комбинированными средствами обнаружения целей, комплексирования их с системами управления боем, расширения функциональных возможностей СУО, особенно касающихся диагностики комплекса вооружения боевой машины. При этом самая главная проблема, которую необходимо будет решить при внедрении таких систем, - это обеспечение высокой надежности их работы

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Маслов А. Ф. Ударная сила Сухопутных войск // Техника и вооружение// 2008 №4
2. Суворов С. Т-90- гордость отечественного танкостроения //Техника и вооружение// 2008 №8 С.11
3. Гуменюк Г.А., Евдокимов В.И., Андрущенко М.С. Неконтактная защита боевой техники // С-П. 2009 С. 75.
4. Суворов С. Т-90- гордость отечественного танкостроения //Техника и вооружение// 2008 № 6,7

SOME ASPECTS IN DEVELOPMENT OF FIRE CONTROL SYSTEMS OF OBJECTS OF ARMORED WEAPONS

*Samoilov Leonid Alexandrovich, dotcent,
Komendantov Artemy Pavlovich, cadet*

Novosibirsk higher military command school, 630117, Russia, Novosibirsk,
Ivanova, 49

Samoilov L. A. e-mail lenya.samoylov.1958@mail.ru

Komendantov A. P. e-mail artemkom26@mail.ru

Address for correspondance: *Samoilov Leonid Alexandrovich*

Novosibirsk higher military command school, 630117, Russia, Novosibirsk,
Ivanova, 49, tel. 8(383)332-50-45. Contact numbers:
8-913-913-50-19, 8-913-955-06-80

Abstract: The paper shows the main directions in development of fire control systems for objects of armored weapons. The introduction of a unified automatic all-day high-precision FCS makes it possible to significantly increase the efficiency of arming of objects of armored weapons and ensure the defeat of various nomenclature of targets in complex meteorological and topographic and geodetic conditions, from the spot, on the move and afloat, day and night at all ranges of weapon use.

Keywords: fire control system, object of armored weapon, ballistic computer

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

*Коротких Владимир Владимирович*¹; *Белокопытов Сергей
Викторович*¹;

*Меньшов Антон Альбертович*², магистрант

¹ Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49

² Новосибирский государственный аграрный университет,
630039, Россия, г. Новосибирск, ул. Добролюбова, 160

Коротких В.В., email: korotkich77@mail.ru

Белокопытов С.В., e-mail: belokop_sv@yandex.ru

Меньшов А.А., e-mail: foura@211.ru

*Адрес для корреспонденции: Коротких Владимир Владимирович,
Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49
(кафедра эксплуатации и ремонта ВВТ), тел. 8-905-931-24-08*

Аннотация: Обоснована актуальность применения теледиагностики для бронетанкового вооружения и техники (БТВТ) и военной автомобильной техники (ВАТ). Проанализированы различные способы передачи диагностических данных о техническом состоянии мобильных объектов на расстояние. Описан принцип и основные составляющие технической системы для дистанционной передачи диагностической информации. Установлено, что наиболее удобными и приемлемыми способом передачи диагностической информации является спутниковые системы, и проанализирован один из вариантов применения таких систем в виде сети подвижной спутниковой службы. В результате проведенного анализа предложена обобщенная схема теледиагностики БТВТ и ВАТ и описана суть её функционирования.

Ключевые слова: техническая диагностика, дистанционная передача информации, техническое обслуживание, ремонт, теледиагностика.

Введение.

Выступая на коллегии Министерства обороны 24 декабря 2019 года Главнокомандующий РФ Путин В.В. выделил четыре основных задачи по укреплению и развитию армии и флота. Первой из задач ставится достижения уровня оснащения армии и флота современным оружием и техникой не менее 70 процентов до конца 2020 года [1].

Более того, Владимир Владимирович, указывает на то, что: «...Этот уровень – имею в виду 70 процентов новой техники в войсках – важно достичь и стабильно поддерживать в будущем...» [1].

Стабильная поддержка 70%-го уровня современной техники обеспечивается системой комплексного технического обслуживания и ремонта

вооружения и военной техники (ВВТ), одной из неотъемлемой частью которой, в соответствие с п.11 Приказа № 33 [2], является контроль технического состояния ВВТ.

Перспективным при контроле технического состояния является применение теледиагностики (дистанционного диагностирования) для БТВТ и ВАТ. Теледиагностика позволит повысить своевременность и правильность диагностирования неисправностей БТВТ и ВАТ. В связи с этим применение теледиагностики для мобильных технических объектов, к которым относятся БТВТ и ВАТ, является актуальным.

Анализ.

Теледиагностика – процесс выявления дефекта на стадии его зарождения и оценка технического состояния техники с использованием современных средств передачи информации на большие расстояния.

Для сбора и накопления информации о состоянии контролируемых блоков служит устройство, передающее информацию на сервер с определенной частотой в случае нахождения в зоне покрытия сети, или накапливающая для последующей передачи при отсутствии связи [3].

Устройство, позволяющее диагностировать контролируемые блоки техники и передавать на сервер информацию о их состоянии должно поддерживать связь с электронным блоком управления техники, иметь датчики первичной информации (GPS, акселерометр и гироскоп), иметь память для записи телеметрической диагностической информации в случае нахождения вне зоны покрытия сети, приемно-передающее устройство для соединения с сервером. Данное устройство представлено на рисунке 1.

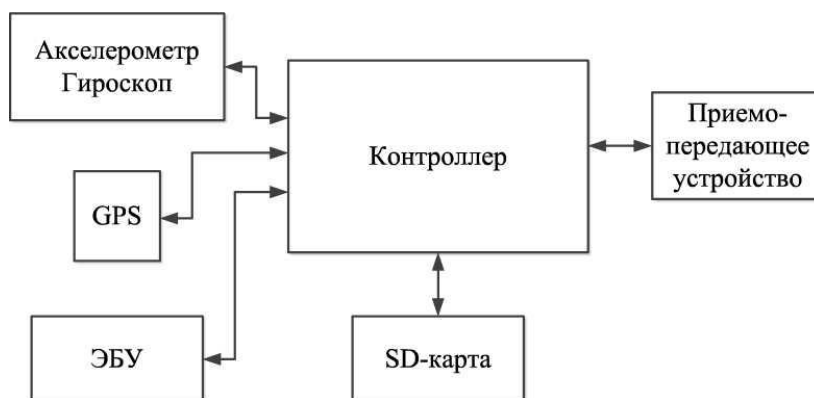


Рисунок 1 – Структурная схема устройства диагностирования техники

Ведущие машиностроители занимаются активной разработкой систем удаленной диагностики автомобилей. Особое внимание данному направлению уделяют такие производители, как Chevrolet, Volkswagen и другие.

Сотовая связь, или GSM-стандарт, использует определенную ширину частот, позволяет каждой технике присвоить определенную позывной, что влияет на идентификацию.

Радиосвязь, как и GSM-стандарт, использует определенную широту частот, но в меньшем количестве, при этом связь между определенной группой осуществляется на одной частоте, что затрудняет распознавание техники, с

которой прислан код.

При использовании Bluetooth или Wi-Fi модуля необходимо учитывать малый радиус действия до 15 метров, техника постоянно должна находиться в этом радиусе или попадать в него с определенным интервалом времени для считывания необходимой информации.

Наиболее удобными и приемлемыми способом передачи диагностической информации является спутниковые системы. В связи с этим проведем более подробный анализ этого способа передачи телеметрических данных [4].

Подвижная спутниковая служба – спутниковая служба, обеспечивающая радиосвязь между подвижными земными станциями и одной или несколькими космическими станциями; или между космическими станциями, используемыми этой службой; или между подвижными земными станциями посредством одной или нескольких космических станций [5] (рисунок 4).

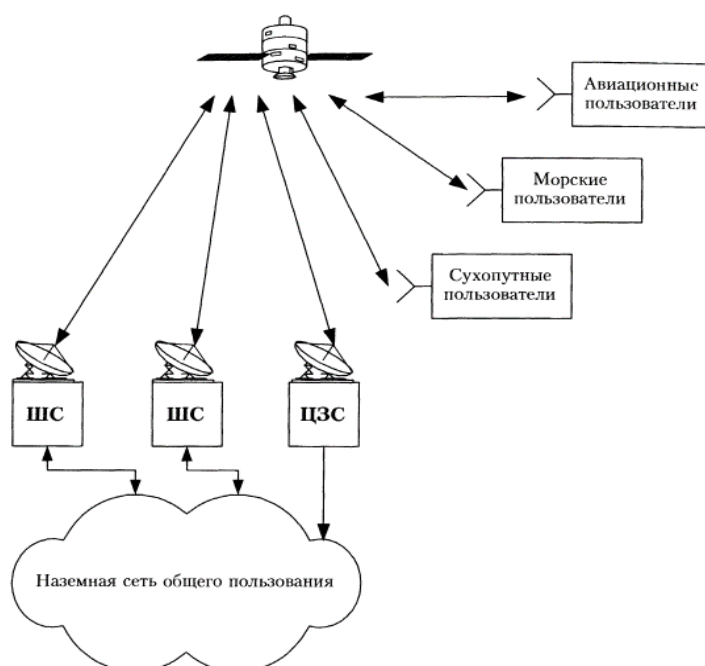


Рисунок 4 – Конфигурация сети подвижной спутниковой службы

Результаты и обсуждения.

В результате проведенного анализа предложена обобщенная схема теледиагностики БТВТ и ВАТ (рисунок 5).

Суть теледиагностики БТВТ и ВАТ, согласно данной схемы, сводится к следующему:

1. Диагностические данные по телеметрическому каналу связи поступают с БТВТ и ВАТ на сервер подразделения технического обслуживания и ремонта (ТОР).

2. На этом сервере производится обработка информации и при выходе диагностических данных выше или ниже заданного диапазона фиксируется неисправность, дата, время и сопутствующие показатели.

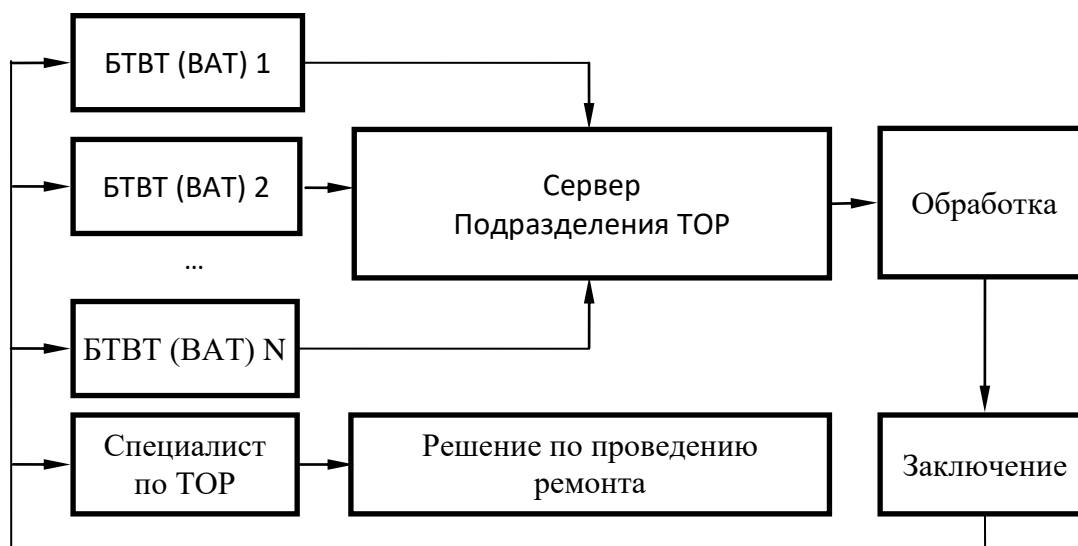


Рисунок 5 – Обобщённая схема теледиагностики БТВТ и ВАТ

3. Полученная диагностическая информация по телеметрическому каналу связи передаётся специалисту, выполняющему техническое обслуживание и ремонт данной техники.

4. Специалист просматривает данные и условия возникновения отклонений.

5. Принимается решение о срочности принятия мер.

6. По необходимости дается онлайн консультация механику-водителю.

Выводы:

- применение теледиагностики позволит ускорить процесс определения технического состояния БТВТ и ВАТ, сократить трудовые и материальные ресурсы на операции диагностики, технического обслуживания и ремонта машин;

- наиболее приемлемым техническим решением по дистанционной передаче диагностической информации являются спутниковые системы, но для эффективности их применения необходимо проработать ряд технических вопросов;

- обобщённая схема дистанционного диагностирования БТВТ и ВАТ может быть взята за основу при формировании и применении теледиагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заседание коллегии Министерства обороны 24 декабря 2019 г. / Электронный ресурс / <http://kremlin.ru/events/president/news/62401>. Приказ МО РФ №33 от 25.01.2018.
2. Инновационные системы контроля и управления промышленными объектами с использованием спутниковых и мобильных средств связи/ М.В. Панарин [и др.] // Тез. докл. Междунар. науч.-практ. симпозиума / Под общ. ред. В.П. Мешалкина. / ТулГУ. 2009. С. 87-89.

3. Малков И.А., Коротких В.В. Краткий обзор спутниковых систем передачи диагностической информации / В сборнике: Состояние и инновации технического сервиса машин и оборудования. Материалы X региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, посвященной памяти доцента М.А. Анфиногенова. / Новосибирский государственный аграрный университет. Инженерный институт. 2018. - С. 168-170.
4. Ост 45.124-2000 Службы связи спутниковые: фиксированная, радиовещательная и подвижная. Термины и определения / Федеральным государственным унитарным предприятием НИИР – Москва, 2001.

ANALYSIS OF TELEDIAGNOSTICS APPLICATION FOR MOBILE TECHNICAL OBJECTS

**Korotkih Vladimir Vladimirovich¹; Belokopytov Sergey Viktorovich¹;
Menshov Anton Albertovich², undergraduate student**

¹ FSKVOU VO "Novosibirsk Higher Military Command School",
630117, Russia, Novosibirsk, st. Ivanova, 49

² Novosibirsk State Agrarian University,
630039, Russia, Novosibirsk, st. Dobrolyubova, 160

Korotkih V.V., email: korotkich77@mail.ru

Belokopytov S.V., e-mail: belokop_sv@yandex.ru

Menshov A.A., e-mail: foura@211.ru

Abstract: The urgency of using telediagnosics for armored weapons and equipment (AWE) and military vehicles (MV) has been substantiated. Various methods of transmitting diagnostic data on the technical condition of mobile objects over a distance are analyzed. The principle and main components of a technical system for remote transmission of diagnostic information are described. It has been established that the most convenient and acceptable way of transmitting diagnostic information is satellite systems, and one of the options for using such systems in the form of a mobile satellite service network has been analyzed. As a result of the analysis, a generalized scheme of telediagnosics of AWE and MV is proposed and the essence of its functioning is described.

Key words: technical diagnostics, remote transmission of information, maintenance, repair, telediagnosics.

ЭВОЛЮЦИЯ АРТИЛЛЕРИИ И БОЕПРИПАСОВ 19-21 ВЕК

Крылов Алексей Дмитриевич, студент; Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н. доцент.

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса 20, тел. (913)005-48-19

Милевский К.Е., e-mail: milevskij@corp.nstu.ru

Крылов А.Д., e-mail: lixoxa.krylof@yandex.ru

Аннотация: в работе рассматривается технологический прогресс производства и применения артиллерии и боеприпасов начиная с 19 века и заканчивая текущим временем, с целью показать скорость изменения конструкции, ведения боя и различные цели, которые поразились при помощи данных средств.

Ключевые слова: артиллерия, орудия, снаряды, боеприпасы, технологический прогресс, перспективы.

Артиллерия как наука является сложнейшей и многогранной дисциплиной, изучающая вопросы устройства артиллерийского вооружения. Его свойства и техническую эксплуатацию. А также способы боевого применения. Важнейшими разделами артиллерийской науки является: Внутренняя баллистика. Внешняя баллистика; Основания устройства материальной части; Основания устройства боеприпасов; Взрывчатые вещества и порох; Тактика артиллерии; Теория стрельбы; История артиллерии.

В начале 19 века орудия представляли собой довольно примитивный, но все же необходимый элемент Армейского вооружения, позволяя поражать такие цели, как: временные деревянные и каменные сооружения; редуты; скопления живой силы противника, в том числе и конницу при помощи таких снарядов как чугунные ядра, картечь разных калибров, и в редких случаях ракеты.

По мере совершенствования огнестрельного оружия и пороха артиллерия и ракеты, нередко, стали иметь решающее значение в бою. Промышленный подъем 2-й половины XIX века предоставил возможность создания и производства нарезных артиллерийских орудий (нарезное орудие - орудие, имеющее винтовые нарезы по каналу ствола).

Наступила новая эра в истории артиллерии. Благодаря бездымному пороху и увеличению относительной длины снаряда достигалась высокая начальная скорость снаряда, что позволяло увеличить дальность стрельбы, а приданием снаряду устойчивости в полете, с помощью нарезов по каналу ствола, достигалась точность стрельбы. В армии всех стран с 1857 по 1870 приняли на вооружение нарезные артиллерийские орудия. Для стрельбы из нарезных орудий первоначально применялись, снаряды со свинцовой оболочкой, а в последующем стальные снаряды с закрепленными, на их

корпусе, медными ведущими поясками.

В 1884 году французом Вьели был изобретен медленно горящий бездымный пироксилиновый порох. Русский ученый, Г.П. Киснемский, разработал состав пироксилинового пороха - бездымного и беспламенного. А в 1887 году французом Тюрненом было изобретено новое взрывчатое вещество - мелинит, который начали использовать для снаряжения снарядов. В результате применения бездымного пороха появились предпосылки для повышения скорострельности. Дальность стрельбы орудий возросла вдвое, по сравнению с применением черного пороха.

Конструкторы стали усиленно работать над созданием нарезных орудий и снарядов к ним. Много было проделано опытов, пока удалось наладить массовое производство таких орудий и снарядов. Только в середине XIX века на заводах, оборудованных специальными станками и машинами, было налажено массовое изготовление нарезных орудий с затворами.

Особенно быстро стала развиваться металлургическая промышленность с середины XIX века. Ее развитию много способствовали труды "отца металлургии" Дмитрия Константиновича Чернова, русского ученого с мировой известностью. Он исследовал структурные изменения стали при ее нагреве и охлаждении и на основе этих исследований создал теорию термической обработки стали (ее закалки, отпуска и отжига). Только применение новых способов обработки стали на русских заводах помогло избавиться от частых разрывов орудийных стволов при стрельбе, причин которых никто до Чернова не умел правильно объяснить. Теорию Чернова позаимствовали металлургические заводы и всех других стран.

К 1914 году предполагалось, что грядущая война будет носить скоротечный характер - как Россия, так и Франция строили организацию своей артиллерии, исходя из принципа быстротечности вооруженного противоборства. Тяжелая артиллерия Первой мировой войны определила исход не одного сражения. Она характеризовалась возможностью стрельб на большие расстояния, причем была способна эффективно поражать противника из укрытия. Первая мировая война практически с самого своего начала носила ярко выраженный позиционный характер. Полевая тяжелая артиллерия стала одной из основных во время войны, включив в себя осадные функции, позволяя уничтожать практически любые укрепления, вплоть до средневековых замков, сохранившихся на территории Европы.

Во Вторую мировую войну армии мира вступили со старыми, частично модернизированными орудиями и устаревшей тактикой их применения. Со времен Первой Мировой войны требовалось значительно усовершенствовать артиллерийскую поддержку, значительный толчок в предвоенные годы получила противотанковая артиллерия, во многих странах были разработаны автопушки и эффективные орудия ПВО, позволяющие поражать низко- и среднелетающие самолеты и выполнять при необходимости роль орудий поддержки пехоты и поражать легко- средне- и тяжелобронированные цели (на дистанции до 2 км), примером чему служат такие орудия как Flak 18, 52-K.

Несмотря на маневренность данной войны, в местах, где фронт

стабилизировался и оставался статичным, становилось возможным применение корабельных и железнодорожных, а также береговых орудий, орудий резерва Главного Командования. Данные орудия соответственно отличались большой мощностью вследствие большого калибра (180 мм, 203 мм, 305 мм, 406 мм) используя фугасные, полубронебойные, бронебойные и бетонобойные боеприпасы, позволяя поражать любые наземные цели, от аэродромов до бетонных бункеров и тех же пресловутых европейских замков. Примером могут служить такие орудия, как Б-37 (406 мм), способные вести огонь на дистанции до 45,5 км (Разработка орудия велась ленинградским заводом «Большевик» в 1937 – 1939 годах, лейнер пушки был спроектирован в НИИ-13) и 305-мм гаубица образца 1939 года БР-18, с дальностью стрельбы фугасным боеприпасом 16,5 км.

В Советском Союзе после войны развернулись работы над новым поколением артиллерии. Было решено от использовавшихся до того разных калибров — 122, 152, 203 миллиметра — перейти на единый калибр 152 миллиметра во всех звеньях артиллерии (дивизионном, армейском) с унификацией боеприпасов.

Отдельным достижением конструкторской школы СССР, а позже и РФ можно считать комплекс «Коалиция-СВ», являющийся глубокой модификацией комплекса 2С19 «МСТА-С» Калибром 152-мм, использующая оригинальные конструктивные решения, такие как механизм заряжания обеспечивающий зарядание САУ при любых углах вертикального наведения без возвращения ствола на линию заряжания, а также микроволновая система инициирования заряда. Данная САУ позволяет выпускать около 16 снарядов в минуту осветительными, дымовыми, зажигательными, осколочно-фугасными боеприпасами, а также управляемыми боеприпасами с навигацией ГЛОНАСС, позволяющими увеличить дистанцию поражения до 80 км.

За последние годы усилился интерес и к так называемым легкогазовым пушкам, которые используют в качестве расширяющегося тела не пороховые газы, а водород или гелий. Всё дело в том, что у всех пушек есть фундаментальные ограничения на максимальную скорость снаряда из-за конечной скорости звука в пороховых газах. Поэтому скорость снаряда классических пороховых артиллерийских систем ограничена примерно 1500 м/с, а вот у легкогазовых пушек может легко достигать и 3500 м/с за счёт большей скорости звука в водороде и гелии.

Первую легкогазовую пушку разработали американские экспериментаторы Крозье и Хьюм ещё в 1948 году. С тех пор конструкции и принципы действия таких орудий непрерывно совершенствовались. Уже в 1990-х годах были созданы «в железе» двухступенчатые легкогазовые пушки. В них сначала воспламеняется обычный пороховой заряд, который разгоняет до сверхзвуковой скорости поршень внутри ствола. Тот, двигаясь в цилиндрической камере, сжимает и нагревает наполняющий ее легкий газ, закрытый специальной диафрагмой. Когда диафрагма в конце концов прорывается, лёгкий газ с огромной скоростью, более чем вдвое превышающей скорость пороховых газов, устремляется в ствол, толкая перед собой снаряд

орудия.

Ну и, наконец, не стоит забывать об электромагнитных пушках, которые, хотя и не являются классическими артиллерийскими орудиями, имеют схожую выходную механику снарядов. Современные электромагнитные системы легко обеспечивают для тел массой в несколько килограммов скорости до 5000 м/с, а для тел массой до десятков граммов уже продемонстрировали скорости от 9,5 до 30 км/с.

Таким образом, можно заключить, что направление развития артиллерии определено ограниченностью классического вида орудий, в пользу новых видов выталкивания снарядов из стволов, при помощи схожих механик, таких как легкие газы, так и оригинальных, таких как выталкивание посредством электромагнетизм, следовательно, при создании технологичных и надежных систем подобного рода артиллерия приобретет новый виток развития в своей истории.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трактат «Великое искусство артиллерии» Казимир Семенович , 1650 г.
2. Широкопад А. Б. Энциклопедия отечественной артиллерии. — Минск: Харвест, 2000 г.
3. Широкопад А.Б. Время больших пушек. Битвы за Ленинград и Севастополь. — М.: ООО «АСТ», «АСТ Москва», «Neoclassic», 2009 г.

THE EVOLUTION OF ARTILLERY AND AMMUNITION 19-21 CENTURY

Krylov A.D. student; Milevsky K.E., Ph.D. assistant professor.

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl Marx, 20, tel. (913)005-48-19

Milevsky K.E., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Krylov A.D., e-mail lioxa.krylof@yandex.ru

Annotation: The paper examines the technological progress of the production and use of artillery and ammunition since the 19th century and ending with the current time, in order to show the speed of change in design, combat and various targets that were hit with these means.

Keywords: Artillery, guns, shells, ammunition, technological progress, prospects.

ИЗГИБ ВРАЩАЮЩИХСЯ УДЛИНЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Литвинов Василий Леонидович¹, студент; Потанина Елена Юрьевна¹, студент; Милевский Константин Евгеньевич¹, к.т.н., доцент; Немировский Юрий Владимирович^{1,2}, д. ф-м. н., профессор

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 346-17-77

²Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича, СО РАН

Литвинов В.Л., email: vasiliiylyitvinov1998@mail.ru

Потанина Е.Ю., email: elenopotanina@gmail.com

Милевский К.Е., email: milevskij@corp.nstu.ru

Немировский Ю. В., email: nemiryury@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630079, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-11-21

Аннотация: В статье приведена задача об изгибе стержня под действием сил инерции вращения, применительно к конструкциям вращающихся в полете удлиненных боеприпасов. Дана оценка возможности потери устойчивости таких конструкций.

Ключевые слова: проектирование, БОПС, уравнение упругой линии, изгиб, неуправляемые ракеты.

В настоящее время широко используются два вида вращающихся удлиненных летательных аппаратов (ЛА): бронебойные оперенные подкалиберные снаряды (БОПС) и неуправляемые ракеты. Одним из способов повышения характеристик таких устройств является их удлинение. При увеличении длины БОПС, увеличивается удельная поперечная нагрузка [1,2], что ведет к увеличению могущества. Увеличение длины неуправляемой ракеты позволяет увеличить массу боевой части или массу двигателя, оставаясь в том же калибре. Помимо этого, другим способом совершенствования конструкций является использование новых конструкционных материалов. Конструкции из новых материалов, например, композитных, могут испытывать не типичные для «старых» конструкций возмущения и нагрузки.

БОПСы и неуправляемые ракеты в полете вращаются. Частота такого вращения в несколько раз меньше, чем у артиллерийских снарядов, которые вращением стабилизируются, и вызвано оно либо скосами на оперении, либо асимметрией сопла или сопел реактивного двигателя. Поэтому одним из эффектов, с которым можно столкнуться при модернизации конструкции, могут быть поперечные колебания или изгиб под действием центробежных сил инерции вращения. Появление таких эффектов может повлиять как на кучность

стрельбы, так и на действие устройства у цели.

Такой ЛА в полете представляет собой очень сложную динамическую систему. Аэродинамические силы, силы тяжести, сложное вращение с большой частотой являются теми факторами, которые влияют на напряженное и деформированное состояние ЛА. Чтобы выявить влияние фактора вращения рассмотрим упрощенную стационарную модель: незакрепленный вращающийся вокруг собственной оси с постоянной частотой стержень. А точнее, рассмотрим явление изгиба удлиненного осесимметричного стержня под действием сил инерции вращения вокруг собственной оси. Для простоты ограничимся рассмотрением стержня постоянного поперечного сечения, состоящего из n цилиндрических слоев, рис.1.

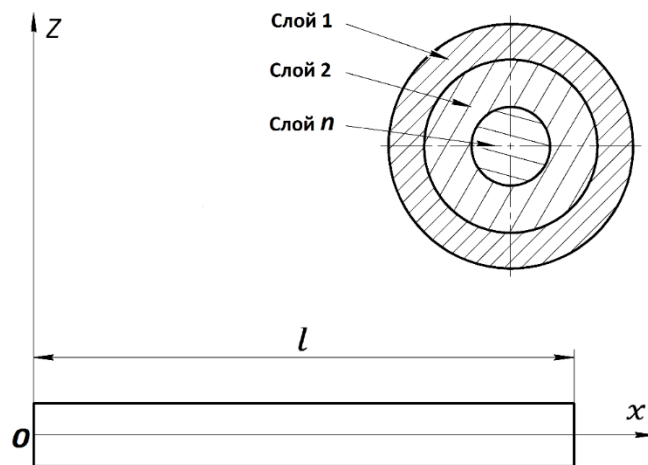


Рис.1-Стержень и его поперечное сечение.

Длина стержня l . Изгибная жесткость такого стержня равна $EI = \sum_{i=1}^n E_i I_i$, где E_i – модуль упругости материала i -го слоя, $I_i = \frac{\pi(D_i^4 - d_i^4)}{64}$ – момент инерции i -го слоя, D_i, d_i – внешний и внутренний радиусы i -го слоя. Удельная масса стержня равна $F\rho = \sum_{i=1}^n F_i \rho_i$, где ρ_i – плотность материала i -го слоя, $F_i = \frac{\pi(D_i^2 - d_i^2)}{4}$ – его площадь. Тогда дифференциальное уравнение упругой линии стержня под действием центробежных сил инерции вращения с частотой f будет иметь вид [3,4]:

$$EI \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = (2\pi f)^2 F\rho w \quad (1)$$

Введем обозначение: $k^4 = \frac{(2\pi f)^2 F\rho}{EI} \quad (2)$

Тогда дифф. уравнение упругой линии примет вид

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = k^4 w \quad (3)$$

Целесообразно общее решение представить в виде:

$$w(x) = C_1(\cos kx + ch kx) + C_2(\cos kx - ch kx) + C_3(\sin kx + sh kx) + C_4(\sin kx - sh kx) \quad (4)$$

Считаем, что на стержень не действуют никакие силы, кроме центробежных сил инерции. Тогда граничные условия будут иметь вид [3]:

$$\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\Big|_{x=0} = 0 \quad (5) \quad \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}\right)\Big|_{x=l} = 0 \quad (7)$$

$$\left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}\right)\Big|_{x=0} = 0 \quad (6) \quad \left(\frac{\partial^3 w}{\partial x^3}\right)\Big|_{x=l} = 0 \quad (8)$$

Т.е. концы стержня свободны от нагрузки: на них момент и поперечная сила равны 0.

Из условий (5), (6) следует, что

$$C_2 = C_4 = 0$$

Условия (7), (8) образуют систему:

$$\begin{cases} C_1(-\cos kl + ch kl) + C_3(-\sin kl + sh kl) = 0 \\ C_1(\sin kl + sh kl) + C_3(-\cos kl + ch kl) = 0 \end{cases} \quad (9)$$

Для существования ненулевого решения C_1, C_3 , определитель матрицы из коэффициентов системы (9) должен быть равен 0. Преобразуя получим трансцендентное уравнение:

$$\cos kl ch kl = 1 \quad (10)$$

Первые шесть корней этого уравнения приведены в таблице, взятой из [3]:

Таблица – Корни уравнения (10)

$k_1 l$	$k_2 l$	$k_3 l$	$k_4 l$	$k_5 l$	$k_6 l$
0	4,730	7,853	10,996	14,137	17,273

Первый – нулевой корень соответствует перемещению стержня как жесткого целого. Частота вращения, соответствующая корню k_i согласно (2) определяется по формуле:

$$f_i = \frac{1}{2\pi} k_i^2 \sqrt{\frac{EI}{F\rho}} \quad (11)$$

Первые три формы изгиба, соответствующие корням k_2, k_3, k_4 приведены на рис.2 [3]:

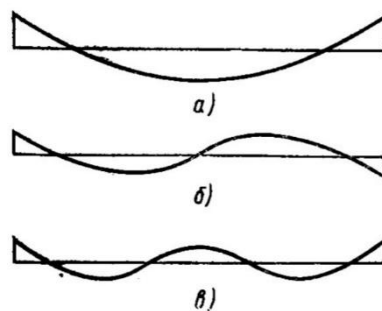


Рис.2 – Формы изгиба

Для оценки возможности потери конструкцией устойчивости рассмотрим пример. Найдем частоту вращения, соответствующую первой форме изгиба для двухслойного стержня с характеристиками: $l = 1$ м, $E_1 = 2 \cdot 10^{11}$ Па, $E_2 = 1 \cdot 10^{11}$ Па, $\rho_1 = 7800 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\rho_2 = 19000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $D_1 = 30$ мм, $d_1 = D_2 = 20$ мм, $d_2 = 0$.

Масса такого стержня равна 9 кг. Отношение $\frac{EI}{F\rho} = 793 \frac{\text{м}^4}{\text{с}^2}$. Тогда

$$f_2 = \frac{1}{2\pi} k_2^2 \sqrt{\frac{EI}{F\rho}} = \frac{1}{2\pi} 4,73^2 \sqrt{793} = 100 \text{ об/с}$$

Данная конструкция, являясь представлением БОПС, все – таки достаточно утрирована, и полученная критическая частота вращения в несколько раз больше, чем реальные частоты вращения БОПС. Однако, нельзя не отметить, что нет принципиальной невозможности столкнуться с такой потерей устойчивости. Аэродинамические силы, действующие на БОПС или ракету, неравномерное распределение удельной массы и жесткости по их длине могут привести как к уменьшению критической частоты вращения, так и к ее увеличению.

Как говорилось выше, такая система сложна. В данной работе был рассмотрен лишь один фактор, влияющий на деформированное состояние ЛА, и при том, с грубым допущением стационарности процесса. В действительности же, если должны возникнуть подобные явления, то возникнут они скорее в виде поперечных колебаний. Повторимся, что сумма всех внешних факторов и особенностей конструкции самого ЛА могут привести как к увеличению масштаба данного эффекта, так и, компенсируя друг друга, к его уменьшению. Таким образом, при проектировании выше описанных устройств с увеличенной длиной и (или) ослабленным корпусом, необходимо учитывать возможность возникновения поперечных колебаний под действием сил инерции вращения.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-01-00038.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / под общ. ред. В. В. Селиванова. – М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008.
2. Гуськов А. В., Гынгазов Д. В., Милевский К. Е. Перспективы развития бронебойных оперенных подкалиберных снарядов // Техника XXI века глазами молодых ученых и специалистов. Тула, 2018, с. 51.
3. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле / пер. с англ. Я. Г. Пановко с 3-го амер. изд., перераб. с Д. Х. Янгом. – М.: Наука, 1967
4. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – Киев: Наукова думка, 1988.

BENDING OF ROTATING ELONGATED AIRCRAFT

Litvinov Vasily Leonidovich¹; Elena Yuryevna Potanina¹; Milevsky Konstantin Evgenievich¹; Nemirovsky Yuriy Vladimirovich^{1,2};

¹Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract: The article presents the problem of bending the rod under the action of the forces of inertia of rotation in relation to the structures of elongated ammunition rotating in flight. An assessment of the possibility of loss of stability of such structures is given.

Key words: design, OPS, elastic line equation, bending, unguided missiles.

УДК 614.842.6

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАКОПИТЕЛЬ ДЛЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

Максимейко Юрий Григорьевич¹; Антоненко Валентин Сергеевич¹;

¹Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49

Адрес для корреспонденции: Максимейко Юрий Григорьевич,
Новосибирское высшее военное командное училище,
630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49
(кафедра эксплуатации и ремонта ВВТ), тел. 8-913-799-63-20

Аннотация: в данной работе представлены боевые свойства вооружения и военной техники и направления их совершенствования. Авторами рассмотрены направления повышения подвижности машин и пути совершенствования систем электрического пуска, за счет «конденсаторного пуска» на молекулярных накопителях.

Ключевые слова: подвижность, быстроходность, системы электрического пуска, молекулярные накопители.

Введение

Повышение боевых свойств вооружения и военной техники разрешается путем оснащения объектов вооружения и военной техники разнообразными электронными приборами и автоматическими устройствами, обеспечивающими возможность экипажам и боевым расчетам успешно вести боевые действия в самых сложных условиях.

Подвижность — это свойство объекта вооружения и военной техники характеризующее его способность преодолевать конечное расстояние за заданное время без дополнительных средств поддержания движения.

Подвижность определяется свойствами более низкого уровня: проходимость, быстроходность, автономность, которые обеспечиваются следующими приборами и автоматизированными системами управления (АСУ):

- приборы наблюдения механика-водителя и командира;
- автоматизированная система изменения клиренса;

- система дистанционного управления;
- система электрического пуска;
- АСУ работой трансмиссии и силовой установки;
- наземная навигационная аппаратура;
- АСУ выдерживания дистанции между машинами в колонне.

Анализ

Системы электрического пуска нашли наиболее широкое применение на объектах вооружения и военной техники в качестве основных или резервных систем.

Основными элементами системы являются электрические стартеры и аккумуляторные батареи.

Необходимая для пуска мощность стартера определяется пусковой скоростью вращения коленчатого вала, при которой обеспечивается надежный пуск, и моментом сопротивления, который следует преодолеть при вращении коленчатого вала двигателя.

Кроме того, существенное значение имеет количество оборотов коленчатого вала, необходимое для пуска, которое определяет время пуска, а, следовательно, и расход энергии.

При пониженных температурах окружающего воздуха аккумуляторные батареи быстро разряжаются и снижается их емкость, в результате чего стартером не обеспечивается номинальная частота вращения коленчатого вала и, как следствие, значительно ухудшается пуск двигателя.

Совершенствование систем электрического пуска осуществляется за счет:

- проработки варианта так называемого «конденсаторного пуска» на молекулярных накопителях;
- совершенствование и создание новых аккумуляторных батарей;
- применение вентильных многоканальных стартер - генераторов.

Одним из перспективных направлений совершенствования систем электрического пуска является применение молекулярных накопителей.

Молекулярный накопитель энергии (МНЭ) может использоваться в качестве дополнительного к аккумуляторным батареям мощного источника стартерного тока в системах электрического пуска.

Совместное применение МНЭ и АКБ обеспечивает раскрутку коленвала двигателя до пусковых оборотов и тем самым обеспечивает надежный пуск двигателя при экстремальных температурах окружающей среды или снижении емкости АКБ, одновременно увеличивается срок их службы. Возможен пуск двигателя и временная эксплуатация средства без стартерной АКБ.

МНЭ является конденсатором большой емкости, выполняет также функцию фильтра высоких и низких частот, эффективно подавляет импульсные перенапряжения, улучшает качество напряжения в бортовой сети, значительно увеличивает срок службы бортовой электроники.

МНЭ допускают не только кратковременное подключение к АКБ на период пуска двигателя, но и длительное подключение к бортовой сети во время активной ежедневной эксплуатации транспортного средства как при движении (действует максимальное напряжение подзаряда МНЭ от

генератора), так и на остановках. На время длительного простоя транспортного средства рекомендуется отключение МНЭ от АКБ.

Технические характеристики МНЭ представлены ниже.

Тип МНЭ	100/28БМ
Напряжение заряда, В:	
- номинальное	24
- максимальное	30
Номинальная электрическая ёмкость, Ф	100
Динамическая емкость при стартерном разряде не менее, Ф	75
Внутреннее сопротивление, Ом	0,005
Ток утечки не более, мА	6,0
Сопротивление изоляции между, не менее, МОм	20
Масса, кг	34
Длина (при диаметре 230 мм), мм	420
Назначенный срок службы, лет	15
или пробег, тыс. км	220
Гарантийный срок эксплуатации, лет	7
Гарантийный срок хранения, лет	10

Результаты и обсуждения.

В настоящее время МНЭ используются на автотранспортных средствах.

На автомобиле КАМАЗ установлены две аккумуляторные батареи 6ТСТС-100А, соединенные последовательно (рис.1). Плюсовой вывод батареи соединяется с выводом стартера, а минусовый - с выключателем батарей, а через него - с корпусом автомобиля. Аккумуляторные батареи располагаются в ящике-гнезде, который крепится к раме автомобиля сзади кабины с левой стороны. МНЭ подключается параллельно к АКБ (рис.2). Выключатель аккумуляторных батарей установлен с боковой стороны ящика-гнезда ближе к кабине, а кнопка дистанционного управления расположена в кабине на панели щитка приборов.

Молекулярный накопитель энергии представляет собой конденсатор большой емкости, накопление заряда в котором осуществляется в двойном электрическом слое в объеме сверхпористого углерода.

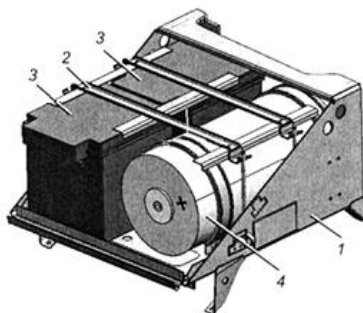


Рис. 1. Установка батарей и МНЭ на автомобиле

1 - гнездо аккумуляторных батарей; 2 - рамка крепления АКБ; 3 - АКБ; 4 – МНЭ.

Корпус МНЭ, представляющий из себя герметичный цилиндр диаметром 230 мм, изготавливается из нержавеющей стали или стали с антикоррозийным покрытием и состоит из цилиндра и крышек, сваренных друг с другом аргонодуговой сваркой.

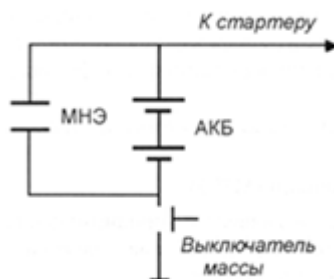


Рис. 2. Схема подключения МНЭ.

Токовыводы расположены на торцевых сторонах цилиндра (по центру крышек). Внутри корпуса находятся блоки накопительных элементов, представляющих собой многослойную тонкоплёночную конструкцию, состоящую из пористых углеродных электродов, сепаратора и токосъемных пластин. Подсоединение МНЭ к электрической цепи осуществляется при помощи медных шин или многожильных проводов с поперечным сечением 50-90 мм², которые крепятся к токовыводам при помощи болта М10 с установкой плоской и пружинной шайб, поставляемых совместно с изделием. Плюсовой токовывод МНЭ находится со стороны крышки, имеющей шильдик с условным обозначением изделия и маркировку «+».

МНЭ устойчив к токам короткого замыкания.

МНЭ не содержит токсичных материалов.

МНЭ транспортного средства во время работы может находиться в следующих состояниях:

- заряд (подзаряд) накопителя до номинального напряжения от АКБ при заглушенном двигателе;
- стартерный разряд совместно с АКБ при пуске двигателя;
- подзаряд до напряжения бортовой сети (генератора) во время работы двигателя;
- саморазряд после отключения МНЭ от АКБ на период длительного простоя транспортной машины.

При использовании в составе системы электрического пуска (СЭП) двух и более МНЭ они могут соединяться параллельно.

Подсоединение незаряженного МНЭ к СЭП не допускается, так как это может привести к перегрузке АКБ и выходу её из строя.

Перед подсоединением к СЭП МНЭ следует зарядить. Предварительный заряд МНЭ может быть произведен через ограничивающий ток заряда резистор непосредственно от АКБ автомобиля. В качестве токоограничивающего резистора рекомендуется использовать штатную электролампу-переноску накаливания на 20/24 В мощностью порядка 100 Вт. Прекращение свечения

лампы свидетельствует о завершении заряда МНЭ. Только после этого следует провести подключение МНЭ параллельно АКБ автомобиля.

Специального обслуживания МНЭ не требует. В процессе эксплуатации проводится проверка резьбовых соединений:

- надежности креплений;
- подтяжка ослабленных соединений;
- очистка от пыли и грязи;
- восстановление защитного слоя консистентной смазки на резьбовых соединениях.

МНЭ является неремонтируемым изделием.

Учитывая достоинства молекулярных накопителей предлагается их использование в системе электрического пуска колесного бронетранспортера.

На бронетранспортере в аккумуляторном отсеке установлены две аккумуляторные батареи 12СТ-85Р, соединенные параллельно. Вместо одной аккумуляторной батареи устанавливается МНЭ и подключается параллельно к АКБ.

Выводы:

- применение МНЭ в системах электрического пуска вооружения и военной техники позволит обеспечить надежный пуск двигателей в различных условиях и особенно в условиях низких температур;
- повышается уровень технической и боевой готовности вооружения и военной техники.
- обобщённая схема дистанционного диагностирования БТВТ и ВАТ может быть взята за основу при формировании и применении теледиагностики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по устройству, эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту автомобилей КАМАЗ. Набережные Челны, 2016;
2. Электрооборудование и автоматика боевых машин. Учебное пособие, НВВКУ, 2016;
3. Бронетранспортер БТР-80. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М.: ВИ, 2001;
4. Электрооборудование военной автомобильной техники. – М.: ВИ, 1988.

MOLECULAR STORAGE DEVICES FOR WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

Maksimov Yuri Grigoryvich¹; Antonenko Valentin Sergeevich¹;

¹ FSKVOU VO "Novosibirsk Higher Military Command School",
630117, Russia, Novosibirsk, st. Ivanova, 49

Maksimov Y.G., email: maximeyko2013@mail.com

Annotation: This paper presents the combat properties of weapons and military equipment and the directions of their improvement. The authors consider the directions of increasing the mobility of machines and ways to improve the electric start-up systems, due to the «capacitor start-up» on molecular storage devices.

Keywords: Mobility, speed, electric start systems, molecular storage devices.

УДК 62-05

ЛЮДИ, ПРОЛОЖИВШИЕ ПУТЬ В КОСМОС

Мезенцев Никита Владимирович;

Гуськов Анатолий Васильевич, д.т.н. доцент;

Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н. доцент

Новосибирский государственный технический университет 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Гуськов А.В., email a.guskov@corp.nstu.ru

Мезенцев Н.В., email mezencev.2017@corp.nstu.ru

Милевский К.Е., email milevskii@corp.nstu.ru

Аннотация: статья посвящена людям, которые своими трудами проложили путь в космос и их последователям. Рассматривается путь становления этих людей в научном мире и ключевые события, произошедшие с этими людьми. Рассматриваются их основные труды и теории, которые оказали огромное влияние не только на развитие Советской космонавтики, но и на её развитие в масштабе нашей планеты. Также рассматривается и объясняется эффект, замеченный одним из космонавтов на космической станции. Кроме того, рассматриваются работы людей, которых захватили мысли о космосе под впечатлением от личного разговора с лётчиком-космонавтом и дважды Героем Советского Союза Леоновым А.А.

Ключевые слова: пионер космонавтики; создал; стыковка; теорема промежуточной оси; патент.

Введение

Людей всегда интересовало, что же там находится на небе и что оно нам может дать. Некоторые из них решили, что этой проблеме необходимо уделить особое внимание.

В работе ставится задача рассмотреть жизненный путь и идеи этих людей.

Теория

Одним из первых пионеров космонавтики был Александр Игнатьевич Шаргей, более известный как Юрий Васильевич Кондратюк.

В своей первой книге "Тем, кто будет читать, чтобы строить" он написал: "Прежде всего, чтобы вопрос этой работы сам по себе не пугал вас и не отвлекал от мысли о возможности осуществления, все время твердо помните, что с теоретической стороны полет на ракете в мировое пространство ничего

невероятного собой не представляет " .

В этой работе он вывел основное уравнение движения ракеты, привел схему и описание четырехступенчатой ракеты на кислородно-водородном топливе и многое другое. Также было предложено использовать сопротивление атмосферы для торможения ракеты при ее спуске с целью экономии топлива, во время полетов к другим планетам выводить корабль на орбиту искусственного спутника, а для посадки на них человека и возвращения на корабль применить компактный взлетно-посадочный модуль, использовать гравитационное поле небесных тел для дополнительного разгона или торможения космического аппарата для полетов в солнечной системе, рассмотрена возможность использования солнечной энергии для питания бортовых систем космических аппаратов и размещения на околоземной орбите больших зеркал для освещения поверхности Земли.

Впоследствии Кондратюк подготовил к печати еще одну книгу под названием "Завоевание межпланетных пространств". Кондратюк в 1929 году напечатал ее за собственные средства в Новосибирске. Именно эта тоненькая брошюрка принесла автору мировую славу.

В этой книге предложена последовательность первых этапов освоения космического пространства и развиты некоторые идеи, сформулированные в первой книге.

Юрий Кондратюк предложил оптимальный путь ракеты после ее старта, а именно: вертикальный подъем сквозь плотные слои атмосферы, а затем на орбиту с определенной траекторией. Он рассмотрел вопрос тепловой защиты космических аппаратов при их движении в атмосфере. Но главным его предложением стали промежуточные межпланетные базы с запасами всего необходимого для длительного полета. [1]

Следующим человек, открывший дорогу в космос Мстислав Всеволодович Келдыш

Крупный ученый, математик и механик, Президент Академии наук СССР, человек, с именем которого связаны исторические достижения XX столетия, М.В. Келдыш сыграл громадную роль в развитии авиации и ракетостроения и, конечно, в космических исследованиях.

В науку М.В. Келдыш вошел быстро и ярко. В 1931 г. он начал работать в Центральном аэрогидродинамическом институте им. Н.Е. Жуковского (ЦАГИ) под руководством академика С.А. Чаплыгина. В 1935 году ему присудили степень кандидата, а в 1938 и доктора физико-математических наук. В 1943 году Келдыш избирается членом-корреспондентом АН СССР.

В следующем году он создал и возглавил отдел механики в МИАН, на семинарах которого родилась и быстро развивалась тематика ракетодинамики и прикладной небесной механики, то есть будущих космических полетов.

В конце 1946 года Келдыша выбрали действительным членом Академии наук СССР и сразу же назначили начальником, а с 1950 года - научным руководителем НИИ-1 Министерства авиационной промышленности, то есть руководителем интенсивных прикладных работ в области ракетостроения. Около 15 лет Мстислав Всеволодович посвятил разработке воздушно-

реактивных двигателей и на их базе межконтинентальной крылатой ракеты «Буря», созданной в КБ С.А. Лавочкина.

Позже Келдыша захватила мысль о том, что с помощью ракет можно не только доставлять взрывчатое вещество к цели, но и людей для покорения космического пространства.

После успешного запуска первого спутника Земли и полета в Космос Юрия Гагарина М.В. Келдыш был избран Президентом Академии наук СССР и руководил ею с 1961 по 1975 год. [2]

Продолжателем был Борис Викторович Раушенбах

Около 60 лет назад в истории астрономии случилось грандиозное событие – в руках ученых появились фотографии обратной стороны Луны. Это был триумф советской космонавтики и гениального ученого - Бориса Викторовича Раушенбаха.

"Луна-3" – первый космический аппарат, для которого была разработана система ориентации в космическом пространстве. До этого искусственные спутники летали вокруг Земли, кувыряясь на заданной орбите [3]

Стыковка — это до сих пор один из наиболее сложных моментов космического полета. Первые попытки стыковок провалились.

Наши космические корабли были сконструированы таким образом, что космонавт видел стыковочный узел только на мониторе. Раушенбах Б.В. анализирует неудачи и пытается выяснить, правдиво ли изображение на экране передает реальную обстановку. Решение этой технической задачи переворачивает всю его жизнь.

Еще в 1960-х годах, занимаясь разработкой проблем, связанных с оптикой космических аппаратов, Раушенбах Б.В. задумался над тем, как мы воспринимаем пространство. Для наблюдения во время стыковки космических кораблей создаются специальные оптические приборы, которые строят изображение по законам геометрической оптики. Но вот тут-то и возник вопрос: а можно ли доверять этим изображениям?

Посетив однажды Музей древнерусского искусства имени Андрея Рублева, Раушенбах Б.В. увлекся изучением принципов изображения пространства в иконе. Феномен иконы его интересовал чрезвычайно и именно в связи с особым изображением пространства. Ученый сразу же заметил, что древние иконописцы стремились показать пространство как можно полнее. При этом плоскость иконы не нивелирует пространство, а сжимает его.

Современному человеку кажется, что иконное изображение построено неправильно и нелогично, что в нем есть искажение пространства, пропорций, масштабов, но Раушенбах Б.В. доказал, что пространственные построения в древнерусском искусстве имеют свою, очень точную логику.

Как подчеркивал Раушенбах, человек имеет дело с объективным пространством, но воспринимает его субъективно, и поэтому он вводит понятие перцептивной перспективы. Она соединяет в себе прямую, аксонометрическую и обратную перспективу, формируя отображение реальности таким, каким его видит глаз человека и корректирует его мозг. [4]

Следующий человек заметил в космосе один занимательный эффект,

который позднее был назван в его честь.

В 1985 году Владимиром Джанибековым во время миссии на космической станции «Салют-7» был обнаружен интересный эффект: открученная крепёжная гайка, пролетев около 40 см, совершила кувырок на 180° и полетела дальше, её центр масс продолжал равномерное и прямолинейное движение, через 40 см гайка снова совершила кувырок, и так далее. Уже тогда космонавт, предположил, что подобные «странности поведения» реальны и для всей нашей планеты.

Этот эффект объясняется теоремой промежуточной оси. Суть теоремы в том, что абсолютно твёрдое тело (ТТ) и не абсолютно жёсткое тело (НАЖТ) при вращении устойчиво относительно осей с наибольшим и наименьшим главными моментами инерции.

Но вращение вокруг оси со средним моментом инерции неустойчиво всегда, в этом случае вращающиеся тело будет стремиться перейти в состояние с минимальной энергией вращения. [5]

В 2003 году представители кафедры ГДУ Гуськов А.В., Милевский К.Е., и Немировский Ю.В. на одной из конференций в Омске встретились с первым человеком, вышедшим в космос – Леоновым А.А. После беседы с ним и глубокого осмысления знаний, полученных из этой увлекательной беседы, они обращают свой взор в небо.

Они начинают размышлять о том, что космос может нам дать, но вскоре пришли к мысли о том, что в космосе, кроме возможностей, есть проблемы требующие вмешательства.

Эти мысли они передают своим студентам, которые реализуют их в виде патентов на полезные модели.

И первая из них – «Устройство для разрушения фрагментов космического мусора»

Полезная модель относится к средствам защиты от космического. Устройство разрушения фрагмента объекта космического мусора, содержит космическую платформу, на которой расположено устройство наведения на цель и космические перехватчики, выполненные в виде кумулятивных воронок, образованных из подвижных лепестков, снаружи которых размещено взрывчатое вещество, а также лепестки установлены с возможностью изменения угла раствора кумулятивной воронки, в соответствии с размерами фрагментов космического мусора. Таким образом, достигается повышение эффективности разрушения и уменьшения временного промежутка, необходимого для разрушения объекта, состоящего из метеоритно-кометного вещества с широким спектром их характеристик.

Устройство работает следующим образом. Приближающийся к Земле фрагмент объекта космического мусора, состоящего из метеоритно-кометного вещества, исследуется при помощи устройства дистанционного зондирования и спектрографических исследований, вычисляется траектория объекта, геометрические параметры и химический состав данного вещества, из которого состоит фрагмент объекта космического мусора. После этого к объекту запускается космическая платформа с находящимися на ней, космическими

перехватчиками для уничтожения космического мусора. Наведение на цель осуществляется с космической платформы, после чего с платформы стартует космический перехватчик. Используя данные, взятые с устройства дистанционного зондирования и спектрографического исследования, изменяется угол раствора кумулятивной воронки, за счет перемещения подвижных «лепестков». После установки определенных параметров, происходит детонация взрывчатого вещества, размещенного на «лепестках». При взрыве ВВ образуется режущий кумулятивный эффект. Конструкция из конических «лепестков» представляет собой удлиненные кумулятивные заряды, которые при взрыве «схлопываются», тем самым образуя кумулятивные струи, наносящие всесторонний разрезающий эффект на исследуемый фрагмент объекта космического мусора. [6]

Следующее - «Способ разрушения фрагментов космического мусора»

Изобретение может быть использовано для разрушения фрагментов космического мусора (КМ).

Способ разрушения фрагментов космического мусора осуществляется следующим образом.

При приближении фрагмента космического мусора к Земле по траектории вычисляют траекторию для движения и поражения фрагмента космическим перехватчиком. При поражении космическим перехватчиком фрагмента носовая часть перехватчика разрушается, и гелеобразное взрывчатое вещество распределяется по поверхности объекта и обволакивает неровности на поверхности. Во время удара также разрушаются капсулы с катализатором, что приводит, под действием катализатора, к затвердеванию взрывчатого вещества после обволакивания участка поверхности и не дает взрывчатому веществу улетучиться с поверхности фрагмента. Далее с пульта управления на Земле или космическом корабле осуществляют подрыв взрывателя, который приводит в действие застывшее взрывчатое вещество. Ударные волны, вызванные взрывом, взаимодействуют между собой и, усиливаясь за счет неоднородности фрагмента, приводят к его разрушению. [7]

Вывод

Для открытия космоса были проведены огромные по своей величине исследования, которые коснулись каждой области науки, но не смотря на это вместе с освоением новых пространств, появляются и будут появляться новые проблемы, которые нам предстоит решить.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5. И. Микулёнок Кондратюк Юрий Васильевич - пионер космонавтики. К 115-летию со дня рождения [Электронный ресурс] // Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского" URL: <https://kpi.ua/ru/kondratiuk>
6. Академик Мстислав Всеволодович Келдыш. К 110-летию со дня рождения [Электронный ресурс] // Российская Академия Наук URL:

<http://www.ras.ru/News/ShowNews.aspx?ID=51b3b5ab-d204-47a2-bbb3-b15321b0c1b4>

7. Раушенбах: траектория жизни [Электронный ресурс] // РОСКОСМОС URL: <https://www.roscosmos.ru/8784/>
8. Раушенбах Борис Викторович, Протоиерей Александр Топоров, Гаврюшин Николай Константинович, Языкова Ирина Константиновна, Орехов Д. Синтез двух систем познания академика Раушенбаха ISBN:9785040218738, 5040218737
9. Кравцов С.Р. К динамике эффекта Джанибекова = To dynamics of Dzhanibekov effect / С.Р.Кравцов, П.А.Полетаев, А. И.Родионов // Наука. Промышленность. Оборона: тр. 18 Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 19–21 апр. 2017 г. В 4 т. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – Т. 1. – С. 166-170.
10. Патент RU 145068 U1, МПК В64G 99/00 (2009.01) Российская Федерация. Устройство для разрушения фрагментов космического мусора. / Гуськов А.В., Милевский К.Е., Иноземцева К.О., Слесарева Е.Ю., № 2014112613/11, заявл. 01.04.2014; опубл. 10.09.2014, Бюл. № 25
11. Патент RU 2572283 C1, МПК В64G 1/10 (2006.01), В64G 99/00 (2009.01) Российская Федерация. Способ разрушения фрагментов космического мусора. / Гуськов А.В., Милевский К.Е., Ломан В.А., № 2014135239/11, заявл. 28.08.2014; опубл. 10.01.2016, Бюл. № 1.

PEOPLE WHO PAVED THE WAY INTO SPACE

Anatoly Vasilievich Guskov, D.Sc. (Engineering), associate professor e-mail a.guskov@corp.nstu.ru

Mezentsev, Nikita Vladimirovich, student, email mezencev.2017@corp.nstu.ru

Melevsky Konstantin Evgenyevich, Ph.D. (Engineering), associate professor email milevskii@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave, 20

Abstract: The article is devoted to people who paved the way into space and their followers by their labours. The way of formation of these people in the scientific world and the key events that happened to these people are considered. Their main works and theories, which had a great influence not only on the development of Soviet cosmonautics, but also on its development on the scale of our planet, are examined. The effect seen by one of the cosmonauts on the space station is also examined and explained. In addition, the work of people who were captivated by thoughts of space under the impression of a personal conversation with the cosmonaut and twice Hero of the Soviet Union, A.A. Leonov, is examined.

Keywords: Pioneer of cosmonautics; created; docking; intermediate axis theorem; patent.

НАЧАЛО РАЗВИТИЯ АРТИЛЛЕРИИ: УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ

*Мурзаева Алина Багаутдиновна, студент; Милевский Константин
Евгеньевич, к.т.н. доцент.*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса 20, тел. (913)005-48-19

Милевский К.Е., e-mail: milivskij@craft.nstu.ru

Мурзаева А.Б., e-mail: alina-murzaeva7@mail.ru

Аннотация: в данной статье рассматривается одна из важных задач в развитии артиллерии – увеличение дальности стрельбы. Затрагиваются временные промежутки, начиная с древности по начало нового времени (XV век).

Ключевые слова: метательная артиллерия; метательное оружие; порох; огнестрельное оружие.

Введение

Испокон веков война являлась двигателем научно-технологического прогресса. Появление железа и стали оттеснило на второй план бронзовые доспехи и оружие, появление арбалетов значительно снизило влияние закованной в стальные доспехи тяжёлой кавалерии на поле боя, использование ранних пороховых ружей отодвинуло арбалеты, нарезное оружие преобладало над гладкоствольным и так далее, вплоть до современных управляемых баллистических ракет и высокоточного оружия. Немалую роль в развитии цивилизации сыграла артиллерия, вновь и вновь ставя перед учёными новые задачи по модернизации и усовершенствовании методов ведения войны.

Основной целью артиллерии является нанесение существенного урона с большого расстояния, и сведение к минимуму возможности ответного удара врага. Именно, исходя из этой цели, формируются главные направления в развитии артиллерии, а именно: увеличение дальности стрельбы, увеличение точности стрельбы и увеличение наносимого ущерба.

Начиная с древности и по настоящее время, человечество совершенствуется в военной отрасли, стараясь развивать и улучшать оружие.

Появление метательной артиллерии было вызвано к жизни насущными потребностями развития военного дела. Во многих странах в первую очередь это связано с осадой и обороной обнесённых стенами городов – важных экономических, административных и военных центров государства, борьба за обладание которыми с глубокой древности была важнейшей целью в общей стратегии вооружённой борьбы.

Метательное оружие, вид оружия, в котором для бросания средства поражения используется мускульная сила человека, воздействующая либо непосредственно, либо с помощью предварительно скрученных, растянутых

или изогнутых упругих элементов. Различают ручное метательное оружие и тяжёлое (метательные машины) [1].

Ручное метательное оружие предназначалось для поражения живой силы. К нему относились: непосредственно бросаемые человеком снаряды [дротик, бумеранг, некоторые разновидности холодного оружия, пригодные как для рукопашного боя, так и для метания (копьё, палица, томагавк и др.)]; приспособления, увеличивающие размах метания (праща, копьеметалка); Метательное орудие с упругими элементами (лук, арбалет). Ручное метательное оружие возникло повсеместно в глубокой древности – первоначально им служил обыкновенный камень, затем специально изготовленные снаряды, которые обеспечивали бросание снаряда на расстояние до 150 м [1].

Появившийся несколько позднее лук не только увеличил дальность поражения цели, но и значительно повысил точность стрельбы. Поговорим подробнее о данном орудии. Лук, ручное метательное оружие, использующее потенциальную энергию напряжённой дуги, стянутой тетивой. До развития огнестрельного оружия наиболее эффективное оружие дальнего боя, был распространён почти у всех народов мира. Метательными снарядами, как правило, служили стрелы, иногда также свинцовые шарики. Дальнейшее усиление лука привело к появлению арбалета.

История появления арбалета очень запутана. На последний момент считается, что этот вид оружия был изобретен примерно в IV веке до н.э в Древнем Китае. Очевидно, что с развитием городов и осадного дела неизбежно появляется мысль усовершенствовать ранее изобретенный лук так, чтобы дать возможность накапливать энергию и обеспечить большее время для прицеливания. Наличие спусковых устройств, говорило о преимуществе данного оружия от его собрата – лука. Ведь благодаря им снижается нагрузка на руки. В виду этого скорострельность орудия падает, но выстрел становится удобнее и мощнее, а его дальность увеличивается.

Затем появилось тяжелое метательное оружие, служившее для метания тяжелых предметов — камней, ядер. Они предназначались для поражения живой силы и разрушения оборонительных сооружений. Метательные машины представляли собой высшую для доогнестрельной эпохи ступень развития боевой техники, осуществлявшей функцию доставки средств непосредственного поражения противника.

Метательные машины подразделялись на машины настольной (баллисты) и навесной стрельбы (катапульты). Время создания данных метательных устройств и их первого боевого применения датируется с древнейших времен. (конец IV-V вв до н.э.) [1].

Катапульта – боевое метательное устройство, имевшее рычаг с ковшом на конце и приводившееся в действие силами упругости скрученных волокон (сухожилий, волос, ремней и др.) Катапульта предназначалась для метания камней, ядер и др. предметов массой 30–480 кг на дальность до 850 м. Для обслуживания одной катапульты требовалось 4–10 человек. На подготовку выстрела уходило от 15 мин до 1 часа.

Баллиста – метательная машина. Приводилась в действие силой

упругости скрученных волокон (сухожилий, веревок и др.) и предназначалась для разрушения стен и поражения защитников крепостей. Дальность метания камней (до 30 кг), тяжёлых стрел, окованных железом брёвен (длиной до 3,5 м), бочек с горящей смолой и т. п. достигала 400–800 м, более лёгких стрел – до 1000 м. Обслуживало баллисту несколько человек. На подготовку выстрела требовалось от 15 мин до 1 часа.

Напряжение или скручивание упругих элементов и подъём груза метательных машин осуществляли несколькими человек с помощью ворота или других приспособлений. Тяжёлое метательное оружие появилось значительно позднее ручного, сначала в странах Древнего Востока, а затем в Древней Греции и Древнем Риме. Первые метательные машины обладали большими габаритами и массой, не могли в собранном виде перемещаться вместе с войском, сооружались вблизи осаждаемой крепости непосредственно перед штурмом.

История создания пороха и его применение в Древнем Китае

Возникновение артиллерии стало возможным после изобретения пороха. Она пришла на смену метательным машинам.

К середине первого века нашей эры селитра была известна в Китае и есть убедительные доказательства использования селитры и серы в различных комбинациях в основном для приготовления лекарств. Первым описанием зажигательных свойств смесей является даосский текст, предварительно датированный серединой IX века нашей эры. Там говорится о смеси, в составе которой находилась селитра и сера с добавлением неких веществ, в результате нагревания которой образовывался дым и пламя. Таким образом, в IX веке даосские монахи и алхимики в поисках «эликсира бессмертия» по случайности наткнулись на порох. Китайское слово «порох» (что буквально означает «Огонь медицины»), вошло в употребление через несколько веков после открытия смеси.

Вскоре китайцы применили порох для развития оружия. Самым первым поражающим элементом стала огненная стрела, она представляла собой пороховой заряд, обернутый промасленной бумагой, не пропускающей воду, и укреплялся нитью. Фитиль покрывали порохом и краской для чернения зубов, чтобы он не затухал даже в дождь. Такие бомбы оказывались мощнее обычных стрел и не только поджигали цель, но и выводили из строя даже самого защищенного бойца.

Огнестрельное орудие

Впервые огнестрельное оружие было применено арабами в конце XIII – начала XIV вв. С 1320-х гг. оно через Испанию проникло в Западную Европу.

Арабы издавна применяли модфы, или мадфы — «огненные трубы», закрытые с одной стороны, стрелявшие круглыми пулями, называвшимися бондок, то есть «орех». Мадфа – короткая трубка из бронзы или железа, в которую насыпали порох, потом пыж, а сверху — свинцовую пулю. Трубку закрепляли на деревянной колоде или на длинный железный стержень. Один конец трубы был сплюснен и в нем сделано маленькое отверстие, к которому подносили огонь. Пороховой заряд вспыхивал, раздавался громкий выстрел —

и пуля летела во врага, а стрелявший оказывался в облаке порохового дыма.

Первые серьезные огнестрельные орудия (применялись лишь при осаде и обороне крепостей) представляли собой железную трубу с глухим дном, заряжаемую с дула, либо заряжаемую с казенной части трубы с вкладной зарядной камерой, куда засыпался пороховой заряд. Стволы закреплялись в деревянной колоде. Боеприпасами служили каменные, железные или свинцовые ядра и каменная картечь [2]. Дальность стрельбы достигала до 700 метров. Минусом бомбарды являлись их железные стенки, которые были непрочны. То одна, то другая бомбарда разрывались; при этом она обжигала, ранила и убивала окружающих.

Отковки орудий из железа к их отливке из бронзы перешли в 15 веке. Появились пушки (в Русском государстве – пищали), бомбарды и мортиры (пушки верховые), гаубицы [2].

Одним из применений такого орудия стала осада Константинополя турецким султаном Мехмедом II Завоевателем. Летописи гласят, что в период между X и серединой XV века был ознаменован сужением владений Византии и уменьшением влияния византийского басилевса (императора) в мире. К 1450 году над Византией нависла угроза османского вторжения, которое ослабленная Византия не смогла бы остановить. Все понимали, что война неизбежна и в это время на аудиенцию к императору Константину XI Палеологу попал мастер, предлагающий изготовить в достаточно короткие сроки новые бронзовые артиллерийские орудия, названные «Базилика», которые бы смогли переломить исход противостояния. История умалчивает о причинах отказа басилевса, но как итог этот же мастер обратился к султану Мехмеду II и изготовил пушки уже для него. В итоге Константинополь пал под огнём новых орудий и это была первая в истории действенная демонстрация силы артиллерии, навсегда перевернувшей мир. Дальность стрельбы пушки «Базилики» составляла около 2 километров, что в то время казалось немыслимым, но все же оставляла противнику шанс настичь артиллерийский расчет, легкая конница добралась бы до него буквально за несколько минут, поэтому ученые безудержно трудились над этим вопросом. Именно это орудие мы будем считать точкой отсчёта в развитии артиллерии, как один из самых ранних сохранившихся образцов.

Выводы

Проанализировав ход развития артиллерии, можно прийти к выводу о том, что достижения артиллерийской науки и техники произошли не в один день, а совершенствовались веками. Значительные изменения артиллерии, начавшиеся с преобразования материальной части, привели к разработке новых снарядов; увеличение дальности артиллерийских орудий вызвало необходимость оснащения орудий более совершенными приборами для обеспечения точной стрельбы и управления огнем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. МЕТАТЕЛЬНОЕ ОРУЖИЕ // Большая российская энциклопедия. Том 20. Москва, 2012. – 113с.
2. Таубин И. А., Канинский О. М. и др. АРТИЛЛЕРИЯ // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2018); URL: https://bigenc.ru/domestic_history/text/3787720 (Дата обращения: 09.04.2021).

THE BEGINNING OF THE DEVELOPMENT OF ARTILLERY: INCREASING THE RANGE

Milevsky K.E., Ph.D. assistant professor; Murzaeva A.B., student.

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, pr. Karl
Marx, 20, tel. (913)005-48-19

Milevsky K.E., email milivskij@craft.nstu.ru

Murzaeva A.B., e-mail alina-murzaeva7@mail.ru

Annotation: This article discusses one of the important tasks in the development of artillery - increasing the firing range. The time periods are affected, from antiquity to the beginning of modern times (15th century).

Keywords: Throwing artillery; projectile weapons; gunpowder; firearm.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПО ЦЕЛИ

Окулов Сергей Андреевич, студент; Хмельников Евгений Александрович, доктор техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Специальное Машиностроение»; Смагин Константин Владимирович, старший преподаватель; Заводова Татьяна Евгеньевна, старший преподаватель

Нижний Тагил, Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». 622013, Россия, г. Нижний Тагил, ул.

Красногвардейская. 59, тел. 8(343)525-65-00

Окулов С.А., e-mail okulov_serge98@mail.ru

Хмельников Е.А., e-mail khmelnikov7@gmail.com

Смагин К.В., e-mail smaginkv@gmail.com

Заводова Т.Е., e-mail tatiana.zavodova@urfu.ru

Аннотация: Рассматриваются испытания ударников в виде готовых поражающих элементов с реакционными материалами. В ходе испытаний производится оценка зажигательного действия ГПЭ с РМ при различных скоростях соударения с преградой и толщинах стенок корпуса. Также проводится оценка перегрузки и изменения параметров воздушной ударной волны от соударения.

Ключевые слова: готовые поражающие элементы, реакционные материалы, ударник.

Данные испытания проводились, для определения эффективности поражающего действия боеприпасов, состоящих из готовым поражающим элементом (ГПЭ) с реакционными материалами (РМ). РМ – это, материалы, обладающие инертными свойствами при нормальных условиях, но при воздействии высоких механических и динамических нагрузок, они способны к дефлограционному горению или даже к взрыву.

Для исследования свойств РМ была предложена программа испытаний, которая позволит определить влияние целого ряда факторов, таких как скорость взаимодействия, толщина стенок поражающих элементов и их кинетическая энергия, на глубину проникания в преграду. Объектом испытаний являются ударники в виде готовых поражающих элементов (ГПЭ) в алюминиевом корпусе, корпуса разделены на восемь групп с толщинами стенок: 0,3; 0,4; 0,5; 0,65; 0,72; 0,87; 1,0; 1,3 мм, Внутренняя полость ГПЭ наполнена ФТ-4 с стандартной плотностью[1-4]). Калибр ГПЭ составляет 12,7 мм.

Целью испытаний является оценка энергетического воздействия ГПЭ с РМ на преграду при скоростях соударения с преградой: 600, 900, 1200м/с.

Во время испытаний ударников стрельбой по полубесконечной преграде производилась регистрация следующих параметров:

- Скорость ударника V_c , м/с;
- Скоростная видеосъемка взаимодействия боеприпаса с преградой с лицевой и с боковой стороны (рис. 1);
- Измерение параметров воздушной ударной волны (ВУВ) с помощью установленных датчиков давления 2606 и ПД 7/15 (рис. 1);
- Измерение импульса на преграде с помощью установленных акселерометров АР-23 или АР-2 (рис. 2);
- Фотосъемка лицевой и боковой стороны преграды;
- Геометрические параметры каверны (диаметры и площади на лицевой стороне);
- Измерение выделения тепловой энергии на преграде при работе по полубесконечной преграде с помощью инфракрасной камеры FlipA600 Series (рис. 1).

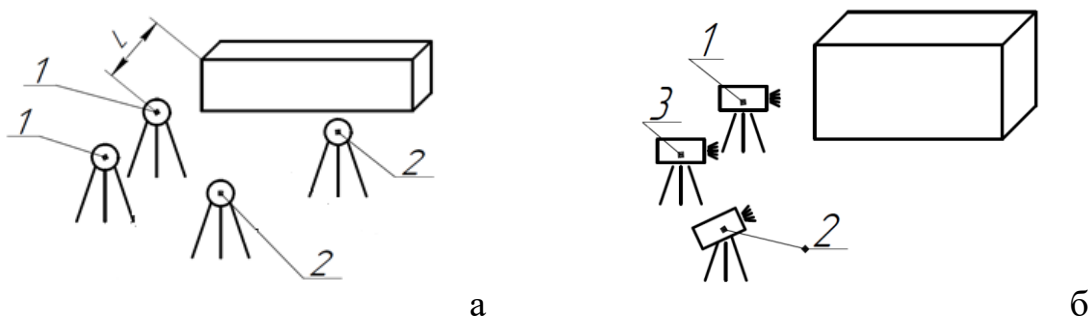


Рис. 1. а-схем установки датчиков: 1– мембранный датчик «2606», 2 –ПД 7/15 L – расстояние от датчика до прицельной метки, устанавливается исходя из условий испытаний, б-схема установки скоростного видеозаписывающего комплекса (1, 2) и ИК камеры FlipA600 Series (3).

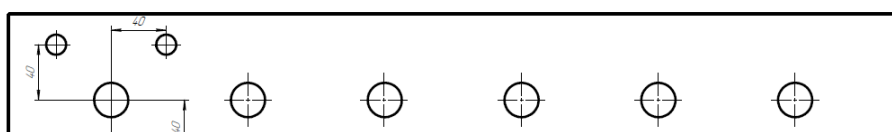


Рис. 2. Схема установки акселерометров для измерения импульса на преграде.

Исходя из анализа следов горения на плитах и скоростной видео съемки, можно сделать вывод, что для скоростей 1200 м/с (5 и 6 каверна) характерно наибольшее выделение энергии РМ, при скорости 900 м/с реакция протекает с меньшей интенсивностью (3 и 4 каверна). Скорости 600 м/с (1 и 2 каверна) не достаточно для того, чтобы РМ начал реакцию, но было замечено, что при наименьшей толщине стенки 0,3; 0,4; 0,72 мм, наблюдается реакция горения РМ сопоставимая с реакцией при скорости взаимодействия 1200 м/с (рис. 3).



Рис. 3. Образованные каверны от соударения ударника с преградой

Данные процесса развития реакции горения РМ был получен при помощи программ TEMAMotion [6] и Autodesk Inventor Professional 2018 [7]. Распространение реакции, начинает с интенсивным выделением продуктов горения РМ и с дальнейшим медленным затуханием. Также можно сказать, что толщины стенок влияют на реакцию горения РМ, стенки толщиной: 0,3; 0,4; 0,72 мм, образуют наибольшие объемы облака горения РМ на всех скоростях соударения с преградой.

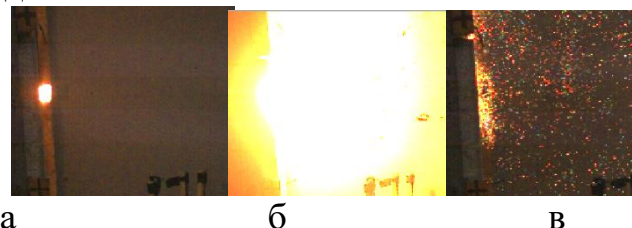


Рис. 6. Начала реакции горения РМ (а), максимальное облако прореагировавших мелкодисперсных частиц РМ (б), конец реакции горения РМ (в)

Результаты обработки параметров воздушной ударной волны и импульса на преграде, получены в программе DIAdem 2011 [8], путем обработки сигналов с датчиков давления «2606» и «ПД 7/15» и акселерометров AP-23 и AP-21.

Параметры импульса на преграде зависят от скорости соударения ударника с преградой, это характеризуются резким скачком и затуханием импульса. Влияния реакции РМ на запреградное действие в условиях полубесконечной преграды не отмечено.

Образованное облако мелкодисперсных частиц реакционных материалов, возникших в результате реакции горения, имеет прямое влияние на величину давления ударной волны. Такой вывод можно сделать исходя из следующих фатов:

- при отсутствии дефлаграционного горения РМ, на датчиках не фиксируется изменение давления;
- на датчиках, которые расположены дальше от преграды, заметно меньшее давление (разница порядка 15-20 %).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pugachev A.K., Roslyakov O.A. 1978. Processing of fluoroplast in products: Technology and equipment. L. Chemistry, pp. 168.
2. Wall L.A. 1972. Fluoropolymers. Wiley-Interscience, a Division of John Wiley and Sons, Inc., New York, pp. 550.
3. Panshin U.A., Malkevich S.G., Dunaevskaya Ts.S. 1978. Fluoroplastic. L. Chemistry, pp. 230.
4. Industrial organofluorine products. Directory. 1996. St-P. Chemistry, pp. 544.

5. Министерство обороны СССР. Наставления по стрелковому делу. 12.7 мм пулеметы образца 1938/46 и 1938 года. – Москва: Изд. Ордена Трудового Красного Знамени Военного издательства Министерства обороны СССР. 1971. – 305 с.
6. Руководство по использованию программы TEMAMotion URL: http://www.mkoi.org/files/tema/motion/Product_info_TEMA_Motion.pdf
7. Зиновьев Д.В. Основы проектирования в AutodeskInventor 2016. 2-е изд. под ред. Азанова М. - М.: ДМК Пресс, 2017. - 256 с.: ил.
8. Руководство по использованию программы DIAdem 2011 URL: <http://nitec.nstu.ru/upload/lib/Getting%20Started%20with%20DIAdem.pdf>

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF PARAMETERS OF DAMAGING ELEMENTS ON THE EFFICIENCY OF ACTION ON THE TARGET

Okulov Sergey Andreevich, student of Department of Special engineering, okulov_serge98@mail.ru

Khmelnikov Evgeny Alexandrovich, doctor of technical Sciences, Head of Department of Special engineering, khmelnikov7@gmail.com

Smagin Konstantin Vladimirovich, Senior lecture of Department of Special engineering, smaginkv@gmail.com

Zavodova Tatiana Evgenievna, Senior lecture, head of laboratory of Department of Special engineering, tatiana.zavodova@urfu.ru

"Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin"
Nizhny Tagil technological Institute (branch), Krasnogvardeiskaya street, 59, Nizhny Tagil, 622013, Russia

Abstract: The article deals with the tests of strikers in the form of ready-made striking elements with reaction materials. During the tests, the incendiary effect of the ready-made striking elements and reaction materials is evaluated at different collision speeds with the barrier, the thickness of the body wall and the mass of the reaction materials. An assessment of the overload and the change in the parameters of the air shock wave from the impact is also carried out.

Keywords: ready-made striking elements, reaction materials, striker.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТМАСС В БОЕПРИПАСАХ

Потанина Елена Юрьевна, студент; Мезенцев Никита Владимирович, студент; Гуськов Анатолий Васильевич д.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)980-24-35

Мезенцев Н.В., mezencev.2017@stud.nstu.ru

Потанина Е.Ю., potanina.2017@stud.nstu.ru

Гуськов А.В., email: a.guskov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630079, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-11-21

Аннотация: в данной статье рассмотрим различные способы применения пластмасс в устройстве боеприпасов, а также влияние развития полимерной индустрии на производство боеприпасов

Ключевые слова: пластмассы, боеприпасы, живучесть, скорострельность, прочность

Введение

Пластмассы - это материалы, основой которых являются синтетические или природные высокомолекулярные соединения (полимеры).

Название «пластмассы» означает, что эти материалы под действием нагревания и давления способны формироваться и сохранять заданную форму после охлаждения или отверждения. Процесс формования сопровождается переходом пластически деформируемого состояния в твёрдое состояние [1].

Первая пластмасса была получена английским металлургом и изобретателем Александром Парксом в 1855 году. В 1913—1914 годах на шелкоткацкой фабрике в деревне Дубровке в окрестностях г. Орехово-Зуево Г. С. Петров совместно В. И. Лисевым и К. И. Тарасовым синтезирует первую русскую пластмассу — карболит и организует её производство [2].

В советском мотопроме карболитовым лаком герметизировали стык центральных половин моторов. Карболит был также чрезвычайно распространён в локомотивостроении 50-х годов 20-го века. Большое количество карболитовых деталей можно обнаружить в узкоколейном тепловозе ТУ2 и пассажирском вагоне ПВ40, выпускавшемся на Демиховском машиностроительном заводе (г. Орехово-Зуево). Из карболита изготавливали смертные медальоны для солдат во время войны. В 1926—1945 гг. на Кёнигсбергской янтарной мануфактуре карболит использовался как дешёвый заменитель янтаря [6]. Карболит широко применялся для изготовления рукояток и магазинов при производстве стрелкового оружия, такого как РПК-74 или АК-74[7].

Особое значение пластики имеют в тех конструкциях, где очень важно

соотношение массы к прочности. Основные преимущества пластмасс в сравнении с металлами:

- Низкая плотность
- Хорошее поглощение звука и вибрации
- Электрическая изоляция и регулируемая проводимость
- Хорошая химическая стойкость
- Возможность свободного дизайна
- Проницаемость для электромагнитных волн
- Очень хорошая стойкость к коррозии
- Тепловая изоляция
- Возможна специальная модификация для отдельных случаев применения.

Для механической обработки полимерных заготовок возможно использование обычных, доступных на рынке инструментов для дерево- и металлообработки вместе с инструментами, изготовленными из быстрорежущей стали (HSS).

Одним из наиболее важных преимуществ пластика является то, что в наше время есть возможность изготавливать готовые конструкции с заданной геометрией и свойствами, например, шероховатостью. Это обеспечивается за счёт применения 3D печати.

3D-печать – это методика изготовления объемных изделий на основе цифровых моделей. Суть процесса заключается в постепенном послойном воспроизведении объектов.

Воспроизведение объектов происходит постепенно. По требуемой форме слой за слоем наносится выбранный материал, формируя готовое изделие. Стоит отметить, что возможности 3D-печати практически безграничны.

Таким образом пластмассы, не только упрощают обработку изделий, но и позволяют автоматизировать технологические процессы, путём внедрения 3D-печати в процесс изготовления конструкций и деталей.

В начале 70-ых ружейные патроны с пластмассовыми пулями поступили на вооружение полиции ряда государств на замену патронов с резиновыми пулями. Результаты сравнительных испытаний показали, что по совокупности показателей пластмассовая пуля в 4,5 раза эффективнее в сравнении с резиновой пулей того же калибра и конструкции [4]

С 1974 г. наша промышленность освоила производство прочных и твердых многострельных пластмассовых гильз. Пластмассовые гильзы безотказно работают во влажной атмосфере, к тому же они выдерживают усиленные заряды пороха. [3]

Пластмассы применяются также и в производстве пыжей и пыж-контейнеров. Существенным преимуществом пыжей из пластмасс является то, что они имеют малый удельный вес и сохраняют силу трения при выстреле, близкую к теоретической. Упрочненная донная часть пыжа особой конструкции в начале выстрела препятствует выворачиванию обтюрирующего манжета и практически исключает прорыв газов, дает максимальную силу трения, а по

мере продвижения по каналу ствола с возрастанием скорости движения частично оплавляется с поверхности, прилегающей к стенкам ствола, за счет чего сила трения пыжа падает и резко снижается дульное давление пороховых газов.

В момент воспламенения пороха пыж уменьшает давление. Пыжи снимают налет с канала ствола; они влагостойки и невоспламеняемые. В момент выстрела высота пыжа уменьшается в 4 раза, обеспечивается хорошая амортизация, в результате чего дробь почти не деформируется.

Введение в конструкцию пластмассового пыжа позволило уменьшить деформацию снаряда в начальный момент выстрела и снизить энергию отдачи ружья примерно на 10 %. Амортизатор одновременно является и размерным компенсатором, изменяющим высоту при снаряжении патрона и обеспечивающим тем самым условия одинакового загиба краев папковых гильз при закреплении снаряда. [3]

В конце 1970-х годов был разработан холостой патрон. Патрон используется с навинчиваемой дульной втулки, которая обеспечивает давление пороховых газов, необходимое для работы автоматики оружия и разрушения пластикового имитатора пули.

Ещё один вариант использования пластмасс в боеприпасах— изготовление так называемых «баллистических наконечников» для экспансивных боеприпасов. Из-за особенностей строения таких патронов, имеются некоторые сложности, решаемые применением пластмассовых баллистических наконечников. [3]

На некоторых типах зарубежных зенитных ракет из стеклопластиков изготовлены управляющие поверхности, стабилизаторы, пусковые трубоконтейнеры, корпуса двигателей стратегических ракет.

Столь широкое использование стеклопластиков объясняют рядом их важных преимуществ перед традиционными высокопрочными конструкционными материалами. Стеклопластики, например, обладают значительно большей удельной прочностью, то есть отношением предела текучести материала к его удельному весу. Также стоит отметить немагнитность, хорошие тепло-, звуко- и электроизоляционные свойства в сочетании с высокой коррозионной и химической стойкостью к морской воде, растворителям и другим агрессивным средам.

На силовую конструкцию ракеты в разных направлениях действуют различные по величине нагрузки и усилия. Поэтому металлические корпуса ракет, имеющие равную прочность во всех направлениях, используются, как считают, неэффективно. Из стеклопластиков же можно изготовить такие конструкции, которые в различных направлениях имеют различную прочность пропорционально действующим нагрузкам.

К важным преимуществам стеклопластиков, по сравнению с традиционными конструкционными материалами, специалисты относят простоту изготовления корпусов ракетных двигателей. Считают, что круговая форма поперечных сечений двигателей ракет создает благоприятные возможности для механизации и автоматизации намотки стекловолокна и

формирования оболочек корпуса ракет с применением программирования. [5]

Российская армия приняла на вооружение боеприпасы нового поколения для автоматических пушек калибра 30 миллиметров. Конструктивной особенностью этих боеприпасов является использование пластмассовых ведущих поясков, что позволяет существенно повысить боевую эффективность пушек, в том числе при стрельбе длинными очередями.

Боеприпасы, изготовленные по новой технологии, решают одну из самых сложных проблем малокалиберных автоматических пушек — исключают механический износ канала ствола.

Применение боеприпасов с пластмассовыми ведущими устройствами повышает живучесть стволов в несколько раз при штатном режиме стрельбы,

У новых снарядов на 7-8% увеличилась начальная скорость, стабилизировались баллистические параметры, что в совокупности повышает боевую эффективность и обеспечивает существенный — до трех раз — рост боевой эффективности автоматических артиллерийских систем, состоящих на вооружении армии и флота. [6] [7]

В последние несколько лет всё более популярным становится нанесение полимерного красителя на поверхность пули. Прежде всего, покрытие защищает ствол от освинцовки и омеднения, также использование полимерного покрытия обеспечивает меньшее трение в канале ствола, а, следовательно, и меньший нагрев, и износ оружия.

Вывод

Развитие полимерной индустрии дает возможность пластмассам по своим характеристикам встать на уровень конструкционных металлов.

Режимы технологических процессов по обработке пластмасс шадящие, относительно режимов технологических процессов с классическими конструкционными материалами.

Вследствие этого технологические процессы обработки способствуют получению наиболее точных параметров изделий, а также увеличивать объемы производства.

Если совсем еще недавно пластические массы успешно заменяли в некоторых машинных узлах дефицитные цветные металлы, то сегодня области применения пластмасс в машиностроении стали значительно шире. Пластмассы являются самостоятельным конструкционным материалом с исключительно широкими возможностями. Некоторые конструкции деталей машин и приборов вообще теперь немислимы без изготовления их из пластмасс. По мере увеличения производства пластмасс они должны найти широкое применение там, где это дает наибольший эффект. [8]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тростянская, Е. Б. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ - Химическая энциклопедия / Е. Б. Тростянская, А. Г. Бабаевский. – Москва: Большая Российская энциклопедия, 1992. — Т. 3. – 564—565 с.

2. Волков В.А., Солодкин Л.С. Григорий Семенович Петров (1886-1957). — М.: Наука, 1971. — С. 32. — 116 с.
3. Трофимов, В.Н. Охотничьи боеприпасы и снаряжение патронов к охотничьим ружьям / В.Н. Трофимов. – Москва: Издательский Дом Рученькиных, 2005. – 20-23, 128 с.
4. Бельсон, Я.М. Полиция "свободного" общества / Я.М. Бельсон. – Москва: Юридическая лит., 2004. – 158 с.
5. Жуков, В Химия в бою / В Жуков. – Москва: Военное издательство Министерства обороны СССР, 1970. – с.
6. Юрий Смитюк "Техмаш": боеприпасы, втрое повышающие эффективность артиллерии, созданы в России [Электронный ресурс] // ТАСС URL: <https://tass.ru/armiya-i-opk/2184239>
7. Евгений Биятов В России создали патроны, втрое увеличивающие скорострельность 30-мм пушек [Электронный ресурс] // РИА НОВОСТИ URL: <https://ria.ru/20160830/1475598979.html>
8. С.М. Ямпольский проф., Л.Б. Эрлих, проф – Экономика освоения новых конструкций машин – Москва: ИЗДАТЕЛЬСТВО «МАШИНОСТРОЕНИЕ», 1964. – 67.

THE USE OF PLASTICS IN AMMUNITION

Nikita Vladimirovich Mezentsev, student, email mezencev.2017@corp.nstu.ru;

Elena Yurievna Potanina, student, email potanina.2017@stud.nstu.ru;

Anatoly Vasilievich Guskov, Ph. D.Sc. (Engineering), associate professor e-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, Russia,
630073, tel. (913)980-24-35

Correspondence address: Novosibirsk State Technical University, 630079,
г. Address for correspondence: Novosibirsk State Technical University, 630079,
Novosibirsk, 20 Karl Marx Ave. (383)346-11-21

ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОВЕРКИ БОЕПРИПАСОВ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ НА ПОЖАРОСТОЙКОСТЬ

Прокопович Егор Александрович, студент; Хмельников Евгений Александрович доктор.тех.наук, профессор, заведующий кафедрой «Специального Машиностроения»; Заводова Татьяна Евгеньевна, преподаватель кафедры «Специального Машиностроения».

Нижнетагильский Технологический Институт (филиал) Уральского Федерального Университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 622036, Россия, г. Нижний Тагил, пр. Мира, 54, тел (343)542-07-81

Прокопович Е.А. prokopovich_egor@mail.ru

Хмельников Е.А. khmelnikov7@gmail.com

Заводова Т.Е. tatiana.zavodova@urfu.ru

Адрес для корреспонденции: Заводова Татьяна Евгеньевна, Нижнетагильский Технологический Институт (филиал) Уральского Федерального Университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 622036, Россия, г. Нижний Тагил, пр. Мира, 54, тел (343)542-07-81

Аннотация: в статье рассматривается конструкция для проведения испытания на пожаростойкость боеприпасов и его элементов с помощью электронагревательных печей, которая позволит избавиться от испытания открытым пламенем, что обеспечить безопасность проведения эксперимента. Рассчитана мощность, необходимая для нагревания внутренней области электронагревательной печи. С помощью инженерных программ создана модель для проведения и анализа испытания, для рассмотрения распределения тепла внутри боеприпаса и его элементов при нагревании. Определены достоинства и недостатки конструкции.

Ключевые слова: электронагревательная печь; методика проведения испытания; боеприпасы; моделирование; испытание; безопасность эксперимента.

Введение

Федеральное Казенное Предприятие «Нижнетагильский институт испытания боеприпасов» использует на сборочно-испытательном производстве в отделе испытания боеприпасов, вооружения военной и специальной техники проводятся ряд испытаний для серийно изготавливаемых, разрабатываемых или модернизируемых боеприпасов и их элементов, к которым, в настоящее время, относятся и испытания по пожаростойкости изделий с целью обеспечения их сохранности и безопасности, используя методика испытаний открытым пламенем пожара, которая не обеспечивает условий для выполнения требований по проведению испытаний в диапазоне температур $350^0 \pm 50^0$ С.

Цель работы - разработка новой установки для испытаний, которая бы позволила отказаться от применения в испытаниях открытого пламени.

Методика экспериментального исследования

В разрабатываемой конструкции предлагается использование нового испытательного стенда на базе электронагревательных элементов, управление которыми позволяет получать заданный режим нагрева.

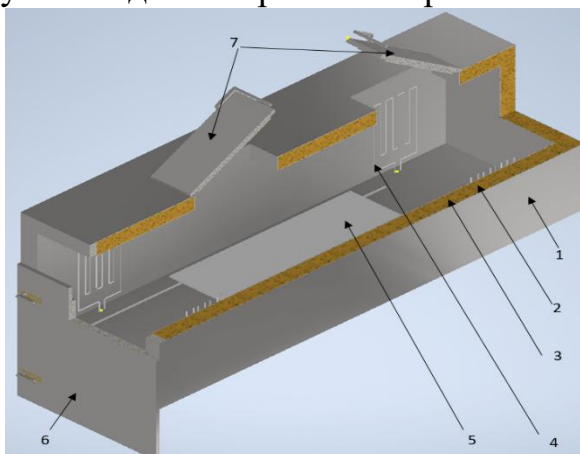


Рис. 1 – Установка для проведения испытания:

1 – внешняя оболочка, 2 – внутренняя оболочка, 3 – базальтовая вата, 4 – электронагревательный элемент ТЭН Харвия, 5 – транспортировочная тележка, 6 – подъемная дверь, 7 – откидывающийся люк

Принцип работы установки предполагает работу в следующем режиме: изделие помещается в холодную печь и осуществляется нагрев изделия до заданной температуры и подвергается испытанию, в ходе которого оно должно сохранить свои свойства.

Минимальной потребляемой мощности нагревателя соответствует стационарный режим. Температуру окружающей среды принимаем -40°C как самое экстремальное условие для проведения испытания.

Для определения мощности нагревателя в этом режиме нужно воспользоваться формулой мощности нагревателя, используя законы свободной конвекции [1], полагая, что перепад температур приложен к изоляции:

$$q = \frac{S_2 \cdot \lambda_{iz}}{\delta_{iz}} \cdot (T_0 - T_{os}) \quad (1)$$

Расчетные величины и численный результат в формуле 1 представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Результаты расчета уравнений

Наименование и размерность	Обозначение	Численный результат
средняя площадь поверхности изоляции, м ²	S_2	11.429
удельная теплопроводность изоляции, Вт/(м · °С)	λ_{iz}	0.047
толщина изоляции, м;	δ_{iz}	0.100
температура внутри контейнера, °С;	T_0	500
температура окружающей среды, °С;	T_{os}	-40

В соответствии с результатами расчета (табл. 1), мощность электронагревательной печи составляет:

$$q = \frac{S_2 \cdot \lambda_{iz}}{\delta_{iz}} \cdot (T_0 - T_{os}) = \frac{11.429 \cdot 0.047}{0.100} \cdot (500 - (-40)) = 2901 \text{ Вт}$$

Таким образом, с учетом 10% запаса требуемая мощность нагревателя в режиме поддержания температуры составляет 3.2 кВт.

Максимальная потребляемая мощность мы можем воспользоваться формулой мощности нагревательных элементов, учитывая теплопроводность материалов. [2]

$$q = \frac{c_v \cdot m_v + c_{al} \cdot m_{sn} + c_{st} \cdot m_p + c_{st} \cdot m_k + c_{iz} \cdot \frac{m_{iz}}{2} \cdot (T_0 - T_{os})}{\Delta t} \quad (2)$$

Параметры, входящие в состав формулы 2, а также их численные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Расчетные величины для определения потребляемой мощности

Наименование и размерность	Обозначение	Численный результат
удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг · °С)	c_v	1038
удельная теплоемкость алюминия, Дж/(кг · °С)	c_{al}	910
удельная теплоемкость стали, Дж/(кг · °С)	c_{st}	460
удельная теплоемкость изоляции, Дж/(кг · °С)	c_{iz}	920
масса воздуха, кг	m_v	2.2
масса снаряда, кг;	m_{sn}	11.55
масса внутреннего контейнера, кг	m_k	369.4
масса подставки, кг	m_p	7
масса изоляции, кг	m_{iz}	227.8

Подставляя данные в соответствии табл. 2 получаем мощность

нагревателя

$$q = \frac{(1038 \cdot 2.2 + 910 \cdot 11.55 + 460 \cdot 7 + 460 \cdot 369.4 + 920 \cdot \frac{227.8}{2}) \cdot (500 - (-40))}{3600} = 43610 \text{ Вт}$$

Таким образом, с учетом 10 % запаса требуемая мощность нагревателя в режиме разогрева составляет 48 кВт.

На основе полученных математических данных в программе Autodesk Inventor, Autodesk CFD была смоделирована установка и произведена визуализация процесса нагрева, который показывает распространения тепла, а также ее распределение по испытуемым изделиям. [3, 4].

В качестве модели, на которой проводится испытание был принят бронебойно-кумулятивный наряд БК14М, а также использовалась транспортировочная тележка и укупорки для опоры снаряда.

Результат

Согласно результатам (рис. 2а-2б) визуализации процессов, следует отметить, что изделия, находящиеся в транспортировочных ящиках, затрачивают большую температуру нагревания на 100 °С, увеличивая процесс нагревания изделия.

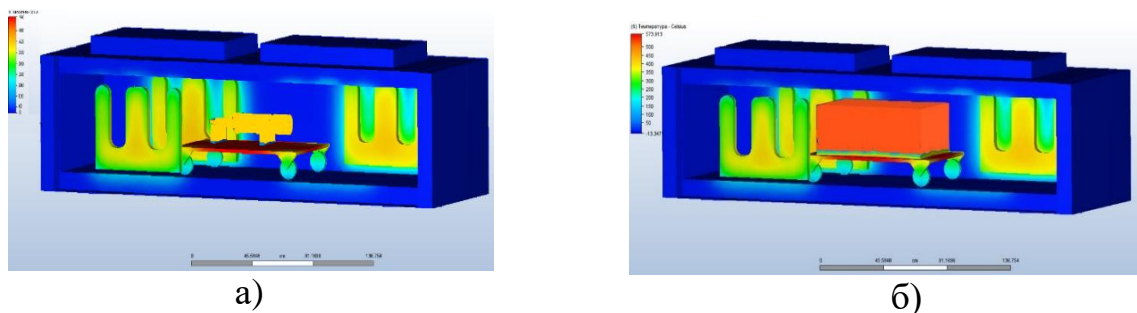


Рис.2:

а - Визуализация процесса нагрева изделия БК14 М на конструкции, температура изделия при нагреве составляет порядка 400 °С;

б - Визуализация процесса нагрева изделия БК14 М в ящике на конструкции температура изделия, находящегося в ящике при нагреве составляет порядка 500 °С

Таким образом, данная конструкция позволит обеспечить:

- управляемый нагрев изделия;
- низкая стоимость проведения одного эксперимента;

Недостатки предлагаемой конструкции:

- большой расход электричества;
- В момент открывания двери происходит перепад температур, в ходе которого требуется дополнительное нагревание.

Выводы

1. Разработана конструкция для проведения испытаний, произведены расчеты по потребляемой мощности самой установки.

2. С помощью программ Autodesk Inventor и Autodesk CFD смоделирована установка и визуализирован процесс распределения параметров температуры моделей внутри конструкции;

3. Рассмотрены достоинства и недостатки предложенной конструкции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1983. 440 с.
2. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: Энергия, 1977. 344 с.
3. Autodesk Inventor: [сайт] URL: <https://www.autodesk.ru/products/inventor/features> (дата обращения: 23.12.2020). – Текст: электронный.
4. Autodesk Inventor: [электронный ресурс] URL: <https://www.pointcad.ru/product/autodesk-simulation-cfd/funkczional-autodesk-cfd> (дата обращения: 23.12.2020). – Текст: электронный.

ELECTRIC HEATING OVEN FOR CHECKING AMMUNITION AND ITS COMPONENTS FOR FIRE RESISTANCE

Prokopovich Egor Aleksandrovich, student, prokopovich_egor@mail.ru

Khmelnikov Evgeny Aleksandrovich, Dr. Sci., Professor, Head of the Department "Special Engineering", khmelnikov7@gmail.com

Zavodova Tatiana Evgenievna, Senior lecturer at the Department of Special Engineering», tatiana.zavodova@urfu.ru

"Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin" Nizhny Tagil technological Institute (branch), st. Krasnogvardeyskaya 59, Nizhny Tagil, Russia, 622013, [\(343\) 525-65-00](tel:+73435256500)

Abstract: The article discusses a design for testing the fire resistance of ammunition and its elements using electric heating furnaces, which will get rid of open flame testing, which will ensure the safety of the experiment. The power required to heat the inner area of the electric heating furnace has been calculated. With the help of engineering programs, a model has been created for conducting and analyzing the test, to consider the distribution of heat inside the ammunition and its elements when heated. The advantages and disadvantages of the design are determined.

Keywords: electric heating furnace; method of test conducting; modeling; test; safety of the experiment.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 120 ММ
СНАРЯДА УМЕНЬШЕННОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТИ К СИСТЕМЕ
«НОНА - С» ПРИ ЕГО ВЕДЕНИИ ПО КАНАЛУ СТВОЛА**

*Рязанов Данил Андреевич¹, Ильин Семён Сергеевич², доктор техн.
наук Хмельников Евгений Александрович¹, Заводова Татьяна Евгеньевна¹,
Смагин Константин Владимирович¹, Семашко Марина Юрьевна³, канд.
техн. наук*

¹Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», ул. Красногвардейская, 59, Нижний Тагил, Россия, 622013, тел. (343) 525-65-00

²Нижнетагильский Институт Испытания Металлов, ул. Гагарина 29, Нижний Тагил, Россия, 622015, тел. (343) 547-52-05

³«Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», пр. Ленина, 76, Челябинск, Россия, 454080, тел. (351) 267-99-00

Рязанов Д.А., e-mail danil1609@yandex.ru

Ильин С. С., e-mail semen.ilin.97@mail.ru

Хмельников Е. А., e-mail khmelnikov7@gmail.com

Смагин К. В., e-mail smaginkv@gmail.com

Заводова Т. Е., e-mail tatiana.zavodova@urfu.ru

Семашко М.Ю., e-mail info@susu.ru

Аннотация: рассмотрены концепции 120 мм боеприпаса (БП) к системе 2С9 «Нона-с» с заменой материалов корпуса на композитные материалы, проведенной для уменьшения радиозаметности боеприпаса на радарх условного противника. Рассмотрены варианты исполнения ведущего устройства для разных концепций модернизации. Произведены прочностные расчеты ведущих устройств для различных исполнений БП.

Ключевые слова: композитные материалы; ведущее устройство; прочность; уменьшенная радиозаметность.

1. Введение

В настоящий момент в мире существует несколько комплексов активной защиты (КАЗ) [1].

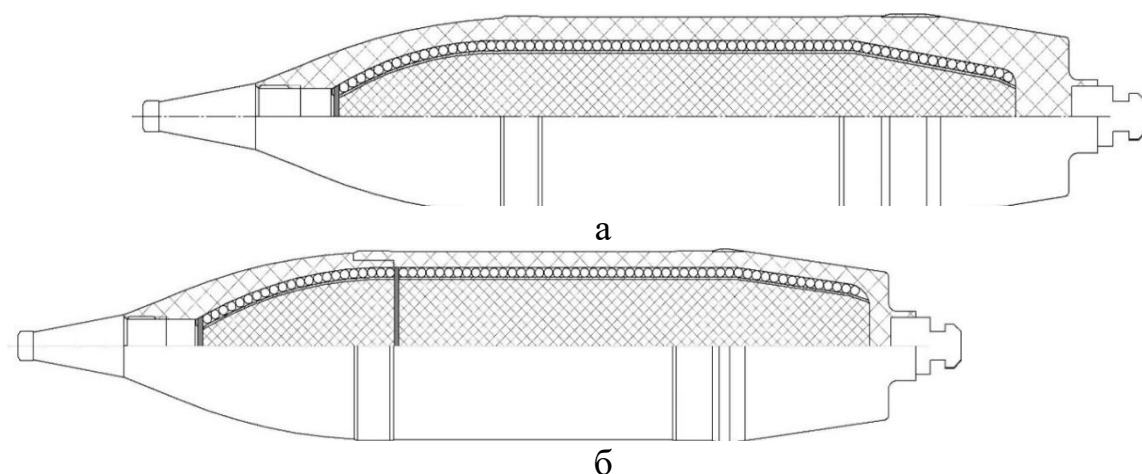
В связи с этим была поставлена задача о проектировании боеприпаса, который имел бы достаточную степень радиопрозрачности для того, чтобы быть защищенным от средств обнаружения, которыми обладают КАЗ, а также имел достаточную эффективность для поражения легкобронированной техники и находящейся рядом пехоты.

Исходя из анализа параметров рассмотренных материалов для дальнейшего использования был выбран стеклопластик, который отличается лучшим сочетанием радиопрозрачности и прочностных свойств.

2. Основная часть

Актуальным представляется разработать боеприпас уменьшенной радиозаметности для самоходного артиллерийского орудия (САО) 120-мм 2С9 «Нона-С».

Было принято решение за основу для нового боеприпаса уменьшенной радиозаметности выбрать существующий снаряд ЗОФ49.



Варианты конструкций боеприпасов: БП уменьшенной радиозаметности (а), БП уменьшенной радиозаметности с уменьшенными дном и стенками (б)

Изготовление нарезов на корпусе, выполненном из композитных материалов чрезвычайно сложно, поэтому необходимо перенести ведущий поясок (ВП) на ширину заходной части и провести прочностной расчет.

Для расчета воспользуемся методом Ильюшина [2].

Характеристики композиционных материалов, используемые в дальнейших расчетах представлены в справочной литературе [3].

В дальнейших расчетах ширина ВП принята как у штатного БП 0,03696 м.

Результаты расчета прочности зоны ВП боеприпаса уменьшенной радиозаметности (рис. а) для различных материалов представлены в табл. 1:

Таблица 1 - Результаты расчета прочности зоны ВП боеприпаса конструкции (рис. а)

Параметр	Материал корпуса		
	стеклотекстолит с эпоксидно-фенольным связующим	стеклопластик СВАН (1:1)	эпоксидный стекловолокнит
Осевой коэффициент A , кгс/см ²	1465,756	1391,5442 48	5493,29
Экваториальный коэффициент B , кгс/см ²	1363,162	1157,9438 09	4362,117
Сила врезания $q_{п}$, кгс/см ²	842,7915	875,10130 97	3312,232
Прогиб W_1 , м	0,0012040 3	0,0012284 23	0,00110868
Допустимый прогиб $[W_1]$, м	0,0009675 5	0,0013075	0,0013075

Исходные данные и результаты расчета прочности зоны ВП БП уменьшенной радиозаметности (рис. б) для различных материалов представлены в табл.2:

Таблица 2 - Результаты расчета прочности зоны ВП боеприпаса (рис. б)

Параметр	Материал корпуса		
	стеклотекстолит с эпоксидно-фенольным связующим	стеклопластик СВАН (1:1)	эпоксидный стекловолокнит
Осевой коэффициент A , кгс/см ²	863,855	826,88763 82	3274,629
Экваториальный коэффициент B , кгс/см ²	798,6473	678,41454 82	2555,671
Сила врезания $q_{п}$, кгс/см ²	611,4825	611,15181 19	2341,809
Прогиб W_1 , м	0,00146185	0,0014575 74	0,00135713
Допустимый прогиб $[W_1]$, м	0,00101169	0,0013671 5	0,00136715

Прогиб корпуса в зоне ВП не превышает допустимый только для корпуса, изготовленного из эпоксидного стекловолокнита, но при этом такой корпус имеет низкий запас прочности.

Примем ширину уменьшенного ВП из материала корпуса в 0,022 м и

произведем перерасчет прогиба корпуса в зоне ВП.

Результаты расчета прочности зоны ВП БП (рис. б) для различных материалов с уменьшенным ВП представлены на табл. 3:

Таблица 3 - Результаты расчета прочности зоны ВП боеприпаса (рис. б)

Параметр	Материал корпуса		
	стеклотекстолит с эпоксифенольным связующим	стеклопластик СВМ (1:1)	эпоксидный стекловолокнит
Осевой коэффициент A , кгс/см ²	1448,92	1386,916084	5492,446
Экваториальный коэффициент B , кгс/см ²	1339,549	1137,886219	4286,558
Сила врезания q_n , кгс/см ²	838,086	877,1430578	3293,441
Прогиб W_1 , м	0,00116264	0,0011797372 3	0,00104082
Допустимый прогиб $[W_1]$, м	0,00101169	0,00136715	0,00136715

Принятая ширина ВП 0,022 м удовлетворяет условиям прочности.

Материалом корпуса выбран стеклопластик СВМ (1:1).

Максимальное давление боевой грани нарезав ствол орудия на выступ ВП проектируемого снаряда определим по зависимости (1), изложенной в литературе[2]:

$$\sigma_N = \pi \frac{p_{\max}}{qn\Delta b} A * \tan \alpha, \quad (1)$$

где p_{\max} – расчетное давление продуктов горения(ПГ), кг/см²; q – масса снаряда, кг.; n – число нарезов, шт.; Δ – глубина нарезов, м.; b – ширина ВП, м.; A – осевой момент инерции снаряда, кг·см·с²; α – угол наклона нарезов ствола орудия, град.

Условие прочности ВП при выстреле $\sigma_N \leq [\sigma]$, где $[\sigma]$ – допустимое давление боевых граней нарезов ствола орудия на выступы ВП, кг/см². Ширина ВП может быть найдена по зависимости (2):

$$b_1 = \pi \frac{p}{n\Delta\sigma_{\text{ВП}}} \frac{Ag}{q} \tan \alpha \quad (2)$$

где $\sigma_{\text{ВП}}$ – допустимое давление боевой грани на выступ ВП.

$\sigma_{\text{ВП}}$ зависит от механических свойств материала, конструкции и условий работы ВП.

Определим работу сил трения по зависимости (3):

$$a = \frac{Av_0^2}{2R_{np}^2} \frac{f * \tan \alpha}{\Delta c n \cos \alpha} \quad (3)$$

где v_0^2 – начальная скорость БП, м/с; f – коэффициент трения материала ВП о металл стенок ствола орудия; R – полукалибр, м.

Условие прочности ВП при выстреле - $a \leq [a]$, где $[a]$ – допустимая работа силы трения, при которой боевая грань выступа ВП не истирается при

выстреле.

Рассчитаем ширину ВП по зависимости (4):

$$b_2 = \frac{V_0^2}{2R^2} A \frac{f \cdot \tan \alpha}{100n\Delta a \cdot \cos \alpha} \quad (4)$$

Ведущий поясok должен одновременно удовлетворять двум условиям прочности. Поэтому за ширину ВП принимается наибольшая величина из двух расчетных величин (2) или (4).

Путем анализа проведенных исследований внутренней баллистики предлагаемых конструкций было выяснено, что для использования в метательном заряде наиболее эффективными являются пороха марок 7/1 фл. БП. и 7/1, характеристики которых необходимы для расчета максимального давления боевой грани нарезов орудия на ВП и работы силы трения [4].

Результаты расчетов представлены в табл. 4:

Таблица 4

Результаты расчетов конструкций БП рис. а и рис. б

Параметр	Конструкция рис. 1а		Конструкция рис. 1б	
	7/1 фл БП	7/1	7/1 фл БП	7/1
Максимальное давление боевой грани нарезов орудия на ВП, σ_N , кг/см ²	290,1313	344,372	475,6603	565,9868
Минимальная ширина ВП с учетом максимального давления боевой грани нарезов орудия, b_1 , м	0,0044619639	0,0052961494	0,00447727871	0,00532750103
Работа силы трения, a , кг·м/см ²	73,12959	88,50209	117,4011	151,354
Минимальная ширина ВП с учетом допустимой силы трения, b_2 , м	0,00244051751	0,00309745567	0,00243307564	0,00313673107

Как показывает анализ расчетов, максимальное давление боевой грани нарезов орудия на ведущий поясok радиопрозрачного БП не превышает допустимой величины: $\sigma_N \leq \sigma_{вп}$; работа силы трения не превышает допустимой величины: $a \leq [a]$. Образующиеся нарезy не истираются при движении снаряда

по каналу ствола. Принятая ширина ведущего пояска в 0,022 м больше минимальной необходимой b_1 и b_2 . Прочность ведущего пояска сохраняется.

3. Выводы

1. Рассмотрены 2 концепции модернизации БП ЗОФ-49 к САО 2С9 «Нона-с»;
2. Произведен подбор материалов корпусов предложенных модификаций снаряда;
3. Выполнен расчет прочности снаряда в зоне ВП по инженерным методикам;
4. Рассчитаны нагрузки, действующие на ВП во время движения снаряда по каналу ствола.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев Д. А. Комплексы активной защиты // Известия ТулГУ. Технические науки. 2016. №12-4 [Электронный ресурс] URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksy-aktivnoy-zaschity> (Дата обращения: 17.03.2021).
2. Водопьянов, М. Я. Основы проектирования боеприпасов. – Санкт-Петербург : Изд. БГТУ «Военмех», 2007. – 387 с.
3. Михаил Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы: 2-е изд. - СПб: Научные основы и технологии, 2010. - 822 с.
4. Е. А. Хмельников, А. В. Стыров. Решение основной задачи внутренней баллистики: Учеб. пособие по курсу «Основы баллистики и аэродинамики»/ Е. А. Хмельников, А. В. Стыров. Нижний Тагил: ФКП «НТИИМ», 2017. – 122 с.

DETERMINATION OF THE STRENGTH CHARACTERISTICS OF 120 MM OF REDUCED RADIO DETECTION SHELL TO THE "NONA-S" SYSTEM WHEN DRIVING THROUGH THE BARREL CHANNEL

Ryazanov Danil Andreevich¹, student of Department of Special engineering, danil1609@yandex.ru Russia, Nizhny Tagil

Ilin Semen Sergeevich², engineer, semen.ilin.97@mail.ru Russia, Nizhny Tagil,

Khmelnikov Evgeny Alexandrovich¹, doctor of technical Sciences, Head of Department of Special engineering, khmelnikov7@gmail.com Russia, Nizhny Tagil

Smagin Konstantin Vladimirovich¹, Senior lecture of Department of Special engineering, smaginkv@gmail.com Russia, Nizhny Tagil

Zavodova Tatiana Evgenievna¹, Senior lecture, head of laboratory of Department of Special engineering, tatiana.zavodova@urfu.ru Russia, Nizhny Tagil

Semashko Marina Yurievna³, director of the scientific and educational center of aerospace technologies, info@susu.ru, Russia, Chelyabinsk

¹"Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin"
Nizhny Tagil technological Institute (branch), st. Krasnogvardeyskaya 59, Nizhny
Tagil, Russia, 622013, [\(343\) 525-65-00](tel:+73435256500)

²Nizhny Tagil Metal Testing Institute, st. Gagarina 29, Nizhny Tagil, Russia,
622015, (343) 547-52-05

³South Ural State University, Lenin Ave., 76, Chelyabinsk, Russia, 454080,
(351) 267-99-00

Abstract: The concepts of 120 mm ammunition for the 2S9 "Nona-s" system with the replacement of shell materials on composite materials, carried out to reduce the radio signature of the ammunition on the radars of the imaginary enemy, are considered. The variants of the driving device execution for different modernization concepts are considered. Strength calculations of the driving devices for various ammunitions versions have been performed.

Keywords: composite materials, driving device, strength, reduced radio signature.

УДК 623.4.07

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ

*Соловьев Сергей Андреевич, студент; Саблин Константин
Владимирович, студент; Шеманаева Людмила Ивановна, к.т.н., доцент.*

Ковровская государственная технологическая академия, Россия, 601910,
Владимирская обл., г. Ковров, ул. Маяковского, д.19.

Соловьев С.А., e-mail sergej.solovyov.2013@mail.ru

Саблин К.В., e-mail sablinlast98@gmail.com

Шеманаева Л.И., e-mail sheluv@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Шеманаева Людмила Ивановна, Ковровская
государственная технологическая академия, Россия, 601910, Владимирская
обл., г. Ковров, ул. Маяковского, д.19.*

Аннотация: в данной работе рассматриваются конструкции иностранных и отечественных образцов стрелкового вооружения с применением вспомогательных электронных систем, представлено наше видение комплекта модернизации оружия с внедрением электронных компонентов, показано воплощение некоторых элементов в изготовленном нами опытным образце.

Ключевые слова: комплект, датчик, магазин, электроника, стрелковое оружие.

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. Одна из первых моделей - пистолет Глок 17 от компании Radetec, США [1], рис.1 оснащена OLED-экраном для вывода информации о количестве боеприпасов. Компания Cobalt Kinetics установила счетчик патронов на винтовку AR-15, рис.2,3. Подробности устройства этих приборов не разглашаются [2]. Другой интересной разработкой стал комплект единой сети электропитания навесных приборов оружия от компании Textron Systems, представленной в рамках конкурса на новую автоматическую винтовку для ВС США. рис.4 [3]. Кроме того, конкурсный образец штурмовой винтовки от компании Heckler & Koch и Кох имеет в конструкции счетчик выстрелов, для сбора данных об общем настреле оружия. Концерн Калашников также ведет работы в данном направлении, MP-155 Ultima рис.5.

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.



Рис. 1. Пистолет Глок17 компании Radetec



Рис. 2,3. Винтовка AR-15 компании Cobalt Kinetics

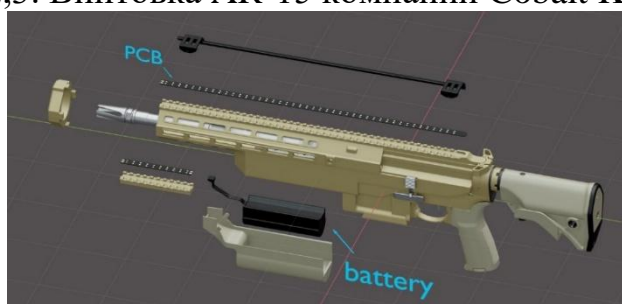


Рис. 4. Перспективная винтовка компании Textron Systems



Рис. 5. MP-155 Ultima от концерна Калашников

Военное направление разработок.

Наряду с принятием на снабжение в ВС РФ комплекта индивидуальной экипировки «Ратник», с приборами 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 повысит боевые возможности бойца специальных подразделений.

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. Магазин сообщается с блоком при помощи беспроводной связи, т.к. расстояние от передатчика до приемника сравнительно небольшое, то данная система является помехоустойчивой и может работать в условиях применения средств РЭБ. Другие датчики сообщаются с блоком обработки информации по проводам.

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 собираются 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 не полностью заряженных магазинов, так как в системе нет привязки к фиксированному начальному количеству боеприпасов. Например, в MP-155 Ultima возможности нет, стрелку необходимо вручную ввести количество заряженных патронов.

Таким образом бойцу необходимо только включить сам блок. Функционирование магазина при стрельбе не требует от пользователя дополнительных действий, включение системы происходит автоматически при примыкании магазина к оружию.

Температурный датчик на стволе закрепляется вблизи патронника и замеряет показатели температуры ствола при стрельбе. Конструктивно данный элемент легкозаменяемый.

Счётчик 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 «пикатини» с встроенными элементами питания. Этот компонент так же предполагает внесение изменений в конструкцию оружия с заменой уже установленных корпусных элементов.

Аккумуляторный отсек располагается в блоке обработки информации, сам аккумулятор находится 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 рис.6,7.

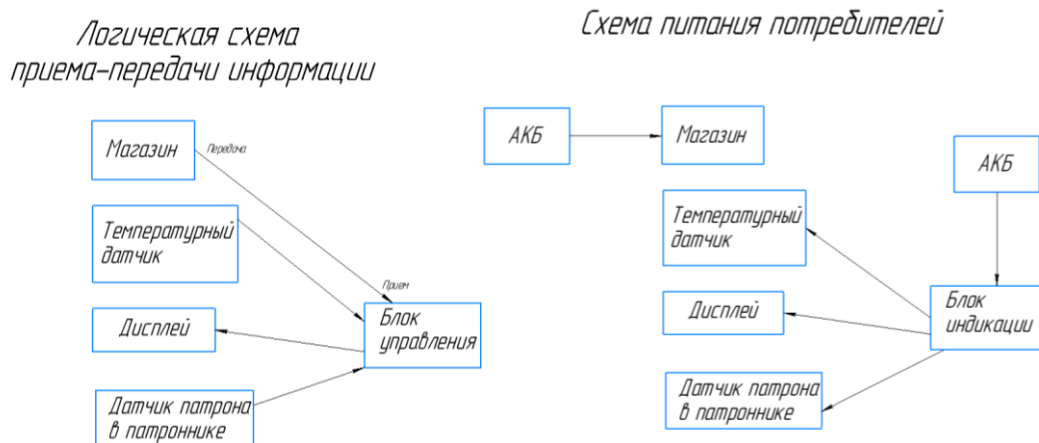


Рис. 6, 7. Схемы работы комплекта

Основные исполнения комплекта

- Первое исполнение (автомат): устанавливается блок обработки информации, счетчик патронов, система контроля общего настрела оружия.
- Второе исполнение (пулемет): к этому набору добавляется датчик нагрева ствола.

По желанию заказчика в любое исполнение добавляется система питания навесных приборов, а также датчик патрона в патроннике.

- Демонстрационное исполнение комплекта – объединение двух предыдущих вариантов на одном образце. Такой пример приведен на рис. 8

Если рассматривать аспекты применения комплекта в военной сфере, то предполагается, что в целом изделие 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 за температурой ствола, поможет сохранить его ресурс и не допустить перегрева (температурный датчик характерен для комплекта, устанавливаемого на пулеметы с ленточным или комбинированным питанием).



Рис. 8 Общий вид комплекта:

- 1 - Датчик температуры ствола, 2 - Магазин с датчиками, 3 - Блок обработки информации, 4 – Счетчик выстрелов.

Гражданское направление разработок

Второе направление разработки – гражданский рынок стрелкового оружия. В этой сфере данные изделия могут быть полезны стрелкам-спортсменам, а также простым владельцам оружия.

Гражданское направление подразумевает иную структуру и конструктивные решения. Так же 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. Блок обработки информации устанавливается на планки «пикатини» или любые другие стандартные планки крепления в местах удобных для стрелка. Поставочный комплект изделия может комплектоваться различными кронштейнами по желанию заказчика рис. 9. Внешний вид навесного блока изображен на рис.10. 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.

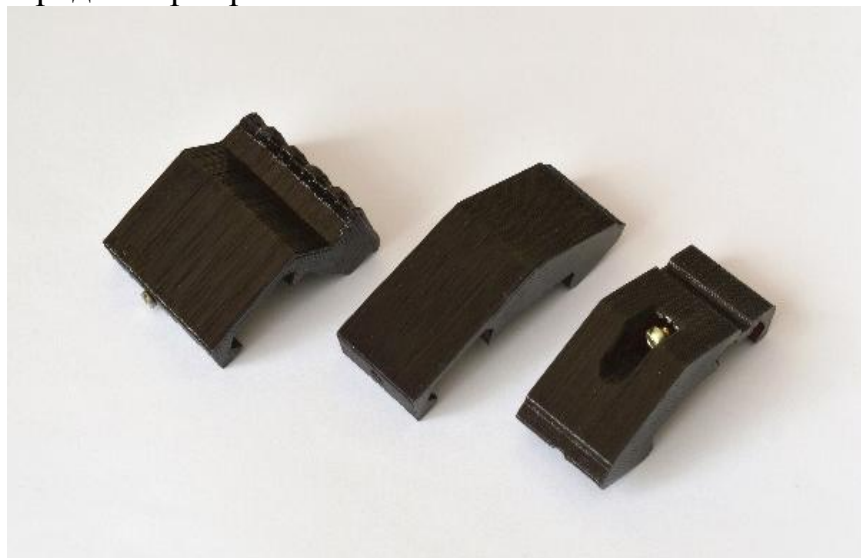


Рис. 9. Внешний вид кронштейнов



Рис. 10. Навесной блок

Предварительные результаты

Предварительные испытания элементов системы показали, что все изготовленные компоненты выполняют свои функции в полном объеме, однако в процессе дальнейших испытаний могут понадобиться корректировки в программном обеспечении. Что касается автономности системы, то в среднем

время непрерывной работы элементов от аккумуляторов превышает 3 часа на данном этапе разработки. Общий вес всех компонентов около 300г. Общий вид комплекта в работающем виде представлено на рис. 11



Рис. 11. Общий вид комплекта.

Дальнейшее развитие комплекта

В результате испытаний элементов комплекта модернизации были выявлены следующие направления совершенствования изделия:

1. Повышение надежности работы систем, подбор более надежной компонентной базы.
2. Уменьшение габаритов блока индикации и модуля на магазине
3. Увеличение автономности работы от АКБ.
4. Повышение удобства работы с элементами комплекта.

Совершенствование конструкции должно проходить с осуществлением периодических испытаний стрельбой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адам. С. Radetec Unveils Smart Glock Slide & Mobile App [Электронный ресурс] // 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 [Электронный ресурс] // 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 [Электронный ресурс] // 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 двенадцатой общерос. молодежн. науч.-техн. конф. В 4 т. Т. 2. / Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2020. С.295 – 298.

MODERNIZATION KIT SMALL ARMS ELECTRONIC

Soloviev S. A., Sablin K. V., Shemanaeva L.I.

Kovrov State Technological Academy, Russia, 601910, Vladimir region, Kovrov, st. Mayakovsky, 19.

Soloviev S.A., e-mail sergej.solovyov.2013@mail.ru

Sablin K.V., e-mail sablinlast98@gmail.com

Shemanaeva L.I., e-mail sheluv@mail.ru

Address for correspondence: Shemanaeva Lyudmila Ivanovna, Kovrov State Technological Academy, Russia, 601910, Vladimir region, Kovrov, st. Mayakovsky, 19.

Annotation: This paper examines the designs of foreign and domestic models of weapons with the use of auxiliary electronic systems. It presents our vision of a weapon upgrade kit with the introduction of electronic components. On the prototype, you can see some of these elements\components.

Keywords: kit, sensor, magazine, electronics, small arms.

УДК 622.235.674.3, 623.672

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ И ЗАЩИТЫ ОТ СНЕЖНЫХ ЛАВИН. ИСКУССТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЛАВИН.

Серая Александра Александровна, студент

Гуськов Анатолий Васильевич, д.т.н., доцент

Серая А.А. e-mail: alexandra.seraya@mail.ru

Гуськов А.В. e-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация: в данной статье рассмотрены средства и методы борьбы с лавинами, а также особенности нарушения устойчивого равновесия снега на склоне, которые выражаются в форме начального обрушения лавин, с целью обеспечения наибольшей эффективности схода снежных масс, путем обстрела головных частей лавин, а также повышение безопасности населения на горнолыжных курортах.

Ключевые слова: направленный взрыв, фугасное действие, борьба с лавинами, искусственный вызов лавин.

Снежные лавины - одно из стихийных природных явлений, способных вызвать гибель людей и причинить значительные разрушения.

Снег, накапливающийся на склонах гор, под влиянием тяжести и ослабления структурных связей внутри снежной толщи соскальзывает или осыпается со склона. Начав свое движение, он быстро набирает скорость, захватывая по пути все новые снежные массы.

Такие лавины очень часто угрожают населенным пунктам, спортивным и санаторно-курортным комплексам и другим сооружениям.

Наибольшую опасность для людей представляют сходы лавин, они наносят серьезный ущерб экономической сфере и нередко являются причиной гибели людей. Выпадение осадков является естественным природным процессом и избежать этого невозможно.

Все противолавинные мероприятия можно условно разделить на две основные группы- пассивные (средства защиты): снегоудерживающие сети, лавиноотводящие дамбы и лавинорезы, и активные (средства борьбы): Gazex, «аваланчеров» (пневматическая пушка) и комплекс DaisyBell, в частности устройства взрывов направленного действия и обстрел головных частей лавин.

Одним из надежных способов защиты от лавин является изменение пути их движения с целью отвода снеголавинного потока в сторону от защищаемого объекта или направление его по строго фиксированному руслу. Достигают этого строительством лавинорезов, отбойных дамб и направляющих стенок.

Лавинорезы представляют собой клинообразные конструкции, направленные острием против движения лавины. Их строят, чтобы разделить лавинный поток на две части и направить их в обход какого-то сооружения или участка. Расположенные под углом к лавинному потоку, они изменяют направление движения лавины, уводя ее в сторону от защищаемых объектов.

Для удержания снега на склонах в зонах зарождения лавин активно используются снегоудерживающие сетки. Они надежно удерживают снежные плиты и хорошо сопротивляются динамическим нагрузкам при образовании трещин в плите и ее подвижке. А также затормаживают или полностью предотвращают сползание рыхлого сухого и мокрого снега.

В 1989 году, после 15 лет испытаний и экспериментов в управлении сходом лавин, французская фирма T.A.S. (Альпийские Технологии Безопасности) создала и запатентовала систему Gazex, которая инициирует принудительный сход лавин, используя механизм активного воздействия на основе смеси кислорода и пропана.

Система, инициирующая сход лавины, оказывает тройное действие:

- сдвиг снега вниз перед установкой активного воздействия, инициирующей сход лавины, при помощи продуктов сгорания смеси газов,
- уплотнение снежного покрова,
- сейсмическая волна после запуска установки активного воздействия увеличивает площадь охвата снежного покрова.

«Аваланчер» — это пневматическая пушка, которая пришла на замену

артиллерийским орудиям. Снаряд-ракета заправляется специальными жидкими компонентами (которые сами по себе не опасны) и детонатором. Пушка может быть установлена стационарно, в определенном месте или же используется её передвижная модель на базе различной колесно-гусеничной техники. Дальность выстрела около 2 километров.

Daisy Bell— это новейшая технология активного воздействия на лавины. Она дает возможность обработать самые труднодоступные лавин сборы или оказать воздействие на зоны, где необходимость принудительного спуска лавин вызывается определенными условиями.

Одним из самых эффективных методов является обстрел головных частей лавин, благодаря ему сходит почти в три раза больше снега, чем у естественных лавин. Так же лавины спускают малыми порциями путем обстрела, что повышает безопасность.

В настоящий момент на самом крупном горнолыжном курорте России «Роза Хутор» используется уникальная противолавинная система «Снежная стрела».

- позволяет осуществлять предупредительный спуск снежных лавин в определённый момент, достаточно близкий к критической ситуации, отвечающей лавинообразованию в естественных условиях;
- дает возможность обработать лавиноопасные склоны при любой погоде и в отсутствии видимости;
- обеспечивает высокую мобильность и точность обработки склонов, так как взрывчатая смесь доставляется непосредственно в требуемую зону.

Проанализировав конструкцию заряда под пусковую установку «Снежная стрела», предлагается увеличить направленностью фугасного воздействия на определенный участок снежной поверхности, что повысит эффективность воздействия на снежные массы.

Принцип действия исходного заряда заключается в том, что детонационная волна распространяется концентрическими кругами от источника детонации, что приводит к распространению энергии взрыва (рис.1) по всему пространству, а это, как следствие, приводит к тому, что сход лавины происходит не полным, в связи с этим ставится задача концентрации ударной волны в одном направлении. Это приводит к задаче управления ударной волной, а, следовательно, и к созданию конструкции заряда с эффектом управления.

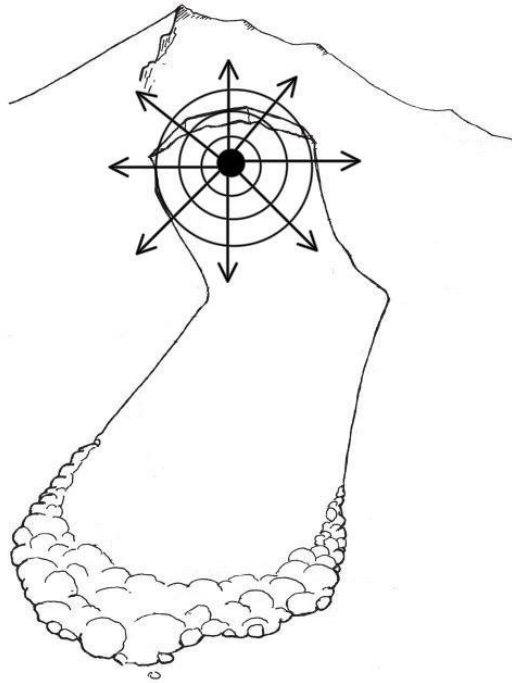


Рисунок 1- Распространение детонационной волны в исходном заряде

Для увеличения направленности фугасного воздействия, в имеющуюся конструкцию предлагается добавить линзу, за счет этого, распространение детонационной волны будет направленным. Благодаря этому происходит более сильный сдвиг снежной массы в заданном направлении (рис.2).

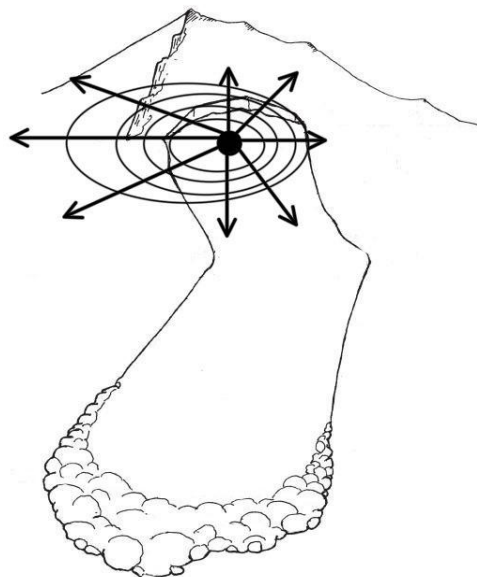


Рисунок 2- Распространение детонационной волны в измененном заряде

Таким образом, рассматривается необходимая модернизация конструкция заряда для противоловинного комплекса «Снежная стрела» с направлением фугасного действия на определенную область и такую задачу можно решить использованием фокусирующего элемента в виде линзы. Один из путей

модернизации был изложен в патент №RU 19844МПК F42B1/02 от 25.07.2019 [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ №RU2627393C1 08.08.2017 Заряд взрывчатого вещества для метательного снаряда, способ приготовления этого заряда и метательный снаряд со взрывчатым веществом (варианты) // Патент России № RU RU2627393C1 Бюл. № 22 / Брагин П.А., Маслов И.Ю., Наумов А.В.;
2. Методические указания по применению системы предупредительного спуска снежных лавин «Снежная стрела» РД 52.37.785– 2013;
3. Организация и проведение противолавинных работ РД 52.37.790-2013;
4. Патент РФ № RU198944 25.07.2019 Кумулятивный заряд // Патент России № RU198944 Бюл. № 22 / Алексеев В. В., Гуськов А. В, Литвинов В. Л., Милевский К. Е.

MODERN MEANS OF FIGHTING AND PROTECTING AGAINST SNOW AVALANCHES. ARTIFICIAL AVALANCHE REGULATION.

Seraya Alexandra Alexandrovna, student
Gudkov Anatoly Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Seraya A.A. e-mail: alexandra.seraya@mail.ru

Guskov A.V. e-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Annotation: This article discusses the means and methods for combating avalanches, as well as the peculiarities of the violation of the stable equilibrium of snow on the slope, which are expressed in the form of the initial collapse of avalanches, in order to ensure the greatest efficiency of the descent of snow masses by shelling the avalanche warheads, as well as improving the safety of ski resorts.

Key words: directional explosion, high-explosive action, fight against avalanches, artificial call of avalanches.

**МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ
ПАРАМЕТРОВ ОСКОЛОЧНОГО СНАРЯДА С ГОТОВЫМИ
ПОРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ БОРЬБЫ С
МАЛОРАЗМЕРНЫМИ ОДИНОЧНЫМИ БЕСПИЛОТНЫМИ
ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

Сирица Фёдор Владимирович, студент;

Знаменский Евгений Александрович, канд. техн. наук, доцент

Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им.
Д.Ф. Устинова, 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, 1,
тел. (812) 316-23-94

Сирица Ф.В., e-mail fedorsiritsa@gmail.com

Знаменский Е.А., e-mail znamenskii_ea@voenmeh.ru

*Адрес для корреспонденции: Знаменский Евгений Александрович,
Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф.
Устинова, 190005, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. 1-я Красноармейская, 1, тел.
(812) 316-23-94*

Аннотация: Данная статья посвящена созданию метода оптимизации параметров осколочного боеприпаса для определения оптимальных характеристик конструкции боеприпаса с целью повышения эффективности поражения летательных аппаратов. Построена математическая модель снаряда с готовыми поражающими элементами, разлетающимися в двух осколочных полях. Описанный в работе метод позволяет существенно снижать время, затрачиваемое на проектирование осколочных снарядов различных калибров и для различных артиллерийских систем. Результатом работы является получение геометрических характеристик модели снаряда.

Ключевые слова: боеприпас, артиллерия, осколок, осколочное действие, дрон, БПЛА, конструкция

1. Введение

Современные вооруженные конфликты все чаще характеризуются как асимметричные, то есть конфликты между противниками, в военных силах которых применяют кардинально различные стратегии и тактику ведения боя. Одним из наиболее распространенных средств ведения боевых действий в подобных условиях становятся беспилотные летательные аппараты (БПЛА, наименование «дроны» равнозначно).

Существенно увеличить вероятность поражения БПЛА при использовании пушечного вооружения не представляется возможным ввиду необходимости установки неконтактных взрывателей, разработка которых для малокалиберных снарядов является весьма нетривиальной задачей. Неконтактные взрыватели необходимы для уменьшения влияния рассеивания боеприпасов и обеспечения подрыва снаряда в непосредственной близости от

БПЛА.

2. Теория

Для оптимизации параметров осколочного боеприпаса с готовыми поражающими элементами по критерию максимальной вероятности поражения цели необходимо определить её зависимость от конструктивных характеристик снаряда. Принимаются следующие допущения [1]:

1) боеприпас заменяется эквивалентной цилиндрической оболочкой, внутри которой расположен заряд ВВ;

2) стенки цилиндрической оболочки состоят из многослойно уложенных квадратных ПЭ, разлетающихся в боковом направлении, один из торцов цилиндра также изготовлен многослойной укладкой ПЭ;

3) фронтальное и боковое осколочные поля рассматриваются как однозонные, причем угол фронтального поля составляет от 0 до 10 градусов от оси снаряда, а угол бокового поля составляет от 70 до 110 градусов от оси снаряда;

4) в осколочных полях скорость ПЭ и их плотность постоянна;

5) цель является однокомпонентной, характеризуется постоянной уязвимой площадью, но различной для каждого из осколочных полей.

Схема математической модели боеприпаса показана на рисунке 1.

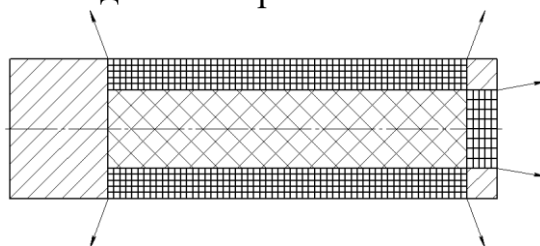


Рис. 1. Математическая модель боеприпаса

Для такой модели вероятность поражения цели зависит от следующих характеристик:

- $m_{ВВ}$ - масса ВВ;
- $m_{ПЭ}$ - масса всех поражающих элементов;
- $m_{ПЭФ}$ - масса ПЭ, разлетающихся во фронтальном направлении;
- $m_{ПЭБ}$ - масса ПЭ, разлетающихся в радиальном направлении;
- $m_{1ПЭФ}$ - масса одного фронтального ПЭ;
- $m_{1ПЭБ}$ - масса одного радиального ПЭ.

Данные характеристики задаются случайным образом с помощью генератора псевдослучайных чисел в устанавливаемых пределах.

Определение вероятности поражения цели требует расчёта убойного интервала для каждого из осколочных полей, а также ввода массива точек разрывов снаряда относительно цели. Оптимальной конструкцией считается та, которая даёт максимальное значение средней вероятности поражения по всем точкам разрыва.

Координаты точек разрыва можно представить как массив нормально распределённых значений координат по осям X , Y и Z , среднеквадратическое отклонение распределения определяется согласно таблицам стрельбы для

эксплуатируемой артиллерийской установки. Оси X , Y и Z являются взаимно перпендикулярными, ось X направлена по направлению от артиллерийской установки до цели.

Вероятность поражения равна нулю в случаях, если:

- угол между снарядом и целью лежит за пределами осколочных полей;
- расстояние до цели от точки разрыва больше убойного интервала.

Так как осколочные поля не имеют общих зон, можно представить полную вероятность поражения цели как суммирование частных вероятностей для радиального и осевого направления полёта поражающих элементов. При этом хотя бы одна из частных вероятностей гарантированно будет равна нулю.

Вероятность поражения P представлена матрицей размера $i \times j$, где число строк i является числом случайно сгенерированных конструкций боеприпаса, а число столбцов j – число точек разрыва. Таким образом, для i -ой конструкции в j -ой точке разрыва будет вероятность поражения $P_{i,j}$.

Оптимальная конструкция для штатных отклонений по дальности, направлению и высоте определяется как i -ая строка, обладающая наибольшим средним значением вероятности.

Для повышения вероятности поражения необходимо подобрать такое отклонение по дальности, при котором вероятность поражения будет максимальной. Данный расчёт также проводится с использованием метода случайной выборки. В качестве варьируемого параметра используется отклонение по дальности. После нахождения наилучшего значения данного параметра повторно определяется оптимальный вариант конструкции снаряда.

Дополнительно увеличить вероятность поражения цели можно путём смещения центра массива точек разрыва относительно цели. Варьируемой величиной в этом случае будет расстояние по оси X между центром массива точек разрыва и целью.

3. Результаты и обсуждение

В качестве модернизируемого изделия используется 57-мм снаряд 53-ОР-281, эксплуатируемый в качестве штатного для орудия 2А91. При допущении, что на данном снаряде установлен радиовзрыватель, наибольшая вероятность поражения при штатном техническом рассеивании составляет 3,22%. После нахождения оптимального отклонения по дальности вероятность увеличилась до 8,93%. Повторный поиск оптимальной конструкции для измененного отклонения по дальности определил вариант конструкции с вероятностью поражения цели 22,11%. Смещение центра массива точек разрыва относительно цели на оптимальное значение повысило вероятность поражения до 30,21%. Таким образом, вероятность поражения повысилась на 838,2%.

Полученная конструкция снаряда показана на рисунке 2. Данная конструкция является лишь моделью и не отражает реальный облик снаряда.

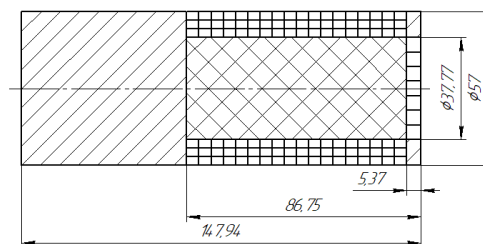


Рис. 2. Геометрические характеристики модели снаряда

4. Выводы

Описанный в работе метод оптимизации позволяет существенно увеличить вероятность поражения летательных аппаратов. Была определена вероятность поражения БПЛА одним выстрелом для 57-мм осколочного снаряда. Определены геометрические характеристики, необходимые для формирования облика проектируемого снаряда, а также оптимальные отклонение по дальности и смещение центра точек разрыва.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рассоха С.С., Селиванов В.В. Осколочное действие боеприпасов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. - 209 с.

METHOD FOR AUTOMATIC OPTIMIZATION OF PREFRAGMENTED MUNITION PARAMETERS FOR COMBATING SMALL SINGLE UNMANNED AIRCRAFT

Siritsa Fyodor Vladimirovich, student;

Znamenskiy Evgeniy Aleksandrovich, Ph.D, Associate Professor

Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov

Abstract: This article is devoted to the creation of a method for optimizing the parameters of a prefragmented munition to determine the optimal characteristics of the munition design in order to increase the effectiveness of the unmanned aircraft destruction. A mathematical model of prefragmented projectile flying in two fragmentation fields is constructed. This method allows us to significantly reduce the time spent on designing prefragmented munitions of various calibers and for various artillery systems. The result of the work is obtaining the geometric characteristics of the projectile model.

Keywords: munition, artillery, fragment, fragmental action, UAV, drone.

ПОВЫШЕНИЕ БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНАРЯДОВ ТЯЖЁЛОЙ ОГНЕМЕТНОЙ СИСТЕМЫ ТОС-1А «СОЛНЦЕПЁК»

*Сухарев Дмитрий Андреевич, студент; Антонов Дмитрий Олегович,
студент; Семашко Марина Юрьевна, доцент*

Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г.
Челябинск, пр. Ленина, д.76

Сухарев Д.А., e-mail-sukharev921@gmail.com

Антонов Д.О., e-mail-dimaantonov4110@gmail.com

Семашко М.Ю., e-mail-semashkomi@susu.ru

Адрес для корреспонденции: Сухарев Дмитрий Андреевич, Южно-Уральский государственный университет, 454080, Россия, г. Челябинск, пр. Ленина, д.76, тел. 8-(951)-266-68-16

Аннотация: в данной работе описаны способы повышения боевой эффективности снарядов тяжёлой огнемётной системы ТОС-1А «Солнцепёк», такие как: увеличение дальности полета снаряда за счет изменения формы головной части, использование композитных материалов, покрытие корпуса снаряда специальными материалами. За основу был взят термобарический неуправляемый реактивный снаряд МО.1.01.04М.ОП. Увеличение дальности полета позволяет повысить баллистическую эффективность снарядов. Использование композитных материалов позволит снизить массу снаряда, что также повлияет на увеличение дальности полета снаряда. Покрытия обеспечат радионезаметность снаряда для локаторов противника.

Ключевые слова: тяжелая огнеметная система, повышение боевой эффективности, «Солнцепёк», повышение дальности, баллистическая эффективность, радионезаметность, композиционные материалы, неуправляемый термобарический реактивный снаряд.

1. Введение

Баллистическая эффективность характеризует эффективность использования энергетического потенциала снаряда на траектории для достижения поставленных целей. Баллистическая эффективность является составной частью боевой эффективности.

Тяжёлая огнемётная система ТОС-1А «Солнцепёк» предназначена для огневой поддержки пехоты и танков, поражения живой силы противника, открытых и закрытых огневых позиций в различных видах наступательного и оборонительного боя, а также для вывода из строя легкобронированной техники и транспортных средств. Дальность стрельбы системы до 6000 метров [1].

Аналогов этой системе в мире нет. Опыт её боевого применения в Сирии и Ираке подтвердил высокую эффективность такого вида вооружения.

Из недостатков комплекса отмечают: большие размеры, слабое бронирование, уязвимость для противотанковых ракетных комплексов и гранатомётов. Поражение боевой машины представляет опасность для своих войск, вследствие этого комплекс вынужден работать под танковым прикрытием.

Из недостатков следует, что путем развития и улучшения характеристик системы служит увеличение дальности выстрелов.

2. Теория

За основу модернизации был взят реактивный снаряд МО.1.01.04М.ОП (рис. 1), предназначенный для доставки металлизированной смеси к цели, приведения её в действие, создания очагов пожаров и постановки ослепляющих аэрозольных завес на местности [2].

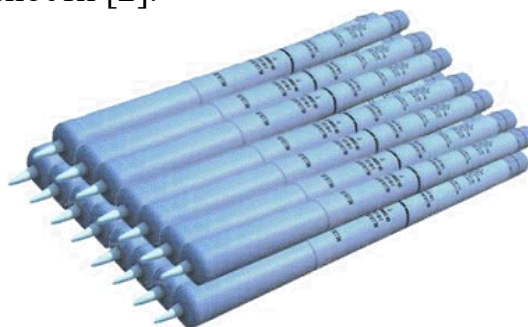


Рис. 1. Реактивный снаряд МО.1.01.04М.ОП

3. Этапы модернизации

Снаряд МО.1.01.04М.ОП имеет тупоголовую форму головной части (рис.2).

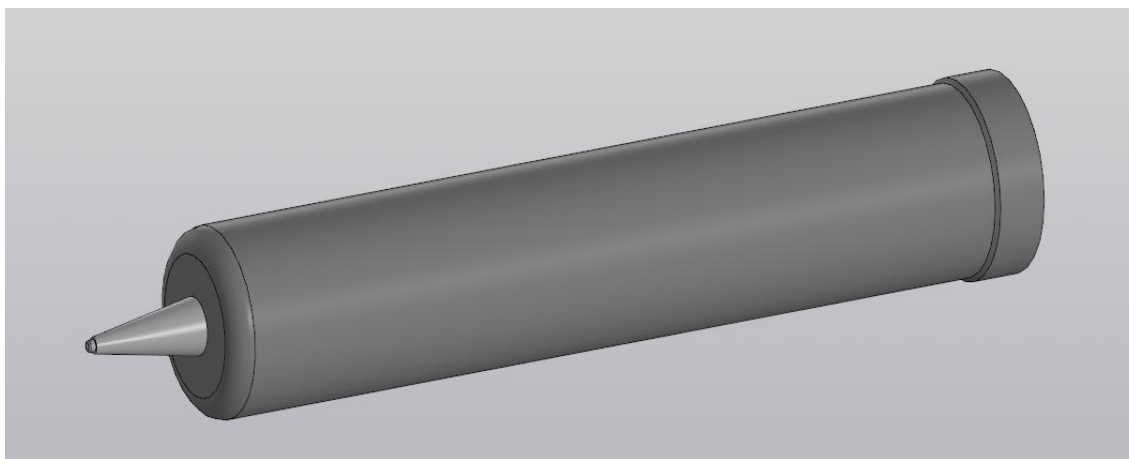


Рис. 2. Форма головной части прототипа

При движении снаряда в воздухе, кроме силы тяжести, на него действует сила сопротивления воздуха. Величина силы сопротивления воздуха, а, следовательно, и интенсивность воздействия на снаряд, может значительно превосходить силу тяжести. Разнообразие форм снарядов во многом определяется необходимостью уменьшить величину силы сопротивления. Сила сопротивления воздуха является одним из главных факторов, препятствующих

достижению больших дальностей стрельб. Величина силы сопротивления воздуха зависит от формы снаряда, его размеров, скорости полёта и от плотности воздуха. При движении снарядов со скоростями большими скорости звука главным фактором сопротивления является баллистическая волна – образование большого давления у головной части. Поэтому особое значение приобретает форма головной части снарядов. Для сверхзвуковых скоростей, наиболее выгодным является снаряд с остроконечной головной частью. С изменением головной части уменьшатся силы сопротивления воздуха и коэффициент формы, что приведет к увеличению скорости, а, следовательно, и дальности полета снаряда. Поэтому целесообразно изменить форму головной части на остроконечную (рис.3).

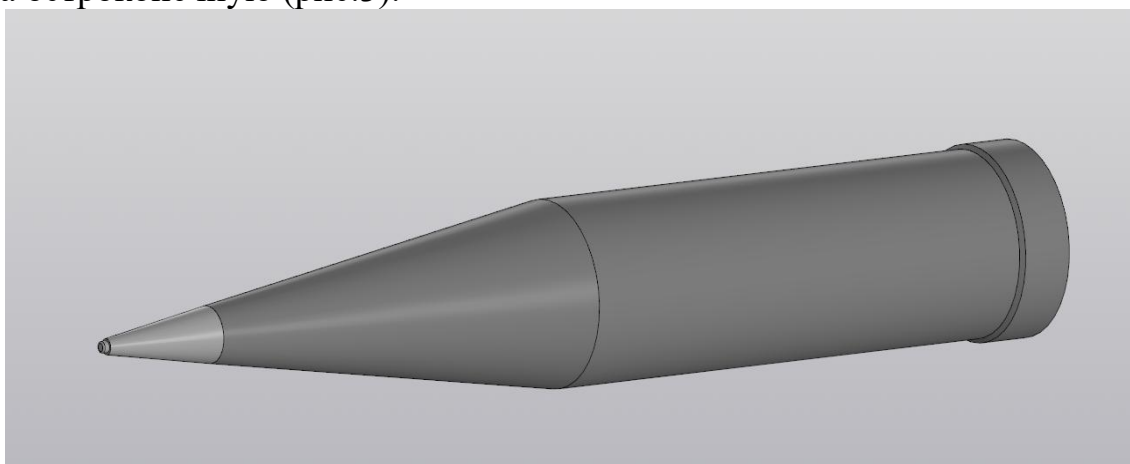


Рис. 3. Предлагаемая форма головной части.

Также для облегчения массы снаряда в качестве материалов предлагается использовать композиционный материал, например, боралюмоуглепластик, в котором для продольного армирования используется боралюминиевый полуфабрикат, а поперечное армирование осуществляется углеродным волокном ВМН-4. Использование боралюминиевого полуфабриката для продольного армирования в композиции с углеродным волокном повышает изгибную жесткость корпуса снаряда. Применение боралюмоуглепластика позволит увеличить дальность стрельбы за счет снижения массы. Существенное увеличение дальности позволит незначительно снизить массу заряда твердого топлива, и увеличить массу заряда взрывчатого вещества, что приведет к увеличению могущества снаряда. Снижение массы, также повысит удобность при зарядании и перевозке снарядов, снизит вес заряженной машины [3].

Для незаметности снаряда для радиолокаторов противника следует рассмотреть покрытия поглощающие электромагнитные волны, а также лучи лазеров. В качестве волокон могут быть использованы стеклянные или базальтовые волокна, обладающие низкой стоимостью, малозаметностью и высокими физико-механическими характеристиками. Волокна намотаны концентричными слоями растянутых параллельно лежащих волокон, ориентированных послойно под углом 0° , $+45^\circ$, -45° к продольной оси снаряда, скрепленных между собой посредством полимерного связующего, волокна выполнены с поперечным сечением в виде равностороннего треугольника, при

этом площадь поперечного сечения волокон уменьшается послойно, в направлении от оси снаряда, а соседние волокна контактируют между собой взаимобращенными гранями. Уменьшение площади поперечного сечения волокон послойно в направлении от оси снаряда позволяет наружную поверхность снаряда выполнить с высоким качеством с отсутствием геометрических погрешностей (волн на поверхности, некруглости и т.д.). Количество слоев зависит от калибра снаряда и может достигать от нескольких десятков до сотен. Толщина волокна может изменяться послойно от 24 до 7 мкм, поэтому на корпусе может быть размещено не менее ста слоев. В качестве полимерного связующего может быть использована эпоксидная или полиэфирная смола. Взрыватель выполнен из радиопрозрачного материала (керамика, ситаллы, стеклопластик, органопластик и др.) [4].

4. Достоинства и недостатки предложенной модернизации

Подобная модернизация имеет как ряд преимуществ перед стандартным боеприпасом, так и недостатки, влияние которых необходимо свести к минимуму в процессе реализации идеи.

К преимуществам идеи можно отнести:

- Повышение дальности полета снаряда;
- Снижение массы снаряда;
- Радионезаметность.

Недостатками идеи являются:

- Повышение себестоимости одного снаряда.

5. Выводы

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности проведения модернизации реактивных снарядов, поскольку изменение формы головной части боеприпаса повысит дальность полета снаряда, что позволит использовать более удалённые огневые позиции, использование покрытий позволит снарядам быть незаметными для локаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

5. Тяжелая огнемётная система ТОС-1А [Электронный ресурс]. – URL: <https://structure.mil.ru/structure/forces/ground/weapons/rhbz/more.htm?id=10345028@morfMilitaryModel> (дата обращения: 27.03.2021).
6. Тяжёлая огнемётная система ТОС-1А [Электронный ресурс]. – URL: <https://missilery.info/missile/tos-1a> (дата обращения: 01.04.2021).
7. Баллистические характеристики активно-реактивных снарядов с применением композиционных материалов [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ballisticheskie-harakteristiki-aktivno-reaktivnyh-snaryadov-s-primeneniem-kompozitsionnyh-materialov-i-nadezhnost-ih-marshevyh> (дата обращения: 01.04.2021).
8. Патент RU 2 625 056 С1, Заявка 2016114684 Российская Федерация, МПК F42В 12/0 F42В 12/76, F42В 15/00 F42В 3/00 Н01Q 15/00. Снаряд – невидимка / Рогов В.А. (РФ); патентообладатель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего

образования «Российский университет дружбы и народов (РУДН) (RU)
заявл. 15.04.2016; обусл. 11.07.2017.

INCREASING THE BATTLE EFFICIENCY OF THE HEAVY FIRING SYSTEM TOS-1A "SOLNTSEPEK"

*Sukharev Dmitry Andreevich, student; Antonov Dmitry Olegovich, student;
Semashko Marina Yurievna, associate Professor*

South Ural State University, 454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76

Sukharev D.A., e-mail-sukharev921@gmail.com

Antonov D.O., e-mail-dimaantonov4110@gmail.com

Semashko M.Y., e-mail-semashkomi@susu.ru

*Correspondence address: Sukharev Dmitry Andreevich, South Ural State
University, 454080, Russia, Chelyabinsk, Lenin Ave., 76, num.8 (951) 266-68-16*

Abstract: This paper describes ways to increase the combat effectiveness of shells of the TOS-1A "Solntsepek" heavy flamethrower system, such as: increasing the projectile's flight range by changing the shape of the warhead, using composite materials, covering the shell of the projectile with special materials. The basis was taken thermobaric unguided missile MO.1.01.04M.OP. Increasing the flight range improves the ballistic efficiency of the projectiles. The use of composite materials will reduce the mass of the projectile, which will also affect the increase in the projectile's flight range. The coatings will ensure the projectile's radio invisibility for enemy locators.

Keywords: Heavy flamethrower system, increased combat effectiveness, "Solntsepek", increased range, ballistic efficiency, radio-stealth, composite materials, unguided thermobaric rocket.

УДК 623.4.01

МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ МОДЕЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ МАШИН ДЛЯ ПЕЧАТИ МАКЕТОВ НА FDM-ПРИНТЕРАХ

*Нижнетагильский Технологический Институт (филиал) Уральский
федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина,
622012, Россия, Нижний Тагил, ул. Красногвардейская 59.*

Тельминов Н. В., kolx.1999.ru@gmail.com

Юдинцев Д. В., yudin_dv@mail.ru

Аннотация: в статье рассматривается комплексная методика процесса подготовки 3D-модели транспортного средства специального назначения для её последующей печати на 3D-принтере с использованием FDM-технологии. В основе лежит деление элементов модели на группы по важности согласно

предложенной классификации. Требуемая детализация модели зависит от масштаба предполагаемого макета изделия.

Ключевые слова: макет, 3D-печать, FDM-принтер, методика подготовки модели, детализация.

Многие предприятия используют макеты своих изделий в масштабе для демонстрации выпускаемой продукции. Стоит отметить, что наименее трудоёмким способом создания таких макетов является печать на FDM-принтерах.

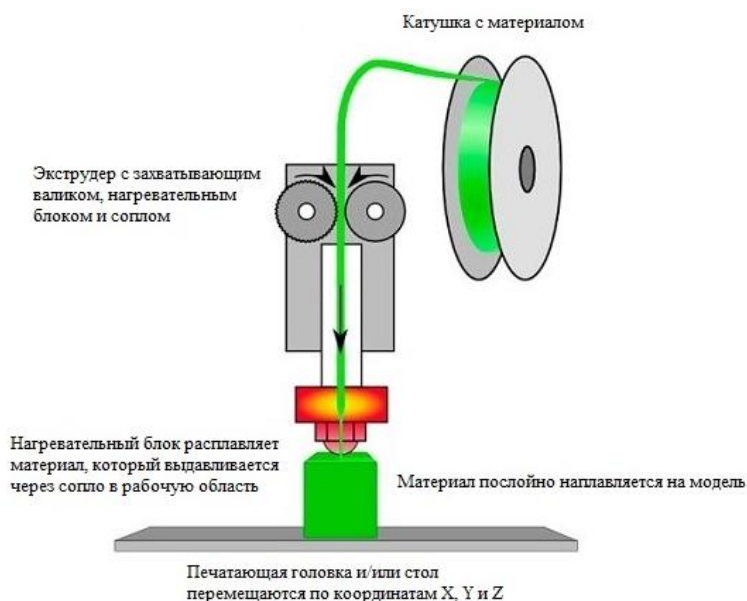


Рис. 1. Принцип работы FDM-принтера

FDM-принтер – 3D-принтер, принцип работы которого основан на экструзии заранее расплавленного материала в рабочую область (рис. 1). Аббревиатура FDM расшифровывается как Fusion Deposition Modeling и переводится как «моделирование путём послойного наплавления» [1].

При масштабировании модели крупногабаритного изделия возникает ряд проблем. Например, некоторые детали и элементы станут ничтожно малы, что не позволит корректно распечатать модель.

Был проведён анализ процесса подготовки моделей к 3D-печати [2], особенностей гусеничных машин [3] и выведен алгоритм мероприятий по подготовке моделей в САД-программах для печати.

Процесс был разделён на несколько этапов:

1. Выбор масштаба будущего макета;
2. Определение кинематических свойств (подвижных частей) макета и возможности их реализации в заданном масштабе;
3. Разделение компьютерной модели на блоки;
4. Распределение элементов модели на несколько категорий по важности;
5. Редактирование и упрощение модели;
6. Проверка модели на наличие внутренних полостей и «нулевой геометрии»;

7. Экспортирование в формат файла, поддерживаемый принтером.

Разделение модели на блоки необходимо для предотвращения ошибок, возникающих в процессе работы принтера. Рекомендуется следующий вид деления:

1. Корпус изделия;
2. Башня (при наличии);
3. Орудие (для танков);
4. Ходовая часть;
5. Рабочее оборудование специальных инженерных машин;
6. Навесные элементы корпуса и башни.

Для четвертого этапа была выведена классификация элементов по степени важности.

Классификация элементов внешнего вида модели по степени важности

Группа важности	Характеристика элементов	Пример
Определяющие	Ключевые элементы внешнего вида изделия. Подвергаются минимальному редактированию.	Блоки динамической защиты, системы постановки дымовой завесы, люки.
Важные	Элементы, внешний вид которых можно незначительно изменить в зависимости от масштаба макета.	Буксировочные крюки, приборы наблюдения.
Средней важности	Элементы, которые рекомендуется сохранить для более эстетичного внешнего вида, но при высоких масштабах уменьшения модели следует значительно упростить, отредактировать	Выштамповки на ящиках ЗИП и баках, ручки, петли, защёлки.
Малой важности	Элементы, которые рекомендуется максимально упростить или удалить.	Скругления небольших радиусов, отверстия, головки болтов.
Невидимые	Элементы, которые по разным причинам будут не видны. Такие элементы следует удалить или упростить до примитивов (цилиндр, призма).	Поддерживающие ролики (в большинстве случаев скрыты бортовыми экранами), выштамповки и люки на днище.
Особые	Ключевые элементы внешнего вида, которые невозможно корректно напечатать на 3D-принтере. При изготовлении данных элементов следует	Антенны, противокумулятивные решетки и сетки, тросы, шланги и трубопроводы гидросистем.

	использовать альтернативные способы и материал.	
--	---	--

Отправляемая на печать модель должна соответствовать следующим требованиям:

1. Целостность – блок модели должен состоять из одного твердого тела;
2. Монолитность – отсутствие внутренних полостей;
3. Отсутствие тонких граней, поднутрений и «нулевой геометрии» (рис. 2);
4. Отсутствие глубоких зазоров шириной меньше 1 мм.

Для достижения этих требований используются различные приёмы моделирования в САД-программах.

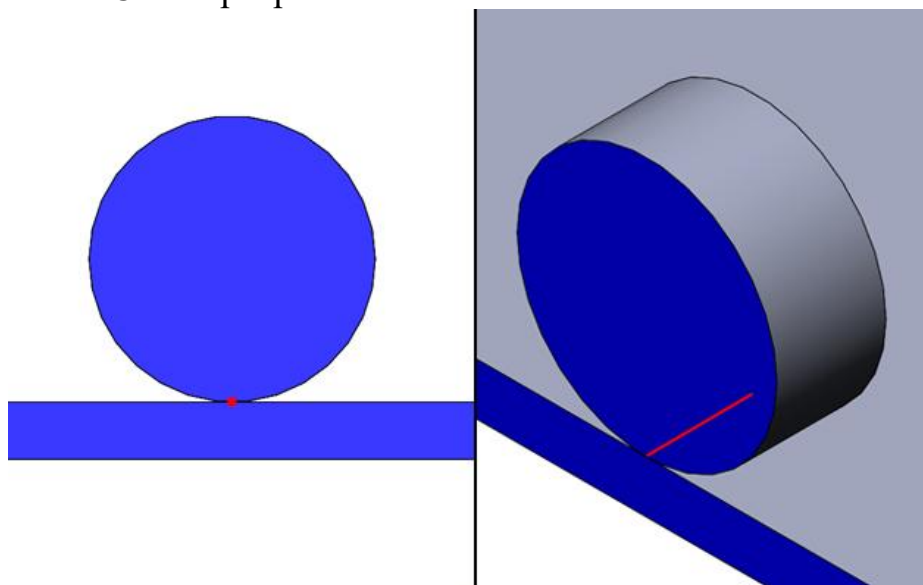


Рис. 2. Пример нулевой геометрии

Рассмотренная четкая последовательность этапов подготовки модели позволяет минимизировать количество возникающих при печати ошибок и облегчить работу специалисту. Это значит, что использование данной методики позволяет ускорить процесс изготовления макета изделия и значительно уменьшить трудозатраты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ким, В. С. Теория и практика экструзии полимеров / Ким В. С. – Москва: КолосС, 2013. - 568 с.
2. Курдицкий А.И. Подготовка 3D-модели к печати. Методическая разработка, г. Курск, 2021 г. 10 с.
3. Военные гусеничные машины. Том 1. г. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990 г. 378 с.

PREPARING MODELS OF SPECIAL-PURPOSE VEHICLES FOR PRINTING WITH FDM PRINTERS

N.V. Telminov, D.V. Yudin

Telminov Nikolay Vyacheslavovich, student of Department of Special engineering, kolx.1999.ru@gmail.com, Russia, Nizhny Tagil, Nizhnetagil'skiy Technological Institute (branch) of the Ural Federal University,

Yudin Dmitriy Vladimirovich, candidate of technical science, docent of Department of Special engineering, yudin_dv@mail.ru, Russia, Nizhny Tagil, Nizhnetagil'skiy Technological Institute (branch) of the Ural Federal University.

Abstract: The article discusses a complex method of the process of preparing 3D model of a special-purpose vehicle for subsequent printing on a 3D printer using FDM technology. It is based on the separation of the model elements into groups of importance according to the proposed classification. The required level of detail depends on the scale of the intended product layout.

Keywords: model, 3D printing, FDM printer, model preparation method, level of detail.

УДК 623.4.085.2

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ВЕДУЩЕГО ПОЯСКА НОВОГО ТИПА НА ПЕРВИЧНУЮ РЕАКЦИЮ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Хребтова Мария Сергеевна, аспирант,

*Гуськов Анатолий Васильевич, д.т.н., доцент, Милевский Константин
Евгениевич, к.т.н., доцент*

Новосибирский государственный технический университет,

Хребтова М.С., e-mail: maria.khrebtova@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630079, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-11-21

Аннотация: изменение конструкции ведущего пояска артиллерийского боеприпаса к нарезному оружию – один из актуальных способов повышения технических характеристик артиллерийского снаряда, таких как кучность и дальность выстрела. Исследование условий взаимодействия пары материалов «ведущий поясок – канал ствола» позволяет определить наиболее выгодные условия с точки зрения эффективного применения артиллерийского снаряда и обосновать работоспособность предлагаемой конструкции.

Ключевые слова: ведущий поясок нового типа, статическое нагружение, усилие продавливания.

Использование современных мощных систем артиллерийских орудий приводит к увеличению скорости снаряда в связи с большой массой пороховых зарядов. Условия, создаваемые большим рабочим давлением пороховых газов и высокими скоростями скольжения артиллерийских снарядов (АС) внутри

канала ствола (КС), приводят к тому, что материал ведущего пояска (ВП) подвергается экстремальным воздействиям при использовании. С целью повышения технических характеристик АС (таких как кучность и дальность выстрела) предлагается использовать конструкцию АС с ВП, выполненным из материала корпуса и являющимся конструктивной частью корпуса – ведущий поясок нового типа (ВПНТ) [1,2].

При срабатывании АС процесс нагружения ведущего пояска при взаимодействии его с каналом ствола является одним из наиболее актуальных процессов, поскольку величина реакции ВП определяет воздействие на корпус АС и должна учитываться при расчете его прочности, что критически важно для снарядов с ведущими поясками, установленными в канавках, так как в указанных областях толщина корпуса минимальна и является критической.

Таким образом, исследование условий взаимодействия пары материалов «ВП – КС» позволяет определить наиболее выгодные условия с точки зрения эффективного применения АС и обосновать работоспособность предлагаемой конструкции [3,4].

Проведены работы по измерению усилий нагружения для нескольких образцов, имеющих вид фрагментов корпусов артиллерийских снарядов с ВПНТ и выполненных из материала корпуса. На рисунке 1 показана сервогидравлическая испытательная система Instron 8801, на которой осуществлялись измерения, а также пуансон, имитирующий нарез канала ствола.



а)

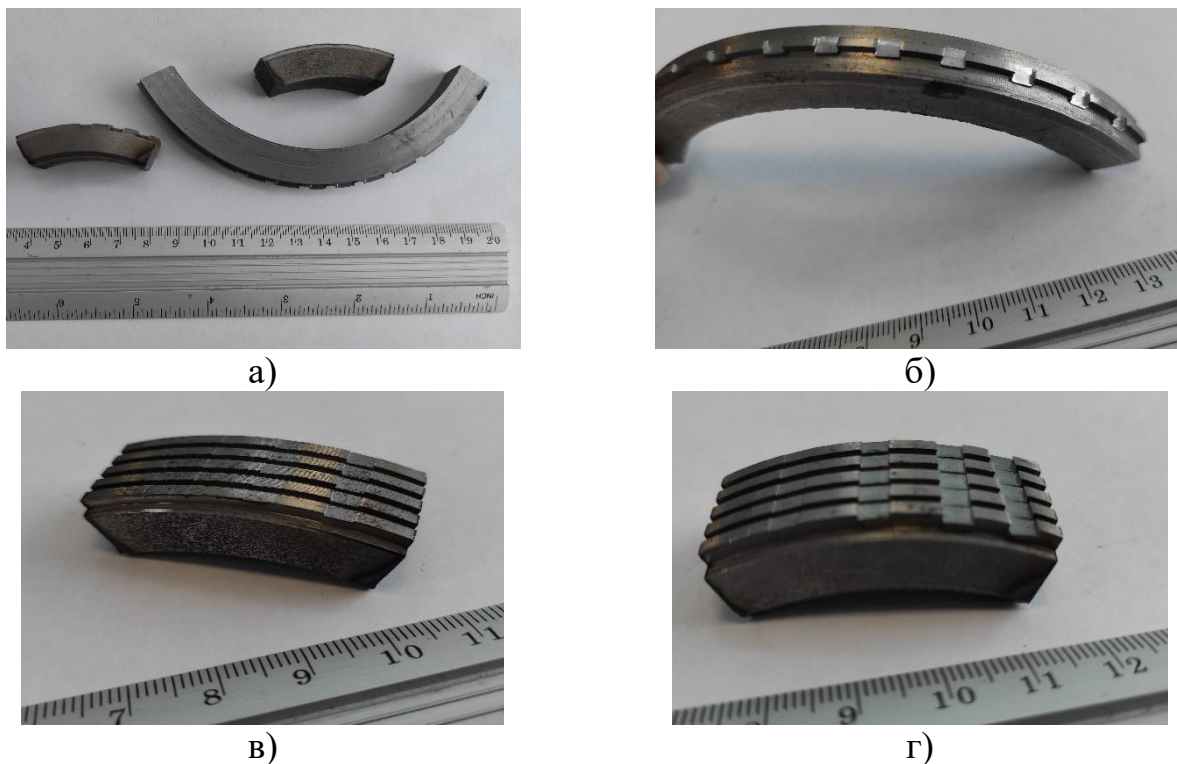


б)

а) Сервогидравлическая испытательная система Instron 8801 с установленным в неё приспособлением для проведения испытаний; б) пуансон

Рис. 1. Материальное обеспечение измерений.

На рисунке 2 показаны исследуемые образцы после проведения работ. Пуансон последовательно внедрялся в образец на заданную глубину, производился замер возникающих при этом усилий. При этом образец 1 представляет собой единичный кольцевой выступ ВПНТ, а образцы 2 и 3 – ВПНТ, максимально приближенный к предлагаемому и состоящий из нескольких кольцевых выступов, разделенных канавками. При этом внешние диаметральные размеры ВП образцов и ширина ВП соответствовали существующим типовым ВП, выполненным из меди на типовых корпусах АС.



а) вертикальная проекция всех образцов; б) образец 1; в) образец 2; г) образец 3

Рис. 2. Образцы корпусов артиллерийского снаряда с ведущим пояском нового типа после нагружения

После обработки полученных в ходе исследования результатов получена зависимость удельного давления в ВП, $q = F/S$, кН/мм^2 , где F – измеренная сила, с которой осуществлялось продавливание, кН , S – площадь полученного отпечатка, к которому прикладывалась сила, мм^2 , от глубины внедрения пуансона h , мм .

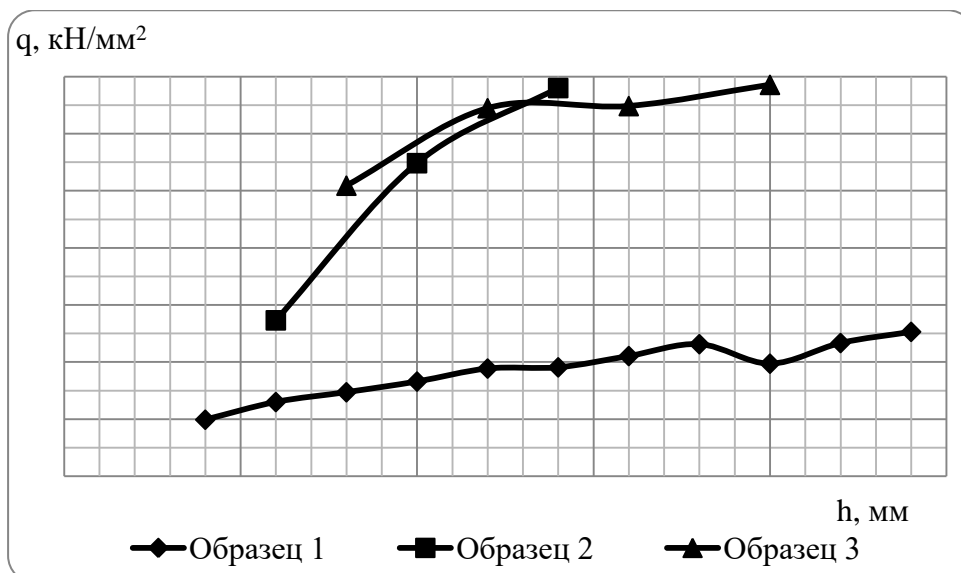


Рис. 3. Зависимость удельного давления в ведущем пояске нового типа, q , кН/мм², от глубины внедрения пуансона, h , мм

Выводы

Как показывает зависимость на рисунке 3, величина удельного давления в единичном кольцевом выступе ВПНТ намного меньше, чем для ВПНТ из пяти кольцевых выступов. При этом нагрузка растет практически в линейной зависимости от глубины внедрения пуансона. Установлено, что для глубины внедрения $h = 1,5$ мм удельное давление в исследуемых образцах ВП составляло около $6,5$ кН/мм².

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуськов А.В., Исследование влияния изменения механических свойств материала корпуса снаряда на работу ведущего пояска нового типа / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, А.С. Долматов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Проблемы специального машиностроения. Вып. 12. Ч.5 – Тула: Издательство ТулГУ, 2016 – С. 200-209.
2. Гуськов А.В. Ведущий поясок, обеспечивающий повышенную точность стрельбы / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, М.С. Хребтова // Академические Жуковские чтения. Современное состояние и перспективы развития авиационного вооружения: сб. науч. ст. по материалам 2 Всерос. науч.- практ. конф. (25–27 нояб. 2014 г.). – Воронеж: ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – С. 56–61. - 41 экз.
3. Селиванов В.В. (общ. ред.) Средства поражения и боеприпасы / М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 982 с.
4. Орлов, Б. В. Устройство и проектирование стволов артиллерийских

орудий / Б. В. Орлов, Э. К. Ларман, В. Г. Маликов. – Москва :
Машиностроение, 1976. – 432 с.

THE INFLUENCE OF THE NEW TYPE OF DRIVING BELT GEOMETRY ON THE PRIMARY REACTION UNDER STATIC LOADING

Anatoly V. Guskov, Konstantin E. Milevsky, Maria S. Khrebtova

Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Prospect, Novosibirsk,
630073, Russia

Abstract: Changing the artillery ammunition driving belt design for a rifled weapon is one of the most important ways to improve the technical characteristics of an artillery projectile, such as accuracy and firing range. Investigation of the conditions for the interaction of a material pair "driving belt - barrel bore" makes it possible to determine the most favorable conditions for the optimal artillery projectile design and to substantiate the efficiency of the proposed design.

Key words: the new type of driving belt, static loading, boosting force

УДК 623.5

ИСПЫТАНИЯ УДАРНИКОВ В ВИДЕ ГОТОВЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ С РЕАКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Чванов Руслан Станиславович, студент; Хмельников Евгений Александрович, доктор техн. наук; Смагин Константин Владимирович, старший преподаватель; Заводова Татьяна Евгеньевна, старший преподаватель.

Нижний Тагил, Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». 622013, Россия, г. Нижний Тагил, ул.

Красногвардейская. 59, тел. 8(343)525-65-00

Чванов Р.С., e-mail andy.mike13579@gmail.com

Хмельников Е.А., e-mail khmelnikov7@gmail.com

Смагин К.В., e-mail smaginky@gmail.com

Заводова Т.Е., e-mail tatiana.zavodova@urfu.ru

Аннотация: в данной статье рассматривается создание усовершенствованной конструкции телескопического бронебойного оперенного подкалиберного боеприпаса калибра 57-мм, который, в перспективе, выступит в роли эволюционного толчка к развитию телескопических боеприпасов, а также различного рода автоматических пушек для данного калибра. Прорабатывается конструкция боеприпаса и компоновка метательного заряда в гильзе. Проводится расчет коэффициента лобового сопротивления боеприпаса.

Ключевые слова: телескопический боеприпас, усовершенствование конструкции, коэффициент лобового сопротивления.

На данный момент, интерес к калибру 57-мм вновь увеличивается. Самыми перспективными, на мой взгляд, являются боевая разведывательная машина БРМ-3К «Рысь» с боевым модулем АУ-220М «Байкал», а также, боевая машина 2С38 самоходного зенитно-артиллерийского комплекса «Деривация-ПВО» [1]. Важную роль играет то, что боеприпасы калибра 30-мм не дают удовлетворительного бронепробития по Западной легкобронированной технике, что требует от разработчиков либо увеличения калибра, либо разработке нового типа боеприпасов, да и не для не секрет, что снаряды пушки калибра 57-мм гораздо эффективнее 30-мм, хоть и помещается их меньшее количество в боевое отделение, нежели 30-мм боеприпасы. Следовательно, одним из путей решения проблемы неудовлетворительного бронепробития является разработка усовершенствованного боеприпаса и переход на более крупный калибр автоматических пушек, что исключило бы неэффективность 30-мм боеприпасов в настоящее время [2].

Целью данной работы является усовершенствование существующей конструкции телескопического бронебойного оперенного подкалиберного боеприпаса [3]. для повышения бронепробития, за счет придания снаряду большей дульной скорости.

Одним из решений поставленной задачи о повышении бронепробития является добавление промежуточных пороховых зарядов поверх основной навески пороха, что позволит придать снаряду большую дульную скорость, нежели при стандартной конструкции телескопического боеприпаса APFSDS-T (Рис. 1). Данная конструкция представляет собой бронебойный оперенный подкалиберный снаряд (БОПС), помещенный в гильзу с основным и передаточным зарядами, центрование снаряда происходит с помощью центрирующей втулки, которая, в свою очередь, скрепляется с фиксирующей втулкой специальной формы. Также, для дополнительной фиксации корпуса снаряда предусмотрен пластмассовый колпак. В корпус БОПСа помещены три сердечника из ванадия, находящиеся во втулке из реакционного материала, что дает возможность получить одновременно проникающее и зажигательное действие при столкновении с преградой. Центрирующая втулка представляет собой тонкостенный металлический цилиндр с расположенными по поверхности отверстиями под каждый промежуточный заряд. В качестве промежуточного заряда выступают пороха прогрессивной формы горения, помещенные в кольцевые картузы в количестве $N=2...4$.

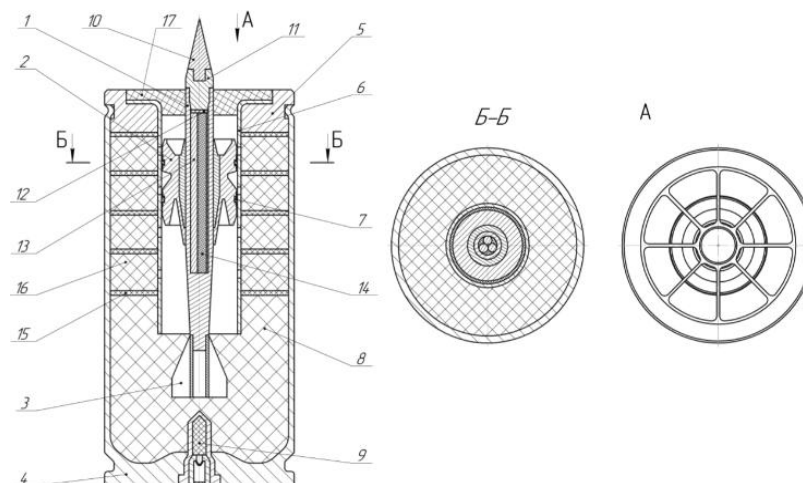


Рис. 1. Усовершенствованная конструкция телескопического боеприпаса; 1-сердечник, 2-секторное ведущее устройство, 3-стабилизатор, 4-корпус, 5-фиксирующая втулка, 6-центрирующая втулка, 7-кольцевой obturator, 8-основной заряд, 9-капсюль детонатор, 10-наконечник, 11-демпфер, 12-резиновая прокладка, 13-сердечники, 14-фторопласт, 15-картонные прокладки, 16-промежуточный пороховой заряд

Выстрел усовершенствованной конструкции происходит по той же схеме, что и выстрел телескопического боеприпаса в стандартном исполнении, за исключением некоторых моментов. За счет выполненных в центрирующей втулке отверстий, в процессе выстрела, по мере продвижения вперед снаряда по втулке, будут поочередно воспламеняться промежуточные заряды за счет внедрения прогретых пороховых газов от основного заряда через отверстия, что, в свою очередь, позволит достичь большего давления при выстреле.

На начальном этапе, для последующего расчета и определения внешнебаллистических свойств снаряда, необходимо произвести расчет полного коэффициента сопротивления снаряда при полете. В основу расчета положен метод, предложенный в работе [4]. Результаты расчетов представлены в таблице.

Результаты расчетов коэффициента волнового сопротивления

$V, \text{ м/с}$	1500	1600	1700	1800
M	4,518	4,819	5,100	5,421
Оперение				
C_{XB}	0,309	0,289	0,273	0,256
C_{Xf}	0,04169	0,04131	0,04095	0,04061
Re	275958,6207	294355,8621	312753,1034	331150,3448
$\Delta C_X + C_{Xn}$	0,06736	0,06336	0,06005	0,05665
$C_{Xоп}$	0,4192	0,3969	0,3788	0,3598
Корпус				
C_{Xd}	0,0184	0,0168	0,0155	0,0142
C_{Xf}	0,157	0,155	0,154	0,153
Re	2068965,517	2206866,552	2344827,568	2482758,621
C_{Xk}	0,3471	0,3425	0,3412	0,3389
Полный коэффициент волнового сопротивления				
C_X	0,7663	0,7394	0,72	0,6987

Выводы по данной работе:

1. В результате первичной проработки боеприпаса предложена конструкция
2. Для дальнейшего подтверждения предложенной конструкции необходимо провести внутрибаллистические и прочностные расчеты, которые будут представлены в следующей статье

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шумилин С. «Байкал» не знает пощады – возвращение 57-мм автоматического орудия [Электронный ресурс] URL: <https://naukatehnika.com/baikal-vozvrashhenie-57-mm-orudiya.html> (Дата обращения: 20.03.2021)
2. Гомырин О.А. Вестник бронетанковой техники [Электронный ресурс] URL: <http://www.bvtv.narod.ru> (Дата обращения: 20.03.2021)
3. Пат. EP0489282B1 German, «Telescopic ammunition cartridge» John V. Davis E/ Оpubл.14.11.90
4. Куров В.Д., Должанский Ю.М. Основы проектирования пороховых ракетных снарядов. М.: Оборонгиз, 1961. 294с.

DEVELOPMENT OF AN IMPROVED DESIGN OF THE TELESCOPIC ARMOR-POOTING OPENED SUB-CALIBER AMMUNITION OF CALIBER

Chvanov Ruslan Stanislavovich, student of Department of Special engineering, andy.mike13579@gmail.com

Khmelnikov Evgeny Alexandrovich, doctor of technical Sciences, head of Department of Special engineering, khmelnikov7@gmail.com

Smagin Konstantin Vladimirovich, Senior lecture of Department of Special engineering, smaginkv@gmail.com

Zavodova Tatiana Evgenievna, Senior lecture, head of laboratory of Department of Special engineering, tatiana.zavodova@urfu.ru

"Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin"
Nizhny Tagil technological Institute (branch), Krasnogvardeiskaya street, 59, Nizhny Tagil, 622013, Russia

Abstract: This article discusses the creation of an improved design of a telescopic armor-piercing feathered sub-caliber 57-mm ammunition, which, in the future, will act as an evolutionary impetus to the development of telescopic ammunition, as well as various kinds of automatic guns for this caliber. The design of the ammunition and the layout of the propellant charge in the sleeve are being worked out. The calculation of the coefficient of frontal resistance of the ammunition is carried out.

Keywords: telescopic munitions, mathematical modeling, internal ballistics.

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН В SIMCENTER AMESIM

Шадрин Иван Дмитриевич, студент; Юдинцев Дмитрий Владимирович, канд. техн. наук

Нижнетагильский технологический институт, филиал Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 622013, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейска 59, тел. (343)542-07-81

Шадрин И.Д., e-mail ivan.shadrin12@gmail.com

Юдинцев Д.В., e-mail yudin_dv@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Юдинцев Дмитрий Владимирович,
Нижнетагильский технологический институт (филиал) Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, 622036, Россия, г. Нижний Тагил, пр. Мира 54, тел. (343)542-07-81

Аннотация: в статье рассматривается методика построения математической модели гусеничного движителя в программном пакете *Simcenter Amesim*.

Современные гусеничные машины (ГМ) являются сложной механической системой [1]. Это связано с тем, что системы и агрегаты в них становятся более интегрированными, взаимозависимыми и взаимовлияющими друг на друга. Одним из важнейших компонентов при проектировании ГМ является гусеничный движитель. Он воздействует как на ходовую часть, так и на предполагаемую опорную поверхность, по которой изделие будет двигаться, поэтому математическая модель ГМ должна позволять производить исследования и анализ внешних и внутренних параметров её гусеничного движителя; с максимальной точностью имитировать разгон изделия.

В настоящее время, существует множество математических моделей, которые с различной степенью достоверности описывают прямолинейное движение ГМ по трассам различного профиля. В связи с этим возникает проблема отсутствия единой методики проектного расчёта ходовой части ГМ.

Ключевые слова: гусеничная машина, гусеничный движитель, программное обеспечение, математическая модель, методика создания математической модели.

1. Введение

Существует множество специализаций современных ГМ. В зависимости от специализации к гусеничным движителям машин предъявляются различные требования. Так, для промышленных тракторов это тяговое усилие и несущая способность; для сельскохозяйственных машин – минимальное удельное давление на грунт; для военных гусеничных машин (ВГМ) – требования к показателям быстроходности. Исходя из этого, для расчёта и моделирования

ГМ требуется программное обеспечение, с максимально широким и гибким функционалом, которое могло бы объединить в одной модели несколько разделов физики, сочетать одномерное и трёхмерное моделирование и позволять моделировать работу всех агрегатов и систем, необходимых для движения изделия. Именно таким программным обеспечением и представляется *Simcenter Amesim*.

Целью данной работы является обзор и оценка возможной методики построения математической модели гусеничного движителя ГМ в программном пакете *Simcenter Amesim*.

2. Теория

Simcenter Amesim – это программный пакет представляющий из себя набор инструментов, используемых для моделирования, анализа и прогнозирования производительности в междисциплинарных системах. Процесс моделирования состоит из создания эскиза системы, назначения подмоделей компонентов, задания параметров и режима симуляции.

В статье [2] была воссоздана укрупнённая параметризованная математическая модель ВГМ в программном пакете *Simcenter Amesim*. Данная модель состоит из следующих элементов: дизельного двигателя; блока управления; трансмиссии с автоматической коробкой передач и ходовой части, представленной для упрощения в виде колёсной базы автомобиля.

Для дальнейших разработок, связанных с модернизацией и проведением научно-исследовательских работ было принято решение по дополнительному уточнению математической модели ГМ. С этой целью был выбран компонент гусеничного движителя, нуждающийся в детализации параметров работы. Ходовая часть была заменена на компонент многоосной модели бронетранспортёра, который позволяет более полно имитировать геометрические и массово-инерционные характеристики гусеничного движителя. Это позволило избавиться от большинства недостатков колёсной базы автомобиля (объединение опорного катка с ведущим колесом; невозможность учёта характеристик каждого отдельно взятого элемента). За счёт 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.

Модель подвески – одномерная с вертикальным ходом опорных катков. В связи с этим, элемент подвески воспринимает только вертикальные усилия. Помимо этого, гусеничный движитель учитывается в виде потерь на нём. Коэффициент полезного действия гусеницы рассчитывался по формуле (1) исходя из скорости движения изделия в данный момент времени ($V(t)$):

$$\eta = 0,95 - 0,005 * V(t), \#(1)$$

Как можно заметить, формула (1) имеет низкую точность нахождения КПД гусеницы, так как не зависит от свойств материала, геометрических размеров и конструктивного исполнения элементов гусеницы.

3. Результаты и обсуждение

На основании представленных ранее особенностей, были найдены и

предложены к реализации в программном пакете различные математические модели построения гусеничного движителя, но для разработки наиболее универсальной математической модели было принято решение создать модель каждого подвижного элемента, который бы обладал определёнными физическими свойствами и воспринимал внешние силы. Одним из вариантов стало готовое решение, представленное в библиотеке «Solutions» в *Simcenter Amesim*. Модель «2D longitudinal model of a tank's tracks and hydro-gas suspension» – это продольная двухмерная модель гусеницы и гидропневматической подвески танка, что по сути является ходовой частью ГМ. Данная модель позволяет исследовать продольное поведение шасси быстроходной ГМ, движущейся по заданному профилю грунта. Эскиз данной модели представлен на рисунке 1.

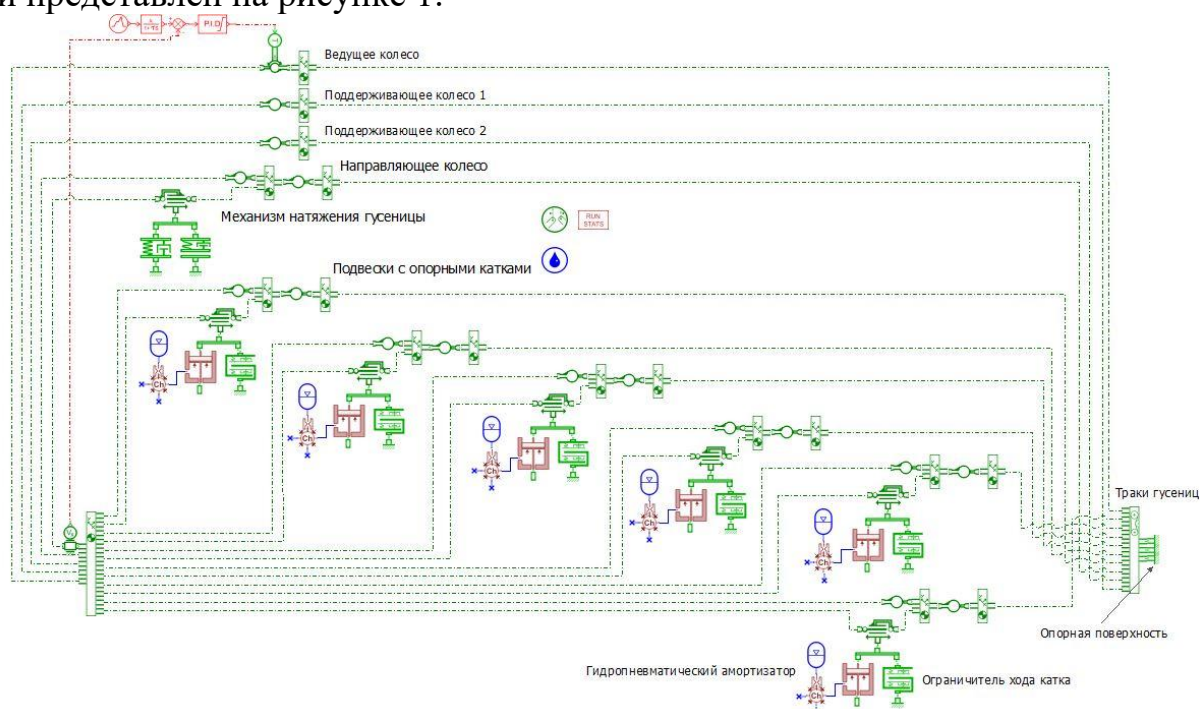


Рис. 1. Эскиз модели гусеничного движителя

Основные характеристики шасси, на один борт, следующие: 6 опорных катков с индивидуальными гидропневматическими амортизаторами; 2 поддерживающих колеса; ведущее колесо; направляющее колесо, связанное с механизмом натяжения; гусеница. Все компоненты размещаются относительно ведущего колеса, которое играет роль начала координат. Для наглядности, на рисунке 2 изображена модель ходовой части, используемая в данной модели.

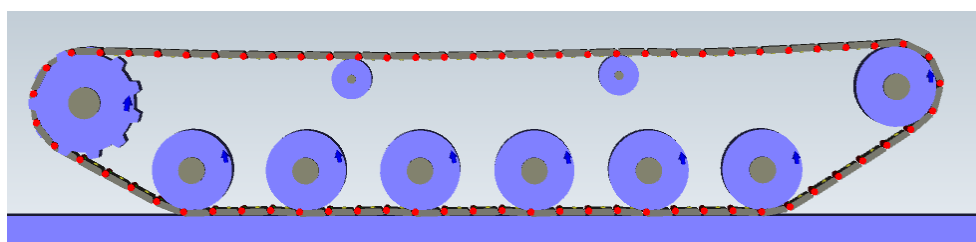


Рис.2. Конфигурация модели ходовой части ГМ

Гусеничная лента моделируется с помощью компонента *PLMBELT00* с использованием цепного режима. Стоит отметить, что звенья моделируются как твёрдые двумерные тела, соединённые вместе упругими шарнирными соединениями (резинометаллическими шарнирами). При этом их взаимодействие разделено на внутреннее (с элементами ходовой части) и внешнее (с поверхностью по которой осуществляется движение ГМ).

Механизм натяжения гусеницы представляет собой простой пружинный демпфер, действующий на вращающийся рычаг, который в свою очередь соединён параллельно с упором для предотвращения усадки в случае слишком большого натяжения гусениц.

Ведущее колесо представляет собой зубчатую передачу, для которой заданы её основные геометрические параметры. Профиль колеса был создан с помощью встроенной подпрограммы *Python PLMGearContourGenerator*.

Гидропневматические амортизаторы действуют как пружины (сила поршня увеличивается с давлением) и соединены параллельно с механическими упорами, предотвращающими выход поршня за пределы системы.

Двигатель и трансмиссия были упрощены, и представлены в виде источника крутящего момента, прикладываемого непосредственно к ведущему колесу изделия. Параметры балансиров и поршней описываются в глобальных параметрах модели.

4. Выводы

В данной работе была представлена методика построения функциональной математической модели гусеничного движителя ГМ.

Моделирование ходовой части ВГМ в программном пакете *Simcenter Amesim* – возможно. Данная модель обеспечивает необходимую степень детализации, практически полное отсутствие допущений в работе систем и агрегатов, приемлемый уровень математического описания взаимодействия гусеничной ленты с ходовой частью и опорной поверхностью. В дальнейшем необходимо включить данную наработку в существующую модель ВГМ, с её реальными параметрами и провести имитационное моделирование с дальнейшим анализом полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонов В.Ф. Динамика и надёжность гусеничного движителя. г. Москва: Машиностроение, 1973. 293 с.
2. Шадрин И.Д., Юдинцев Д.В. Моделирование ходовой части транспортных средств специального назначения в Siemens Imagine.Lab LMS. «Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 11», г. Тула: Изд-во ТулГУ, 2020. 561 с.

POSSIBILITIES OF DESIGNING CATERPILLAR DRIVE FOR MILITARY TRACKED VEHICLES IN SIMCENTER AMESIM

Shadrin Ivan Dmitrievich, student, e-mail ivan.shadrin12@gmail.com

Yudintsev Dmitry Vladimirovich, Ph.D. (Engineering), e-mail

yudin_dv@mail.ru

Nizhnetagil'skiy Technological Institute branch of the Ural Federal University,
59, Krasnogvardeyskaya St., Nizhniy Tagil, 622013, Russia.

Abstract: The article discusses a method for constructing a mathematical model of a caterpillar in the Simcenter Amesim software package.

Modern tracked vehicles are a complex mechanical system, because systems and units in them become more integrated, interdependent and mutually influencing each other. One of the most important components in the design of the tracked vehicle is the caterpillar unit. It affects both the undercarriage and the intended support surface along which the product will move, therefore the mathematical model of the tracked vehicle should allow research and analysis of the external and internal parameters of its caterpillar unit; simulate product acceleration with maximum accuracy.

Currently, many mathematical models describe, with varying degrees of reliability, the rectilinear motion of a tracked vehicle along routes of various profiles. In this regard, the problem arises of the lack of a unified methodology for the design calculation of the chassis of the tracked vehicles.

Keywords: Tracked vehicles, military track vehicles, mathematical model, structural model, parameterization, functional model, flowchart, joint solution.

СЕКЦИЯ: ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

БИМОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОМПЛЕКС HNIW–HMX. СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА.

Артёмова Е.В., Калмыков П.И., Лапина Ю.Т.

АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», 659322, Россия,
г. Бийск, Алтайского края, ул. Социалистическая, д. 1

Артёмова Е.В. e-mail: artevgmmc@mail.ru

Адрес для корреспонденции: АО «Федеральный научно-производственный центр «Алтай», 659322, Россия,
г. Бийск, Алтайского края, ул. Социалистическая, д. 1

Аннотация: в работе проведен синтез бимолекулярного комплекса Болтона-Матцгера (БМК) с выходом 32% методом осадительной кристаллизации насыщенного раствора β -HMX и ϵ -HNIW в ацетоне, этилацетате или ацетонитриле с добавлением осадителя, последующей выдержкой кристаллизационной системы и фильтрацией образовавшейся кристаллической фазы. Температура интенсивного разложения БМК ниже, чем таковая для HMX и HNIW. В синтезированном образце БМК присутствует избыток HNIW. Исследована морфология кристаллов и проведен рентгенофазовый анализ исходных соединений и образца БМК. Методом рефрактометрии насыщенных растворов изучена температурная зависимость растворимости БМК в нитроглицерине. Показано, что растворимость БМК в НГЦ значительно ниже (в 1,5–3,0 раза) растворимости HNIW в зависимости от содержания примесных форм исходных соединений.

Ключевые слова: HNIW, HMX, MC, БМК.

Применение БМК дает возможность существенно снизить или исключить возможные стихийные фазовые взаимодействия компонентов топливной композиции и может стать эффективным способом модификации физико-химических, взрывчатых свойств, скорости горения и термического разложения материалов, а также позволит регулировать чувствительность к внешним механическим воздействиям, растворимость, кислородный баланс и детонационные свойства новых энергоемких материалов.

В начале века группе ученых под руководством американского профессора Адама Матцгера впервые удалось получить молекулярные кристаллы, содержащие на каждые две молекулы HNIW (CL-20) одну молекулу более дешевого и стабильного октогена (HMX) [1].

Однако способ получения бимолекулярного комплекса Болтона-Матцгера (БМК [2HNIW:1HMX]) в оригинальном источнике включает многодневную обработку изопропанольного раствора HMX и HNIW с применением специальных методов [2]. Выход комплекса крайне невелик, и учитывая, что растворимость компонентов в ИПС не превышает 1%, данный способ не может

иметь сколько-нибудь значимое практическое воплощение.

В рамках данного исследования изучалась возможность синтеза комплекса Болтона-Матцгера методом осадительной кристаллизации насыщенного раствора β -НМХ и ϵ -ННИВ в обычном растворителе (ацетоне, этилацетате или ацетонитриле), с последующим добавлением осадителя (бензола, толуола, ИПС или ЧХУ), выдержкой кристаллизационной системы и фильтрацией образовавшейся кристаллической фазы. Для определения молекулярного состояния синтезированных образцов на первом этапе проводили сравнение параметров их термических превращений с исходными соединениями методом ДТА (на приборе STA-60 Shimadzu в атмосфере азота с темпом нагрева 10 °С/мин, рис. 1).

Результаты проведенных исследований показали, что концентрирование кристаллизационной системы вакуумированием позволяет выделять кристаллы обоих компонентов, но судя по кривым ДТА, в виде механической смеси МС индивидуальных кристаллов, без образования БМК (рис. 1).

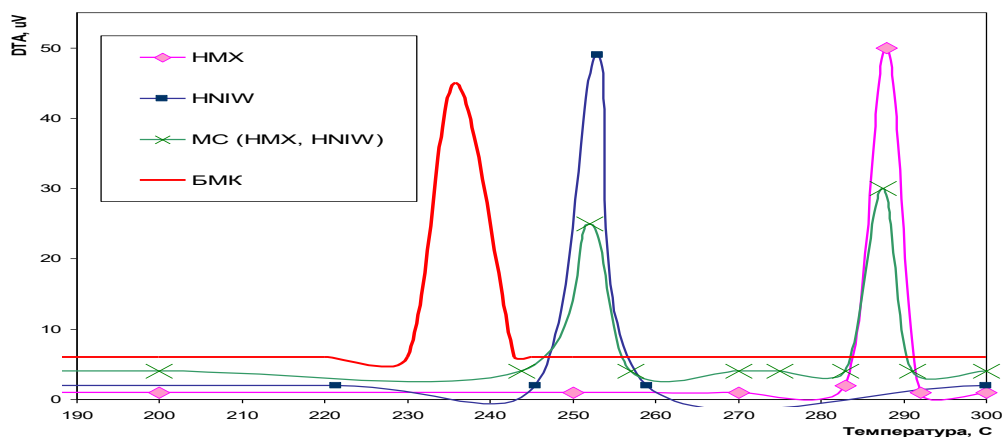


Рисунок 1 – Термограммы ДТА индивидуальных соединений НМХ и ННИВ, механической смеси этих компонентов и их бимолекулярного комплекса.

В табл. 1 показаны результаты ВЭЖХ, ДТА и ИК-спектроскопии для индивидуальных соединений, их МС и синтезированного БМК.

Таблица 1 –Свойства ННИВ, НМХ, МС и БМК

	ВЭЖХ (масс. доли)	ДТА		ИК, см ⁻¹ (680-820)	Плотность, ρ , г/см ³
		T _{экзо} , °С	Q _{разл.} , кДж/г		
ННИВ	1	253	5,88	738-741	2,04
НМХ	1	287	4,04	759,771	1,904
МС	0,410/0,586	252;286	0,82; 0,53	722,742,819; 759,771	–
БМК (2:1)	0,634/0,366	230	5,07	нет	2,00

Как показала экспериментальная работа, БМК характеризующийся наличием единого экзотермического пика на термограмме ДТА (рис. 1, табл. 1), образуются только при внесении раствора НМХ определенной концентрации в перемешиваемую суспензию ННІW в подходящем осадителе с последующей отгонкой части раствора под вакуумом. Причем БМК образуется только в достаточно узком температурно-временном диапазоне и любое изменение условий кристаллизации приводит к выделению НМХ, ННІW или их МС.

По данным термоанализа, во всех синтезированных образцах БМК присутствует избыток ННІW. Результаты ВЭЖХ, напротив, показали избыточное содержание НМХ (от 4 до 13 % масс). Сравнительный анализ ИК-спектров различных полиморфов ННІW, НМХ и синтезированных образцов БМК в структурно-чувствительном интервале $680-820\text{ см}^{-1}$ свидетельствуют о наличии иного химического соединения, не содержащего существенных примесей индивидуальных ННІW и НМХ. Термостабильность БМК почти также высока, как у НМХ, за счет формирования между двумя типами молекул дополнительных водородных связей, которые стабилизируют чувствительную молекулу ННІW. Плотность кристалла БМК примерно на 20% выше, чем у НМХ.

Изучение морфологии образцов БМК, ННІW и НМХ проводилось на растровом электронном микроскопе JSM-840 (рис. 2).

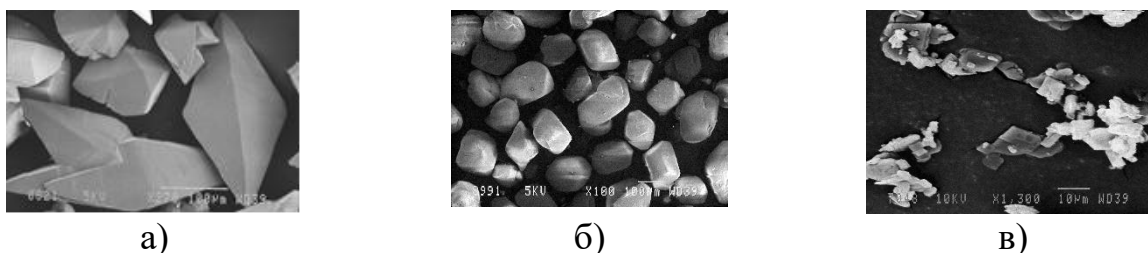


Рисунок 2 – Микроструктура типичных образцов а - ϵ -ННІW, б – β -НМХ, в - БМК.

Различия в морфологии этих соединений очевидны. Так, ϵ -ННІW имеет выраженную бипирамидальную форму, β -НМХ представляет собой кристаллы октаэдрической, почти сферической формы. Продукт совместной кристаллизации БМК 2ННІW–1НМХ – это бесцветные ромбовидные пластины, собранные в нитевидные дендриты со средним размером частиц $d_{\text{ср.}} = 11\text{ мкм}$.

Рентгенофазовый анализ исходных соединений и образца БМК проведён на рентгеновском дифрактометре D8 ADVANCE в МТЦ-ИНХ СОРАН при комнатной температуре ($\text{Cu K}\alpha$, $5 < 2\theta < 50^\circ$). По зависимости интенсивности рассеянного излучения от угла рассеяния можно качественно судить о чистоте исследуемых образцов БМК.

На рис. 3 приведены дифрактограммы ННІW-SC, НМХ-SC и 2ННІW:1НМХ-SC (SC=single crystal), и рассчитанные по структурам монокристаллов (данные взяты из Кембриджской базы структурных данных REFCODEs – PUBMUU20, OCHTET и ZEBJON, соответственно) и полученного нами образца БМК.

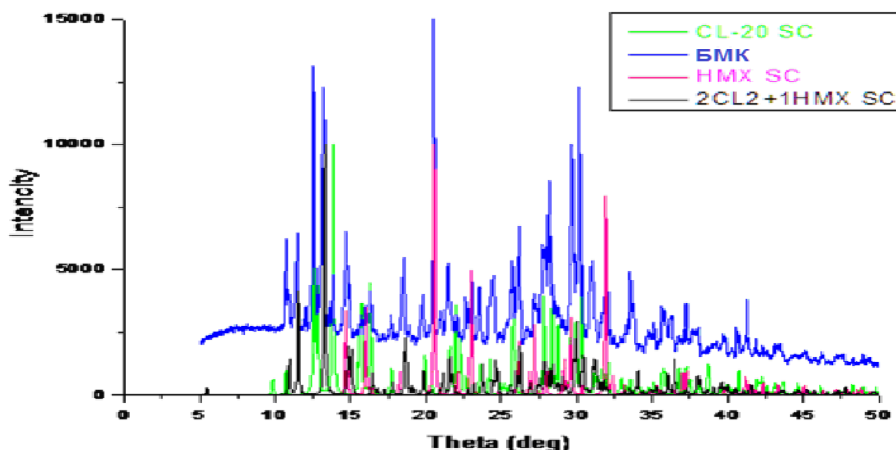


Рисунок 3 – Дифрактограмма образцов ϵ -HNIW, β -HMX, 2HNIW:1HMX SC и БМК (2:1)

Сопоставление дифрактограмм (Рис. 3) показало, что в образце синтезированном БМК присутствуют в заметных количествах кристаллы исходных HNIW и HMX, т.е. образцы не однофазные, а представляют собою смесь кристаллов. Возможно, во всех случаях это смесь БМК, HNIW и небольшого количества HMX.

Очевидно, что некоторые несоответствия в количественном соотношении компонентов синтезированного образца БМК связаны не только с трудностями при выделении чистого сокристаллизата или отсутствием эффективных методов его очистки, но и с необходимостью разработки надежных методов анализа, позволяющих определять молекулярное состояние компонентов порошков БМК и их примесный состав.

Методом рефрактометрии насыщенных растворов изучена температурная зависимость растворимости БМК в нитроглицерине на рефрактометре METTLER TOLEDO RM 40 в диапазоне температур 20-50 °С. На рис. 4 продемонстрирована сравнительная оценка уровня растворимости исходных соединений HNIW, HMX и одного из синтезированных образцов БМК в НГЦ при $t=50$ °С.

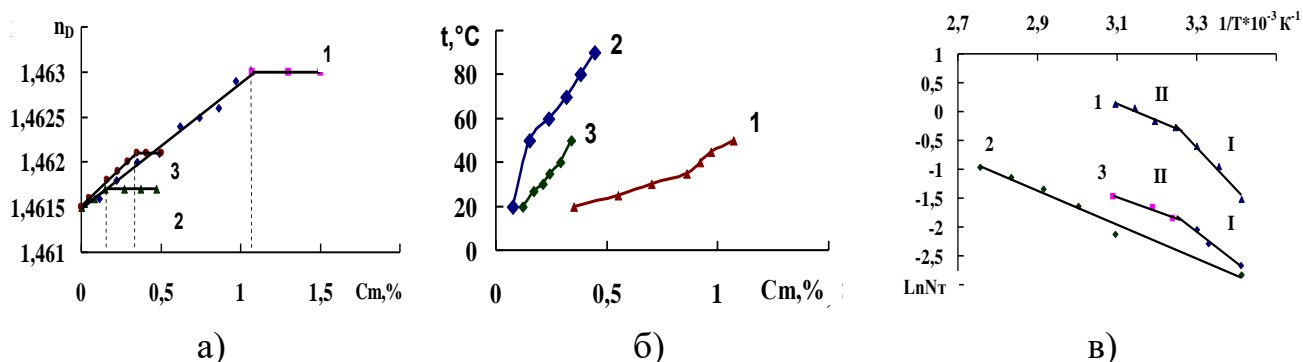


Рисунок 4 – Растворимость БМК в нитроглицерине

а) концентрационная зависимость показателя преломления $n_D^{50^\circ\text{C}}$ растворов от содержания компонентов в НГЦ;

б) температурная зависимость растворимости компонентов;

в) линейная анаморфоза температурной зависимости растворимости компонентов

1– HNIW, 2– НМХ, 3– БМК

При расчете энтальпий растворения бимолекулярных комплексов и исходных компонентов были использованы значения растворимости в температурном интервале 20-50 $^\circ\text{C}$, а для НМХ - 20-90 $^\circ\text{C}$.

Результаты исследований количественной оценки растворимости HNIW и БМК в диапазоне температур от 20 $^\circ\text{C}$ до 50 $^\circ\text{C}$, НМХ (20-90 $^\circ\text{C}$) в НГЦ, а также значение ΔH_p приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Параметры растворимости HNIW, НМХ и БМК в НГЦ.

Соединение	$t, ^\circ\text{C}$		$\Delta H_p, \text{кДж/моль}$		$C_m^{50}, \%$
	I	II	I	II	
HNIW	20-35	35-50	62.1	24.7	1.07
НМХ	20-90		23.5		0.15
БМК	20-35	35-50	45.7	21,1	0.34

Полученные результаты говорят об идентичном характере механизма растворения в нитроглицерине HNIW и комплексов на его основе. Эффект характерного излома кривых (рис. 4в) свидетельствует о наличии, по крайней мере, двух механизмов растворения, связанных с взаимодействием фаз и образованием молекулярных комплексов или сольватов, природа которых связана с термодинамической устойчивостью и энергией совместно-упорядоченных молекулярных структур HNIW – НГЦ [3,4], что не характерно для других нитраминол. Растворимость БМК в НГЦ при $t=50^\circ\text{C}$ составила от 0,34 до 0,79% масс в зависимости от содержания примесных форм исходных соединений, что в 1,5–3,0 раза меньше растворимости HNIW.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. O. Bolton, A.J. Matzger. Improved stability and smart-material functionality realized in an energetic cocrystal. *Angew. Chem/Int.Ed.*, **2001**. No.50, P. 8960-8963.
2. Pat. WO 2012/109354 A2 Crystalline explosive material /A. Matzger, O. Bottonc (США), 16.08.2012.
3. П.И.Калмыков, В.Ф. Комаров, К.А. Сидоров, Н.В. Бычин, Н.А. Федорищева. Физико-химические аспекты ограниченной растворимости HNIW в нитроэфирах. Труды ВНТК «Успехи в спецхимии и химической технологии», РХТУ им. Д.И. Менделеева, 10-11.06.2010, г. Москва, С.234-249.
4. M.F. Foltz, C.L. Coon, F. Garsia, A.L. Nichols, The Thermal Stability of the Polymorphs of Hexanitrohexaazaisowurtzitane. Part I-II. *Propellants, Explosives, Pirotechnics*, 1994. Vol.19, No.1,3. P. 19-25 and 133-144.

BIMOLECULAR COMPLEX HNIW-HMX. SYNTHESIS AND SOME PROPERTIES.

E. V. Artemova, P. I. Kalmykov, Yu. T. Lapina.

JSC "Federal Research and Production Center "Altai", 659322, Russia,
Biysk, Altai Krai, Sotsialisticheskaya str., 1

Artemova E. V. e-mail: artevghmmc@mail.ru

Correspondence address: JSC "Federal Research and Production Center "Altai",
659322, Russia,
Biysk, Altai Krai, ul. Sotsialisticheskaya, 1

Abstract: The synthesis of a bimolecular Bolton-Matzger complex (BMC) with a yield of 32% was carried out by the method of sedimentary crystallization of a saturated solution of β -HMX and ϵ -HNIW in acetone, ethyl acetate or acetonitrile with the addition of a precipitator, subsequent exposure of the crystallization system and filtration of the resulting crystal phase. The temperature of intensive decomposition of BMC is lower than that of HMX and HNIW. An excess of HNIW is present in the synthesized BMC sample. The crystal morphology was studied and X-ray phase analysis of the initial compounds and the BMC sample was performed. The temperature dependence of the solubility of BMC in nitroglycerin was studied by the method of refractometry of saturated solutions. It is shown that the solubility of BMC in NGC is significantly lower (by 1.5–3.0 times) than that of HNIW, depending on the content of the impurity forms of the initial compounds.

Keywords: HNIW, HMX, MS, BMC.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ МОНОДИСПЕРСНЫХ АГЛОМЕРАТОВ АЛЮМИНИЯ В ВОЗДУХЕ

Белоусова Н. С.^{1,2}, Гуськов А. В.², Глотов О. Г.^{1,2}

¹Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН, 630090, Россия, Новосибирск, ул. Институтская, 3

²Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К.Маркса, 20

Белоусова Н. С., e-mail: nata.bel.94@mail.ru,

Глотов О. Г., e-mail: glotov@kinetics.nsc.ru,

Гуськов А.В. e-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Белоусова Наталья Сергеевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: разработана методика создания крупных горящих агломератов алюминия диаметром 540–660 мкм. Исследовано их горение в свободном падении в воздухе. Посредством видеосъёмки определены характерные времена начала фрагментации, окончания фрагментации, окончания горения, закономерности движения частиц, в частности, их скорость и координата в момент начала фрагментации.

Ключевые слова: Агломераты алюминия; горение; фрагментация; продукты горения; частицы оксида.

Введение

Алюминий – распространенный конструкционный материал, который применяется во многих технических объектах. Основные достоинства алюминия в этом качестве это лёгкость, коррозионная стойкость, высокая теплопроводность и электропроводность. Также алюминий является пирофорным и высококалорийным материалом, поэтому он и его соединения широко используются в качестве высокоэффективного горючего в смесевых составах ракетных топлив. Для более полного понимания процесса горения частиц из комбинированного горючего, включающего алюминий, необходимо знать особенности параметров горения и фрагментации каждого из компонентов. Поэтому соответствующие исследования в настоящее время актуальны.

В предыдущих работах [1], [2] использовали композиции, формирующие крупные агломераты, состоящие из алюминия и бора. Эти агломераты служили модельными объектами для исследования механизма горения комбинированного горючего (Al + B). С целью получения дополнительной информации для правильной интерпретации полученных закономерностей в данной работе проведена серия аналогичных экспериментов с агломератами, содержащими только алюминий (без бора).

Эксперименты проведены с композицией для включений следующего состава: 73.85% Al (фракция 0.5–1.5 мкм, выделенная из порошка АСД-4), 26.15% активного горючего-связующего (метилполивинил-тетразольный полимер, пластифицированный нитросодержащими соединениями). Состав безметальной композиции-матрицы приведён в [3]. Обе композиции имели консистенцию пластилина.

Суть подхода «модельных агломератов» подробно изложена в [3], [4] на примере алюминиевых и титановых агломератов, а также в [5], [6] на примере агломератов комбинированного горючего (Al + В). Методика проведения и обработки экспериментов была в основном аналогична методике [7] и [6]. Диапазон размеров (диаметров) исследованных частиц 540–660 мкм. Необходимо отметить, что этот диапазон соответствует актуальным размерам агломератов для алюминизированных топлив с сильной агломерацией [9]. Вместе с тем, литературные данные о динамике горения частиц Al и Al-агломератов столь крупных размеров крайне скудны. Обработка экспериментов включала следующее:

1. Определение времён горения t_b частиц-агломератов по видеозаписям. Время сгорания отождествляли со временем свечения частицы (после прекращения свечения частица не видна). Частицы, как правило, заканчивали горение в полёте, рисунок. При недостаточной высоте частицы догорали на поддоне, сделанном из мелованной бумаги. Время сгорания определяли с точностью 0.04 с (длительность кадра при видеосъёмке со скоростью 25 кадров секунду).

2. Многие частицы в процессе горения фрагментировали. По видеозаписям определяли относительное количество фрагментирующих частиц, а также характерные времена начала и окончания фрагментации.

3. Определение закона движения частиц – зависимость координаты от времени по видеозаписям.

4. Определение средней массы одного включения:

$$m_{inc} = M/N$$

где M – масса порции топлива, использованная для изготовления N включений.

5. Вычисление начальной массы агломерата:

$$m_{Al} = m_{incl} \cdot 0.7385$$

где 0.7385 – массовая доля Al во включении. Типичные значения m_{Al} в проведённых экспериментах 0.00040 г – 0.00060 г. При объёме выборки $N = 10$ частиц их совместное взвешивание характеризуется относительной погрешностью $\approx 2\%$ (при точности весов 0.0001 г). Теоретически, после разложения связующего во включении может находиться некоторое количество углеродистых остатков (максимально 0.09 от массы включения).

6. Вычисление начального диаметра агломерата как:

$$D_{Al} = \sqrt[3]{6m_{Al}/\pi\rho_{Al}}$$

где $\rho_{Al} = 2.7 \text{ г/см}^3$ – плотность алюминия.

7. Определение средней массы одной частицы-остатка:

$$m_{ox} = M_{ox}/N_{ox}$$

где M_{ox} – суммарная масса и N_{ox} – суммарное штучное количество частиц-остатков в опытах с одинаковыми агломератами. В большинстве проведённых экспериментов достигнуто практически полное превращение металла в оксид, рисунок. В отдельных случаях (обычно для частиц крупнее номинального размера) в оксидной частице имеется вкрапление металла.

Заключение. С помощью использования подхода «модельных монодисперсных агломератов» исследовано горение крупных алюминиевых агломератов с диаметром 540–660 мкм в свободном падении в воздухе. На дистанции падения около 3 метров агломераты, сгорая, формировали остаток в виде крупной частицы оксида сферической формы с диаметром 400–600 мкм. В ходе экспериментов определены времена горения агломератов, размер, масса и плотность финальных частиц-остатков. Также получены данные о фрагментации горящих Al-агломератов (временные параметры процесса и доля фрагментирующих агломератов). Полученные результаты сравнены с данными [10].

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований проект № 19-03-00294 и проект № 20-33-90208 (аспиранты).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глотов О. Г., Сурудин Г. С., Житницкая О. Н., Кискин А. Б. Горение монодисперсных агломератов из алюминия и бора в воздухе // Тезисы докладов IX Всероссийской конференции с международным участием «Горение топлива: теория, эксперимент, приложения», Новосибирск, Россия, 16-18 ноября 2015, с. 46. ISBN 978-5-89017-042-2
2. Глотов О. Г., Сурудин Г. С., Житницкая О. Н. Исследования механизма горения частиц Al, Ti, Al+V: подход с использованием модельных монодисперсных агломератов // Тезисы Всероссийской школы-конференции с международным участием «Химия и физика горения и дисперсных систем», посвященная 110-летию со дня рождения А. А. Ковальского. 19-20 сентября 2016 г., г. Новосибирск, Россия. с. 18.
3. Глотов О. Г., Жуков В. А., Эволюция 100-микронных алюминиевых агломератов и изначально сплошных алюминиевых частиц в пламени

- модельного твердого топлива. I. Экспериментальный подход // Физика горения и взрыва, Том 44, Выпуск 6, 2008. — с. 61–71.
4. Глотов, О. Г., Горение сферических титановых агломератов в воздухе. I. Экспериментальный подход // Физика горения и взрыва, Том 49, Выпуск 3, 2013. — с. 50-57.
 5. Глотов О. Г., рук., "Отчёт о работе по проекту Российского фонда фундаментальных исследований № 15-03-04321 «Воспламенение и горение частиц комбинированного металлического горючего на основе алюминия и бора» (промежуточный), Новосибирск, 2016.
 6. Глотов О. Г., рук., "Отчёт о работе по проекту Российского фонда фундаментальных исследований № 15-03-04321 «Воспламенение и горение частиц комбинированного металлического горючего на основе алюминия и бора» (промежуточный), Новосибирск, 2015.
 7. Белоусова Н.С., Глотов О.Г., Гуськов А.В. Исследование горения частиц титана, с целью генерации наночастиц TiO₂ // В сборнике: XV Всероссийская научная конференция «Проблемы проектирования и производства систем и комплексов». Тула. №11 с 90-99 2018.
 8. Belousova N. S. Features of titanium and aluminum particles combustion / N. S. Belousova, O. G. Glotov, A. V. Guskov // Journal of Physics: Conference Series. - 2020. - Vol. 1709 : Current Issues of Continuum mechanics and Celestial Mechanics : 10 All-Russian scientific conference (CICMCM), Tomsk, 18–20 Nov. 2020. - Art. 012010 (8 p.). - DOI: 10.1088/1742-6596/1709/1/012010.
 9. Zarko V. E., Glotov O. G., Formation of Al oxide particles in combustion of aluminized condensed systems (Review) // Science and Technology of Energetic Materials, Val 74, No 6, 2013. p. 139-143.
 10. Глотов О. Г., Жуков В. А., Эволюция 100-микронных алюминиевых агломератов и изначально сплошных алюминиевых частиц в пламени модельного твердого топлива. II. Результаты // Физика горения и взрыва, Том 44, Выпуск 6. с. 52-60.

THE STUDY OF THE MONODISPERSE ALUMINUM AGGLOMERATES COMBUSTION PROCESS IN THE AIR

Belousova N.S.^{1,2}, Guskov A. V.², Glotov O. G.^{1,2}

¹Voevodsky Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, 630090,
Russia, Novosibirsk, st. Institutskaya, 3

²Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, K.
Marx Ave., 20

Belousova N.S., e-mail: nata.bel.94@mail.ru,

Glotov O. G., e-mail: glotov@kinetics.nsc.ru,

Guskov A.V., e-mail: a.guskov@corp.nstu.ru

Abstract: A technique for creating large burning aluminum agglomerates with a diameter of 540–660 μm was developed. Their burning in free fall in the air was investigated. Through video filming, the characteristic times of the fragmentation onset, fragmentation end, the end of burning, the patterns of particles movement, in particular, their speed and coordinate at the moment of fragmentation onset, were determined.

Keywords. Aluminum agglomerates; combustion; fragmentation; combustion products; oxide particles.

УДК 621.3, 681.5.08

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ БЛОК УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БВВ ИМПУЛЬСАМИ МАЛОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ

*Богачева Ольга Александровна, студент; Нечаев Александр Сергеевич,
к.т.н., доцент.*

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Богачева О.А., email olgaboga4@gmail.com

Нечаев А.С., email nechaev-as@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Богачева Ольга Александровна, ФГБОУ ВО Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация: в работе рассматривается проблема определения энергии воспламенения различных типов ВВ с помощью информационно-измерительной системы (ИИС), в которой передача тепла происходит посредством соприкосновения с ВВ нагретого до определенной температуры объекта. Исследуется два метода измерений, в первом случае конструкция исполнительного блока представляет собой фольгированную пленку, по которой проходит короткий высокомоощный импульс к исследуемому веществу, во втором, импульс проходит по цилиндрическому стержню к исследуемому материалу. Исходя из свойств различных проводников выбираются вариант материала, для обеспечения инициирования ВВ в разрабатываемой установке.

Ключевые слова: инициирование, электрический импульс, тепловая энергия, проводники, распределения тепла, чувствительность.

Существуют задачи определения энергии воспламенения различных типов взрывчатых веществ (ВВ) с выявлением оптимальных, в некотором смысле, параметров инициирующего воздействия. Применение различных способов и методов инициирования определяет спектр исходных данных и краевых условий при решении данного рода задач.

Одним из способов инициирования ВВ является передача тепла посредством соприкосновения с ним нагретого до определенной температуры

объекта.

В основу исследования ставится задача определения параметров входного электрического сигнала, обеспечивающего нагрев токопроводящего стержня до температуры, необходимой для инициирования ВВ.

Теплофизические параметры исследуемого вещества и металлического стержня различны, как правило, теплоемкость ВВ выше, чем в металле, а теплопроводность ниже. При решении такой задачи следует рассматривать не только температуру, возникающую при нагревании стержня, но и тепловую энергию, которая передается от стержня веществу.

Существенное влияние на ВВ оказывает конструкция исполнительного блока ИИС. Нагрев исследуемого материала может происходить через фольгированную пленку (рисунок 1) или через цилиндрический стержень (рисунок 2). Рассмотрим достоинства и недостатки каждого метода.

Если в роли проводника выступает фольга из меди, то к ней легко можно подвести напряжение. Недостатки: можно проводить только направленную детонацию, нельзя осуществлять подрыв ВВ под давлением, можно исследовать ВВ в определенных агрегатных состояниях. Кроме меди проводились испытания с тонкопленочными покрытиями из алюминия и сплава никель-алюминий. Результаты данных исследований по принципу формирования выделенной энергии приведены в виде графиков зависимости энергии от времени, показанные на рисунке 3.

Использование в ИИС блоке нихромового стержня является более оптимальным вариантом. Связанно это с тем, что в блоке ИИС можно будет создавать необходимое для эксперимента давление, а сам стержень не будет подвергаться деформации, так как давление по стержню распределяется равномерно. Но подвести напряжение к стержню проблематично, так как при механическом контакте потери тепла будут большими, а выполнить соединение пайкой невозможно. Поэтому необходимо выполнить механическое прижатие проводов и нихромой проволоочки с усилием в 500 Н.

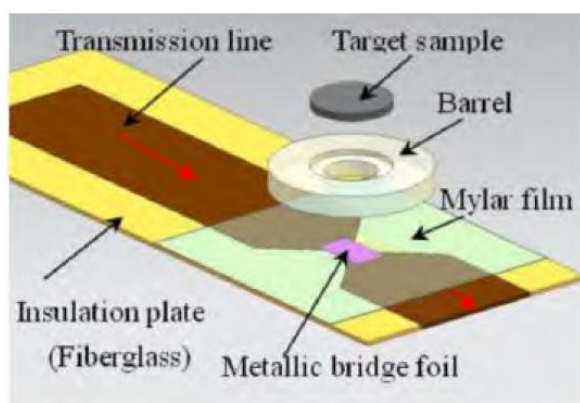


Рисунок 1 – Схема рабочего элемента ИИС с фольгированной пленкой

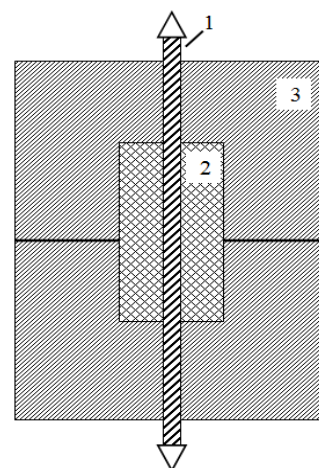


Рисунок 2 – Схема рабочего элемента ИИС со стержнем

В результате анализа математической модели процесса формирования теплового поля в нихромовом стержне была определена разность теплот [2, с. 216], на границе и в центре стержня с учетом тепловых потерь в месте контакта стержня и проводника [3, с. 111]. Для случая на рисунке 4 а) она составила 0,744 В·с, для б) 0,367 В·с, для в) 0,309 В·с.

В ходе проделанных исследований был выбран материал для стержня в рабочем элементе информационно-измерительной системы. Была получена зависимость, учитывающая изменение температуры в месте контакта «проводник-нихромовый стержень», отражающая потери энергии электрического сигнала до его потери полезной работы в ИИС. Полученная по результатам моделирования разность теплот на границе и внутри нихромового стержня при пропускании неидеальных электрических импульсов одинаковой энергии и длительности 10 мкс с фронтами от 10% до 25% от длительности импульса составляет от 3,1% до 7,4% от всей энергии сигнала. Следовательно, тепловой поток на границе раздела сред больше, чем при допущении, что вся мощность электрического сигнала, подведенная к рабочему элементу системы, равномерно распределена по всему объему стержня.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Догадин, Н.Б. Основы радиотехники / Н.Б. Догадин. – СПб.: Издательство «Лань», 2007. – 272 с.
2. Мощенский, Ю.В. Теоретические основы радиотехники. Сигналы: Учебное пособие / Ю.В. Мощенский, А.С. Нечаев. – 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 216 с.
3. Нечаев, А.С. Богачева О.А. Оценка механического и теплового влияния элементов на процесс определения чувствительности исследуемых веществ к высокомогному тепловому воздействию / А.С. Нечаев О.А. Богачева Издательство Петрозаводск : МЦНП «Новая наука», 2020. – 106 с.

EXECUTIVE UNIT OF THE INSTALLATION FOR MEASURING THE DETONATION PROPERTIES OF HIGH EXPLOSIVE BY SHORT- DURATION PULSES

***Bogacheva Olga Aleksandrona, student; Nechaev Aleksander Sergeevich,
associate, Ph.D.***

Samara Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st.,
244,

Bogacheva O.A., email olgaboga4@gmail.com

Нечаев А.С., email nechaev-as@mail.ru

Address for correspondance: ***Bogacheva Olga Aleksandrona***, Samara Technical
University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st. 244, tel.
89879116795

Abstract: The article deals with the problem of determining the ignition energy of various types of explosives using an information and measurement system, in which heat transfer occurs when explosives come into contact with an object heated to a certain temperature. Two measurement methods are investigated: in the first case, the design of the control unit is a foil film through which a short powerful pulse passes to the test substance, in the second case, the pulse passes through a cylindrical rod to the test material. Based on the properties of the various conductors, a material variant is selected that provides the initiation of explosives in the developed installation

Keywords: initiation, electrical impulse, thermal energy, conductors, heat distribution, sensitivity.

УДК 662.4

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ

Кондратьев С.А.¹, Поздняков С.А.¹, Иванов А.С.¹, Вандакуров К.А.^{1,2}

¹АО «НМЗ «Искра»; ²НГТУ

Вандакуров К.А., e-mail: gdd@craft.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630073, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20

Аннотация: в статье рассматривается технология электронного управления взрывом, а именно применение электронных детонаторов программируемого замедления ЭДЭЗ и неэлектрической системы взрывания с электронным замедлением ИСКРА-Т. Проанализированы ее достоинства над методом короткозамедленного взрывания скважинных зарядов с применением неэлектрических систем инициирования. Изложены основные составляющие электронной системы инициирования. Представлен новый инструмент инициирования - комплекс аппаратуры дистанционного взрывания по радиоканалу, рассмотрены цели данного комплекса и его составные части. С учетом мировых тенденций выявлен современный подход к проведению массовых взрывов с применением современных средств инициирования, позволяющих снизить сейсмическое воздействие взрыва до минимума.

Ключевые слова: средства инициирования, электронная система инициирования, электронный детонатор, дистанционный подрыв.

Одним из важнейших резервов оптимизации затрат на буровзрывные работы является внедрение электронной системы инициирования взрывов, которая обеспечивает точную и надежную синхронизацию поочередно срабатывающих скважин. Широко применяемый в течении последних лет метод короткозамедленного взрывания скважинных зарядов с применением неэлектрических систем инициирования имеет существенный недостаток, связанный с отклонением фактического времени замедления срабатывания от заданного и достигает до 10% от номинального значения. При применении

неэлектрических систем инициирования реальное время замедления срабатывания взрывной сети колеблется и не имеет требуемого четкого значения, что приводит к отклонениям от запланированных параметров при ведении буровзрывных работ, увеличению сейсмического действия взрыва.

Применение технологии электронного управления взрывом позволяет устранить данные недостатки, добиться контроля над развитием массового взрыва и выделением энергии взрывчатых веществ. Каждая скважина срабатывает гарантированно в заданной последовательности, что позволяет снизить сейсмическое воздействие за счёт исключения наложения сейсмических волн от взрывов большего количества зарядов, чем расчётное число в группе замедления. Соответственно снижается негативное сейсмическое и акустическое воздействие массовых взрывов на окружающую среду, значительно сокращается выброс вредных продуктов взрывов и пыли в атмосферу. Улучшаются результаты взрывных работ, уменьшается процент выхода негабарита и отсева, повышается устойчивость бортов карьеров, сокращаются расходы на экскавацию, транспортировку и переработку взорванной массы.

Новосибирский механический завод «Искра» разработал технологию электронного управления взрывом и серийно выпускает средства инициирования нового поколения – электронные детонаторы программируемого замедления ЭДЭЗ и неэлектрическую систему взрывания с электронными замедлением ИСКРА-Т.

Электронная система инициирования состоит из программируемого электродетонатора с электронным замедлением скважинного (ЭДЭЗ-С) и аппаратно-программного взрывного комплекса, состоящего из портативного компьютера, адаптера взрывной линии, терминала сбора и программного обеспечения.

Использование систем с электронным замедлением внесло радикальные изменения в ведение буровзрывных работ, стали очевидны некоторые недостатки пиротехнических средств инициирования, которые легко преодолеваются с помощью электронных систем.

Электронный детонатор ЭДЭЗ-С предназначен для инициирования с высокой точностью замедления зарядов взрывчатых веществ при расположении внутри скважинных зарядов на земной поверхности. Сохраняет работоспособность в диапазоне температур от минус 50°С до плюс 50°С. Имеет встроенную защиту от блуждающих токов и статического электричества. В отличие от пиротехнических систем инициирования в ЭДЭЗ-С вместо замедляющего состава, где разброс времени замедления доходит до $\pm 7\%$ от номинального значения, использован электронный микромодуль обеспечивающий точность срабатывания ± 1 мс с любым заданным временем замедления в диапазоне от 0 до 7000 мс с шагом программирования времени замедления 1 мс.

Таким образом, применяя электронную систему инициирования, мы не ограничены определёнными степенями замедления, что позволяет спроектировать и сделать каждый массовый взрыв уникальным и с учётом

конкретных горно-геологических условий и свойств горных пород достичь запланированных результатов при минимальном воздействии на окружающую среду.

Одной из основных мировых тенденций на сегодняшний день является постепенное замещение небольших месторождений богатых руд, крупными, а часто гигантскими с бедными и труднообогатимыми рудами. Рост затрат на разработку таких месторождений, связанный с низкими содержаниями, компенсируется огромными объемами переработки руд и, соответственно, масштабными БВР.

Таким образом, несмотря на сложные экономические условия в мире, наблюдается рост объемов добычи полезных ископаемых, и соответственно, объемов БВР, при этом необычайно остро стоит вопрос об оптимизации затрат при проведении работ.

АО «НМЗ «Искра», отвечая на вызовы рынка и ужесточающиеся требования потребителей, постоянно разрабатывает новые методы инициирования, новые инструментальные средства.

Одним из таких новых инструментов является недавно разработанный совместно с научно-производственным предприятием «Электроника НСК» комплекс аппаратуры дистанционного взрывания по радиоканалу.

Основная цель разработки комплекса – обеспечить возможность дистанционного инициирования взрывной сети на базе электронных детонаторов ЭДЭЗ, ЭДЭЗ-С и/или неэлектрических систем Искра-П, Искра-С.

Комплекс состоит из исполнительного блока, командного блока и ретранслятора.

Исполнительный блок предназначен для тестирования программирования и инициирования до пятисот ЭДЭЗ-С посредством полной двухсторонней связи под управлением командного блока в радиосети, также может инициировать волновод - П и волновод - С в составе неэлектрических систем инициирования.

Командный блок предназначен для управления системой в целом с безопасного расстояния.

Ретранслятор используется для обеспечения передачи данных в радиосети при неблагоприятных условиях радиообмена, таких как большая удаленность, отсутствие прямой видимости и наличие радиопомех.

С началом применения устройств ИСКРА-Т, у нас появился инструмент, позволяющий проводить массовые взрывы с применением большого количества взрывчатых веществ, при этом максимально снизить массу заряда в группе и увеличить время работы блока, что, по нашему опыту, также снижает сейсмическое воздействие

На современном этапе развития взрывного дела в горнодобывающей промышленности наметилась устойчивая тенденция по отказу от систем инициирования с пиротехническим замедлением в пользу систем инициирования с электронным замедлением.

Именно высокая точность срабатывания электронной системы инициирования ИСКРА-Т, обеспечивает интенсивное и равномерное дробление горных пород при минимальном сейсмическом воздействии на охраняемые

объекты и окружающую среду.

Электронная система инициирования ИСКРА-Т была использована при ведении горных работ и производстве массовых взрывов для ОАО «Угольная компания «Кузбассразрезуголь». Работы проводились вблизи населенных пунктов, что требует огромного внимания к ведению буровзрывных работ в части, касающейся снижения воздействия на объекты третьих лиц, охраняемые здания и сооружения, а также на окружающую природную среду. Эта система инициирования была использована для преодоления негативных тенденций увеличения отрицательного воздействия на объекты экосистемы и жителей региона.

Применение скважинных устройств ИСКРА-Т с номинальным временем замедления 1000 мс и ИСКРА-Т с номинальным временем замедления 2000 мс позволяет обеспечить высокую точность инициирования скважинных зарядов ($\pm 0,1$ % от номинального времени замедления), и за счет этого снизить сейсмическое воздействие взрыва. Поверхностные неэлектрические системы инициирования ИСКРА-П с увеличенным номинальным временем замедления внутрискважинной сети (в магистрале 218 мс, между рядами 176 мс) позволили значительно увеличить время срабатывания взрываемых блоков и тем самым, снизить до минимума ударное воздушное воздействие взрыва, а также гарантированно обеспечить взрывание одной скважины в серии.

Во время производства взрывных работ производились замеры концентраций выбросов вредных веществ от каждого блока. Замеры осуществлялись аккредитованными лабораториями: Санпрофлабораторией «Угольной компании «Кузбассразрезуголь», АО «Научный центр ВостНИИ» и ООО «Сибирь-Эксперт». Результаты замеров концентраций выбросов загрязняющих веществ показали значительное снижение концентраций вредных веществ относительно взрывов с применением неэлектрических систем с пиротехническим замедлением.

В Кузбассе постоянно ведётся мониторинг сейсмической активности региона с одновременным фиксированием магнитуды сейсмических событий. Фиксацию проводят две организации: «Агентство по защите населения и территории Кемеровской области» и Алтай-Саянский филиал Федерального исследовательского центра «Единая геофизическая служба РАН». Первая организация не зафиксировала магнитуду от взрывов с применением ИСКРА-Т. Вторая зафиксировала магнитуду от взрывов не превышающую 1,6. Замеры скорости сдвижения грунта показали значения, не превышающие 0,395 мм/с при допустимой для жилых зданий и помещений 5мм/с.

Опыт проведенной работы позволяет сделать вывод о том, что современный подход к проведению массовых взрывов с применением современных средств инициирования позволяют снизить сейсмическое воздействие взрыва до минимума. При этом объем взрывчатых веществ, взрываемых за один массовый взрыв, не влияет на магнитуду и скорость сдвижения грунта в основании охраняемых зданий и сооружений. Прямое влияние на сейсмическое воздействие оказывает только количество взрывчатого вещества, взрываемого в группе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белин В.А., Кутузов Б.Н., Строгий И.Б., Ганопольский М.И., Оверченко М.Н. Технология и безопасность взрывных работ / В.А. Белин, Б.Н. Кутузов, И.Б. Строгий, М.И. Ганопольский, М.Н. Оверченко; под ред. проф. В.А. Белина. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2016. – 424 с.
2. Пат. 2497797 Российская Федерация. Детонатор с электронным замедлением для ударно-волновой трубки (УВТ)» / Вандакуров А.Н., Поздняков С.А., Иванов А.С., Поникарев И.Д., Маслов А.А., Ландочкин И.Г., Иванов С.С., Голошапов Ю.В.; заявитель и патентообладатель АО «НМЗ «Искра». - №20111544660, опубл. 30.12.2011.
3. С. Д. Викторов, В. М. Закалинский, К. Н. Трубецкой. Повышение эффективности взрывных работ при освоении месторождений полезных ископаемых, 2013 г.
4. Дж. Уотсон. Новое поколение детонаторов на основе ударной трубки / A new generation of shock tube detonators Seventh High-Tech Seminar, July 1997.
5. В. А. Белин, А. Н. Ефремовцев, Е. В. Колганов, В. П. Ильин, В. А. Соснин, А. Г. Страхов. Выбор систем управления взрывом, 2010 г.
6. В. В. Андреев. Об особенностях применения систем взрывания с электронным замедлением, 2010 г.
7. В. А. Белин. Предварительный анализ эффективности буровзрывного комплекса ОАО «Карельский окатыш», 2010 г.

MODERN MEANS OF INITIATION

Kondratyev S. A.¹, Pozdnyakov S. A.¹, Ivanov A. S.¹, Vandakurov K. A.^{1,2}

¹АО "НМЗ "Искра"; ²NGTU

Vandakurov K. A., e-mail: gdd@craft.nstu.ru

Address for correspondence: Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Ave., Novosibirsk, 630073

Abstract: the article deals with the technology of electronic explosion control, namely, the use of electronic detonators of programmable deceleration EDEZ and a non-electric explosion system with electronic deceleration ISKRA-T. Its advantages over the method of short-delayed blasting of borehole charges with the use of non-electric initiation systems are analyzed. The main components of the electronic initiation system are described. A new initiation tool is presented - a complex of remote detonation equipment via a radio channel, the goals of this complex and its components are considered. Taking into account global trends, a modern approach to conducting mass explosions with the use of modern means of

initiation, which allow reducing the seismic impact of the explosion to a minimum, is revealed.

Keywords: means of initiation, electronic initiation system, electronic detonator, remote detonation.

УДК 623.451.4

ВЫСТРЕЛЫ ДЛЯ ПОДСТВОЛЬНОГО ГРАНАТОМЕТА

Кирюхина Валерия Александровна, студентка; Власенко Андрей Александрович, студент; Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н, доцент

Новосибирский государственный технический Университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Власенко А.А., e-mail a.vlasenko.2017@stud.nstu.ru

Кирюхина В.А., e-mail valeriakiryuxina@gmail.com

Милевский К.Е., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Аннотация: статья посвящена одному из возможных способов уничтожения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – поражение выстрелом из подствольного гранатомёта. Описываются различные механизмы осколочных выстрелов подствольного гранатомёта. Исследуются патентные решения, предложенные для усовершенствования подствольных гранат осколочного типа, которые могут быть использованы для уничтожения данной цели. Рассмотрено функциональное усовершенствование надёжности конструкции, повышение дальности и кучности боя подствольных гранат.

Ключевые слова: подствольный гранатомёт, выстрел для подствольного гранатомета, уничтожение БПЛА, осколочная подствольная граната.

Введение

В настоящее время все большее распространение получают беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Этот вид техники уже давно зарекомендовал себя в качестве надежного и эффективного средства ведения разведки, нанесения ударов по объектам противника и выполнения других поставленных задач. При появлении БПЛА возникли проблемы, связанные с его обнаружением и обезвреживанием (уничтожением) [1].

Самый простой и логичный способ избавиться от вражеского БПЛА – сбить его. Главной проблемой в этом деле является обнаружение цели и проведение успешной атаки по ней. При этом для уничтожения может использоваться самое разное вооружение. Так, небольшие БПЛА могут быть сбиты при помощи стрелкового оружия.

Перед проведением атаки главным средством обнаружения БПЛА в современных системах противовоздушной обороны являются радиолокационные станции, но зачастую такие установки стационарные и в определенных условиях их использование недоступно, таким образом,

целесообразно использовать средства, которые находятся в быстрой доступности.

Например, высота полета некоторых БПЛА находится в поле зрения человеческого глаза и для определения местоположения беспилотника с последующим сопровождением не всегда требуется специальная техника, в данной ситуации возможно использование подствольного гранатомета с выстрелом осколочного типа (рис.1).

Предлагаем рассмотреть в качестве оружия поражения БПЛА – подствольные гранатометы с выстрелом осколочного типа (рис.1), которые являются важным элементом вооружения – оружия уровня отделения, обычно 2—4 гранатомёта на подразделение по боевому расписанию. Данное оружие поддержки в сочетании с широким диапазоном выстрелов для него – осколочных, дымовых, осветительных, картечных, позволяет использовать их в различных боевых условиях.

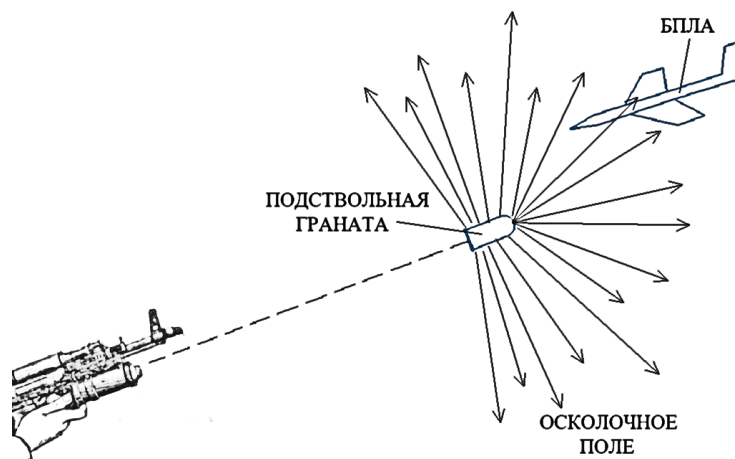


Рис.1 – Выстрел осколочного типа из ГП

Удобство применения подствольных гранатометов в боевых действиях следующие:

1. Подствольный гранатомет может быть заряжен задолго до боестолкновения; с заряженным подствольным гранатометом боец может свободно передвигаться и даже вести огонь из своего автомата (винтовки).

2. Отсутствует необходимость производить лишние (иногда длительные) манипуляции с оружием перед выстрелом.

Рассмотрим подствольные гранаты осколочного типа для применения их против БПЛА.

Патент RU 2602633 С1 (рис. 2) [2], в котором рассматривается выстрел для подствольного или автоматического гранатомёта с усовершенствованной функциональной надежностью конструкцией, повышенной дальностью и кучностью боя. Выстрел содержит установленную в гильзе боевую часть, корпус которой изнутри оснащен сеткой рифлений для заданного дробления на осколки, и заполненную метательным зарядом камеру сгорания.

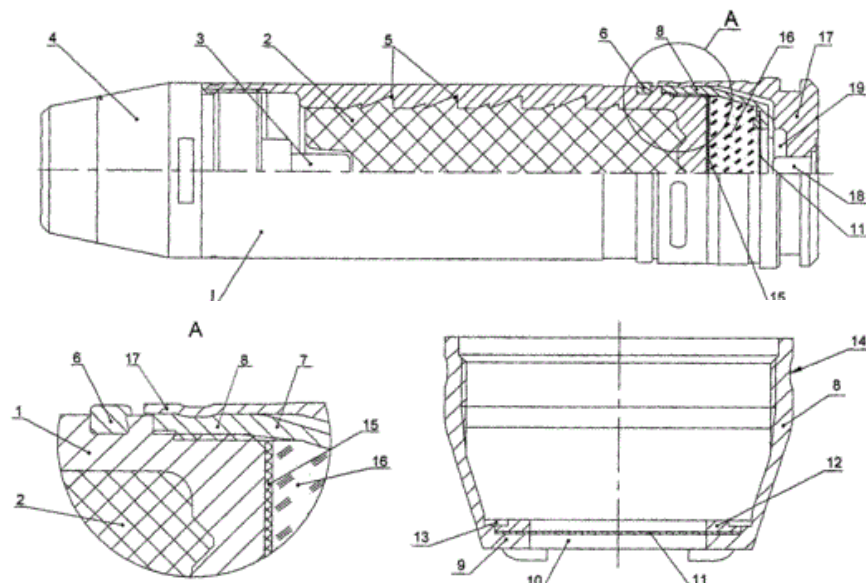


Рис.2 - Конструкция выстрела к гранатомёту,

где: 1-осколочный корпус, 2-бризантное ВВ, 3-детонатор, 4-боевая часть, 5-сетка пересекающихся рифлей, 6-ведущий пояс (ВП), 7-резьба, 8-контейнер, 9-диафрагма, 10-центральное отверстие, 11-мембрана, 12-кольцо, 13-керна, 14-базирующая канавка, 15-прокладка, 16-пороховой заряд, 17-гильза, 18-капслюль-воспламенитель, 19-ресивер.

Патент RU 2347176 С2 «Выстрел для подствольного гранатомета» содержит изобретение, в котором решается задача упрощения конструкции и технологии изготовления боеприпаса и повышение эффективности показателей осколочности [3].

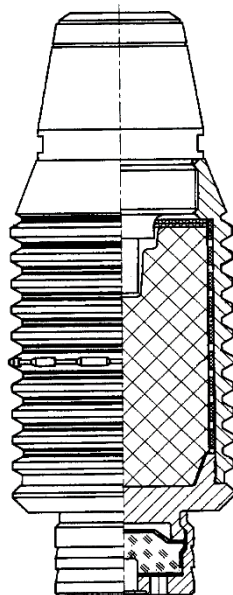


Рис.3 – Конструкция выстрела для подствольного гранатомета RU 2347176 С2

Конструктивные усовершенствования гранаты определили изменение массового соотношения осколочной оболочки и взрывчатого наполнения в сторону увеличения последнего для повышения поражающего осколочного

действия боеприпаса, так же выполнение рифлений на наружной поверхности трубчатой заготовки резанием технологически проще, чем изнутри любыми приемами. Предложенная конструкция локализаторов проста и эффективна по формированию направленных на слабые сечения перемычек корпуса газовых клиньев, вдоль которых происходит его поперечное дробление на пояса, при условии, что радиальное дробление корпуса при подрыве наполнения эффективно по определению.

Выводы

Данные подствольные гранаты имеют хорошее применение против живой силы на дальностях до 400 метров. Но с развитием техники и технологий меняется и тактика ведения боя, стали применяться беспилотные летательные аппараты. В связи с этим, есть возможность использования приведенных выше патентных решений по усовершенствованию выстрелов для подствольного гранатомёта с целью поражения не только живой силы, но и поражения БПЛА, путем усовершенствования или присоединения к ним дополнительных устройств, способных повысить их могущество.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способы противодействия беспилотным летательным аппаратам. / Семенец Вячеслав Олегович, Трухин Михаил Павлович. N&ES Research. 2018. Vol. 10. No. 3. Pp. 4–12. doi:10.24411/2409-5419-2018-10070.
2. Патент RU 2602633 C1, МПК F42B 5/02 (2006.01), F42B 5/067 (2006.01), РФ. Выстрел для гранатомета. / Косихин А.И., Николаев С.Е., Дерюгин Л.М., Аманов В.В., Чижевский О.Т., Загора И.В. - № 2015135447/03, заявл. 21.08.2015, опубл. 20.11.2016 Бюл. № 32.
3. Патент RU 2347176 C2, МПК F42B 12/24 (2006.01), РФ. Выстрел для подствольного гранатомета. / Аманов В.В., Гулин О.А., Косихин А.И., Федоров А.А., Чижевский О.Т. - № 2007107511/02, заявл. 10.09.2008, опубл. 20.02.2009 Бюл. № 5.

SHOTS FOR AN UNDER-BARREL GRENADE LAUNCHER

Kiryukhina Valeria Aleksandrovna, student; Vlasenko Andrey Aleksandrovich, student; Milevsky Konstantin Evgenievich, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia

Vlasenko A. A., e-mail a.vlasenko.2017@stud.nstu.ru

Kiryukhina V. A., e-mail valeriakiryuxina@gmail.com

Milevsky K. E. e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Annotation: the article is devoted to one of the possible ways to destroy unmanned aerial vehicles (UAV) - the defeat of a shot from a grenade launcher.

Various mechanisms of fragmentation shots of a grenade launcher are described. Patent solutions proposed for the improvement of fragmentation-type under-barrel grenades that can be used to destroy this target are being investigated. The functional improvement of the reliability of the design, increasing the range and accuracy of the combat of under-barrel grenades is considered.

Keywords: under-barrel grenade launcher, shot for under-barrel grenade launcher, UAV destruction, fragmentation under-barrel grenade.

УДК 531.567

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПУСКА НА РАССЕЙВАНИЕ БИКАЛИБЕРНЫХ РАКЕТ НА АКТИВНОМ УЧАСТКЕ ТРАЕКТОРИИ

*Костяной Евгений Михайлович, к. т. н., ведущий инженер-исследователь;
Ширяев Александр Андреевич, инженер.*

*Конструкторское бюро приборостроения им. академика А. Г. Шипунова,
300001, Россия, г. Тула, ул. Щегловская засека, 59*

Костяной Е. М.: ekostyanou@gmail.com

Ширяев А. А.: info@kbptula.ru

*Адрес для корреспонденции: Конструкторское бюро приборостроения им.
академика А. Г. Шипунова, 300001, Россия, г. Тула, ул. Щегловская засека, 59,
тел. (4872) 46-98-89*

Аннотация: в данной статье рассматривается проблема рассеивания бикалиберных ракет на активном участке полета. Проводится анализ зависимости рассеивания от различных возмущающих воздействий, определяется комплекс мероприятий по снижению рассеивания.

Ключевые слова: бикалиберная ракета; рассеивание; активный участок траектории; внешние воздействия.

Применение бикалиберной схемы построения ракет обеспечивает ряд преимуществ, в том числе, уменьшение аэродинамического сопротивления на пассивном участке полета, минимизация мертвой зоны комплекса. Также применение «мягкого старта», т. е. использование для старта изделия из транспортно-пускового контейнера (ТПК) вышибного двигателя (ВД) и запуск стартового двигателя (СД) с задержкой, позволяет реализовать возможность стрельбы с плеча. Данные преимущества являются значимыми при разработке носимых комплексов вооружения. Однако с другой стороны, высокая тяговооруженность при существенном эксцентриситете тяги, а также малая дульная скорость в купе с начальными возмущениями и боковым ветром могут привести к значительному увеличению рассеивания на активном участке полета, что критично в случае, когда в конце участка разгона изделие должно оказаться внутри поля управления. Помимо этого, стоит отметить, что бикалиберная схема построения ракеты делает аэродинамические органы управления малоэффективными на стартовом участке полета, вследствие чего

нет возможности эффективного парирования возмущающих воздействий. Применение же дополнительного газодинамического привода приведет к значительному усложнению конструкции и, как следствие, удорожанию изделия. Таким образом, возникает необходимость исследования влияния возмущающих воздействий на рассеивание ракеты на активном участке траектории.

Целью данной работы является анализ влияния параметров пуска изделия на рассеивание для определения мероприятий по повышению кучности стрельбы на активном участке траектории.

Для достижения данной цели решались следующие задачи:

- разработка методики экспресс-оценки параметров рассеивания;
- разработка математической модели полета изделия;
- оценка влияния параметров пуска на рассеивание изделия.

К факторам, оказывающим значительное влияние на рассеивание изделия в конце активного участка траектории, можно отнести следующие:

- факторы, связанные с работой энергоустановок (например, время задержки пуска СД, обеспечиваемая ВД начальная скорость);
- факторы, связанные с конструктивно-технологическими особенностями изделия (например, допуски на изготовление элементов конструкции и взаимное расположение деталей в сборках, приводящие к появлению начальных возмущений);
- факторы, обусловленные условиями пуска (например, боковой ветер).

Для оценки влияния различных факторов на параметры рассеивания необходимо провести большой объем расчетов по получению статистических данных и определению параметров рассеивания. Поэтому на ранних этапах проектирования является целесообразным для уменьшения времени решения задачи проработать методику упрощенных расчетов. Данная методика заключается в том, что значения начальных возмущений и бокового ветра определяются не как псевдослучайные числа, подчиняющиеся нормальному закону распределения, а берутся лишь значения, соответствующие математическому ожиданию, максимальному и минимальному значениям, определенным по правилу «трех сигм», т. е. вычисляются по формулам:

$$a = m;$$
$$a = m \pm 3\sigma,$$

где a – значение величины;

m – математическое ожидание;

σ – среднее квадратичное отклонение (СКО).

Для эксцентриситета тяги берутся только максимальные значения, а направление изменяется с шагом 90° .

Таким образом предполагается, что получаемые значения координат изделия при всех возможных комбинациях входных значений должны определять границы области, внутри которой лежат все возможные варианты координат изделия, если бы входные значения брались согласно нормальному закону распределения (рисунок 1). Т. к. размер данной области равен $\pm 3\sigma$, то

параметры рассеивания можно определить по следующим формулам:

$$m = a_{max} - \frac{a_{max} - a_{min}}{2};$$

$$\sigma = \frac{a_{max} - a_{min}}{6},$$

Где a_{max} – максимальное значение величины;

a_{min} – минимальное значение величины.

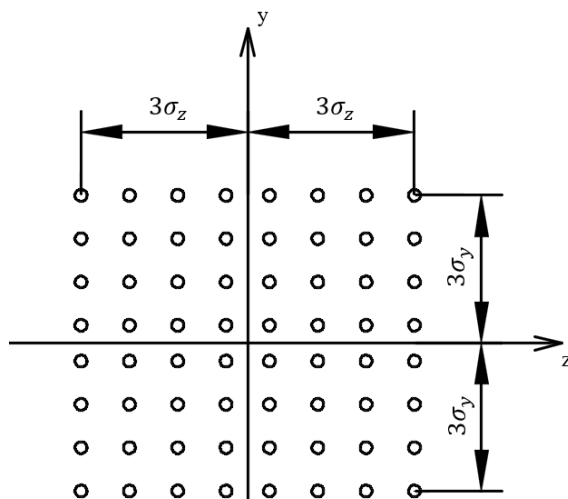


Рисунок 1 – Схема получаемого центрированного рассеивания при использовании предлагаемого метода определения параметров рассеивания

Для определения координат изделия в плоскости yOz проводился аэробаллистический расчет траектории с помощью специального программного обеспечения, в котором используются классические уравнения движения тела переменной массы для расчета траектории движения центра масс изделия [1], уравнения аэродинамики для определения действующих на изделие аэродинамических сил и моментов [2, 3], расчета движения изделия относительно центра масс. В соответствии с полученными результатами строился график траектории изделия в плоскостях xOy и xOz стартовой системы координат и определялись координаты в плоскости yOz в момент разделения стартовой и маршевой ступеней, что соответствует моменту начала управления. Данный расчет проводился при всех возможных комбинациях возмущающих воздействий, в результате чего определялась картина рассеивания изделия и рассчитывались параметры рассеивания.

Для определения точности предлагаемого метода расчета было проведено определение параметров рассеивания базового образца и сравнение с результатами расчета при задании значений возмущающих воздействий, подчиняющихся нормальному закону распределения. Полученные при использовании предлагаемого метода результаты расчета отличаются не более чем на 9 %, что свидетельствует о приемлемой для предварительной оценки точности.

Далее была проведена оценка влияния рассматриваемых факторов на рассеивание изделия в конце активного участка траектории с целью определения эффективности комплекса мер по снижению рассеивания.

Компенсация бокового ветра предполагается путем введения поправки в прицельную марку исходя из скорости и направления бокового ветра. Компенсация начальных возмущений предполагается с помощью проведения селективной сборки изделия и его балансировки на специальных балансировочных станках.

Также для компенсации начальных возмущений и бокового ветра предполагается исключить задержку запуска СД, что позволит минимизировать набор изделием угла между продольной осью и требуемым направлением полета. С этой же целью предполагается увеличить дульную скорость изделия в 3 раза, вследствие чего увеличатся значения стабилизирующих моментов, что позволит изделию лучше парировать возмущающие воздействия. С другой стороны, увеличение дульной скорости приведет к увеличению продольной перегрузки при старте изделия, что может привести к разрушению бортовой аппаратуры, однако, опыт создания управляемых танковых и артиллерийских снарядов свидетельствует о возможности создания электронной аппаратуры, способной выдерживать подобные перегрузки.

В процессе работы проводилось моделирование пусков изделий и определение параметров рассеивания при последовательном введении предлагаемых мер. Уменьшение начальных возмущений учитывалось путем снижения СКО начальных возмущений в 6 раз (предельно достижимый уровень исходя из точности балансировочного оборудования). Введение поправки на боковой ветер учитывалось путем уменьшения СКО скорости бокового ветра в 50 раз (лимитировано точностью измерения скорости ветра).

При расчетах было определено, что данные меры приводят к возникновению систематических ошибок и, как следствие, к увеличению значения математического ожидания. Однако, при разработке комплекса мер по снижению рассеивания данный фактор возможно компенсировать введением соответствующей поправки в прицельную марку. На рисунке 2 приведены значения 3σ для рассмотренных мер по снижению рассеивания. На рисунке 3 приведены центрированные картины рассеивания при введении различных мер по его снижению.

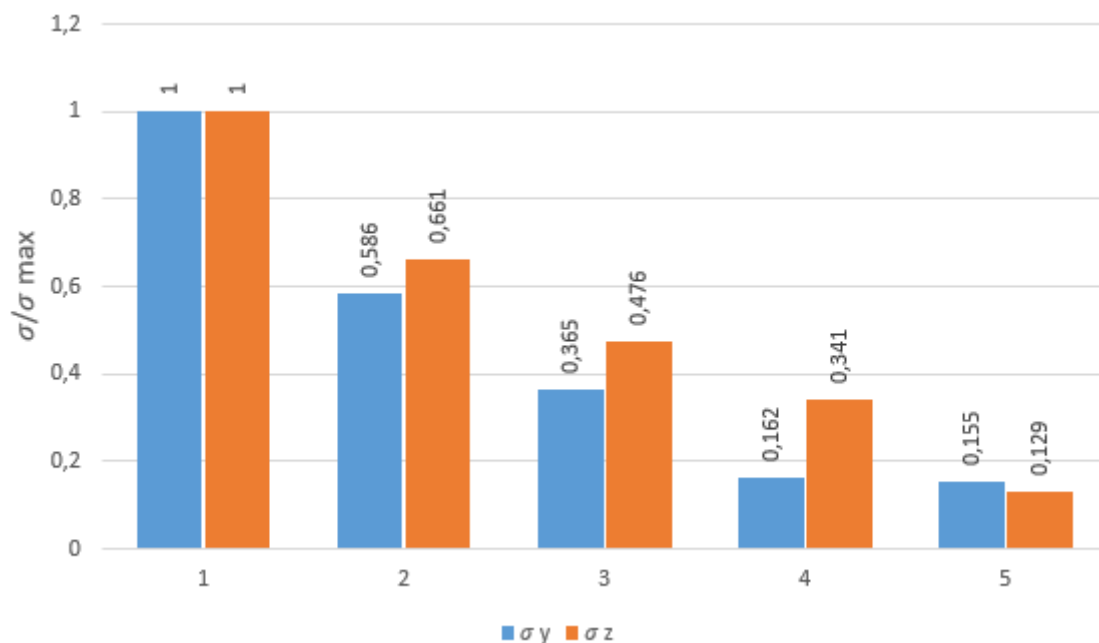


Рисунок 2 – Полученные значения 3σ после введения различных мер по снижению рассеивания. Здесь 1 – исходный вариант; 2 – исключение задержки пуска СД; 3 – повышение дульной скорости в 3 раза; 4 – уменьшение начальных возмущений; 5 – введение поправки на ветер.

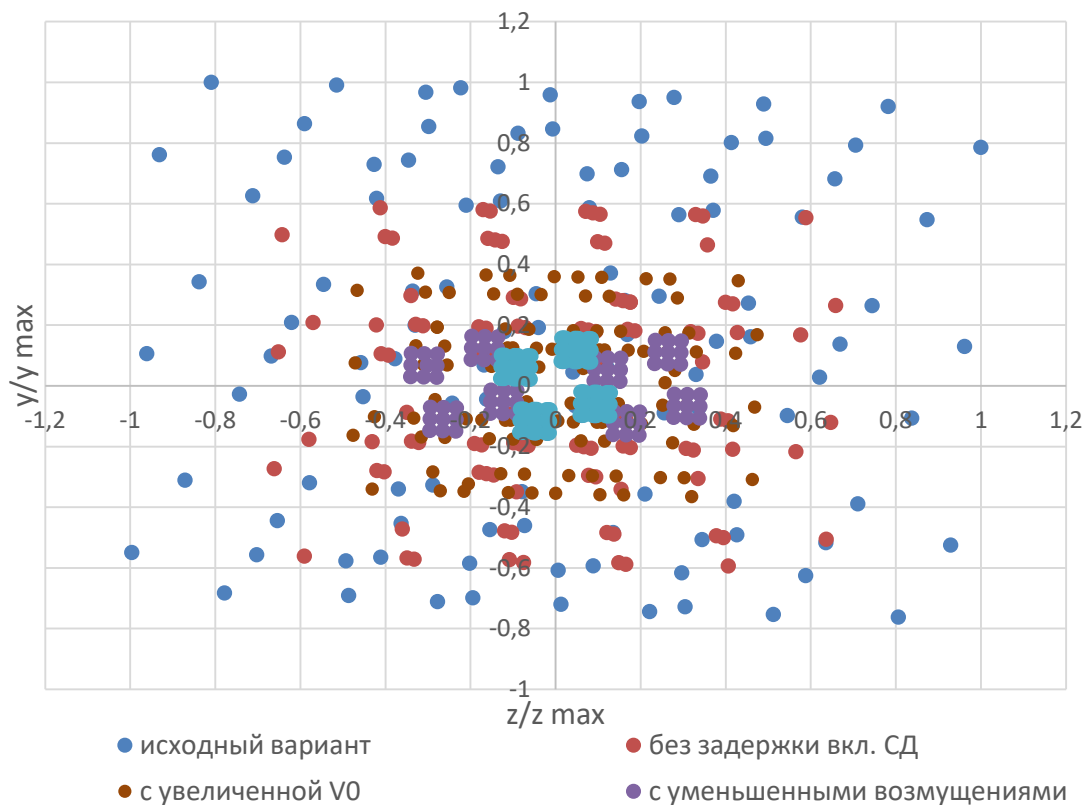


Рисунок 3 – Рассеивание после введения различных мер по его снижению

Обобщая полученные результаты можно заключить, что рассматриваемые факторы оказывают значительное влияние на величину рассеивания, а предложенный комплекс мер позволяет снизить рассеивание изделия более чем в 6 раз. Таким образом можно констатировать, что данный

комплекс мер является эффективным, а его дальнейшая проработка - целесообразной.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.А. Дмитриевский, Л.Н. Лысенко. Внешняя баллистика – М: Машиностроение, 2005 – 608 с.
2. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета беспилотных летательных аппаратов – М.: Машиностроение, 1973 – 616 с.
3. А.Р. Орлов, А.В. Сатаров. Прикладная аэродинамика беспилотных летательных аппаратов, учебное пособие, – второе издание – Тула, Издательство ТулГУ, 2007 – 132 с.

THE ANALYZE OF INITIAL CONDITIONS EFFECT OF BICALIBER MISSILE FIRING UP TO DISPERSION ON A BOOST PATH

Affiliation:

Kostyanoy Evgeniy Michailovich, Ph. D. (Engeneering), principal engineer,
ekostyanoy@gmail.com.

Shiraev Alexander Andreevich, engineer, info@kbptula.ru.

JSC «КБП» named after academician A. Shipunov, 59 Shcheglovskaya Zaseka
St., 300001 Tula, Russia

Summary: This article evaluates the problem of dispersion of bicaliber missile on a boost path. Analyze of the dispersion depending upon external disturbances was made. The package plan to reduce a dispersion was defined.

Key Words: bicaliber missile, dispersion, boost path, external disturbances

ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА О СИММЕТРИЧНОМ МЕТАНИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ

Литвинов Василий Леонидович, студент; Потанина Елена Юрьевна, студент; Алексеев Владимир Вениаминович, студент; Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 346-17-77

Литвинов В.Л., email: vasiliiyLitvinov1998@mail.ru

Потанина Е.Ю., email: elenopotanina@gmail.com

Алексеев В.В., email: v89246651415@yandex.ru

Милевский К.Е., email: milevskij@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630079, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-11-21

Аннотация: В статье приведены уравнения движения пластины под действием внутренней продольной силы. Проведено интегрирование гиперболического уравнения с краевыми условиями, описывающими симметричное взрывное метание бесконечной пластины.

Ключевые слова: метание пластины, краевая задача, уравнения движения, физика взрыва.

На настоящий момент широко известны несколько моделей метания пластин и оболочек, каждая из которых имеет особенности, соответствующие задачам того раздела физики взрыва, где они применяются.

Наиболее известная одномерная модель метания – модель Гарни [1, 2], которую используют для определения начальных скоростей пластин или оболочек, метаемых взрывчатым веществом (ВВ).

В задачах сварки взрывом применяются двумерные схемы метания пластин и оболочек [2]. В этих задачах нужно знать углы наклона пластин (или оболочек) при их соударении, при этом расстояние между пластинами небольшое (порядка нескольких мм), поэтому при расчете должна обеспечиваться высокая точность на начальном участке разгона пластины. Она обеспечивается учетом изоэнтропийного расширения продуктов детонации.

При определении параметров осколочного поля, например, при разлете осколков цилиндра, такая точность, как в задачах сварки взрывом, излишня. Для таких задач применяют модель метания оболочки скользящей детонационной волной (ДВ), рассмотренную Тэйлором [1] и иные, ей подобные.

Особое место занимают модели движения оболочек под действием одностороннего давления, описанные в работах [3-6]. В данных работах рассматриваются два типа оболочек: пылевая, т.е. без внутренних напряжений

(сопротивления), обладающая только инерцией, и слабоупругая (модуль упругости пропорционален действующему давлению), в которой учитывается внутреннее упругое сопротивление деформированию оболочки.

Рассмотрим плоскую задачу о движении пластины под действием продольных сил, вызванных сопротивлением материала пластины.

Необходимо найти эйлеровы координаты x, y элементов пластины, как функции от лагранжевой координаты ξ и времени t : $x(\xi, t), y(\xi, t)$.

Начальная толщина пластин постоянна по длине и равна h_0 , плотность постоянна и равна ρ . Получим уравнение движения для малого элемента пластины (рис.1).

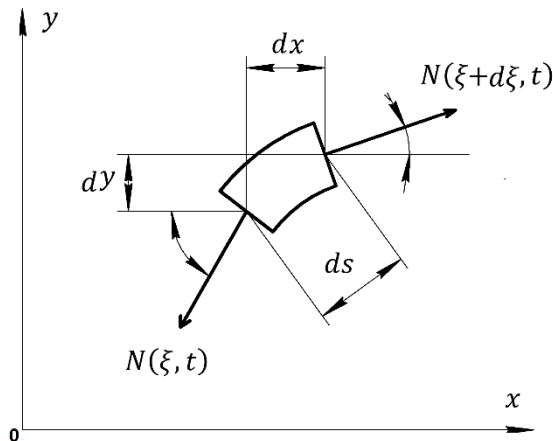


Рис.1-К выводу дифф. уравнения движения пластины

Масса элемента равна $dm = \rho h(\xi, t) ds = \rho h_0 d\xi$, из этого следует, что $d\xi = \frac{h(\xi, t)}{h_0} ds$ (1)

Тогда уравнения движения примут вид:

$$\rho h_0 \frac{\partial^2 y(\xi, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(N(\xi, t) \frac{h(\xi, t)}{h_0} \frac{\partial y(\xi, t)}{\partial \xi} \right) \quad (2)$$

$$\rho h_0 \frac{\partial^2 x(\xi, t)}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial \xi} \left(N(\xi, t) \frac{h(\xi, t)}{h_0} \frac{\partial x(\xi, t)}{\partial \xi} \right) \quad (3)$$

$$h(\xi, t) = h_0 \frac{d\xi}{ds} = \frac{h_0}{\sqrt{\left(\frac{\partial y(\xi, t)}{\partial \xi}\right)^2 + \left(\frac{\partial x(\xi, t)}{\partial \xi}\right)^2}} \quad (4)$$

Если считать, что продольная сила является функцией только величины деформации ε , которая, если считать материал несжимаемым, является функцией от толщины пластины, $\varepsilon = \varepsilon(h(\xi, t))$, то уравнением деформирования будет являться функция

$$N(\xi, t) = N(h(\xi, t)) \quad (5)$$

Система уравнений (2)-(5) при подстановки в граничные и начальные условия позволит получить искомые функции $x(\xi, t), y(\xi, t)$.

Системы уравнений (2)-(5) сложна, поэтому постараемся ее упростить так, чтобы можно было получить аналитическое решение. Очевидно, что если

принять $h(\xi, t) = h_0$ и $N(\xi, t) = const = N$, то уравнения (4), (5) отпадают, а уравнения (2) и (3) становятся «самостоятельными» и имеют канонический вид гиперболического уравнения:

$$\frac{\partial^2 y(\xi, t)}{\partial t^2} = \frac{N}{\rho h_0} \frac{\partial^2 y(\xi, t)}{\partial \xi^2} \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 x(\xi, t)}{\partial t^2} = \frac{N}{\rho h_0} \frac{\partial^2 x(\xi, t)}{\partial \xi^2} \quad (7)$$

Найдем решение плоской задачи, которая может быть интерпретирована, как симметричное метание бесконечной пластины взрывом. Для удобства восприятия на рис. 2 приведена схема метания.

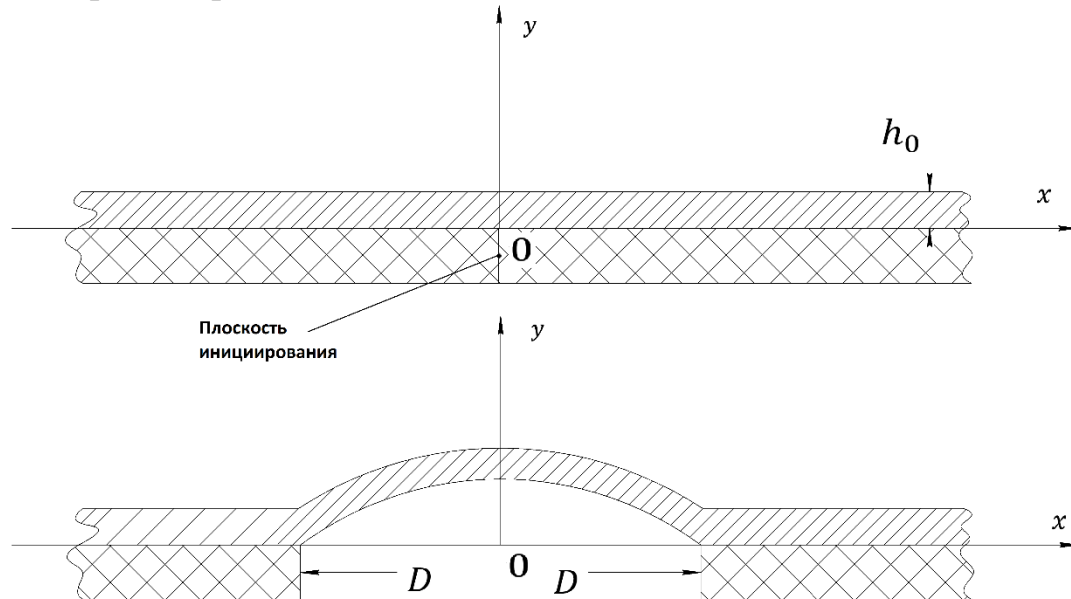


Рис.2-Схема метания

Примем следующие допущения:

- Смещением точек пластины вдоль оси Ox не учитывается, что позволит нам использовать только уравнение (6).
- Действие взрыва описывается тем, что когда детонационная волна (ДВ) доходит до элемента пластины, он мгновенно приобретает скорость v_0 . Вообще будем считать v_0 изменяющейся величиной $v_0 = v_0(\xi)$, т. к. в действительности можно изменять скорость метания в зависимости от ξ переменной по ξ толщиной ВВ.
- Пластина может имеет начальную форму, т.е. $y(\xi, 0) = y_0(\xi)$.
- ДВ распространяется из центра вдоль пластины в обоих направлениях со скоростью $D \geq a$ (см. ниже).

Силу N можно представить в виде $N = \sigma^* h_0$, где σ^* - напряжение, действующее в сечении, которое может быть равно динамическому пределу текучести материала пластины. Введем обозначение $a^2 = \frac{\sigma^*}{\rho}$, где a - скорость распространения состояний по пластине. Тогда задача сводится к интегрированию уравнения:

$$\frac{\partial^2 y(\xi, t)}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 y(\xi, t)}{\partial \xi^2} \quad (8)$$

С краевыми условиями:

$$\begin{cases} y\left(x, \frac{x}{D}\right) = y_0(x) \\ \frac{\partial y\left(x, \frac{x}{D}\right)}{\partial t} = v_0(\xi) \end{cases}, x \geq 0; \quad \begin{cases} y\left(x, \frac{-x}{D}\right) = y_0(x) \\ \frac{\partial y\left(x, \frac{-x}{D}\right)}{\partial t} = v_0(\xi) \end{cases}, x \leq 0 \quad (9)$$

На плоскости событий задача делится на 5 областей, рис. 3. Задача симметрична, поэтому можно рассматривать только первые три области. Области 1 и 2 разделяются линией с уравнением $x = Dt$, области 2 и 3 разделяются линией с уравнением $x = at$.

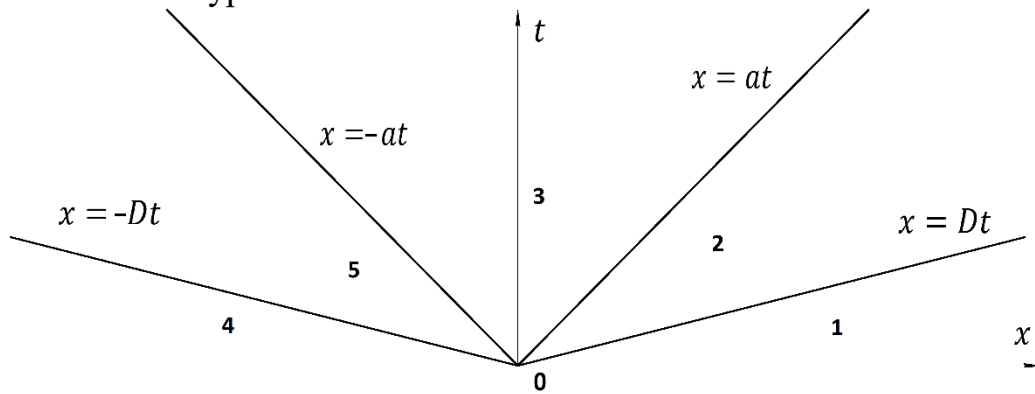


Рис.3-Задача на плоскости событий.

Область 1 – невозмущенная область, до которой не дошла ДВ. Область 2 – область, в которой решение определяется характеристиками, исходящими из точек с абсциссой $x > 0$. Область 3 – область, где «+» характеристики исходят из точек с абсциссой $x < 0$, а «-» характеристики их области с абсциссой $x > 0$.

Получим решение для областей 2, 3. Решение будем искать методом распространяющихся волн в следующем виде [7]:

$$y_2(x, t) = f_1(x + at) + f_2(x - at) \quad (10)$$

$$y_3(x, t) = g_1(x + at) + g_2(x - at) \quad (11)$$

Если подставить (10) и (11) в (9), то получатся следующие решения:

$$y_2(x, t) = \frac{1}{2} \left(\left(1 + \frac{a}{D}\right) y_0\left(\frac{x+at}{1+\frac{a}{D}}\right) + \left(1 - \frac{a}{D}\right) y_0\left(\frac{x-at}{1-\frac{a}{D}}\right) \right) + \frac{1 - \frac{a^2}{D^2}}{2a} \int_{\frac{x-at}{1-\frac{a}{D}}}^{\frac{x+at}{1+\frac{a}{D}}} v_0(r) dr \quad (12)$$

$$y_3(x, t) = \frac{1}{2} \left(\left(1 + \frac{a}{D}\right) y_0\left(\frac{x+at}{1+\frac{a}{D}}\right) + \left(1 + \frac{a}{D}\right) y_0\left(\frac{x-at}{1+\frac{a}{D}}\right) \right) + \frac{1 - \frac{a^2}{D^2}}{2a} \int_{\frac{x-at}{1+\frac{a}{D}}}^{\frac{x+at}{1+\frac{a}{D}}} v_0(r) dr \quad (13)$$

Решение для области 5 из условия симметрии определяется, как $y_5(x, t) = y_2(-x, t)$.

Если бы мы рассматривали метание пластины конечной длины $2l$, то тогда при достижении ДВ координаты l конец пластинки освобождался бы от нагрузки и от него в середину должна была бы распространяться волна разгрузки. На плоскости событий это бы выглядело следующим образом: из точки $(l; \frac{l}{D})$ должна выходить линия с наклоном s , равным скорости распространения продольных колебаний. Выше этой линии продольная сила N резко меняется и наши уравнения движения становятся не справедливыми.

Вывод. В работе приведены уравнения плоского движения пластины под действием внутренней продольной силы. Получено упрощенное решение плоской задачи о симметричном метании пластины. Описана область применения данного решения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курепин А.Е., Кузнецов И. А. Основы проектирования боевых частей управляемых ракет / Под ред. И. О. Артамонова. – г. Дзержинск: АО «ГосНИИМаш», 2018.
2. Физика упрочнения и сварки взрывом / Дерibas А. А. – г. Новосибирск: Наука, 1980.
3. Зоненко С.И., Черный Г.Г. Новый вид кумуляции энергии и импульса метаемых взрывом пластин и оболочек // Докл. РАН. 2003. Т. 390. № 1. С. 46-50.
4. Голубятников А.Н., Зоненко С.И., Черный Г.Г. Образование и рост возмущений при метании слабоупругой оболочки // Докл. РАН. 2004. Т. 399. № 3. С. 342-346.
5. Голубятников А.Н., Зоненко С.И., Черный Г.Г. О кумулятивных эффектах при больших деформациях оболочки под действием одностороннего давления // Докл. РАН. 2004. Т. 395. № 3. С. 348-352.
6. Голубятников А.Н., Зоненко С.И., Черный Г.Г. Новые модели и задачи теории кумуляции // Успехи механики. 2005. Т. 3. № 1. С. 31-93.
7. Уравнения математической физики: Учебник / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – М.: Наука, 2004.

THE PLANAR PROBLEM OF SYMMETRIC THROWING OF AN INFINITE PLATE

Litvinov Vasily Leonidovich; Elena Yuryevna Potanina; Milevsky Konstantin Evgenievich

Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Prospect, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract: The article presents the equations of motion of the plate under the action of the internal longitudinal force. The hyperbolic equation is integrated with

the boundary conditions describing the symmetric explosive throwing of an infinite plate.

Key words: plate throwing, boundary value problem, equations of motion, explosion physics.

УДК 623.51: 623.56

СПОСОБЫ САМОЛИКВИДАЦИИ УСТРОЙСТВ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ

*Назаров Сергей Сергеевич, студент; Цыбрий Алексей Игоревич, студент;
Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н., доцент;*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Назаров С.С., email nazarov.s.2000@mail.ru

Цыбрий А.И., e-mail Kitabateik@gmail.com

*Адрес для корреспонденции: Милевский Константин Евгеньевич,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19*

Аннотация: был проведен поиск патентных публикаций с тематикой устройств и способов самоликвидации, применяемых в артиллерийских снарядах, инженерных и морских минах, а также применяемых в ракетной технике за последние 25 лет. Уделено внимание целям применения данных устройств. Рассмотрены некоторые конструкции устройств самоликвидации. Определены основные способы самоликвидации устройств и причины применения самоликвидаторов в военной технике. Выявлены заряды, используемые для самоликвидации снарядов и ракет. Определены возможные пути развития и предложены некоторые способы улучшения устройств самоликвидации.

Ключевые слова: самоликвидатор; взрыватель; трассер; сигнализация; безопасность.

Введение

Целью работы является анализ способов самоликвидации боеприпасов и выявление возможных путей развития систем.

Для обеспечения безопасности личного состава и гражданских лиц при учебном и боевом применении боеприпасы могут комплектоваться «самоликвидаторами», которые по истечении времени самоликвидации приводят к подрыву боеприпаса. Так же применение самоликвидаторов обусловлено необходимостью ликвидации бортовой аппаратуры носителя.

Самоликвидация может производиться следующими способами:

- Самоликвидация через трассер. Самоликвидация осуществляется путем подрыва заряда ВВ при помощи тепла, передаваемого от трассера в момент его догорания.
- Самоликвидация с помощью взрывателя. Самоликвидация осуществляется подрывом заряда специальным устройством во взрывателе. В инженерных и морских минах самоликвидация происходит за счет электрохимических, либо гидромеханических устройств замедленного действия.

В качестве заряда самоликвидации используются заряды бризантного взрывчатого вещества. В снарядах, ракетах, инженерных и морских минах, а также в авиабомбах в виду дефицита свободного места в качестве заряда самоликвидации используется основной заряд взрывчатого вещества.

Примером самоликвидации с помощью взрывателя в инженерных минах может служить кассета для дистанционного минирования, описываемая в патенте ФГУП "НИИИ" RU 2 429445 С1.

Кассета предназначена для дистанционного минирования с авиационных и наземных заградителей, включает в себя цилиндрический стакан с крышкой, внутри которого расположен блок, содержащий закрепленные в нем две секции цилиндрических противопехотных осколочных мин. Кассета имеет электроконтакты, обеспечивающие подключение электрической схемы взрывателей к системе управления заградителя. [2]

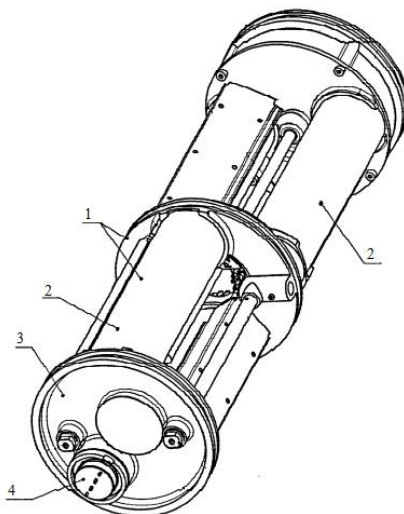


Рисунок.1– блок из двух противопехотных мин RU 2 429445 С1
1- Блок, 2- мина 3- крышка 4- внешние электроконтакты для системы управления минированием заградителя

Примером взрывателя обеспечивающего самоликвидацию снаряда на траектории может служить устройство, описанное в патенте НПО "Прибор" RU 2 422 764 С1.

Изобретение относится к дистанционным комбинированным взрывателям двойного действия, ударного и временного, срабатывающим при встрече с преградой и по истечении заданного промежутка времени с момента выстрела, определяемого сгоранием порохового элемента механизма самоликвидации.

Иницирующий механизм (1-2-3), совокупно с пиротехническим каналом 4 образуют устройство самоликвидации. [3]

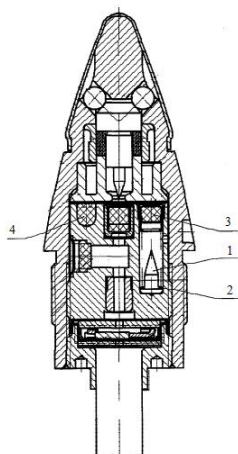


Рисунок. 2— Головной взрыватель RU 2 422 764 C1

1- Стационарное жало, 2- пружина, 3- капсюль воспламенитель 4- пиротехнический состав

Из технической литературы известны варианты применения самоликвидации через трассер в малокалиберных зенитных снарядах, один из таких представлен на рисунке 3. В данном снаряде, продукты сгорания состава в конце работы трассера нагревают до высокой температуры коническую оболочку ликвидатора. Тепло воспламеняет шашку пироксилинового пороха; последний, сгорая, нагревает металлический стержень, который воспламеняет детонатор, передающий сигнал разрывному заряду. [4]

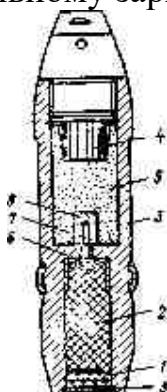


Рисунок.3— Снаряд ОТ с самоликвидацией через трассер:

1—воспламенительный состав; 2—трассирующий состав- 3—корпус снаряда; 4— взрыватель; 5—разрывной заряд; 6—тепловой ликвидатор; 7—стержень; 8—детонатор; 9—целлулоидный кружок.

Схожим с самоликвидацией через трассер по принципу действия можно назвать устройство RU 2111447 C1 (См. Рис.4). Устройство, предназначено для ликвидации ракет на расчетном времени в условиях ограниченных по дальности полигонов. [1].

Самоликвидация твердотопливного двигателя происходит следующим образом. Перед запуском ракеты на полигоне изготавливается твердотопливный заряд с

полостью, в которую устанавливается разрывная капсула и бронирующий стакан. После выхода ракеты на заданную высоту происходит разрыв капсулы и резкий скачок давления в камере двигателя приводит к его разрушению.

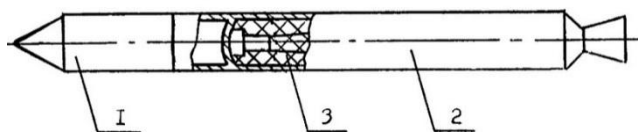


Рисунок.4–Устройство самоликвидации ракеты с твердотопливным двигателем RU 2111447С1

1-Ракета, 2- двигатель 3- капсула с зарядом.

Рассмотрев данные патенты, можно сделать выводы, что в системах самоликвидации отсутствует возможность фиксации (сигнализации) места срабатывания устройства самоликвидации. Которая может применяться для визуального подтверждения ликвидации боеприпаса. В качестве сигнализирующего элемента может выступать может выступать как цветная пудра, так и металлизированные дипольные отражатели, для фиксации с помощью радио электронных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № [95104691/02](#), 20.05.1998. Устройство самоликвидации ракеты с твердотопливным двигателем // Патент России № 2111447. 1998. / Смирнов В.Д., Махонин Ю.Ю., Фещенко Б.И. [и др.].
2. Патент РФ № [2010101364/11](#), 20.03.2011. Разовая кассета для дистанционного минирования с авиационных и наземных заградителей // Патент России № 2429445. 2011. / Жуков М.Б., Попов В.А., Паршиков Ю.Г. [и др.].
3. Патент РФ № [2009149009/03](#), 27.06.2011. Головной взрыватель // Патент России № 2422764. 2011. / Буланов С.С., Моргунова Е.Н., Морозов М.И. [и др.].
4. Шидловский А.А. Основы пиротехники: учебное пособие / А.А. Шидловский. – Москва: Издательство Машиностроение, 1973. –320 с.

METHODS SELF-DESTRUCT DEVICES AND PERSPECTIVE DIRECTIONS OF DEVELOPMENT

Nazarov Sergey Sergeevich, student, nazarov.s.2000@mail.ru
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Tsybriy Alexey Igorevich, student, Kitabateik@gmail.com
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

**Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate professor,
milevskij@corp.nstu.ru
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx
Ave., 20, tel. (913) 005-48-19**

Abstract: A search was carried out for patent publications on devices and methods of self-destruction used in artillery shells, engineering and sea mines, as well as those used in rocketry over the past 25 years. Attention is paid to the purposes of using these devices. Some designs of self-destruction devices are considered. The main methods of self-destruction of devices and the reasons for the use of self-liquidators in military equipment are determined. The charges used for self-destruction of shells and missiles have been identified. Possible ways of development have been identified and some ways to improve self-destruction devices have been proposed.

Keywords: Self-liquidator; fuse; tracer; signaling; safety.

УДК 623.51

СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ СНАРЯДОВ

***Брагунцов Егор Яковлевич¹, к.т.н.; Жаровцев Игорь Игоревич¹,
студент; Звезгинцев Валерий Иванович², д.т.н.; Нестерова Алена
Алексеевна¹, студент***

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8(913)005-48-19

²ФГБУН Институт теоретической и прикладной механики им. С.А.
Христиановича СО РАН, г. Новосибирск

Жаровцев И.И., e-mail: zharovcev.2017@stud.nstu.ru

Нестерова А.А., e-mail: nesterova.2017@stud.nstu.ru

Аннотация: в статье рассматривается возможность увеличения дальности боевого применения снарядов 122 и 152 калибров с двухступенчатыми твердотопливными ракетными двигателями (РДТТ). При помощи ЭВМ в среде *MicrosoftExcel* рассчитано движение снарядов на траектории меньшего калибра с двигательной частью, состоящей из двух калиберных РДТТ. Из полученных результатов видно, что применение активно-реактивной системы разгона с двумя двигателями, позволяют увеличить дальность боевого применение ОФС до 90-100 км.

Ключевые слова: активно-реактивный снаряд, твердотопливный ракетный двигатель (РДТТ), двухступенчатые РДТТ, увеличение дальности, скорость полета, высота полета, баллистическая траектория.

На сегодняшний день известны следующие способы повышения дальности стрельбы снаряда [1]:

1. Создание новых, мощных артиллерийских систем;
2. Использование энергоёмких метательных составов;
3. Улучшение аэродинамической формы снарядов;
4. Применение активно-реактивных снарядов (АРС);
5. Применение газогенераторов донного вдува;
6. Разработкой артиллерийских систем на основе новых принципов придания снаряду начальной скорости, например, электромагнитного.

Для увеличения дальности стрельбы эффективно используется способ активно-реактивного движения в снарядах с реактивным двигателем [2-4]: 152-мм АРС к системам Д-20, МЛ-20 и 2С3М, 2А36 и 2С5; 180-мм АРС к пушке С-23; 203-мм АРС к гаубице Б-4; 203-мм АРС к пушке 2С7. Дальность стрельбы этими снарядами, по сравнению со штатными, увеличилась на 20...40%. АРСы по сравнению с обычными штатными боеприпасами имеют на 25...30% меньше взрывчатого вещества и примерно вдвое худшую кучность стрельбы, что требует для поражения цели повышенного расхода БП.

Предлагается рассмотреть возможность стрельбы из пушек калибра 203 мм снарядами калибра 152 мм и 122 мм с двигательной частью, состоящей из двух РДТТ. При этом РДТТ имеет диаметр равный калибру пушки, снаряд же центрируется в стволе ведущим устройством.

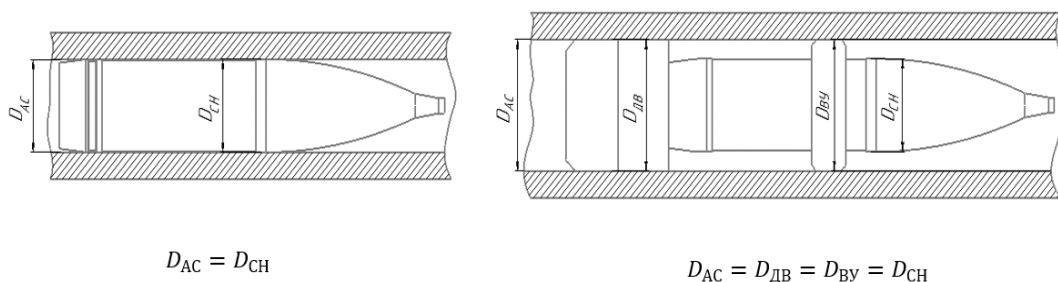


Рис.1 – Конструктивно-компоновочные схемы АРС: D_{AC} – калибр артиллерийской системы; D_{CH} – диаметр снаряда; $D_{ДВ}$ – диаметр двигателя; $D_{ВУ}$ – диаметр ведущего устройства.

В этом случае появляется возможность значительного наращивания массогабаритных характеристик реактивного двигателя при общей массе АРС такой же, как у снаряда пушки выбранного калибра, без изменения его дульной скорости. На рис. 2 показано, что при использовании 122 мм снаряда для стрельбы из пушки калибра 203 мм дополнительно появляется резерв массы 100 кг для реализации АРС, а при стрельбе из этой же пушки снаряда калибра 152 мм резерв массы составит 80 кг.

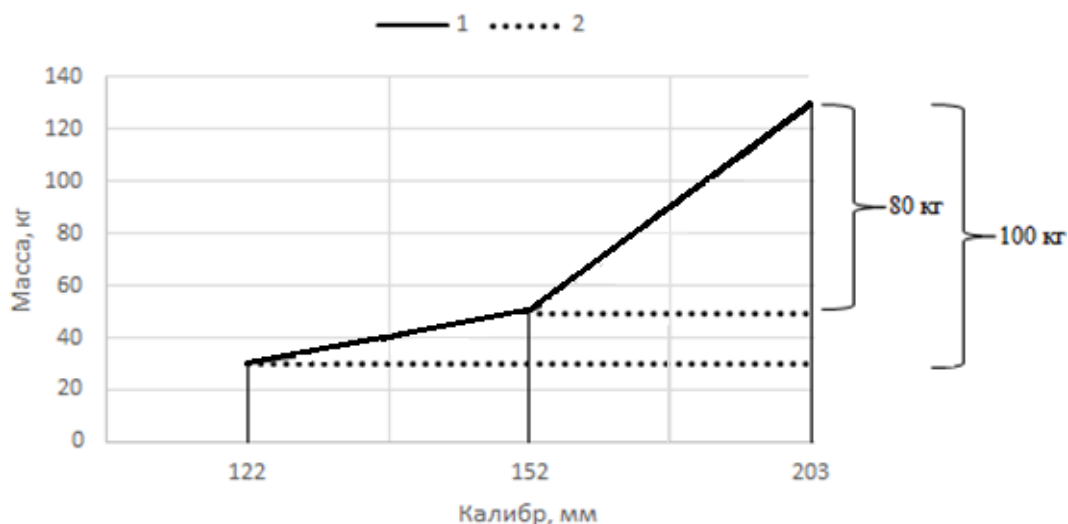


Рис.2 – сравнение массогабаритных характеристик.

1- массовые характеристики снарядов в пушках представленных калибров;

2- значение выигрыша по массе в калибре 203 мм при стрельбе снарядами меньших калибров

В работе в качестве выстреливаемых снарядов выбраны снаряды 122 калибра и 152 калибра в связи с тем, что у этих снарядов достаточно эффективная боевая часть и отработанная система управления (например, снаряды "Краснополь" и "Китолов-2М"). Разработаны конструктивно-компоновочные схемы АРС калибра 122 мм и 152 мм с двухступенчатыми РДТТ калибра 203 мм. Масса каждого из разработанных снарядов составляла 130 кг, как у снаряда для пушки 203 мм.

В каждом снаряде использованы по два РДТТ: первый РДТТ выполнял функцию доставки снаряда на высоту не менее 12 км без существенной потери скорости, время работы такого двигателя составляло не менее 25 секунд, масса топлива не менее 25 кг, масса первого РДТТ 50 кг. Первые двигатели отделялись на высоте 12 км.

Вторые двигатели использовались для дополнительного разгона на высоте выше 12 км (где уменьшено сопротивление воздуха). Для калибра 122 мм масса второго двигателя составляла 50 кг, а для калибра 152 мм 30 кг. Время работы второй ступени 2-3 секунды. На высоте 50 км отстреливались вторые двигатели. Далее снаряды двигались пассивно по баллистической траектории. Блоки коррекции системы управления снаряда включались при входе снаряда в земную атмосферу.

Расчёты движения снарядов на различных участках траекторий производились на ЭВМ в среде *Microsoft Excel* для условий стрельбы на наибольшую дальность.

Характеристики траектории определялись при решении системы уравнений движения летательных аппаратов (ЛА) в вертикальной плоскости. В проекции на оси скоростной системы координат уравнения движения в поле сил тяжести принимают вид:

$$m \frac{dV}{dt} = P \cos(\alpha + \varphi_{\ddot{\alpha}\hat{\alpha}}) - X - mg \sin \theta, \quad (1)$$

$$mV \frac{d\theta}{dt} = P \sin(\alpha + \varphi_{\ddot{\alpha}\hat{\alpha}}) + Y - mg \cos \theta + m \frac{V^2 \cos \theta}{R_{\zeta} + H} \quad (2)$$

где m – переменная масса аппарата, V – скорость полета, t – время, P – сила тяги двигателя, X, Y – сила сопротивления и подъемная сила соответственно, θ – угол наклона траектории полета, g – ускорение свободного падения, R_3 – радиус Земли, H – высота полета, α – угол атаки аппарата, $\varphi_{\ddot{\alpha}\hat{\alpha}}$ – угол установки двигателя относительно продольной оси аппарата.

В расчетах принималось, что $\varphi_{\ddot{\alpha}\hat{\alpha}} = 0$, направление силы тяги P совпадает с направлением оси двигателя. Член $m \frac{V^2 \cos \theta}{R_{\zeta} + H}$ учитывает изменение центростремительного ускорения, обусловленное кривизной земной поверхности.

Процедура расчета учитывает изменение таких параметров атмосферы как плотность, ускорение свободного падения и скорость звука в зависимости от высоты.

К уравнениям движения (1) и (2) добавляются кинематические уравнения, связывающие дальность L и высоту полета H со скоростью и углом наклона траектории:

$$\frac{dL}{dt} = \frac{dx}{dt} = V \cos \theta \frac{R_3}{R_3 + H}, \quad (3)$$

$$\frac{dH}{dt} = \frac{dy}{dt} = V \sin \theta \quad (4)$$

а также уравнение изменения массы летательного аппарата вследствие сгорания топлива

$$m(t) = m_0 - \int_0^t G_c dt, \quad (5)$$

где G_c – секундный расход топлива, m_0 – начальная масса аппарата.

Интегрирование системы уравнений (1)-(5) проводилось численно методом Рунге-Кутты второго порядка с постоянным шагом по времени.

Результаты расчета движения снаряда калибра 152 мм на пассивном участке траектории показано на рис. 3. Дальность полета АРС ОФС 152 составила не более 90 км.

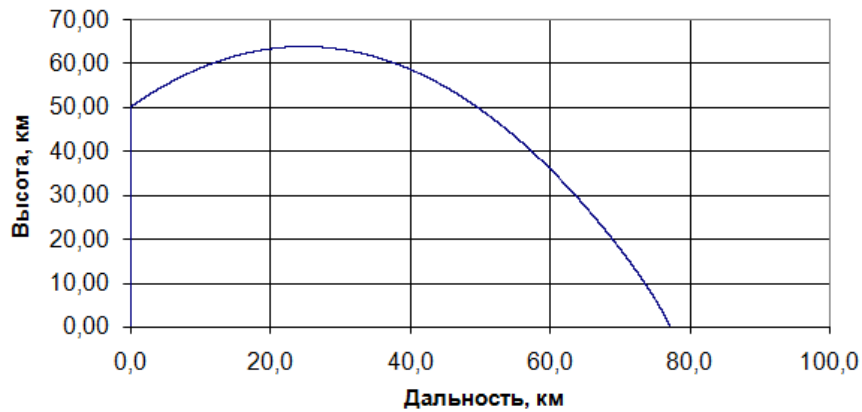


Рис. 3 - траектория снаряда 152мм на пассивном участке траектории без работы двигателей

Результаты расчета движения калибра 122 мм на пассивном участке траектории показано на рис. 4. Дальность полета АРС ОФС 122 составила более 90 км.

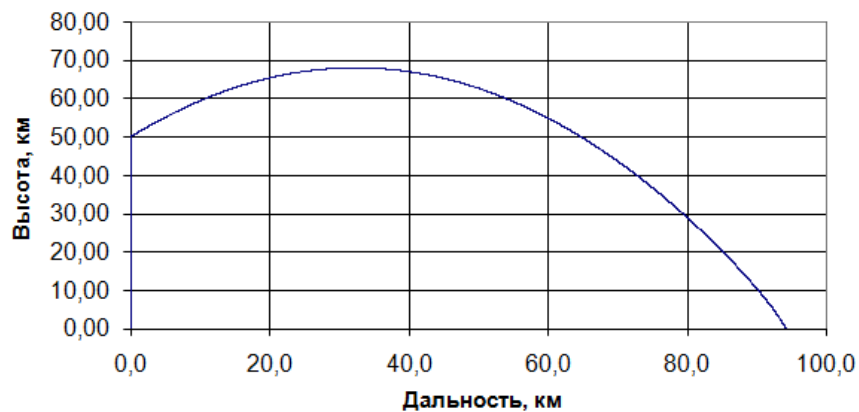


Рис. 44 - траектория снаряда 122мм на пассивном участке траектории без работы двигателей

Проведенные расчеты показывают, что применение активно-реактивной системы разгона с двумя двигателями, исполняющие определенные функции на разных участках траектории, позволяют увеличить дальность боевого применения ОФС до 90-100 км.

Выводы

1. В работе показано, что в рамках существующих массогабаритных ограничений АРС возможности увеличения дальности применения ограничены (20...40)% и исчерпаны.

2. В работе предложен новый способ увеличения дальности действия АРС основанный на использовании для стрельбы снарядов меньшего калибра (подкалиберного). При этом двигательная часть состоит из двух калиберных РДТТ: первый РДТТ выполняет функцию доставки снаряда на высоту не менее

12 км без существенной потери скорости, а второй двигатель служит для дополнительного разгона на высоте выше 12 км (где сопротивление воздуха уменьшено)

3. Расчетным методом показано, что увеличение дальности составляет (300...400)%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оборонная техника №10-11 2005г. Современное состояние и перспективы развития артиллерийских систем. (Обзор по материалам открытой печати) В.М. Фомин, В.И. Звезгинцев, П.К. Третьяков, В.П. Фомичев, В.В. Шумский, М.Я. Ярославцев. / Под ред. академика В.М. Фомина.
2. Бабичев В.И., Ветров В.В., Игнатов А.В., Костяной Е.М., Морозов В.В., Фомичева О.А. Основы устройства и функционирования управляемых артиллерийских снарядов: учеб. пособие, издание 2-е, перераб. и доп. / В.И. Бабичев [и др.]; под ред. д-ра техн. наук, проф., акад. РАН В.В. Ветрова. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. - 207 с.
3. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного, артиллерийского и ракетного оружия. Часть I. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного и артиллерийского оружия: Учебник для вузов / Под ред. чл.-кор. РАН А.А. Королева и чл.-кор. МАНПО В.Г. Кучерова; ВолгГТУ. - Волгоград, 2002. - 560 с.
4. Физические основы устройства и функционирования стрелково-пушечного артиллерийского и ракетного оружия. Часть II. Физические основы устройства и функционирования ракетного оружия: Учебник для вузов / Под ред. проф. В.В. Ветрова и проф. В.П. Строгалева. - Тула: Изд-во ТулГУ, 2007 - 748с.

NEW OPPORTUNITIES TO INCREASE THE RANGE OF COMBAT USE OF PROJECTILES

**Braguntsov Yegor Yakovlevich¹, Candidate of Technical Sciences;
Zharovtsev Igor Igorevich¹, student; Zvegintsev Valery Ivanovich², Doctor of
Technical Sciences; Nesterova Alena Alekseevna¹, student;**

¹Novosibirsk State Technical University, 630073,

20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, Russia, tel. 8(913)005-48-19

²FGBUN S. A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics SB
RAS, Novosibirsk

Zharovtsev I. I., e-mail: zharovcev.2017@stud.nstu.ru

Nesterova A. A., e-mail: nesterova.2017@stud.nstu.ru

Annotation: This article discusses the possibility of increasing the range of combat use of 122 and 152 caliber projectiles with two-stage solid-fuel rocket engines. In the article, the movement of smaller-caliber projectiles fired from

larger-caliber guns (203 mm) is calculated on a computer in the Microsoft Excel environment. The calculations show that the use of an active-jet acceleration system with two engines can increase the range of combat use of the to 90-100 km.

Keywords: Active-rocket projectile, solid-fuel rocket engine (RDTT), two-stage RDTT, increased range, flight speed, altitude, ballistic trajectory.

УДК 67.02

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРТ

*Ногачев Александр Геннадьевич¹, Ногачева Эльвира Раильевна¹, студент
Ахмедов Нурлан Адалат Оглы¹*

¹ Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус

Ногачев А.Г., e-mail nogachov@gmail.com

Ногачева Э.Р., e-mail elv-86@mail.ru

Ахмедов Н.А., e-mail 98nurlan@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Ногачева Эльвира Раильевна, Самарский государственный технический университет, 443100, Российская Федерация, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус тел. 8(846)337-12-93

Аннотация: в данной работе приведен обзор перспектив развития основных аддитивных технологий применительно к изготовлению зарядов из СТРТ. Рассмотрены вопросы безопасности такой переработки, а также описаны сложности внедрения подобных технологий применительно к существующим способам переработки.

Ключевые слова: аддитивные технологии; послойное нанесение; фотополимеризация; СТРТ; промышленная безопасность

Аддитивные технологии - это все более широко распространяющийся способ переработки, который в настоящее время находит применение в различных сферах деятельности: автомобилестроение, авиационная и аэрокосмическая промышленность, потребительская электроника и т.д. Аддитивные технологии могут использоваться как для прототипирования, так и для производства штучных изделий [1].

Как одну из перспективных областей их применения можно рассмотреть получение зарядов из СТРТ, которые представляют собой твердый высоконаполненный композиционный материал, в объеме полимерной матрицы затвердевшего связующего равномерно распределены порошки мелкодисперсного окислителя, металлического (металлизированного) горючего и специальные компоненты. В настоящее время основными способами получения зарядов из СТРТ практически любого размера и формы являются свободное литье, литье под давлением и проходное прессование [2]. Основные

недостатки литьевого способа и способа прессования подробно описаны в статье [3].

Целью данной работы является оценка применения аддитивных технологий в производстве зарядов из СТРТ, а также рассмотрение вопросов обеспечения безопасности данного процесса переработки.

Работ в данной области довольно мало, наиболее интересными можно считать работы, приведенные в [3-6].

В настоящее время выделяют семь методов аддитивных технологий:

1. Material Extrusion—«выдавливание материала» или послойное нанесение расплавленного материала через экструдер;

2. Material Jetting—«разбрызгивание материала»;

3. Binder Jetting—«разбрызгивание связующего» а;

4. Sheet Lamination—«соединение листовых материалов»;

5. Vat Photopolymerization—«фотополимеризация в ванне»;

6. Powder Bed Fusion—«расплавление материала в заранее сформированном слое»;

7. Directed energy deposition—«прямой подвод энергии непосредственно в место построения» [1].

Основные направления, выбранные авторами статьи для анализа, являются послойное нанесение материала и фотополимеризация. Рассмотрим возможные достоинства и недостатки перечисленных методов применительно к зарядам СТРТ.

С точки зрения классических методов изготовления зарядов из СТРТ послойное нанесение имеет ряд неоспоримых достоинств:

- максимальная приближенность к литьевому способу изготовления в части использования существующей производственной базы;

- отсутствие необходимости в формировании сложной технологической оснастки с точки зрения приемной полости для заряда;

- возможность, как и при литье, формировать заряд непосредственно в полости двигателя.

К недостаткам данного метода можно отнести сложное прогнозирование механизма горения из-за усложнения геометрии поверхности заряда в результате неравномерной укладки, а также проблема скрепления заряда со стенкой двигателя в процессе формования.

В тоже время фотополимеризация также имеет определенные преимущества:

- возможность формования скрепленного заряда непосредственно в полости двигателя;

- относительная стабильность геометрических параметров;

- скорость формования заряда по сравнению с классическими методами.

По мнению авторов статьи, главным недостатком данного метода можно считать сложность обеспечения равномерного распределения наполнителя в матрице связующего.

При рассмотрении вопросов изготовления зарядов из СТРТ двумя этими методами необходимо проработать и решить несколько ключевых проблемных

моментов: создание оборудования или модернизация существующих линий для формования зарядов; создание математических моделей как полимеризации изделий сложного профиля, так и всех этапов формирования заряда; разработка методики переработки послойным нанесением.

Получение зарядов из СТРТ методом послойного нанесения имеет следующие технологические сложности:

1. Создание принтера. Рабочая поверхность такого принтера должна быть покрыта антиадгезионным составом, полностью исключающим возможность удерживания топливной массы, т.к. в противном случае повышается опасность накопления, воспламенения и взрыва топливной массы. Непосредственно перед сопловой частью такого принтера должен быть предусмотрен процесс смешения и добавления отвердителя для обеспечения равномерного распределения компонентов топлива по заряду.

2. Создание привязки принтера к существующим технологиям формования заряда. Наиболее перспективным видится привязка к смесителям типа СНД и литьевым установкам небольшого давления. При этом кинематическая связка между принтером и аппаратами подготовки смеси должна обеспечивать подвижность минимум в трех плоскостях и, в тоже время, для обеспечения безопасности работ, не должна иметь подвижных частей в профиле формирующего канала.

3. Создание математических моделей поведения массы на каждом этапе формования (смешения, подачи в канал принтера, движения экструзионной головки, выхода из экструзионной головки, формирования слоя сложного геометрического профиля).

4. Создание методики контроля получаемых зарядов как по качественным признакам, так и по количественным. В частности, с учетом наличия микронеровностей и микропустот, которые практически отсутствуют в случае использования технологий с вакуумированием, необходимы критерии допустимых их объемов.

5. Анализ безопасности производства и выработка корректирующих мероприятий для сохранения существующего уровня безопасности производственных процессов.

6. Создание методики прогнозирования свойств готовых зарядов.

7. Обеспечение дополнительных технологических операций (механическая доработка, рентген контроль структуры полученного заряда и т.д.).

Фотополимеризация с технологической точки зрения также имеет определенные сложности:

1. Создание рецептуры, позволяющей получать стабильный процесс фотополимеризации.

2. Создание опытной установки для обеспечения процесса фотополимеризации расплава топливной массы как в свободной форме, так и в полости двигателя. При этом данная установка будет позволять равномерно распределять компоненты СТРТ по объему заряда.

3. По аналогии с предыдущим методом создание математической модели поведения заряда после проведения процесса фотополимеризации.

4 Создание методики прогнозирования свойств готовых зарядов.

5. Создание методики контроля готовых зарядов.

На основании выше написанного можно сделать вывод, что использование аддитивных технологий в топливной промышленности имеет определенные перспективы, их развитие позволит модернизировать современные технологические процессы. В настоящий момент специалистами СамГТУ прорабатывается вопрос отработки методологии процесса послойного нанесения на примере модельных топлив с использованием классических принтеров для переработки пластика методом аддитивных технологий. Кроме того, с использованием программных продуктов Ansys, MathLab и Creo Parametric предпринимаются попытки прогнозирования свойств как готовых зарядов, так и топливной массы при формовании зарядов. Данная тематика будет подробно освещена в следующих статьях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие. – М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. - 220 с.
2. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты производства твердого ракетного топлива: учеб. пособие. – М.: Ун-т машиностроения, 2013. – 232 с.
3. Создание твердотопливных зарядов для ракетных двигателей твердого топлива с помощью аддитивных технологий / С.С. Курдов, В.Е. Заволокин, М.А. Комков // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2017. - № 6. – С.1- 10.
4. Utilization of additive manufacturing in hybrid rocket technology: A review / Cagri Oztan, Victoria Coverstone // Acta Astronautica. – 2021. – №180. – P. 130–140.
5. Photo-polymerization for additive manufacturing of composite solid propellants / Imone Garino, Paola Antonaci, Dario Pastrone, Marco Sangermano, Filippo Maggi // Acta Astronautica. – 2021. – №182. – P. 58–65.
6. Additive manufacturing of ammonium perchlorate composite propellant with high solids loadings // M.S. McClain, I.E. Gunduz, S.F. Son // Proceedings of the Combustion Institute. – 2019. - № 37. – P. 3135–3142.

ADAPTATION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE PRODUCTION OF COMPOSITE SOLID PROPELLANT

Nogachev Alexander Gennadievich¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail nogachov@gmail.com

Nogacheva Elvira Railevna¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail elv-86@mail.ru

Akhmedov Nurlan Adalat oglu¹, Student, Undergraduate Student, e-mail

98nurlan@gmail.com

Samara State Technical University, Russian Federation, 443100, Samara,
Molodogvardeyskaya street, building №244, Main building

Abstract: This paper provides an overview of the prospects for the development of the main additive technologies in relation to the manufacture of charges of composite solid propellant. Main issues of the safety of such processing are raised, and the difficulties of adaptation such technologies with existing methods of manufacture are described.

Keywords: additive technologies; material extrusion; vat photopolymerization; composite solid propellant; industrial safety

УДК 623.4

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БЕСШУМНОЙ СТРЕЛЬБЫ И ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ

*Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н, доцент, Морозов Максим
Анатольевич; Жаровцев Игорь Игоревич*

Новосибирский государственный технический Университет 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Жаровцев И.И., email zharovcevigor@mai.ru

Морозов М.А., email maksimka_morozov_1997@mail.ru

Милевский К. Е., e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Аннотация: статья посвящена основным проблемам, связанным с нейтрализацией факторов звука, создаваемых при выстреле из стрелкового оружия. Рассмотрены основные пути решения проблем и перспективы развития устройств, предназначенных для ведения бесшумной стрельбы.

Ключевые слова: устройство; пороховые газы; звук; глушитель.

Введение

Одной из основных проблем, связанных с применением стрелкового оружия, является необходимость в подавлении звука при выстреле, при устранении которой, решаются две основные задачи – снижение негативных факторов, влияющих на здоровье стрелка, и создание условий, препятствующих его обнаружению.

В работе была поставлена задача рассмотреть основные факторы, влияющие на возникновения звука при стрельбе, пути их нейтрализации, перспективы развития устройств, предназначенных для ведения бесшумной стрельбы.

Факторы шума при выстреле и пути их нейтрализации

При выстреле, основными факторами возникновения звука являются:

- звук действия самого механизма оружия: удар курка по ударнику и ударника по капсюлю, лязг подвижных частей автоматике при перезарядании

оружия, удары затвора о ствол и затыльник. При стрельбе ночью на открытой местности звук соударяющихся металлических частей хорошо слышен на расстоянии 50 метров;

- звук до вылета пули из ствола, издаваемый воздухом, вытесняемым из ствола пулей, движущейся по стволу, и пороховыми газами, прорывающимися в зазор между пулей и стволом и опережающими ее со сверхзвуковой скоростью.

- ударная баллистическая волна, образующаяся при вылете из канала ствола пули, обладающей сверхзвуковой скоростью. Такой скоростью вылета пули обладают большинство современных пистолетов и практически все винтовки.

- дульная волна, создаваемая пороховыми газами, идущими вслед за пулей.

На данный момент существуют два основных принципиальных метода по уменьшению звука, создаваемых при выстреле из стрелкового оружия:

- уменьшение количества пороха и использование дополнительных устройств для передачи пуле скорости, при вылете из канала ствола, не превышающей местной скорости звука. Так же к этому методу можно отнести укорочение ствола орудия, что так же не позволяет разогнаться пуле до сверхзвуковой скорости. Такой метод позволяет избежать образования ударной баллистической волны, образующейся при вылете пули из канала ствола.

- снижение давления и температуры пороховых газов.

Во всех этих случаях эффективная дальность стрельбы (100 м) уменьшается незначительно и проблем с устойчивостью пуль на траектории также не возникает. Однако появляются трудности с работой автоматики оружия. При уменьшенном импульсе отдачи ее надежность не обеспечивается. В этом случае уменьшают массу подвижных частей и усилие возвратных пружин оружия [1].

История и основные типы устройств

Работы над устройствами «глушения звука выстрела» начались в конце XIX в. — вслед за введением бездымных порохов. При этом сразу выявилось два основных способа решения проблемы, сосуществующие и по сей день:

— отсечка пороховых газов и их «запирание» в канале ствола или гильзе;

— предварительное расширение и охлаждение газов перед их выходом в атмосферу. [1]

Первый патент на глушитель был зарегистрирован 20 марта 1894 года швейцарцем Эппли, а первый глушитель, который имел коммерческий успех, был сконструирован Хайрамом Стивенсоном Максимом и дорабатывался вместе с Хайрамом Перси Максимом. Различные варианты его конструкции были запатентованы в 1908, 1909 и 1910 годах, и в 1910 году была создана фирма для серийного выпуска своих устройств — началось промышленное производство самого совершенного варианта. На рисунке 1 представлен глушитель с шайбами – завихрителями потока из американского патента 1909 года Хайрема Перси Максима.

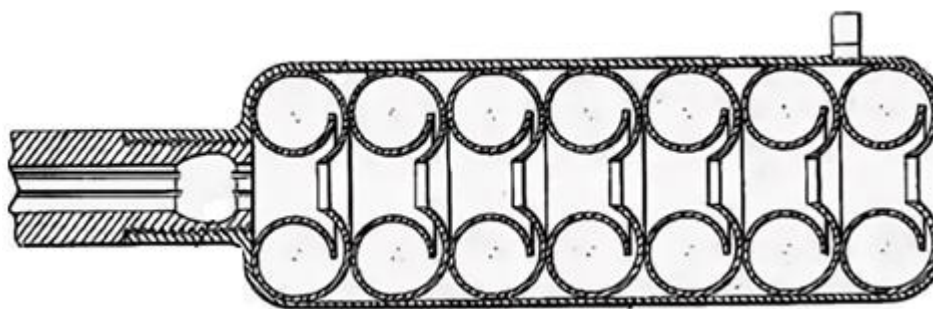


Рис. 1. Глушитель с шайбами – завихрителями потока

Самые первые глушители были именно дульными многокамерными устройствами расширительного типа, представлявшими собой надульные насадки на стандартное оружие, в которых поперечные диафрагмы делили внутренний объем корпуса устройства на отдельные отсеки — расширительные камеры. «Глушители расширительного типа» стали наиболее распространенными. Пороховые газы, двигаясь вслед за пулей, последовательно расширяясь и охлаждаясь в камерах глушителя, постепенно теряли свою энергию, существенно снижая звуковое давление на выходе устройства и снижая вспышку выстрела. Поэтому глушитель играет одновременно роль и пламегасителя. На рисунке 2 представлено действие классического многокамерного глушитель расширенного типа.

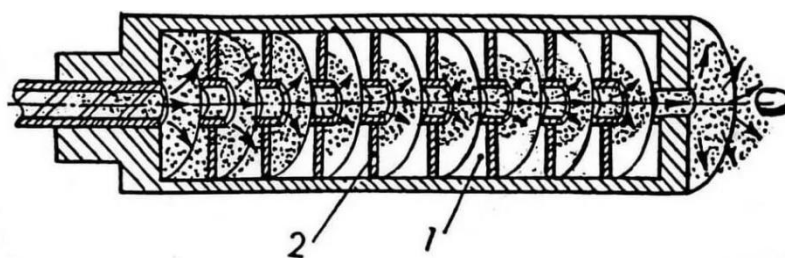


Рис. 2. Действие классического многокамерного глушитель расширенного типа:

1 – камера; 2 – межкамерная перегородка

Основным направлением в устранении звука при выстреле является создание устройств, понижающих температуру и давление пороховых газов при вылете из канала ствола, из чего возникает большее разнообразие конструкций.

На рисунке 3 представлены наиболее распространенные типы глушителей, применяемых на данный момент.

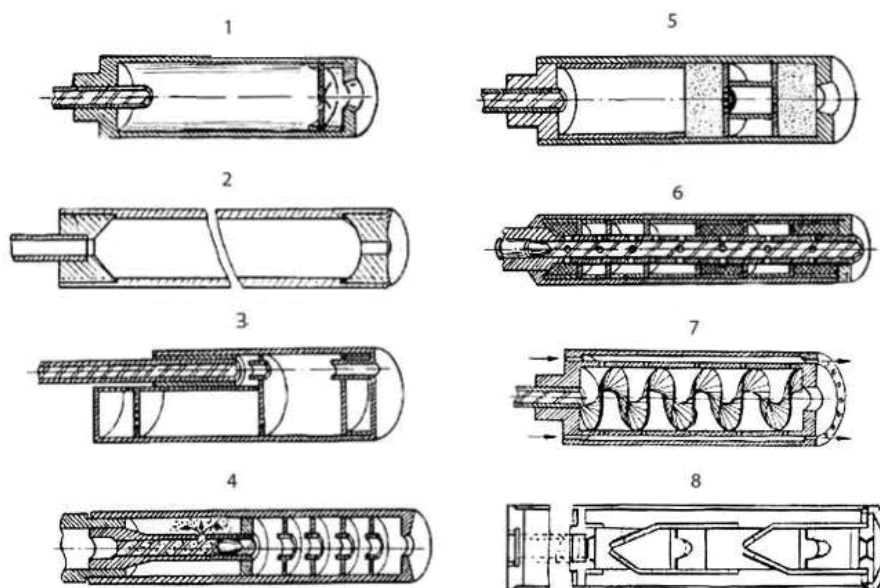


Рис. 3. Глушители: 1 - расширительного типа однокамерный с резиновой мембраной, 2 - с рефлектором, 3 - двухкамерный эксцентрический, 4 - с предварительным отводом пороховых газов из канал ствола, 5 - двухкамерный с obtюраторами, 6 - многокамерный с теплопоглощаемым наполнителем, 7 - со спиральным потоком газов, 8 - глушитель немецкого пистолета-пулемета MP5SD

Авторами разработана полезная модель (патент № 198 929, Россия, МПК F41A 21/30 “ГЛУШИТЕЛЬ ЗВУКА ВЫСТРЕЛА”) (рис. 4) [2].

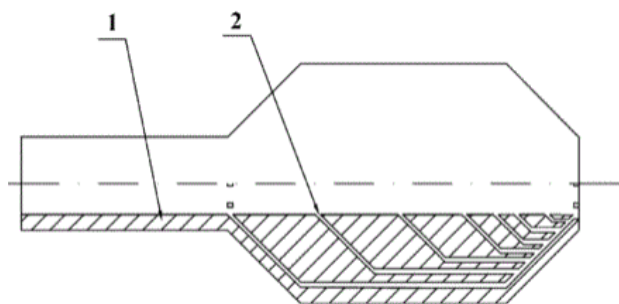


Рис. 4. ГЛУШИТЕЛЬ ЗВУКА ВЫСТРЕЛА: 1 – Корпус глушителя; 2 – каналы для вывода пороховых газов

Пороховые газы, прорывающиеся через зазор между пулей и стенками канала ствола, создают уровень громкости звука, который достигает 100-125 дБ, что позволяет услышать звук выстрела на дистанции 3-4 км. Газы вырываются с высоким градиентом шума, т.е. звук выстрела имеет различимый резкий звук на фоне остальных шумов.

Задачей данного устройства является уменьшение резкости слышимого выстрела, при помощи снижения градиента звука, путем постепенного вывода всё большего количества газов в сторону дульной части корпуса глушителя.

Поставленная задача достигается плавным выводом, постепенно нарастающего количества, пороховых газов, движущихся вслед за пулей, в сторону дульной части корпуса глушителя. Плавность вылета газов способствует маскировке звука выстрела на фоне остальных звуков. Постепенный выход газов позволит "разогнать" среду перед каналом ствола для более беспрепятственного вылета пули. Звук становится менее различим и заметить стрелка можно на большем расстоянии от систем акустической разведки противника.

При снижении градиента шума снижается не только резкость звука, но и меняется его характер, что дополнительно маскирует звук выстрела. За счет увеличенного пути пороховых газов и площади поперечного сечения их пути, в устройстве частично решается задача по уменьшению температуры газов при их вылете, что так же снижает громкость звука выстрела.

На данный момент большая часть решений, принимаемых для снижения звука при выстреле, направлена на усовершенствование существующих конструкций, предназначенных для нейтрализации одного из факторов проблемы, а именно снижения давления и температуры пороховых газов, вылетающих вслед за пулей. Разработки принципиально новых устройств, основанных на отличных методах снижения уровня звука при выстреле в настоящий момент не представлены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оружие специальное, необычное, экзотическое. Иллюстрированный справочник. / А.Н. Ардашев, С.Л. Федосеев. – М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ». 2003. – 319 с.: ил. – (Военная техника).
2. Патент RU 198 929 U1 Российская федерация. ГЛУШИТЕЛЬ ЗВУКА ВЫСТРЕЛА / Гуськов А.В.; Милевский К.Е.; Жаровцев И.И.; заявл. 22.04.2020; опубл. 04.08.2020 Бюл. № 22.

DEVICES FOR CONDUCTING SILENT SHOOTING AND WAYS OF THEIR DEVELOPMENT

Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate professor, Zharovtsev Igor Igorevich, Morozov Maxim Anatolyevich
Anatoly Vasilyevich Guskov D.Sc. (Engineering), Associate Professor, e-mail a.guskov@corp.nstu.ru
Zharovtsev Igor Igorevich, student e-mail zharovcevigor@mail.ru
Morozov Maxim Anatolyevich, student e-mail maksimka_morozov_1997@mail.ru.

Novosibirsk State Technical University 630073, Russia, Novosibirsk, 20 Karl Marx Ave.

Abstract. The article is devoted to the main problems associated with the neutralization of sound factors created when shooting from small arms. The main solutions and prospects for the development of devices designed for silent shooting are considered.

Keywords: Device; powder gases; sound; silencer.

УДК.621.454.3.03.001.24:539.4

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

Поддьякова Любовь Сергеевна, аспирант, Чащихин Евгений Алексеевич, кандидат техн. наук, Степанов Виктор Иванович кандидат техн. наук, Романов Александр Григорьевич, Курбатов Андрей Валерьевич,

Федеральный научно-производственный центр «Алтай», 659322, Россия, г. Бийск Алтайского края, ул. Социалистическая, 1
poddyakova.l.s@yandex.ru, 8-913-236-20-75

Аннотация: в данной работе обсуждаются особенности деформирования топливных элементов изделий РКТ при действии таких эксплуатационных нагрузок, как температурный перепад и действие внутрикамерное давление. Приводятся результаты численного исследования (методом конечных элементов) формоизменения топливного элемента при действии указанных нагрузок. Проводится оценка влияния учета деформирования топливного элемента на точность определения внутрибаллистических характеристик изделия. Результаты проведенных расчетов сопоставляются с имеющимися экспериментальными данными.

Ключевые слова: твердотопливный ракетный двигатель; эксплуатационные нагрузки; температурный перепад; внутрикамерное давление; деформирование; метод конечных элементов.

Опыт изготовления и испытаний скрепленных с корпусом твердотопливных элементов (ТЭ) изделий ракетно-космической техники (РКТ) показывает, что фактически реализуемая диаграмма изменения внутрикамерного давления при работе двигательной установки (ДУ) может существенно отличаться от проектной. Это потребует проведения корректировки геометрических параметров ТЭ и изменения технологической оснастки для его изготовления. В результате увеличиваются сроки и стоимостные показатели отработки изделия.

Рассогласование расчетных и экспериментальных закономерностей выгорания ТЭ [1] в значительной степени связано с тем, что в процессе эксплуатации и действия внутрикамерного давления происходит деформирование ТЭ (искажение формы целевых элементов, изменение

размеров канала и горящего свода). Изменение геометрии ТЭ в процессе длительного хранения и работы ДУ при расчетном прогнозировании внутрибаллистических параметров, как правило, не учитывается. Вместе с тем, экспериментально установлено, что эксплуатационные нагрузки вызывают существенные деформации ТЭ (таблица 1), которые могут привести не только к изменению (увеличению) уровня, параметров нестационарности внутрикамерного давления [2], но и качественному изменению расходно-тяговых характеристик при работе энергетической установки.

Таблица 1 – Экспериментальные оценки эффектов деформирования и формоизменения скрепленного с корпусом ТЭ канально-щелевого типа при действии основных нагрузок

Характеристика	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3
Параметр относительного свода ($M=b/a$)	4,19	3,97	5,56
Удлинение L/b	3,44	4,69	5,13
Деформации корпуса при действии внутреннего давления ($P=10,0$ МПа):			
– тангенциальные $\Delta D/D$, %	0,74	1,26	1,00
– осевые $\Delta L_k/L_k$, %	1,98	1,63	1,68
Деформация канала ТЭ в среднем сечении $\varepsilon_\theta(a)$, %			
– температура ($\Delta T=\pm 20^\circ\text{C}$)	$\pm 3,0$	$\pm 3,43$	$\pm 5,1$
– давление ($P=10,0$ МПа)	9,72	16,25	20,9
Уменьшение начального свода при работе ДУ $\frac{\Delta W}{W_0}$, %	до 3,0	до 4,9	до 4,5
Уменьшение начальной длины ТЭ при работе ДУ $\frac{\Delta L}{L_0}$, %	до 1,5	до 1,8	до ,4

Наиболее существенные эффекты неоднородности деформирования и формоизменения реализуются в скрепленных с корпусом конструкциях ТЭ канально-щелевого типа (рисунок 1).

В зонах, прилежащих к раскрепленным торцам, диаметральный размеры канала уменьшаются (область сжатия), в средней по длине части ТЭ размеры канала увеличиваются (область растяжения). Формируется неоднородность

$$M = \frac{b}{a}$$

горящего свода ТЭ по длине. В толстосводных ($a=4,5-5,5$) изделиях эти эффекты становятся особенно значимыми в части влияния на уровень внутрикамерного давления P и временные характеристики процесса работы ДУ. Особого внимания заслуживает учет особенностей деформирования ТЭ в случае использования материалов, обладающих эффектами газовой выделения при

длительной эксплуатации.

Из таблицы 1 видно, что геометрические параметры ТЭ при его деформировании в условиях работы ДУ уменьшаются на 3-5%. В результате существенно изменяются временной характер и параметры газоприхода в процессе горения ТЭ. В связи с искажением формы щелевых элементов качественно изменяется вид зависимости $P(t)$. Итоговое отклонение фактического давления в камере от расчетного прогноза может достигать 15-20% [2].

Степень деформирования ТЭ зависит от его конфигурации, геометрических характеристик (свода, длины), жесткости и сжимаемости топлива, податливости корпуса, уровня внешних нагрузок:

$$\frac{\Delta W}{W_0} = f(M, L/b, G, K, \frac{\Delta D}{D}, \frac{\Delta L_k}{L_k}, N, \dots)$$

Пример влияния на изменение горящего свода геометрических параметров (М) и отклонения равновесной температуры ТЭ от номинальных условий работы ДУ представлен на рисунке 2. Зависимости получены расчетно-экспериментальным путем. При этом учитывалось соотношение деформаций оболочки (ε_0^k) и канала (ε_0^a) ТЭ:

$$\varepsilon_0^a = \varepsilon_0^k \cdot M^2 \cdot \varphi,$$

где $\varphi = \varphi(L/b, L_{\text{ср}}/L_0, M, G, K, \dots)$ – коэффициент разгрузки ТЭ.

Для теоретического учета обсуждаемых эффектов на этапе проектирования ТЭ и расчетной оценки внутрибаллистических параметров ДУ в настоящее время существуют различные математические модели [1, 2], базирующиеся на решении сопряженной задачи механики деформированного твердого тела и газовой динамики.

Определение количественных параметров и верификация этих моделей осуществляются по результатам специального натурного эксперимента. Для этих целей в АО «ФНПЦ «Алтай» создана методическая и измерительная база, позволяющая проводить полный комплекс таких испытаний, который включает различные режимы нагружения ТЭ инерционными и тепловыми нагрузками в квазистатическом и циклическом режимах, кантование, вибрационные испытания, действие стационарного и импульсного давления в камере ДУ.

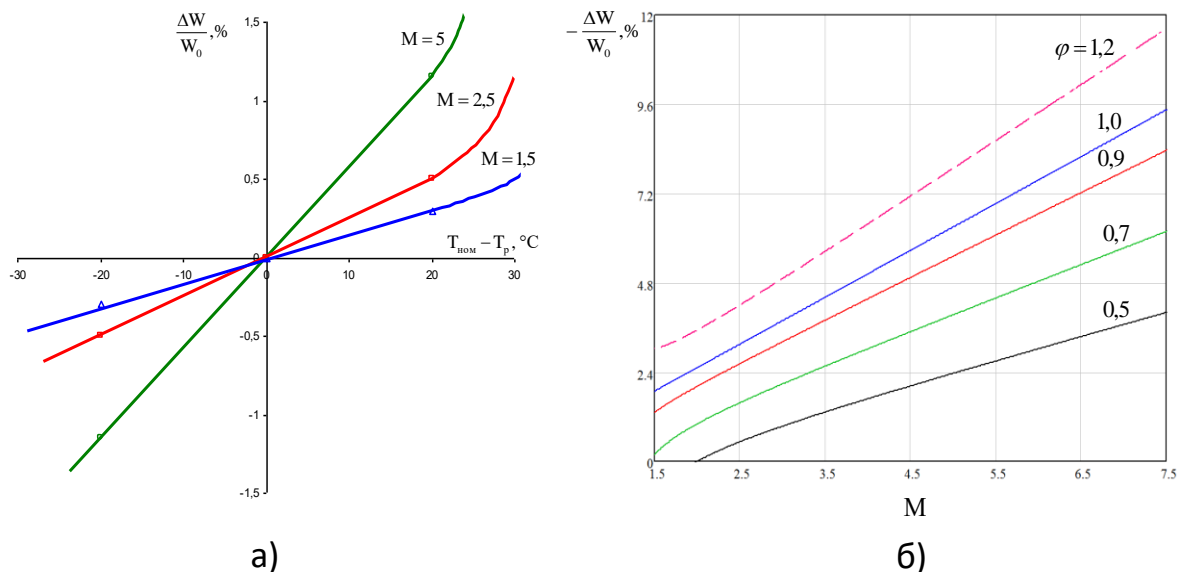


Рисунок 2 – Влияние равновесной температуры (T_p) и геометрических параметров (M) ТЭ на относительное уменьшение горящего свода при действии температурной

Выводы:

1 Экспериментально установлено, что изменение геометрических размеров ТЭ современных изделий РКТ в процессе эксплуатации и действии внутрикамерного давления может достигать 5-8%.

2 Учет указанных эффектов деформирования при расчетном прогнозировании процессов выгорания ТЭ позволяет сократить (в 1,5-1,8 раза) погрешности оценки закономерностей изменения расходно-тяговых характеристик при работе ДУ. Сокращаются сроки и стоимостные показатели процесса отработки ТЭ ДУ для изделий РКТ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аликин В.Н., Милехин Ю.М., Пак З.П. Пороха, топлива, заряды. Том 1. Методы математического моделирования для исследования зарядов твердого топлива. – М.: Химия, 2003. – 216 с.
2. Внутренняя баллистика РДТТ /РАРАН; А.В. Алиев и др.; под ред. А.М. Липанова и Ю.М. Милехина; редкол. серии: В.В. Панов (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 2007. – 504 с.

FEATURES OF DEFORMATION OF FUEL CELLS OF ROCKET AND SPACE TECHNOLOGY PRODUCTS UNDER THE ACTION OF OPERATIONAL LOADS

Poddyakova Lyubov Sergeevna, post-graduate student, Chashchikhin Evgeny Alekseevich, Candidate of Technical Sciences, Stepanov Viktor Ivanovich Candidate of Technical Sciences, Romanov Alexander Grigoryevich, Kurbatov Andrey Valeryevich,

Federal Research and Production Center "Altai", 659322, Russia, Biysk, Altai Krai, 1 Sotsialisticheskaya

str. poddyakova.l.s@yandex.ru, 8-913-236-20-75

Abstract: this paper discusses the features of deformation of fuel cells of RCT products under the action of such operational loads as temperature drop and the effect of in-chamber pressure. The results of a numerical study (by the finite element method) of the shape change of a fuel cell under the action of these loads are presented. The influence of accounting for the deformation of the fuel cell on the accuracy of determining the intra-ballistic characteristics of the product is evaluated. The results of the calculations are compared with the available experimental data.

Keywords: solid-fuel rocket engine; operational loads; temperature drop; in-chamber pressure; deformation; finite element method.

УДК 629.7.018.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАТЧИКА ТЯГИ РДТТ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

*Хохлов Роман Олегович, аспирант, Абанин Виктор Алексеевич, д.т.н.,
Кондрашов Денис Андреевич, Курбатов Андрей Валерьевич*

Федеральный научно-производственный центр «Алтай», 659322, Россия,
г. Бийск Алтайского края, ул. Социалистическая, 1

Хохлов Р.О. e-mail: romankhokhlov@mail.ru

Аннотация: целью работы является установление закономерностей влияния неосевой составляющей силы тяги ракетного двигателя твердого топлива на погрешность измерений при огневых стендовых испытаниях. Разработано программное обеспечение, осуществляющее математическое моделирование упругого элемента тензометрического датчика силы методом конечных элементов. Результаты тестовых расчетов сопоставлены с аналитическими решениями. Предложены дальнейшие пути совершенствования методов численного моделирования и вспомогательных функций программного обеспечения.

Ключевые слова: ракетный двигатель твердого топлива, огневые стендовые испытания, погрешность измерений тяги, тензометрический датчик, математическое моделирование, метод конечных элементов

1. Введение

Огневые стендовые испытания (ОСИ) – важный этап при отработке ракетных двигателей твердого топлива (РДТТ). К числу основных параметров, измеряемых при ОСИ, относится тяга РДТТ [1, 2].

В ходе ОСИ, сила тяги РДТТ, установленного в стапельном и в стендовом оборудовании воздействует на тензометрический датчик, который преобразует силовое воздействие в деформацию упругого элемента, преобразуемую тензорезисторами в электрический выходной сигнал. Упругий элемент тензодатчика силы представляет собой осесимметричное тело. Конструкция датчика силы предусматривает размещение на упругом элементе двух независимых тензомостов. Качество результатов измерений силы тяги РДТТ оценивается на основе критерия сходимости однотипных измерительных каналов (ИК) [3]. При слишком большом отличии результатов измерений, полученных от однотипных (параллельных) ИК, в сравнении с погрешностью измерений, результаты считаются недостоверными. Из имеющегося опыта стендовых испытаний, одной из возможных причин расходимости ИК силы тяги РДТТ является воздействие поперечной (неосевой) составляющей силы, обусловленной несовершенством конструкции РДТТ и стендового оборудования.

Для учета погрешности результатов измерений, вызванной неинформативным воздействием поперечной составляющей силы, возникающей при измерении тяги РДТТ, необходимо внести ряд усовершенствований в конструкцию датчика и внедрить новый метод обработки результатов измерений. Решение данной задачи требует разработки математической модели, описывающей поведение упругого элемента, воспринимающего воздействие неосевой силы.

2. Метод моделирования

Первый этап построения математической модели датчика – моделирование упругого элемента методом конечных элементов. Для реализации метода конечных элементов разработано приложение на языке Python 3.

В качестве основы выбран конечный элемент (КЭ) в форме призмы с основанием, представляющим собой произвольный выпуклый четырехугольник (рис. 1). Данный КЭ включает в себя 8 узлов. Боковые грани КЭ параллельны оси Z. Данная форма позволяет приблизить форму упругого элемента тензодатчика силы, представляющего собой осесимметричное тело.

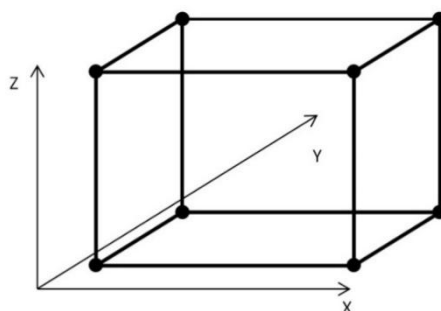


Рис. 1. Восьмиузловой конечный элемент

Пробные функции имеют вид:

$$N_i(x, y, z) = a_1 + a_2x + a_3y + a_4z + a_5xy + a_6xz + a_7yz + a_8xyz \quad (1)$$

Коэффициенты $a_1 \dots a_8$ находятся из условия $N_i(x, y, z) = 1$ в i -ом узле и $N_i(x, y, z) = 0$ в остальных семи узлах.

В результате расчетов отыскиваются такие значения узловых смещений, при которых потенциальная энергия упруго деформированного тела достигает минимума [4].

3. Результаты тестовых расчетов

Для проведения пробных расчетов моделировались параллелепипед с квадратным поперечным сечением и цилиндр. Оба тела имели одинаковые высоты – 0,2 м и площади поперечного сечения 0,0004 м². Структуры соответствующих сеток показаны рис. 2.

Координатные линии на рис. 2 проведены через 0,005 м. Высота КЭ в представленных сетках 0,025 м. Узлы, располагающиеся на нижней грани ($z = 0$) жестко закреплены. На верхнюю грань ($z = 0,2$ м) действует сила направленная вертикально вниз, величиной $F = 640$ кН. Модуль упругости материала $E = 2 \cdot 10^{11}$ Па, коэффициент Пуассона $\nu = 0,3$.

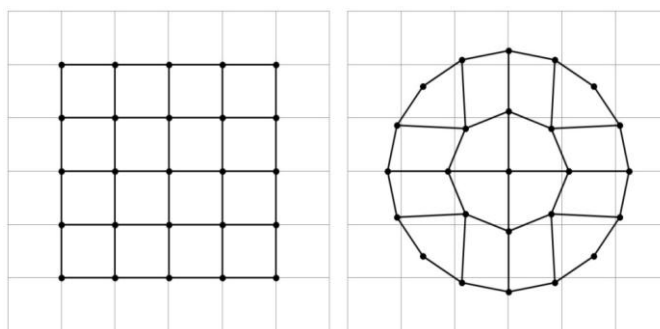


Рис. 2. Структуры сеток для моделирования а) параллелепипеда; б) цилиндра

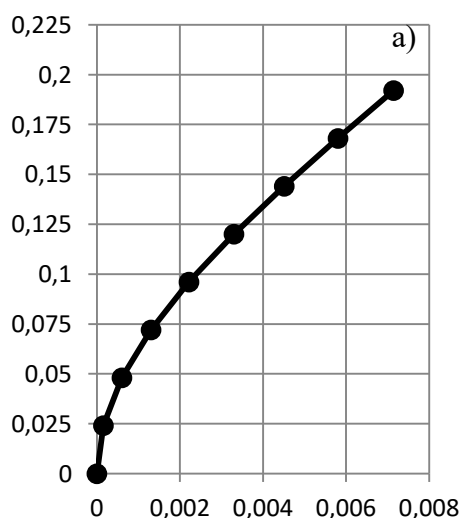


Рис. 3. Положения узлов оси симметрии при воздействии неосевой силы

В результате воздействия силы смещения узлов, расположенных на верхней грани параллелепипеда (на верхнем основании цилиндра), составило $\Delta z = 0,001582$ м. Таким образом, коэффициент жесткости обоих тел $k = 4,04 \cdot 10^8$ Н/м, что с точностью до 1% совпадает с оценкой по формуле, известной из сопротивления материалов [5]:

$$k = \frac{S \cdot E}{L} = 4,00 \cdot 10^8 \text{ Н/м} \quad (2)$$

Для тех же тел проведено моделирование воздействия силы, имеющей горизонтальную составляющую $F_x \approx 11,17 \text{ кН}$ (отклонение вектора силы от вертикали 1°). На рис.3 представлены смещения узлов, находящихся на оси симметрии тел ($x = 0, y = 0$). Смещения по вертикали преувеличены для наглядности в 5 раз.

Простейший способ оценить деформацию на поверхности тела – вычислить расстояние между двумя соседними узлами в начальном состоянии и в результате воздействия силы. При воздействии строго вертикальной силы деформация вертикального отрезка составляет 0,80%.

При наличии неосевой составляющей силы величина деформации на поверхности зависит от расположения выбранного отрезка. Два отрезка, расположенных в плоскости ZY будут иметь одинаковую деформацию, то есть при таком расположении тензорезисторов ИК не покажут расходимости. Деформация таких отрезков составит 0,71%, что означает наличие существенной неучтенной погрешности.

4. Выводы

1. Реализован алгоритм моделирования упругого элемента тензодатчика методом конечных элементов. Разработанное программное обеспечение позволяет моделировать воздействие неосевой составляющей на упругий элемент.

2. Для дальнейшего совершенствования модели тензодатчика необходимо учесть влияние других компонентов датчика и алгоритмов обработки на результаты измерений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пальчун Ю.А., Нищакон С.И., Абанин В.А., О сотрудничестве АО «ФНПЦ «Алтай», ФГУП «Сибирский НИИ метрологии» и филиала академии стандартизации, метрологии и сертификации // Боеприпасы №2. – 2018. – С. 57-59.
2. Roman O. Khokhlov , Alexander V. Kobayakov , Ruslan N. Toropchin , Yuri A. Palchun , Vladivir P. Phillipov, Measuring and computing complex for bench test: development, implementation, measurement assurance // 2016 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE) – 39281 Proceedings, Volume 1, Part 1. – Novosibirsk State Technical University. – Novosibirsk, 2016. – С. 145 – 147.
3. Испытания изделий стендовые. Методика измерений силы и давления 07508902.01002.00020. – АО «ФНПЦ «Алтай». – Бийск, 2015. – С. 30.
4. David V. Hutton. Fundamentals of finite element analysis. – McGraw-Hill. – New York, 2004. – С. 365 – 367.

5. T.D. Gunneswara Rao, Mudimby Andal, Strength of Materials. Fundamental and Applications. – Cambridge University Press. – Cambridge, 2018. – С. 8.

NUMERICAL SIMULATION OF SOLID ROCKET ENGINE THRUST SENSOR UNDER MECHANICAL INFLUENCING FACTORS

Khokhlov Roman O., postgraduate, Abanin Victor A., D.Sc, Kurbatov Andrey V., Pevchenko Boris V., PhD

Federal research and production center «Altai», 1 Socialisticheskaya St., Biysk, 659322, Russia.

Khokhlov R.O. e-mail: romankhokhlov@mail.ru

Abstract: This paper investigates the influence of nonaxial component of thrust force on the measurement error of solid rocket engine thrust during the bench test. The software solution for numerical simulation of strain sensor based on the method of finite element analysis was developed. Numerical simulation results have good convenience to exact solutions. The software unit could be used for development new CAD-system or plugin module to existing ones.

Keywords: solid rocket engine, bench testing, thrust measuring, strain sensor, numerical simulation, finite element analysis.

УДК 623.4.011

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТИПА РЕАКЦИИ ИЗДЕЛИЙ СНАРЯЖЕННЫХ ЭНЕРГОЕМКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ

Тонеев Иван Романович¹, Елманова Виктория Витальевна¹, аспирант; Журавлева Елена Сергеевна¹, студент; Шангин Алексей Сергеевич¹,

¹Самарский государственный технический университет 443100, Россия г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Тонеев И.Р., email toneeff@yandex.ru

Елманова В.В., email tvoj.tihij.ocean@gmail.com

Журавлева Е.С., email lena_zs@list.ru

Шангин А.С., email alex.shangin2010@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Тонеев Иван Романович, Самарский государственный технический университет 443100, Россия г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244, тел. 89379814277

Аннотация: в работе приведено обобщение результатов экспериментальных исследований эксплуатационной безопасности боеприпасов при воздействии быстролетящего элемента. Исследования проведены в рамках научно-исследовательской работы по оценке уровня взрывобезопасности модельных и натуральных зарядов смесевых твердых

ракетных топлив. Для унификации определения типа реакции при воздействии на боеприпас быстролетящим элементом использована методика ранжирования исходов опытов по областям типов реакции (отсутствие реакции, горение, дефлаграция, взрывное горение, частичная детонация, детонация) на основе расчета безразмерного интегрального критерия ранжирования. В результате определены характерные типы реакций.

Ключевые слова: эксплуатационная безопасность, быстролетящий элемент, интегральный критерий ранжирования, тротильный эквивалент, степень дробления.

1. Введение

В последние десятилетия активно разрабатываются мощные быстрогорящие СТРТ. Повышение ТТХ достигается путем внедрения в рецептуры высоко энергетических добавок, в качестве которых выступают современные бризантные ВВ, таких как октоген и CL-20, кроме того, в состав связующего в качестве пластификаторов внедряются органические нитраты такие как нитроглицерин.

2. Описание методики ранжирования

Для оценки эксплуатационной безопасности была предложена методика ранжирования результатов испытания по типу реакции. В предлагаемой методике использован универсальный критерий ранжирования, представляющий собой норму вектора в пространстве наблюдаемых параметров (дробление корпуса, фугасный эффект), который позволяет определить тип реакции количественным методом (формула 1).

$$E = \sqrt{\frac{\left(\frac{M_{КОРП} - M_{СР}}{M_{КОРП}}\right)^2 + \left(\frac{\alpha_{ВВ}}{m_{ВВ} \cdot K_{ТЭ}}\right)^2}{2}} \quad (1)$$

где $M_{КОРП}$ – масса стального корпуса макета, г;

$M_{СР}$ – средняя масса осколков, г;

$\alpha_{ВВ}$ – масса прореагировавшего вещества в тротильном эквиваленте (тротильный эквивалент взрыва), г;

$m_{ВВ}$ – масса разрывного заряда, г;

$K_{ТЭ}$ – тротильный эквивалент вещества.

3. Результаты испытаний

Испытания на эксплуатационную безопасность проводились в соответствии с методикой STANAG 4241 [2] и STANAG 4496 [3]. Испытывалось две рецептуры (перспективная рецептура А и штатная рецептура Б) 5 макетов (при простреле пулей) каждой рецептуры в различных температурных режимах: +60 °С и -60 °С. Измерение параметров воздушной ударной волны было выполнено датчиками давления. По результатам прострела образцов выполняли сбор и анализ осколков фрагмента корпусов.

На основании разработанной методики по определению типов реакции были построены графики усредненных значений масс в тротильном

эквиваленте (ТЭ) (рисунок 1) и степени дробления корпусов (рисунок 2) при испытании СТРТ прострелом пульей 12,7 мм.

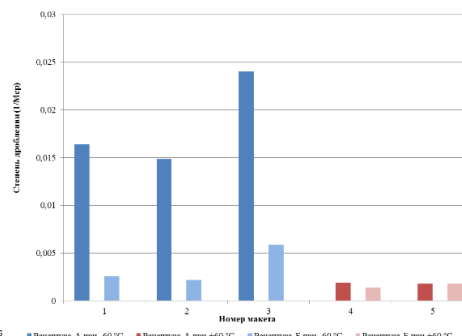
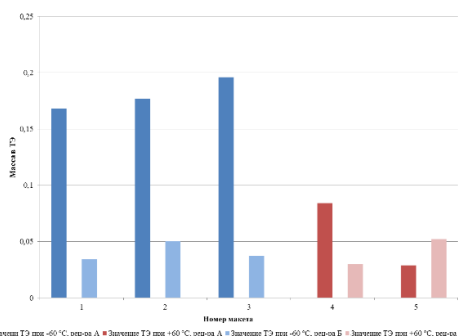


Рис1.Значение масс в ТЭ при простреле
дробления макетов
пульей 12,7 мм
прострелом

Рис2.График степени
при испытании СТРТ
пульей 12,7мм

Следующим этапом был расчет критерия ранжирования *E*. Результаты представлены на рисунке 3.

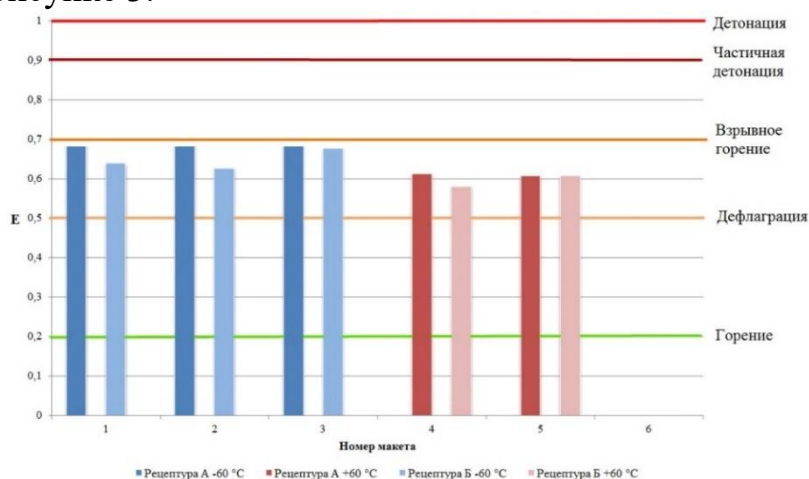


Рис3. Типы реакции макетов в соответствии с рецептурами при простреле пульей 12,7 мм

В соответствии с методикой [2] при диапазонах:

- $0 < E < 0,2$ реакция горения;
- $0,2 < E < 0,5$ реакция дефлаграции;
- $0,5 < E < 0,7$ реакция взрывного горения;
- $0,7 < E < 0,9$ реакция частичной детонации.

Анализируя график, можно сделать вывод, что при испытаниях разработанных СТРТ на прострел пульей калибром 12,7 мм и при температурных режимах ± 60 °С наблюдалось три типа реакций – горение, дефлаграция и взрывное горение. При температурах ± 60 °С для образцов, снаряженных перспективной рецептурой А, наблюдаемым типом реакции была дефлаграция и единичный случай проявления реакции взрывного горения (при положительной и отрицательной температуре соответственно). При температурах ± 60 °С для образцов, снаряженных штатной рецептурой Б, наблюдаемыми типами реакции

были дефлаграция и горение.

4.Выводы

Разработана методика количественной оценки показателей эксплуатационной безопасности изделий, выполнив расчет интегрального критерия ранжирования E для каждого испытуемого образца, можно сделать вывод, что предлагаемые рецептуры соответствуют требованиям эксплуатационной взрывобезопасности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Наставление НАТО по оценке и разработке боеприпасов пониженного риска, АОР-39, Издание 3, 2010 г.
2. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4241, Процедура испытания боеприпасов на прострел пульей, Издание 2, 2003 г.
3. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4496, Процедура испытания боеприпасов на прострел ударником, Издание 3, 2010 г.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF SEARCHING OF SENSEBILITY OF HIGH ENERGY SUBSTANCES TO HEAT PULSES

Toneev Ivan Romanovich¹, Elmanova Victoria Vitalievna¹, graduate student; Zhuravleva Elena Sergeevna¹, student; Shangin Alexey Sergeevich¹,
¹Samara Technical Yniversity 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,

Toneev I.R., email toneeff@yandex.ru

Elmanova V.V., email tvoj.tihij.ocean@gmail.com

Zhuravleva E.S., email lena_zs@list.ru

Shangin A.S., email alex.shangin2010@yandex.ru

Address for correspondance: Toneev Ivan Romanovich, Samara Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st. 244, tel. 89379814277.

Abstract: The paper summarizes the results of experimental studies of the operational safety of ammunition when exposed to a fast-flying element. The studies were carried out in the framework of research work to assess the level of explosion safety of model and full-scale charges of composite solid rocket propellants. To unify the definition of the type of reaction when the ammunition is exposed to a fast-flying element, we used the method of ranking the results of experiments according to the regions of reaction types (no reaction, combustion, deflagration, explosive combustion, partial detonation, detonation) based on the calculation of the dimensionless integral ranking criterion. As a result, the characteristic types of reactions were determined.

Keywords: Operational safety, fast-flying element, integral ranking criterion, TNT equivalent, degree of fragmentation.

**СЕКЦИЯ: РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ
УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ**

УДК 621.396.96

**СРАВНЕНИЕ РАДИОТЕПЛОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С
СИСТЕМАМИ, ОСНОВАННЫМИ НА ДРУГИХ ПРИНЦИПАХ
ДЕЙСТВИЯ**

Глазырина Елизавета Валерьевна, магистрант

Орлова Мария Владимировна, канд. техн. наук, доцент,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23,

Орлова М. В., e-mail: np_aius@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Орлова Мария Владимировна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23*

Аннотация: Разработана методика и программа расчета основных характеристик обнаружения – вероятности правильного обнаружения и вероятности ложной тревоги для радиотеплолокационной системы. Проведен расчет характеристик обнаружения в зависимости от отношения сигнал-шум для различных условий обнаружения, а также сравнение характеристик радиотеплолокационной системы с характеристиками систем, основанных на других принципах действия.

Ключевые слова: радиотеплолокация, пассивная радиолокация, радиометрия, характеристики локационного обнаружения, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги, алгоритм обнаружения.

Тепловое излучение – электромагнитное излучение, испускаемое за счет внутренней энергии веществом, находящимся при определенной температуре. Как и всякое электромагнитное излучение тел, тепловое излучение происходит в результате колебаний электрически заряженных частиц (электронов, ионов) в веществе. В спектре теплового излучения присутствуют электромагнитные волны разной длины волны (сплошной спектр), но доля волн с той или иной длиной волны существенно зависит от температуры. Излучение это занимает широкий спектр частот, заключенный в пределах от инфракрасного до сантиметрового диапазона (так называемое «радиотепловое излучение»). В радиотеплолокации для обнаружения объектов используется прием их естественного радиотеплового излучения в сантиметровом и миллиметровом диапазонах длин волн.

Области применения радиотеплолокации:

- обнаружение и определение координат наземных, надводных, подводных, воздушных и космических объектов;

- решение задач морской и воздушно-космической навигации;
- физические исследования вещества и материалов, атмосферы.
- всепогодное обнаружение источников тепловой энергии.

Наиболее широкое применение из средств радиотеплолокации получили радиоастронавигационные приборы – радиосекстанты (радионавигационные приборы для определения направления на Солнце и другие небесные объекты по их излучению), самолетные радиотеплолокаторы обзора земной поверхности.

Методы обработки сигналов в радиотеплолокации опираются на теорию теплового излучения, а также на теорию обнаружения сигналов и оценки их параметров [1,2]. В соответствии с теорией оптимальной обработки процедура оптимального обнаружения включает в себя квадратичное детектирование сигнала с последующим интегрированием (суммированием) и сравнение полученной суммы с пороговым значением [1]. Основные характеристики обнаружения могут быть определены по приведенным ниже формулам [1].

Вероятность правильного обнаружения (D) вычисляется по формуле (1)

$$D = 1 - \Phi \left[\frac{\sqrt{2n}}{1+q} \left(\frac{1+q}{2q} \ln c - \frac{q}{4} \right) \right]. \quad (1)$$

Вероятность ложной тревоги ($F_{л}$) вычисляется по формуле (2)

$$F_{л} = 1 - \Phi \left[\sqrt{2n} \left(\frac{q}{4} + \frac{1+q}{2q} \ln c \right) \right]. \quad (2)$$

где c – порог; $\Phi(x)$ – табличная функция - интеграл вероятности, которая определяет вероятность того, что случайная величина, распределенная по нормальному закону, не превысит заданный уровень x ; $q = \frac{\sigma_c^2}{\sigma_{ш}^2}$ - входное

отношение сигнал-шум, т. е. отношение дисперсии сигнала к дисперсии шума; n – количество отсчетов (дискретных значений) принятой реализации случайного процесса на входе приемника.

Программа расчета характеристик обнаружения составлена в системе Mathcad. На рисунке 1 приведены графики зависимости вероятности правильного обнаружения (D) от отношения сигнал-шум $\frac{\sigma_c^2}{\sigma_{ш}^2}$ при различных

значения вероятности ложной тревоги (F) для числа отсчетов принятой реализации $n = 15$. На рисунке 2 приведены графики зависимости вероятности ложной тревоги от отношения сигнал-шум при различных заданных значениях вероятности правильного обнаружения D равных 0,9; 0,95; 0,98; 0,99 (соответственно, при заданных допустимых значениях вероятности пропуска полезного сигнала от объекта D_0 , равных 0,1; 0,05; 0,02; 0,01) и количестве отсчетов принятой реализации $n = 15$. Как показали проведенные расчеты,

показатели обнаружения зависят как от отношения сигнал-шум, так и от количества отсчетов реализации сигнала на входе приемника. При увеличении количества отсчетов принятой реализации характеристики обнаружения значительно улучшаются.

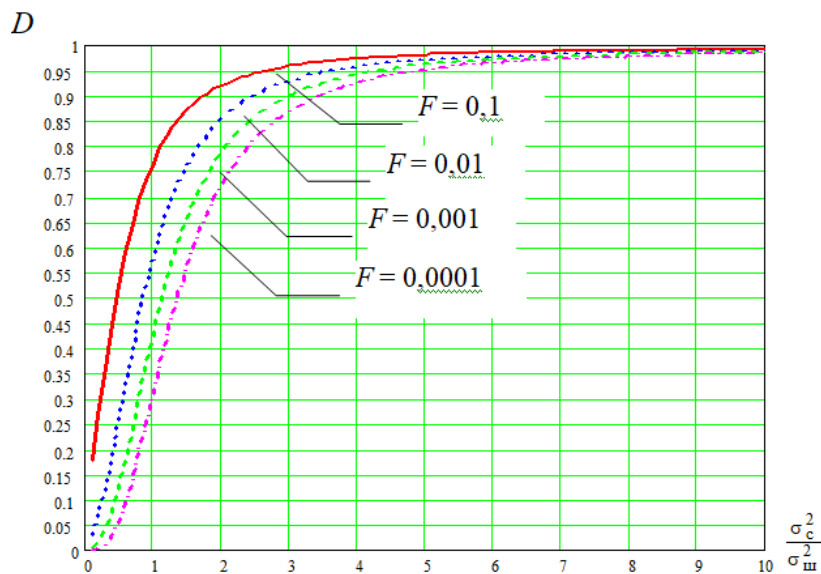


Рис. 1. Зависимость вероятности правильного обнаружения (D) от отношения сигнал-шум при значениях вероятности ложной тревоги (F): 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; при количестве отсчетов принятой реализации $n = 15$

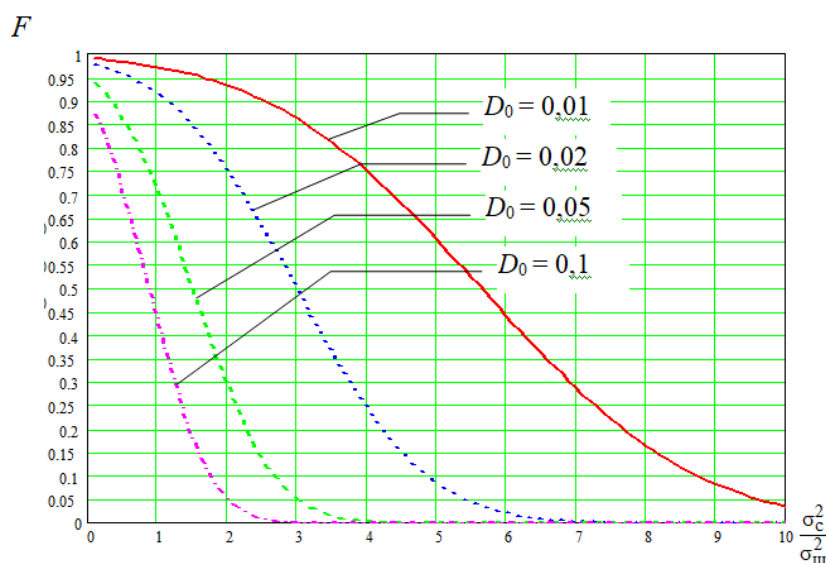


Рис.2. Зависимость вероятности ложной тревоги F от отношения сигнал-шум при значениях вероятности пропуска полезного сигнала (D_0): 0,1; 0,05; 0,02; 0,01; при $n = 15$

Преимущества радиотеплолокационных систем по сравнению с системами, основанными на других физических принципах действия, зависят от условий применения локаторов. Радиотеплолокаторы обладают преимуществами перед инфракрасными системами в случае обнаружения холодных объектов на холодных фонах. Радиотеплолокаторы имеют преимущество перед

радиолокаторами при обнаружении сильно поглощающих объектов на холодных фонах.

Дальность действия радиотеплолокатора зависит от размеров обнаруживаемого объекта и его контраста с фоном. При работе по наиболее контрастным объектам больших размеров радиотеплолокаторы могут превосходить по дальности радиолокационные и инфракрасные средства. Радиотеплолокаторы уступают по дальности действия радиолокаторам при обнаружении хорошо отражающих и плохо излучающих объектов. Радиотеплолокаторы уступают по дальности действия инфракрасным системам при обнаружении высокотемпературных объектов в хороших метеоусловиях. Однако радиотеплолокаторы превосходят по дальности действия радиолокаторы при обнаружении сильно поглощающих объектов на «холодных» фонах, а также превосходят инфракрасные системы по дальности действия при обнаружении объектов, не имеющих большого температурного отличия от окружающих фонов.

По сравнению с радиолокаторами радиотеплолокаторы слабее подвержены влиянию метеорологических условий, так как при радиотеплолокации распространение энергии одностороннее. Инфракрасные системы не обладают всепогодными свойствами, и в плохих метеоусловиях их применение ограничено.

Точность определения дальности у радиотеплолокаторов хуже, чем у радиолокаторов и инфракрасных систем. Инфракрасные системы превосходят радиотеплолокационные системы по угловой разрешающей способности.

Радиотеплолокаторы по сравнению с радиолокаторами более подвержены влиянию помех вследствие высокой чувствительности и широкополосности приемной аппаратуры и отсутствию в ней частотно-временной селекции. Однако радиотеплолокаторы имеют преимущество перед радиолокаторами в отношении организованных помех. Вследствие полной скрытности работы радиотеплолокаторов им невозможно создавать помехи, прицельные по частоте, и ретранслированные.

Перспективным направлением проектирования локационных систем является разработка комплексированных систем, содержащих несколько информационных каналов, основанных на различных физических принципах действия. Алгоритм принятия решения об обнаружении объекта должен учитывать условия обнаружения и характеристики отдельных каналов при работе в различных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Николаев А. Г., Перцов С. В. Радиотеплолокация (пассивная радиолокация). – М.: Советское радио, 1964. – 326 с.
2. Теоретические основы радиолокации. Под редакцией Ширмана Я.Д. Учебное пособие для вузов. – М., изд-во «Советское радио», 1970. – 560 с.

3. Криксунов Л. З. Справочник по основам инфракрасной техники. – М.: Сов. Радио, 1978. – 400 с.: ил.

COMPARISON OF RADIO HEATING SYSTEMS WITH SYSTEMS BASED ON OTHER OPERATING PRINCIPLES

E. V. Glazyrina, master's Degree student,

*M. V. Orlova, Associate Professor, Ph.D., Associate Professor, e-mail
onp_aius@mail.ru,*

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (383)346-26-23

Abstract: The technique and program for calculating the main characteristics of detection such as the probability of correct detection and the probability of a false alarm for a radio heat locating system – have been developed. The calculation of the detection characteristics depending on the signal-to-noise ratio for various detection conditions and the comparison of the characteristics of the radio heat locating system with the characteristics of systems based on other principles of operation, has been carried out.

Key words: radio heat locating, passive radar, radiometry, characteristics of location detection, probability of correct detection, probability of false alarm, detection algorithm.

К ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКОВ ХОЛЛА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Друзелевич Виктория Алексеевна, студент; Зырянова Валентина Васильевна, студент; Гмерина Анастасия Олеговна, студент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Друзелевич В. А., e-mail druzelewitch.vika@yandex.ru

Зырянова В. В., e-mail zyryanova.valentina2000.@yandex.ru

Гмерина А. О., e-mail gmerina.nastya@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Друзелевич Виктория, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Научный руководитель Санков О.В., старший преподаватель кафедры АИУС,
НГТУ

Аннотация: Рассмотрена возможность применения датчиков Холла в системах обнаружения заданных технических металлосодержащих наземных или надводных объектов. Приведен принцип действия и типы датчиков Холла. Исходя из условий функционирования системы поиска, характеристик, достоинств и недостатков датчиков сделан вывод о нецелесообразности применения последних в составе системы обнаружения металлосодержащих технических объектов.

Ключевые слова: Металлодетектор, датчик Холла, магнитный объект

1. Введение

Безошибочное попадание противотанковых ракет в цель является важным аспектом для успешного ведения боя. Один из способов решения данной проблемы - установка металлодетектора на саму ракету, что способствует дистанционному обнаружению цели. Для этой цели можно использовать металлодетекторы различных типов на основе феррозондов, магниторезисторов и датчиков Холла. При этом необходимо, чтобы детектор не реагировал на посторонние магнитные объекты, срабатывал на определенном расстоянии от объекта с минимальной погрешностью. В качестве такого устройства обнаружения рассмотрен металлодетектор с датчиком Холла.

2. Постановка задачи

Рассмотреть возможность применения в средствах дистанционного обнаружения металлосодержащих объектов датчиков Холла.

Условия функционирования системы обнаружения, следующие:

- скорость носителя 700–1200 м/с;

- угол крена не более $\pm 10^\circ$;

- расстояние от МСДО до массивных ферромагнитных элементов изделия

– не менее 150мм;

- текущая высота полета может измеряться с дискретностью 50 мс, что позволяет точно оценить характер поверхности.

Характеристики обнаруживаемых технических объектов:

- размеры не менее 15х6х3м³ , где 3м – высота объекта (в т.ч. 2м – уровень заглубления в воду, 1м – высота надводной части);
- вес ферромагнитных элементов объектов от 0,1 т;
- магнитный момент не менее 1-3 А×м²;
- скорость движения 0-150 км/ч;
- угол подхода к боковой поверхности объекта при заданной траектории 0-90°.

3. Датчики Холла

Эффект Холла заключается в следующем: через пару контактов, лежащих на противоположных гранях (точки D и B), протекает постоянный ток, при этом разности потенциалов между ними нет, т.к. они лежат на эквипотенциальной поверхности. Которая перпендикулярна напряженности электрического поля \vec{E} , а, следовательно, и плотности протекающего через образец тока \vec{j} . Под действием приложенного электрического поля через образец протекает электрический ток, и плотность тока задается выражением:

$$\vec{j} = \sigma * \vec{E} = -q * n_{2D} \vec{v},$$

Где σ – удельная проводимость, q- заряд носителей тока, n_{2D} – двумерная концентрация электронов, \vec{v} – скорость носителей заряда.

Все изменится, если к пластине перпендикулярно поднести постоянный магнит. При этом в точках A и C появится напряжение. Схематично эффект Холла изображен на рисунке 1 [1].

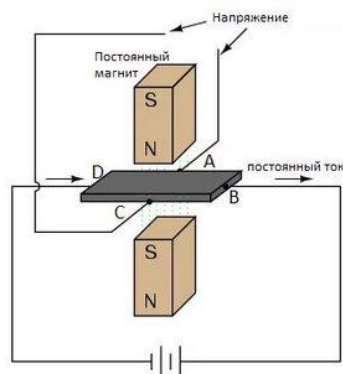


Рис.1. Суть эффекта Холла

При движении носителя заряда без соударений в магнитном поле \vec{B} (при отсутствии электрического поля) возникает сила Лоренца, всегда направленная перпендикулярно вектору скорости \vec{v} носителя заряда:

$$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}]$$

Эффект Холла наглядно демонстрирует действие силы Лоренца на движущиеся носители заряда.

Основные проявления эффекта Холла: ЭДС и ток Холла, направленные перпендикулярно скрещенным первичным электрическому и магнитному полям. Эффект Холла можно рассматривать в режимах ЭДС и тока Холла.

Датчик Холла – это радиоэлемент, основанный на эффекте Холла. Обычно встречаются одноосевые датчики (в таком датчике на ЭДС Холла влияет лишь одна составляющая магнитного поля, расположенная перпендикулярно плоскости датчика). Помимо одноосевых бывают двух- и трехосевые датчики. Структурные схемы одноосевых и трехосевых представлены на рисунке 2.

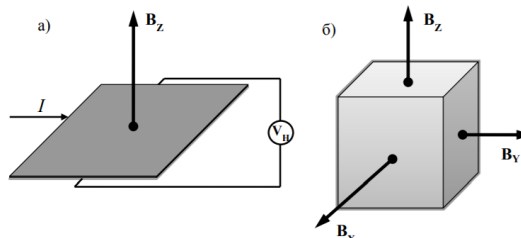


Рис. 2. а) одноосевой датчик; б) трехосевой датчик

Датчики Холла бывают линейными и цифровыми.

В линейных датчиках напряжение Холла (напряжение на гранях А и С) будет зависеть от напряженности магнитного поля. Или простыми словами, чем ближе мы поднесем магнит к датчику, тем больше будет напряжение Холла.

Цифровые датчики Холла имеют только два состояния на выходе - либо сигнал есть (логическая единица), либо его нет (логический ноль). По реакции на магнитное поле датчики распределяются по трем группам: биполярные, однополярные и униполярные. Для включения биполярного датчика требуется воздействие поля положительной полярности, а для выключения - отрицательной. Однополярные датчики измеряют поля любой полярности, а униполярные - только одной (обычно положительной).

Основные преимущества этих датчиков заключается в отсутствии механических движущихся частей и высоком быстродействии (до 100 кГц). Благодаря этому датчики Холла отличаются высокой надежностью, долговечностью и не требуют физического контакта с измеряемой средой.

Достоинства датчиков Холла:

- Высокая линейность
- Высокая надежность
- Широкий диапазон измеряемых полей
- Малые размер и вес
- Низкая цена

Недостатки:

- Повышенная температурная и пьезочувствительность

Важнейшей характеристикой датчиков Холла является чувствительность к магнитному полю. Различают относительную и абсолютную чувствительности холловских датчиков.

Абсолютная чувствительность и определяется по формуле 1 как изменение выходного (холловского) напряжения от магнитного поля:

$$SA = |\partial V_H / \partial B| = |I * q * n_2 D|, \quad (1)$$

где – V_H холловское напряжение, I – ток смещения, B – внешнее

магнитное поле, n_{2D} – концентрация двумерных электронов.

Единица измерения абсолютной чувствительности - (В/Тл). Из выражения видно, что абсолютная чувствительность обратно пропорциональна n_{2D} и прямо пропорциональна I . Таким образом, уменьшением концентрации носителей заряда n_{2D} и увеличением подвижности μ можно добиться увеличения абсолютной чувствительности датчика.

Относительная чувствительность S_I представляет собой абсолютную чувствительность, нормированную на ток, протекающий через холловский датчик, и измеряется в (Ом/Тл). Относительную чувствительность можно найти по формуле 2:

$$S_I = |(1/I) * (\partial V_H / \partial B)| = |1 / qn_{2D}| = |S_A / I| \quad (2)$$

На рисунке 3 приведены выходные характеристики различных преобразователей магнитного поля при одинаковом напряжении питания равном 5 В.

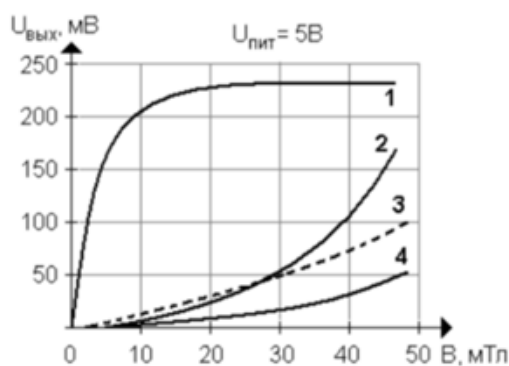


Рис. 3. Выходные характеристики различных преобразователей магнитного поля; 1 – пленочный магниторезистор, 2 – монолитный магниторезистор, 3 – элемент Холла InSb, 4 – элемент Холла GaAs.

Из рисунка видно, что при магнитной индукции 5 мТл, соответствующей линейным участкам всех приведенных характеристик, чувствительность тонкопленочных магниторезисторов в 5 раз выше чувствительности других магниточувствительных приборов [2].

4. Выводы

Датчики Холла имеют ряд недостатков:

- С ростом индукции управляющего поля растет входное сопротивление магниточувствительного элемента, поэтому при высоких индукциях (1Тл и более) значение тока управления следует выбирать таким, при котором температура элемента не будет превышать допустимую;
- Порог чувствительности датчика характеризуется многими параметрами МЧЭ: величиной остаточного напряжения, уровнем собственных шумов, величиной тока управления и т.д.;
- Значение остаточного напряжения зависит от направления и значения тока управления, от температуры элемента;

- Повышенная температурная и пьезочувствительность в условиях функционирования системы (механические перегрузки и высокая температура в начале траектории полета носителя).

С учетом этих недостатков датчики Холла не целесообразно применять для решения поставленной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чесницкий А. В. Разработка и исследование магнитооптических и трехосевых холловских датчиков - Новосибирск-2018
2. Портной, Г. Современные магниточувствительные датчики Холла и приборы на их основе / Г. Портной // Вестник автоматизации. – 2013. – Т. 1. – № 29.

POSSIBILITY OF USING HALL SENSORS FOR DETECTING MAGNETIC OBJECTS

Druselevich Victoria Alekseevna, student, e-mail druzelewitch.vika@yandex.ru,
Zyryanova Valentina Vasilevna, student, e-mail
zyryanova.valentina2000.@yandex.ru,

Gmerina Anastasia Olegovna, student, e-mail gmerina.nastya@yandex.ru,
¹Novosibirsk State Technical University, 630073 Karl Marx Ave.,
Novosibirsk, Russia

Correspondence address: Druselevich Victoria, Novosibirsk state
Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel.(913)005-
48-19

Scientific supervisor Sankov O.V. senior lecturer of the department AICS

Abstract: The article considers the possibility of using Hall sensors in detection systems for specified technical metal-containing ground or surface objects. The operating principle and types of Hall sensors were also given. At the end of the article, a conclusion is made about the inexpediency of using the latter as part of a system for detecting metal-containing technical objects due to a number of shortcomings of the Hall sensor.

МЕТОД МНОГОПороГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Завгородний Семен Сергеевич, магистрант;

Рысюков Максим Игоревич, магистрант;

Новосибирский государственный технический университет, 630073,

Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)3462623

Завгородний С.С., e-mail: zavgorodnij.2015@stud.nstu.ru

Рысюков М.И., e-mail: makrys@mail.ru

Научный руководитель Борисова И.В., доцент кафедры АИУС, НГТУ

Аннотация: Рассматривается задача сегментации монохромных изображений, основанная на критериальном подходе. Вводится эмпирическая критериальная функция, график которой отличается гладкостью и мультимодальностью. Участки между локальными минимумами графика критериальной функции соответствуют сегментам изображения. Предложенная сегментация может выполняться без предварительного задания количества классов. Результат сегментации может использоваться для выделения формы целевых объектов в задачах автосопровождения и распознавания целей.

Ключевые слова: обработка изображений, сегментация, метод Отсу, мультипороговая обработка, межклассовая дисперсия.

1. Введение

В большинстве методов распознавания изображений первичной стадией является сегментация. Сегментация изображений фоно-целевой обстановки представляет собой одну из самых сложных задач обработки изображений. Разделение изображения на фон и цель облегчает дальнейшую обработку, включая автосопровождение и распознавание образов.

Наиболее простыми для реализации являются методы пороговой обработки гистограмм яркости. Первоначальная идея гистограммного подхода (метод мод) основывалась на предположении об унимодальности распределения вероятностей для каждого класса и незначительном влиянии границ. В этом случае пороги сегментации находятся по положению впадин. Однако реальные гистограммы обычно сильно изрезаны, а границы между однородными участками размыты. Если реальное изображение не удовлетворяет условиям метода мод, возможно улучшение гистограммы, в том числе, путем ее сглаживания [1]. Если непосредственное использование гистограмм первого порядка не приводит к желаемому результату, вводится некоторая мера качества сегментированного изображения и выполняется максимизация соответствующей критериальной функции. Наиболее популярным способом нахождения порога является метод Отсу [2], или дискриминантный критерий, основанный на поиске максимума межклассовой дисперсии.

Метод Отсу может применяться и для мультипороговой обработки [3],

однако число классов должно быть задано заранее. Этот метод основан на многопараметрической оптимизации, а увеличение числа классов вызывает экспоненциальный рост продолжительности вычислений. Уменьшение затрат на вычисления возможно за счет выполнения операций разбиения, слияния и коррекции областей, полученных на предыдущем шаге обработки [4, 5].

В данной работе мы рассмотрим критериальную функцию для нахождения порогов сегментации изображений. Задачу сегментации будем рассматривать как начальную стадию процесса обнаружения объекта по заданному шаблону. Для такой задачи желательно, чтобы целевой объект не был разбит на сегменты и не сливался с сегментами фона. При этом предполагается, что контраст объекта относительно фона очень низкий. Некоторые элементы фона могут совпадать по яркости с элементами объекта.

2. Критериальная функция для мультипороговой сегментации

В методе Отсу порог p разделяет распределение значений яркости изображения $G = \{0, 1, \dots, L\}$ на два класса – фон $C_0 = \{0, 1, \dots, p\}$ и объект $C_1 = \{p+1, p+2, \dots, L\}$, $p \in G$. Оптимальный порог p^* определяется как

$$p^* = \max_{p \in G} \frac{(E w_0 - E_0)^2}{w_0(1 - w_0)\sigma^2}, \quad (1)$$

где σ^2 – дисперсия распределения значений яркости изображения, w_0 – вероятность принадлежности наугад взятой точки к фону, E – математическое ожидание яркости всего изображения, E_0 – математическое ожидание яркости фона.

Пронормируем в (1) математическое ожидание яркости фона, т.е. введем критериальную функцию следующим образом:

$$D(p) = \frac{\left(E w_0 - \frac{E_0}{w_0} \right)^2}{w_0(1 - w_0)\sigma^2}. \quad (2)$$

График критериальной функции, полученный по формуле (2), отличается мультимодальностью. По этому графику производится сегментация на столько классов, сколько получено локальных пиков. Пороги, ограничивающие области, выставляются по точкам минимума графика D .

3. Результаты сегментации

На рисунке 1 приведен пример исходного изображения и его гистограмма яркости. Легко заметить, что гистограмма сильно изрезана и не удовлетворяет условиям метода мод.

График критериальной функции по формуле (2) и результат сегментации приведены на рисунке 2.

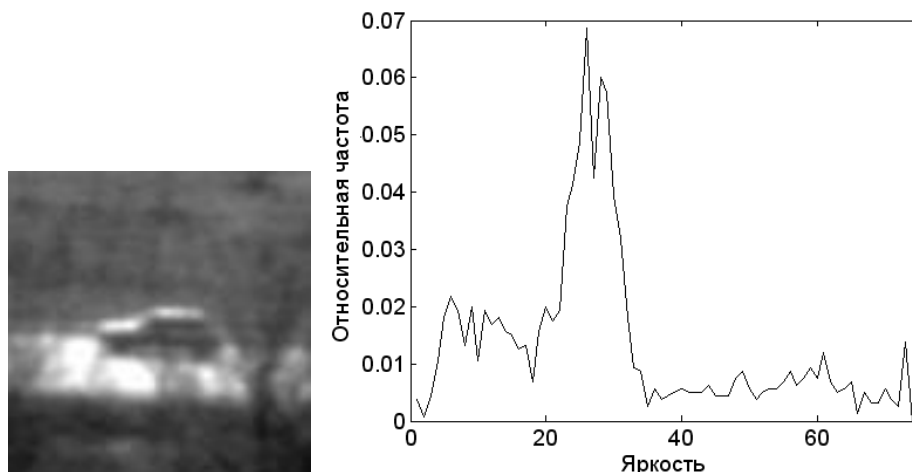


Рис. 1. Исходное изображение и его гистограмма

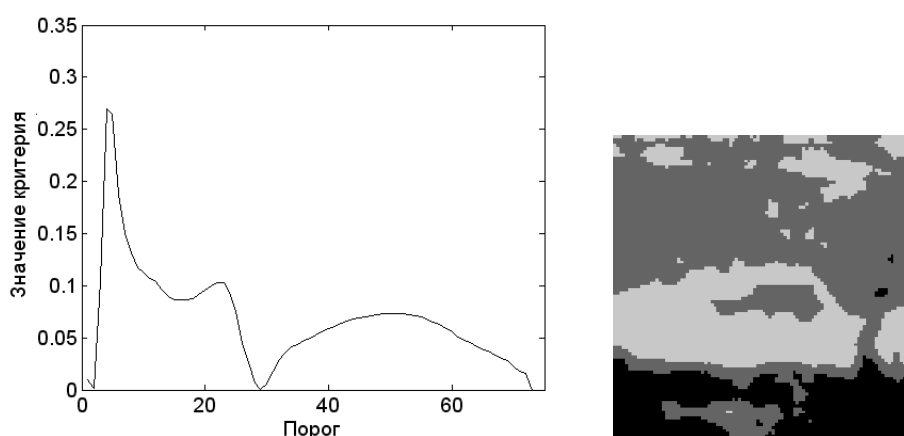


Рис. 2. График критериальной функции по формуле (2) и результат сегментации

Сравним полученные результаты с сегментацией мультипороговым методом Отцу, показанной на рисунке 3 (разделение на три класса).

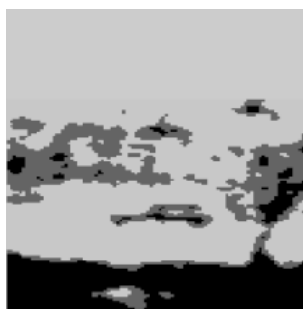


Рис. 3. Результат сегментации мультипороговым методом Отсу

Ошибка сегментации (суммарное среднеквадратическое отклонение значений яркости от среднего по классам) оказывается ниже для критерия Отсу – 66,7 против 70,1 у предложенного метода. Но результат сегментации полученный предложенным методом гораздо удобнее для выделения формы целевых объектов, которая может использоваться в задачах распознавания и автосопровождения.

4. Выводы

Предложенный критерий (2), являясь развитием гистограммного подхода, обладает сильным сглаживающим действием по отношению к изрезанности исходной гистограммы яркости. Данный метод показывает лучшие результаты по сравнению с локальным сглаживанием и спектральной фильтрацией гистограмм [6]. Особый интерес представляет возможность выполнять сегментацию без предварительного задания количества классов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакут П.А., Колмогоров Г.С. Сегментация изображений: методы выделения границ областей // Зарубежная радиоэлектроника. – 1987. – № 10. – С.25–47.
2. Otsu N. A threshold selection method from gray-level histograms // IEEE Transactions on systems, MAN, and CYBERNETICS. – 1979. – Vol. SMC-9, №. 1. – P. 62-66.
3. Liao P.S., Chen T.S., Chung P.C. A fast algorithm for multilevel thresholding// J. Inf. Sci. Eng. – 2001. – Vol. 17 (5). –P. 713–727.
4. Zhang Y. Fast Segmentation for the Piecewise Smooth Mumford-Shah Functional // International Science Index, Physical and Mathematical Sciences. – 2008. – Vol. 2 (9). –P. 677–682.
5. Харинов М.В. Обобщение трех подходов к оптимальной сегментации цифрового изображения// Труды СПИИРАН. – 2013. – Вып. 2(25). – С.294–316.
6. Борисова И.В. Сегментация и автосопровождение объектов на сложном подстилающем фоне // Оптический журнал. – 2011. – т.78, №5. – С.27–30.

MULTITHRESHOLD SEGMENTATION METHOD

Zavgorodnij Semen S., Graduate student; Rysiukov Maksim I., Graduate student; Borisova Irina V., Ph.D. (Engineering)

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. +7(383)3462623

Zavgorodnij Semen S, e-mail: zavgorodnij.2015@stud.nstu.ru

Rysiukov Maksim I., e-mail: makrys@mail.ru

Scientific supervisor Borisova Irina V., associate Professor of the department AICS

Abstract: The article deals with the problem of segmentation of monochrome images based on the criterion approach. An empirical criterion function is introduced, its graph is smooth and multimodal. The areas between the local minima of the criterion function graph correspond to the image segments. The proposed segmentation can be performed without specifying the number of classes in advance. The segmentation result can be used to detect the shape of targets in the tasks of automatic tracking and target recognition.

Keywords: image processing, image segmentation, Otsu method, multilevel

thresholding, between-class variance.

УДК 621.372.8

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕНН И СВЧ-УСТРОЙСТВ НА ГАР-ВОЛНОВОДАХ

Запорожан Екатерина Вячеславовна, студент;

Мельников Александр Николаевич, студент;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Запорожан Е.В., email zekaterina2017@mail.ru

Мельников А.Н., email amelnikov99@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Мельников Александр Николаевич,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 3462623

Научный руководитель Шебалкова Л.В., старший преподаватель кафедры
АИУС, НГТУ

Аннотация: С повышением частот в радиолокационных системах остро возникла проблема с традиционными канализирующими системами, прежде всего это связано с значительным усложнением технологии изготовления волноводов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, и как следствие, антенн и антенных решеток на их базе, большого затухания в кабелях, микрополосковых линиях и др. В работе представлено описание принципов построения Гар-волноводов, преимущества и проблемы, решаемые устройствами на основе Гар-волноводов

Ключевые слова: Гар волновод, PEC, PMC, PCV – технология

Введение

В последние годы наблюдается тенденция освоения более широко и доступного сверхвысокочастотного спектра, в связи с сильными перегрузками в существующем частотном диапазоне. Также при разработке современных радиотехнических систем, используемых в технике радиосвязи, радиолокации, оборонных областях радиоэлектроники, сегодня требуются новые принципы построения устройств и антенн, уменьшения их массогабаритных параметров, потерь мощности и экономических затрат, обеспечивая при этом надежность и многофункциональность. С повышением частот в радиочастотных устройствах возникла проблема значительного усложнения технологии изготовления волноводов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, больших потерях в кабелях и микрополосковых линиях.

Гар-волновод решает эту проблему и имеет такие же низкие потери мощности, как и обычный прямоугольный волновод, и в тоже время имеет такую же интегрирующую способность и низкую стоимость изготовления, как и микрополосковые линии, что удовлетворяет требованиям к современным

радиотехническим системам, особенно в терагерцевом диапазоне.

1. Технология Гар-волноводов

Технология Гар (щелевых) волноводов использует теорию о том, что идеальные электропроводящие (РЕС – perfect electric conductor) и идеальные магнитнопроводящие плоскости (РМС – perfect magnet conductor) с зазором меньше четверти длины волны препятствуют распространению электромагнитных волн между ними. При этом, если в поверхность РМС включить металлическую полосу, то электромагнитные волны будут распространяться по ней, что схематично показано на рисунке 1 [1].

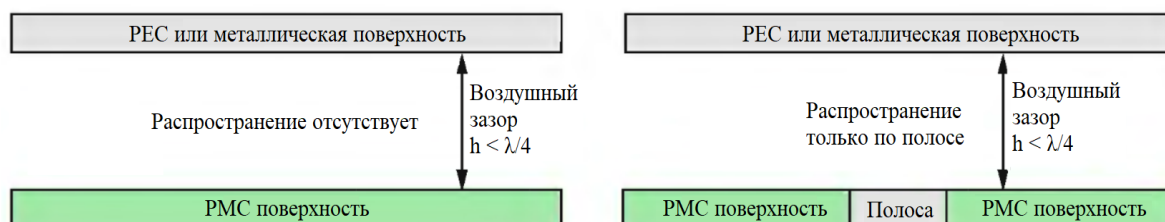


Рис.1. Поперечное сечение идеального Гар волновода [1]

В природе не существует идеальных магнитопроводящих поверхностей, поэтому в практическом применении РМС свойства реализуются искусственно магнитопроводами в виде периодических трехмерных периодических или плоских многослойных структур. Таким образом структура реального Гар-волновода основана на структурах, имеющих достаточно высокое поверхностное сопротивление для создания полосы задержки, по которой не смогут распространяться моды параллельных пластин. Однако для завершения волновода текстура поверхности искусственных магнитопроводов также должна включать направляющие структуры в виде выступов, канавок и полос [1].

Главным преимуществом структуры Гар-волноводов является возможность реализации без каких-либо требований к металлическому контакту между верхней и нижней поверхностями, и тем самым это позволяет минимизировать экономические затраты на производство компонентов с малыми потерями для волноводов, предназначенных для работы в миллиметровом диапазоне и выше. Упрощение механических требований позволяет применять обработку низкой или средней точности, снижает время производства, и даже делает возможным использование некоторых дешевых производственных методов, таких как литье под давлением и горячее теснение. Режимы работы Гар-волновода зависят от его геометрии [2]. Желаемый режим в Гар-волноводе с выступом, Гар-волноводе с инвертированной полосой и многослойной структурой схожи по своей природе и все реализуют квази-ТЕМ режим внутри полосы задержки. С другой стороны, желаемый режим Гар-волновода с канавкой очень близок к TE_{10} (H_{10}) режиму прямоугольного волновода (рисунки 2 – 3) [1].

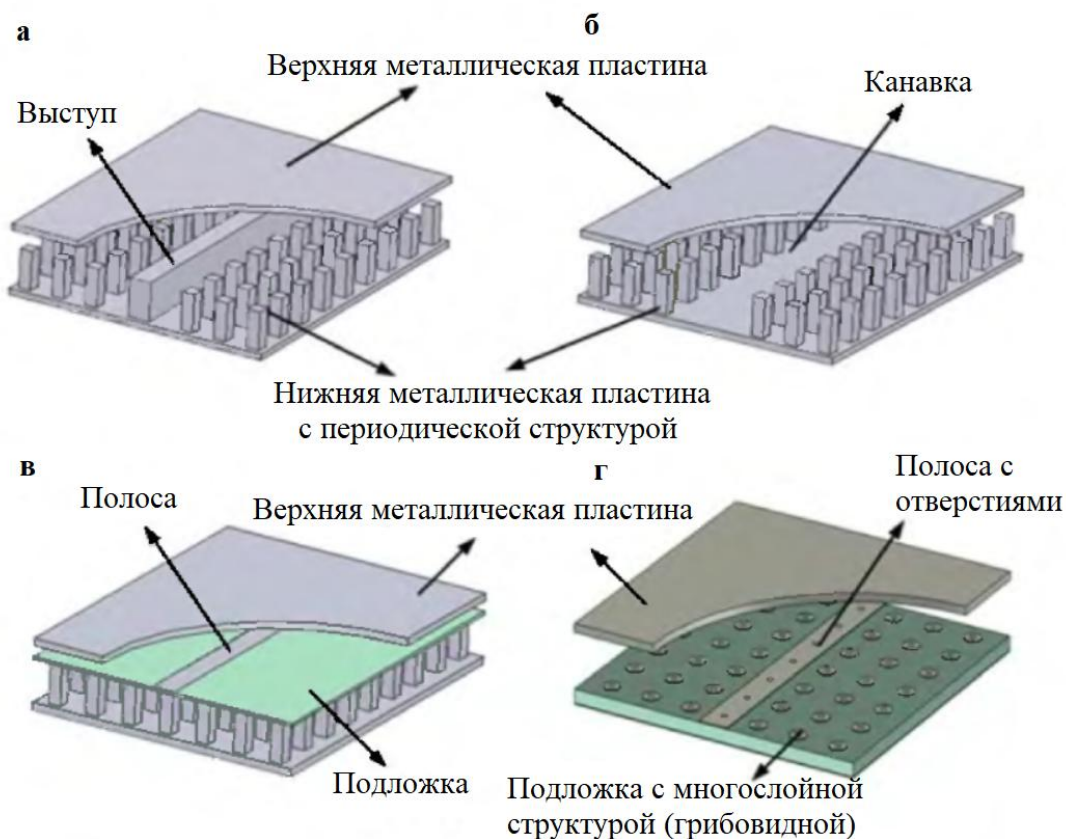


Рис. 2. Гар-волноводы различной геометрии: а) с выступом; б) с канавкой; в) с инвертированной микрополосковой линией; г) с многослойной структурой [1].

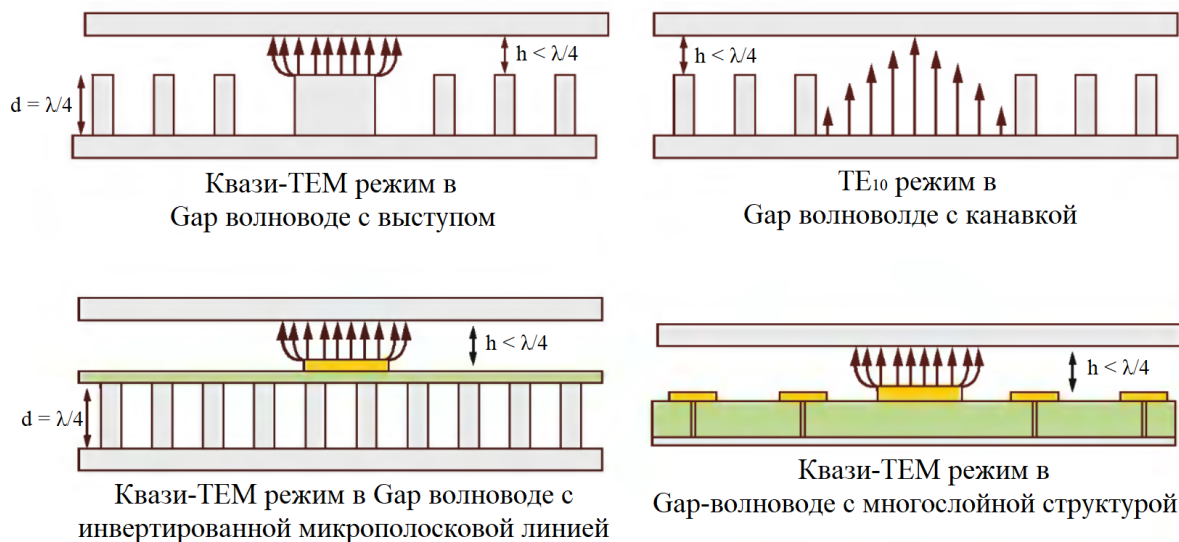


Рис. 3. Гар-волноводы различной геометрии: а) с выступом; б) с канавкой; в) с инвертированной микрополосковой линией; г) с многослойной структурой [1].

3. Малогабаритный микроволновый модуль на основе Гар-волновода

Микроволновый модуль основывается на геометрии основных видов Гар-волнопроводов. Здесь также плоскопараллельная разделенная структура достигается за счет идеальной (РМС) искусственной магнитопроводящей и идеальной

электропроводящей (РЕС) пластин с расстоянием друг от друга менее четверти длины волны. Когда размещаются подложка и микрополосковая линия, нижняя пластина микрополосковой подложки играет роль РЕС поверхности, а верхняя с периодической структурой – искусственной магнитопроводящей поверхности. В этом случае основная мода микрополосковой линии сможет распространяться по линии, а поле в прочих областях будет гаситься сопротивлением параллельных РЕС-РМС пластин. Таким образом подавляются все нежелательные утечки или излучения через побочные моды в рабочем частотном диапазоне. Применение технологии плотной компоновки легко расширяется и до устройств сверхвысоких частот и включает применение для различных микроволновых частотных диапазонов начиная от X-диапазона (8-12 ГГц) и заканчивая W-диапазоном (75-110 ГГц) [1].

Кроме улучшения электрических характеристик технология плотной компоновки обладает преимуществами доступного использования массивных волновых симуляций, основанных на методе конечных элементов. С этими новыми технологиями разработчики могут отказаться от расчетов с использованием идеальных магнитопроводящих поверхностей, вместо этого используя результат наложения нескольких слоев в качестве конкретного элемента. Это экономит время компьютерной обработки и избавляет от последующих модификаций готового изделия [1].

Результаты симуляций во всех наблюдаемых случаях показали, что побочные моды и поверхностные волны эффективно подавлялись в необходимой полосе частот, периодические структуры возможно реализовать на искусственных магнитопроводах. Однако несколько иные периодические структуры, такие как периодические металлические пружины или периодические зигзагообразные линии, интегрированные в подложку, также могут быть использованы для получения искусственных магнитопроводов различного вида. Несколько важных замечаний об устройствах, выполненных на основе технологии плотной компоновки для Гар-волноводов [1]:

- Поскольку энергетическая связь между основной модой микрополосковой линии и побочными модами подавляется, общая производительность готовой микроволновой схемой улучшается – уменьшаются мощностные потери.
- Отсутствует необходимость трудоемкого процесса после производственной коррекции, включающей использование поглощающего материала, порождающим потери, внутри укомплектованной схемы после окончания разработки.
- Изоляционные свойства готового комплекта не зависят от качества контакта между печатной платой и металлическим корпусом: нет необходимости в высококачественном заземлении и использования проводящего клея или прокладочного материала для многокамерных микроволновых модулей.

3. Вывод

Совместно с повышением частот в радиолокационных системах и

системах связи (например, в сетях 6G планируется использовать частоты терагерцового и субтерагерцового диапазонов) остро возникла проблема с традиционными канализирующими системами, прежде всего это связано с значительным усложнением технологии изготовления волноводов миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов, и как следствие, антенн и антенных решеток на их базе, большого затухания в кабелях, микрополосковых линиях и др. Технология Гар-волноводов способствует решению этой проблемы. Она использует теорию о том, что идеальные электропроводящие (РЕС) и идеальные магнитнопроводящие параллельные плоскости (РМС) с зазором меньше четверти длины волны препятствуют распространению электромагнитных волн между ними, при этом плоскость РМС реализуется специальной трехмерной структурой или тонкой многослойной структурой. Гар волновод имеет такие же низкие потери при передаче мощности, как и обычный прямоугольный волновод, и в то же время имеет такую же интегрирующую способность и низкую стоимость изготовления (особенно на ТГц), как и микрополосковые линии.

Устройства на основе Гар-волноводов, использующие, технологию плотной компоновки, обладают не только всеми преимуществами Гар-волноводов, но и позволяют также уменьшить потери, упростить и удешевить процесс изготовления изделия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A.U. Zaman, P.-S. Kildal, «GAP Waveguides», Antenna Systems Division, Signals and System Department, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2016.
2. B. Hussain, «Short-Slot Hybrid Coupler in Gap Waveguides at 38 GHz», Antenna Group, Department of Signals and System, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2011.

RESEARCH OF ANTENNAS AND MICROWAVE DEVICES ON GAP WAVEGUIDES

Zaporozhan Ekaterina Vyacheslavovna, Student, e-mail zekaterina2017@mail.ru

Melnikov Alexander Nikolaevich, Student, e-mail amelnikov99@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Scientific supervisor Shebalkova Lyubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Dep.

Abstract: With the increase in radar systems frequencies, there is an acute problem with traditional feeding systems, primarily due to the significant complication of the millimeter and submillimeter waves waveguides manufacturing technology, and as a result, antennas and antenna arrays based on them, large

attenuation in cables, microstrip lines, etc. The paper describes the principles of Gap waveguides constructing, the advantages and problems solved by devices based on Gap waveguides

Keywords: Gap Waveguide, PEC, PMC, circuit package technology.

УДК 621.396.965, 532,59, 534.143

РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ОБЪЕКТА

Иванайская Галина Евгеньевна, студент; Ющенко Валерий Павлович, д.т.н., профессор кафедры АИУС; Шебалкова Любовь Васильевна, старший преподаватель кафедры АИУС;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, просп. К. Маркса, 20

Иванайская Г.Е., e-mail: ivanajskaya00@mail.ru,

Ющенко В.П., e-mail: jwp7@mail.ru

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: *Иванайская Галина Евгеньевна*, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 14/1, тел. (960)789-30-24

Аннотация: предлагается метод реализации СВЧ-томографии с синтезом апертуры антенны и использованием монохроматического зондирующего сигнала. Дается математическое описание синтеза апертуры антенны с учетом распространения волны в двух средах. Теоретически рассматривается задача реконструкции изображения объекта, предполагаемая изотропной в плоскости, т. е. дискообразная диаграмма направленности датчика с неограниченным круговым сектором приёма, позволяющая изучать внутреннюю структуру объекта в плоскости диаграммного диска.

Ключевые слова: синтезированная апертура, реконструкция изображения, передаточная функция точки, опорные траекторные сигналы, корреляционная обработка

1. Введение

Известно, что отраженная или прошедшая сквозь объект СВЧ-волна несет полезную для диагностики информацию. Так, например, в исследованиях, проведенных в 1992-2000 гг. совместно сотрудниками РНЦ «Курчатовский институт», ГНЦ РФ «Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований» и Каролинского медицинского центра (г. Шарлота, США), выявлено, что диэлектрическая проницаемость ткани сердца с симптомами развивающегося инфаркта отличается от здоровой ткани на 20 %, что должно отражаться в параметрах принятой СВЧ-волны [1, 2].

До настоящего времени реально действующих на практике радиотомографов не создано [3].

Предлагается использовать для зондирования монохроматический сигнал.

Главной причиной отказа от импульсной модуляции электромагнитной волны является невозможность осуществить реконструкцию изображения внутренней структуры объекта, основываясь на учете запаздывания отраженного импульсного сигнала. Учесть такое запаздывание нереально из-за неодинаковой скорости распространения волны в неоднородных средах. Биологические ткани имеют резко отличающуюся относительную диэлектрическую проницаемость по сравнению с воздушной средой, из-за чего скорость распространения электромагнитной волны будет неодинакова в разных тканях. При разбросе скоростей невозможно реконструировать изображение внутренней структуры объекта по запаздыванию сигнала. Известные способы реконструкции предполагают постоянную скорость распространения зондирующего сигнала.

Еще одним препятствием на пути к практической СВЧ-томографии является сильное отражение зондирующего сигнала на границе раздела сред воздух-тело пациента. Сигнал, отраженный от границы раздела двух сред, на входе приемника значительно преобладает над сигналом, пришедшим от внутренних тканей пациента. Чтобы уменьшить отражение на границе раздела двух сред, применяют СВЧ-локацию пациента в водной среде [2]. Поскольку вода и ткани пациента имеют близкие относительные диэлектрические проницаемости, то СВЧ-сигнал меньше будет претерпевать отражений на границе раздела двух сред. Из-за малых отражений практически большая его часть проникнет к внутренним тканям и вернется назад к приемному устройству с полезной информацией. Но при этом приходится мириться с неудобствами, вызванными помещением пациента в водную среду.

2. Теория

Исключив движение датчиков локатора, можно получить определённые преимущества, по сравнению с методом синтеза апертуры при реконструкции. Так, например, отсутствие движущихся устройств при регистрации отраженных сигналов существенно облегчает сбор данных для томографирования. Легче обеспечить контакт пьезоизлучателя и пьезоприёмника с телом пациента.

Предлагаемое устройство будет содержать кольцо, выполненное из металла и представляющее собой правильную окружность. На металлическое кольцо с внутренней стороны наносится слой демпфера из звукопоглощающего материала. В слое демпфера, с небольшим утоплением располагаются полоски пьезоэлементов, выполняющих функции излучения и приёма ультразвуковых волн. Все элементы помещены внутри аппликатора, заполненного иммерсионной жидкостью, что обеспечит плотное прилегание к телу пациента. Такое устройство кольцевой антенной решётки позволит обеспечить согласованный обмен ультразвуковой энергии с телом пациента.

3. Алгоритм моделирования реконструкции точечных объектов с учётом диаграммы направленности.

Для начала рассмотрим задачу в плоскости. Это позволит реконструировать изображение объекта в текущей плоскости, в которой расположена ДН локатора. Пусть исследуемый объект помещён в квадрат внутри круга (рис. 1). Реконструкции подлежат объекты, находящиеся в

квадратной области (далее область реконструкции).

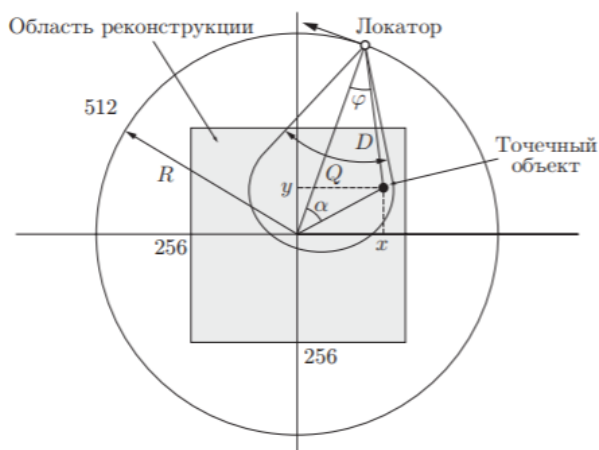


Рис. 1. Геометрия сбора данных локатором при движении по круговой траектории.

Суть корреляционной обработки состоит в следующем. Точечный объект расположен в области реконструкции. Задаются опорные точечные отражатели в декартовой системе координат, находящиеся в квадратной области. Координаты опорных точек (x_i, y_i) известны. Опорные точки (по 256 на каждой координате) расставляются равномерно по всей квадратной области с некоторым шагом. Чтобы определить координаты опорной точки, нужно номер отсчёта умножить на шаг Δ . Зная координаты опорных точек, нетрудно рассчитать отсчёты опорного траекторного сигнала для выбранной опорной точки с номером i :

$$s_k = A(\varphi_k) \cos\left(\frac{2\pi D_k}{\lambda}\right) \quad (1)$$

где $D_k = \sqrt{R^2 + (x_i^2 + y_i^2) - 2R\sqrt{x_i^2 + y_i^2} \cos a_k}$, $a_k = \arctg\left(\frac{y_i}{x_i} + \frac{2\pi}{512} * k\right)$,
 $k = 1, 2, 3, 4, \dots, 512$.

Здесь приняты следующие обозначения: s_k - отсчеты траекторного сигнала; D_k - отсчеты текущей дальности от i -й опорной точки до движущегося локатора; R - радиус окружности, по которой движется локатор; (x_i, y_i) - координаты i -й опорной точки; a_k - угловое положение локатора на круговой траектории.

Вычислим угол визирования на опорную точку от места нахождения локатора на круговой траектории φ_k . Этот угол отсчитывается между радиусом, соединяющим локатор с центром окружности, и линией визирования от локатора до опорной точки:

$$\varphi_k = \arcsin \frac{\sqrt{x_i^2 + y_i^2} \sin a_k}{D_k} \quad (2)$$

После нахождения угла визирования нетрудно рассчитать амплитуду траекторного сигнала, обусловленную ДН ультразвукового пьезопередатчика. Пусть в первом приближении диаграмма направленности изменяется по

косинусоидальному закону. Это повлияет на амплитуду траекторного сигнала:

$$A_k = \cos(\varphi_k) \quad (3)$$

Тогда траекторный сигнал, отраженный от опорной точки, с учетом изменений его амплитуды из-за диаграммы аправленности пьезодатчика при движении локатора по кругу примет вид

$$s_k = \cos(\varphi_k) \cos\left(\frac{2\pi D_k}{\lambda}\right) \quad (4)$$

В этом случае ДН будет иметь угловую ширину $Q=180^\circ$.

Уменьшить угловую ширину до 90° возможно при удвоении φ_k , а до 45° - при учетверении φ_k , и тогда траекторный сигнал запишем следующим образом:

$$s_k = \cos(4\varphi_k) \cos\left(\frac{2\pi D_k}{\lambda}\right)$$

По данному алгоритму рассчитывается траекторный сигнал для объектной точки. Любую из опорных точек можно взять в качестве объектной. Далее следует найти корреляцию траекторного сигнала объектной точки с каждым траекторным сигналом опорной точки:

$$B_{x_i, y_i}(k_1) = \sum_n^{2N} S(n) S_{x_i, y_i}(n) e^{j\frac{(2\pi)}{N} k_1 n} \text{ при } k_1 = 1, 2, \dots, 2N, \quad (5)$$

$$S(n) = \sum_{k=1}^{2N} s(k) e^{-j\frac{(2\pi)}{N} kn} \text{ при } k = 1, 2, \dots, N, \quad (6)$$
$$s(k) = 0 \text{ при } k = N+1, N+2, \dots, 2N$$

$$S_{x_i, y_i}(n) = \sum_{k=1}^{2N} s_{x_i, y_i}(k) e^{-j\frac{(2\pi)}{N} kn} \text{ при } k = 1, 2, \dots, N, \quad (7)$$
$$s_{x_i, y_i}(k) = 0 \text{ при } k = N+1, N+2, \dots, 2N$$

где $B_{x_i, y_i}(k_1)$ – отсчеты корреляционной функции объектного и опорного траекторных сигналов для конкретнй опорной точки; $S(n)$ – отсчеты спектра объектного траекторного сигнала; $S_{x_i, y_i}(n)$ – отсчеты спектра траекторного сигнала для объектной опорной точки, определяемой координатами (x_i, y_i) ; $s(k)$ - отсчеты объектного траекторного сгнала; $s_{x_i, y_i}(k)$ – отсчеты траекторного сигнала для конкретной опорной точки.

Для построения корреляционной поверхности используется только центральные отсчеты корреляционных функций.

Вывод

Техническим результатом изобретения является расширение области работы устройства за счёт обеспечения плотного ультразвукового контакта кольцевой антенной решётки с поверхностью шеи, грудинной или поясничной областями пациента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Львова Л.В. Объект внимания // Провизор. 2004. №20.
2. Получение изображения внутренних органов человека с помощью СВЧ // <http://www.tпки.ru/Project/Medic/md-2.html>
3. Якубов В.П., Славгородский С.А., Лосев Д.В. Информационные перспективы радиоволновой томографии // <http://www.ict.nsc.ru/ws/Lyap2001/2364/>

4. Yushchenko W. P. Object Image Reconstruction by Using Trajectory Doppler Signal in The Process of Monochromatic Probing and Circular Aperture Synthesis of Antenna. // Electrical and Electronic Engineering. P-ISSN; 2162-9455, e-ISSN: 2162-8459, 2012, 2(2): 1-6, DOI: 10.5923/j.eee. 20120202.01, <http://www.sapub.org/journal/archive.aspx?journalid=1008>
5. Yushchenko V. P., Edvabnik V. G., Gofman O. V., Duluba T. V., Legkii V. N. Method of Object Image Reconstruction Using a Circular Antenna Array Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 56(6), 614-622, 2021

DEVELOPMENT OF A PORTABLE RING ANTENNA ARRAY FOR THE NEAR ZONE OF THE PROBING OF OBJECT

Ivanayskaya Galina Evgenievna, Student; e-mail: ivanajskaya00@mail.ru,

Yushchenko Valery Pavlovich, D.Sc., Professor; e-mail: jwp7@mail.ru

Shebalkova Lyubov Vasilievna, Senior Lecturer; e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073,

Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract: A method for implementing microwave tomography with the synthesis of the antenna aperture and the use of a monochromatic probing signal is proposed. A mathematical description of the synthesis of the antenna aperture is given, taking into account the wave propagation in two media. Theoretically, we consider the problem of reconstructing the image of an object that is assumed to be isotropic in the plane, i.e., a disk-shaped radiation pattern of the sensor with an unlimited circular reception sector, which allows us to study the internal structure of the object in the plane of the diagram disk.

Keywords: synthesized aperture, image reconstruction, point transfer function, reference trajectory signal, correlation processing

РАЗРАБОТКА КОЛЬЦЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ДОСТАВКИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ В ТРЕБУЕМУЮ ОБЛАСТЬ ОРГАНИЗМА ПАЦИЕНТА

Иванайская Галина Евгеньевна, студент;

Ющенко Валерий Павлович, д.т.н., профессор кафедры АИУС

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, просп. К. Маркса, 20

Иванайская Г.Е., e-mail: ivanajskaya00@mail.ru,

Ющенко В.П., e-mail: jwp7@mail.ru

Адрес для корреспонденции: *Иванайская Галина Евгеньевна*, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 14/1, тел. (960)789-30-24

Аннотация: предложен метод, безопасной доставки сфокусированной ультразвуковой энергией в нужную область человеческого организма благодаря управлению фокусом с помощью кольцевой антенной решётки с целью лечения различных видов заболеваний (в частности для литотрипсии). Приведён алгоритм управления фазовращателями в каналах элементарных излучателей кольцевой антенной решётки для управления фокусом. Представлена предполагаемая конструкция решетки. Представлены результат модельного сканирования одноточечного объекта отображающие ситуации, когда отражающая точка расположена в центре кольца и когда отражающая точка удалена от центра.

Ключевые слова: фокусировка ультразвуковой энергии; дистанционная литотрипсия; матрица изображения; сканирование одноточечного объекта.

1. Введение

Одним из методов ультразвуковой хирургии является дистанционная литотрипсия суть которой заключается в разрушении камней в мочевой системе при помощи ультразвуковых волн направленного действия. Импульсы свободно проникают через окружающие ткани, а передача энергии осуществляется только в области фокуса – «рабочего пятна». Это вызывает постепенное «расшатывание» и разрушение кристаллической решетки камня почек или др. [1,2]

Многолетний опыт врачей проведения дистанционной литотрипсии позволяет выявить некоторые недостатки данного метода, одним из которых является отрицательное влияние локальной ударной волны не только на ткань самой почки, но частично на рядом расположенные органы. [1,2]

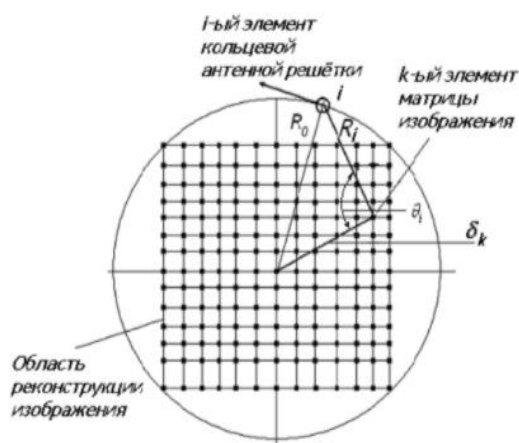


Рис. 1. Геометрическая схема дискретных мест расположения фокуса внутри кольцевой области.

Чтобы обезопасить дистанционную литотрипсию предлагается использовать кольцевую антенную решетку фокусирующую ультразвуковую энергию монохроматической волны локально.

2. Теория

Для решения поставленной задачи используется принцип управления сфокусированной ультразвуковой энергией монохроматической волны. Это возможно либо благодаря использованию апертурного синтеза [3] или кольцевой антенной решетки. Апертурный синтез требует для фокусировки перемещение доплеровского локатора по круговой траектории в водной среде. Это требует помещение пациента в водную среду, что нарушает комфорт пациента. Апертурный синтез не позволяет создать сфокусированную область очень высокой концентрации ультразвуковой энергии. Предлагается использовать кольцевую антенную решетку для создания сфокусированной ультразвуковой энергии высокой интенсивности.

Предлагаемое устройство будет содержать кольцо, выполненное из металла и представляющее собой правильную окружность. На металлическое кольцо с внутренней стороны наносится слой демпфера из звукопоглощающего материала. В слое демпфера, с небольшим утоплением располагаются полоски пьезоэлементов, выполняющих функции излучения и приёма ультразвуковых волн. Все элементы помещены внутри аппликатора, заполненного иммерсионной жидкостью, что обеспечит плотное прилегание к телу пациента. Такое устройство кольцевой антенной решетки позволит обеспечить согласованный обмен ультразвуковой энергии с телом пациента.

Управление положением фокуса будет происходить за счет подбора начальных фаз излучаемых волн антенными элементами. Начальные фазы излучаемых колебаний каждым элементом антенной решетки φ_i для любого положения фокуса в области реконструкции можно рассчитать по формуле (1), используя геометрическую схему рис. 1

$$\varphi_i = \frac{4\pi}{\lambda} R_i, \quad (1)$$

$$R_i = \sqrt{R_0^2 + \delta_{k,m}^2 - 2R_0\delta_{k,m}\cos\theta_i}, \quad (2)$$

где R_i – расстояние от (k,m) -го элемента матрицы изображения до i -го элемента кольцевой антенной решетки, k – номер элемента строки матрицы изображения, m – номер столбца матрицы изображения, R_0 – радиус кольцевой антенной решетки, $\delta_{k,m} = \Delta\sqrt{k^2 + m^2}$ – расстояния от центра кольцевой антенной решетки до (k,m) -го элемента матрицы изображения, Δ – шаг между элементами матрицы изображения, λ – длина ультразвуковой волны, Θ_i – меняющийся угол между $\delta_{k,m}$ и R_i при смене i -го элемента кольцевой антенной решетки.

Для расчета требуемого угла поворота фазы сигнала φ_i , в i -ом фазовращателе, который обеспечивает попадание фокусом в нужный элемент матрицы, изображённой на рисунке 1, из рассчитанной фазы по формуле (1) следует отбросить целое число периодов волны, как это показано в выражении (3)

$$\varphi_i = \frac{4\pi}{\lambda}R_i - 4\pi n_i \quad (3)$$

где n_i – целое число волн λ , укладываемых на отрезке R_i . Цифра 4 означает, что волна проходит удвоенное расстояние R_i , то есть от фокуса до элемента кольцевой решетки и обратно.

Задавая $\delta_{k,m}$ мы будем управлять местоположением фокуса. Но для этого надо рассчитать, а потом изменить по результатам расчета начальные фазы волн на выходах излучающих элементов кольцевой решетки в соответствии с выражением (3). Эти действия позволяют пересраивать фокус, обеспечивая в нем концентрацию энергии всех излучателей кольцевой антенной решетки.

На рисунках 2 и 3 представлен результат модельного сканирования одноточечного объекта. Рисунок 2 соответствует ситуации, когда отражающая точка расположена в центре кольца, а рисунок 3, соответствует ситуации, когда отражающая точка удалена от центра. [2]

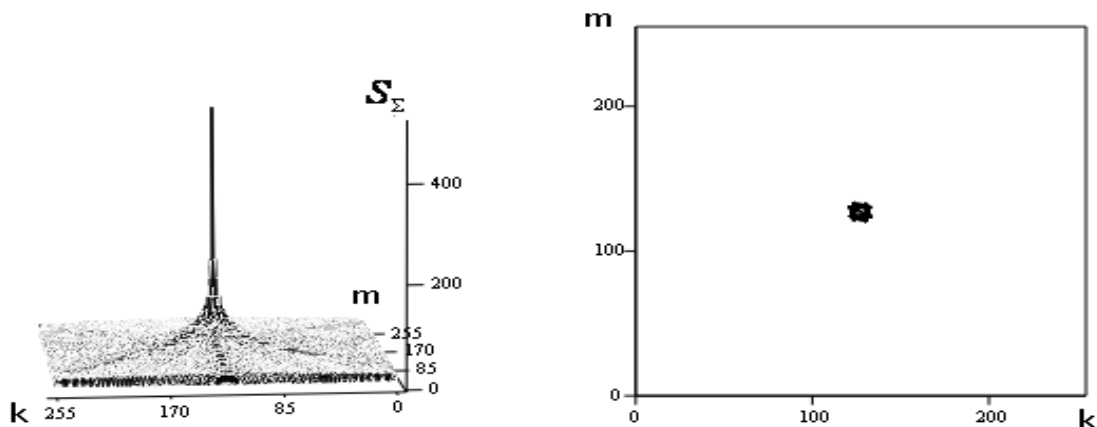


Рис. 2. Отражающая точка расположена в центре кольца

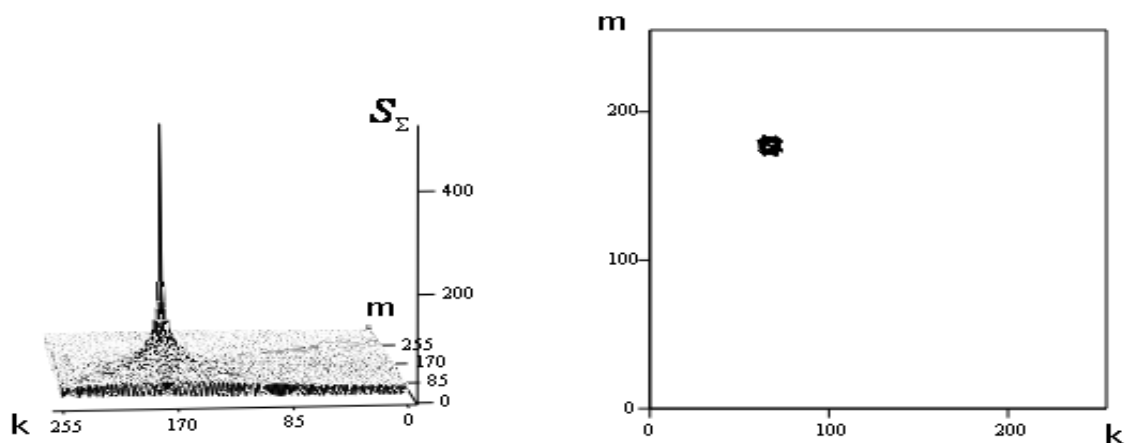


Рис. 3. Отражающая точка удалена от центра

Выводы

Как видно из рисунков 2 и 3 кольцевая антенная решётка позволяет управлять фокусом. Это позволяет сканировать внутренности объекта, расположенного внутри кольца.

Управление фокусом даёт возможность концентрировать энергию только в фокусе, в нужной области тела пациента, поэтому соседние ткани за пределами фокуса не будут травмированы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

6. Люлько А.В. Литотрипсия: различные ее виды и показания к применению. [Текст] / Люлько А.В., Стусь В.П., Баранник С.И., Фридберг А.М., Светличный Э.А.
7. Гранд Медика. Безопасный метод дробления камней почек [Электронный ресурс]: <https://gm.clinic/distantsionnaya-litotripsiya-bezopasnyy-metod-drobleniya-kamney-pochek.php>.
8. Yushchenko W. P. Object Image Reconstruction by Using Trajectory Doppler Signal in The Process of Monochromatic Probing and Circular Aperture Synthesis of Antenna. // Electrical and Electronic Engineering. P-ISSN; 2162-9455, e-ISSN: 2162-8459, 2012, 2(2): 1-6, DOI: 10.5923/j.eee. 20120202.01, <http://www.sapub.org/journal/archive.aspx?journalid=1008>
9. Ющенко В.П. Метод реконструкции изображения объекта с помощью кольцевой антенной решетки [Текст] / Ющенко В.П., Эдвабник В.Г., Гофман О.В., Дулуба Т.В., Легкий И.Н.
10. Yushchenko V. P., Edvabnik V. G., Gofman O. V., Duluba T. V., Legkii V. N. Method of Object Image Reconstruction Using a Circular Antenna Array Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 56(6), 614-622, 2021

DEVELOPMENT OF A RING ANTENNA ARRAY FOR DELIVERING ULTRASONIC ENERGY TO THE DESIRED AREA OF THE PATIENT'S BODY

G. Ivanayskaya; student, e-mail: ivanajskaya00@mail.ru,

V. Yushchenko, D.Sc., Professor; e-mail: jwp7@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 K. Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia

Abstract: A method is proposed for the safe delivery of focused ultrasonic energy to the desired area of the human body by controlling the focus using a ring antenna array for the treatment of various types of diseases (in particular for lithotripsy). An algorithm for controlling the phase shifters in the channels of elementary emitters of a ring antenna array for controlling the focus is presented. The proposed lattice design is presented. The results of model scanning of a single-point object are presented, which show the situations when the reflecting point is located in the center of the ring and when the reflecting point is removed from the center.

Keywords: focusing of ultrasonic energy; remote lithotripsy; image matrix; scanning of a single-point object.

РАЗРАБОТКА ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДПОВЕРХНОСТНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ

Иванов Никита Вячеславович, магистрант; Федорова Ксения Владимировна, магистрант;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.

Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)3462623

Научный руководитель: Шебалкова Любовь Васильевна

Иванов Н.В., e-mail: nikiz2017@mail.ru

Федорова К.В., e-mail: kseny_75@mail.ru

Шебалкова Л.В., email shebalkova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Иванов Никита Вячеславович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 3462623

Аннотация: целью данной работы является разработка антенной системы подповерхностной радиолокации для георадара, применяемого при проведении операций по разминированию, в виде щелевой антенны-бабочки в диапазоне частот от 2 до 4 ГГц.

Ключевые слова Subsurface location, GPR, antennaПодповерхностная локация, георадар, антенна

Введение

Радары подповерхностной локации (георадары) имеют важное значение в жизни человечества. Широко применяют георадары в гражданском строительстве. С помощью них происходит обнаружение пустот и полостей, обнаружение стальной арматуры для цементирования в бетоне, геотехнические исследования фундаментов, расположение подземных коммуникаций.

Так же радары подповерхностной локации применяют для обследования асфальтовых покрытий, проезжих частей, взлетно-посадочных полос, настилов мостов.

Что касается гуманитарного разминирования, сейчас эта проблема имеет особую актуальность для многих государств. После окончания второй мировой войны во всех регионах мира продолжали возникать многочисленные военные конфликты. Все эти конфликты сопровождались широким применением противоборствующими сторонами наземных мин, из года в год активность и масштабы их применения возрастали. В результате, во всех регионах мира на территориях 64 стран установлено около 110 миллионов мин и примерно 100 миллионов их находится на складах в готовности к немедленному применению. Мины убивают или ранят кого-то каждые 20 мин, это предполагает 70 человек в день и более 20 000 человек в год.

При нынешних темпах расчистки потребуется около 1100 лет для удаления всех уже установленных наземных мин и неразорвавшихся бомб.

1. Области применения подповерхностной локации

Георадарный метод является хорошо признанным методом обнаружения мин и неразорвавшихся боеприпасов. Георадар постулируется, как идеальное решение для разминирования и удаления неразорвавшихся боеприпасов. Пригодность метода основана на его быстродействии и безопасности в качестве неразрушающего метода по сравнению с другими более инвазивными процедурами, такими как раскопки или традиционные методы проверки, которые могут быть явно опасными. Кроме того, георадарная техника способна обнаруживать как металлические, так и неметаллические наземные мины, поскольку существует разница в электромагнитном контрасте между Землей и целью.

Основные области применения георадара в транспортной инфраструктуре обычно включают измерение толщины слоев дорожного покрытия, обнаружение пустот под слоями, обнаружение и определение местоположения арматурных стержней, проверку структуры дорожного покрытия и картографирование подземных коммуникаций.

Георадар также предоставляет заслуживающую внимания информацию о качестве балласта и состоянии путевого полотна, в дополнение к геотехническим свойствам земляного полотна и материалов недр. На рисунке 1 представлены 3D данные георадиолокации при исследовании железнодорожного балласта. Видны различные плохие слои, а также обнаруживаются возможные пустотные аномальные зоны.

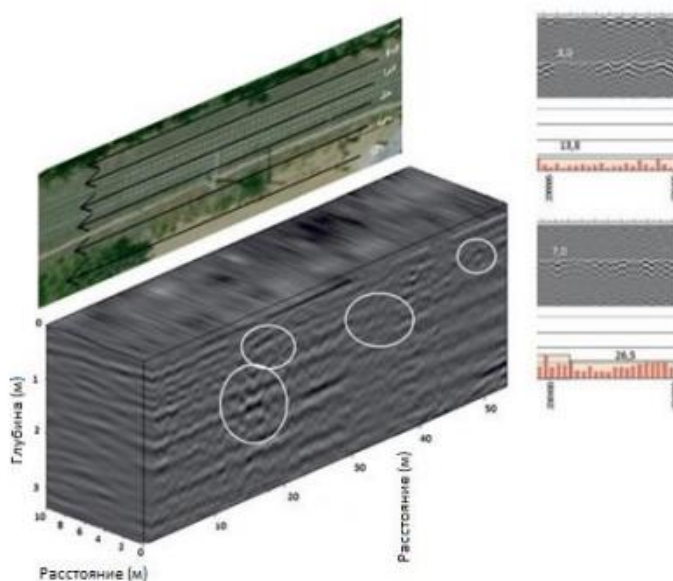


Рис. 1. 3D данные георадиолокации при исследовании железнодорожного балласта

На рисунке 2 показаны примеры применения георадара при обнаружении мин. При анализе определяется тип и глубина залегания мин. Определяется независимо от материала оболочек.



Рис. 2. Применения георадара при обнаружении мин

3. Моделирование щелевой антенны-бабочки для георадара

Для моделирования в программе HFSS используем в форме параллелепипеда размером 140x140x1,6 из материала – Taconic (TLY), имеющего следующие характеристики – $\epsilon=2,2$ (диэлектрическая проницаемость), $\text{tg}=0,0009$ (тангенс угла диэлектрических потерь). Изображаем щелевую антенну–бабочку (рисунок 3).

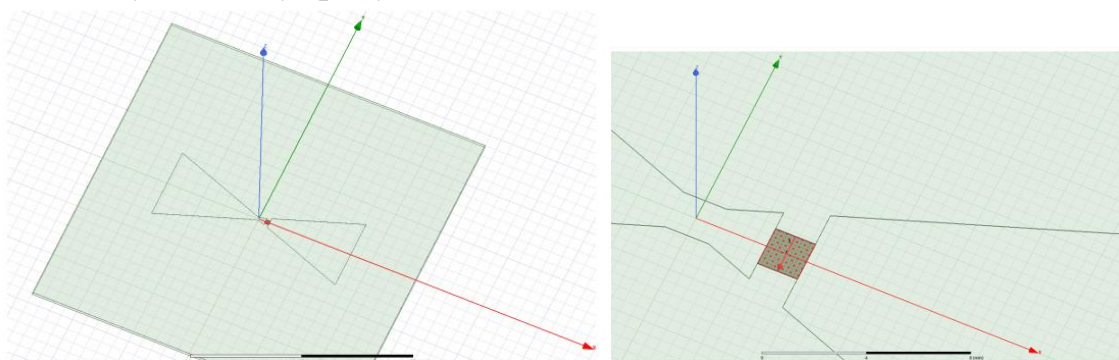


Рис. 3 – Слева электродинамическая модель, справа – порт.

Результаты расчета в частотной области в виде коэффициента стоячей волны по напряжению и коэффициента направленного действия представлены на рисунке 4. Здесь видно, что у КСВ минимальное значение на частоте 2.46 ГГц составило 1.086, а у КНД 5.85 дБ.

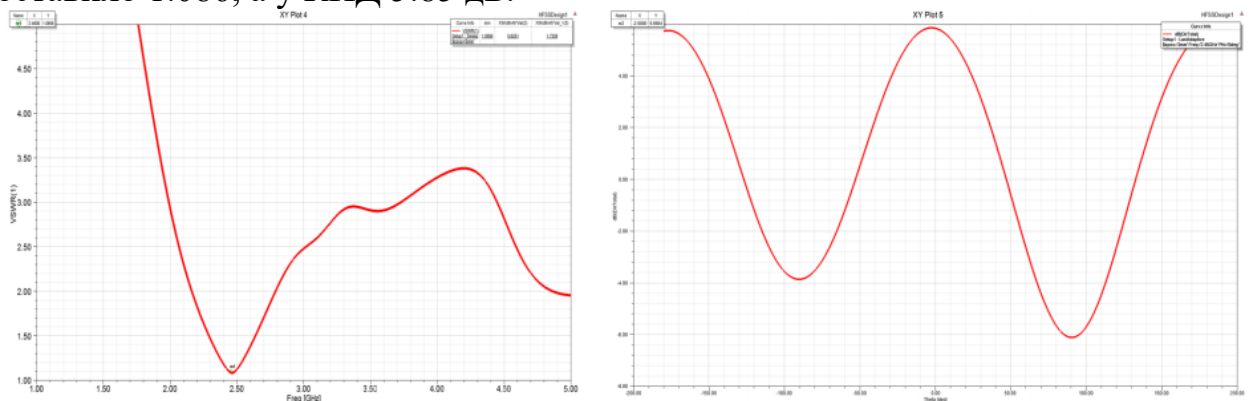


Рис. 4. Слева КСВ по напряжению, справа КНД

Результат расчетов во временной области представлен на рисунке 5.

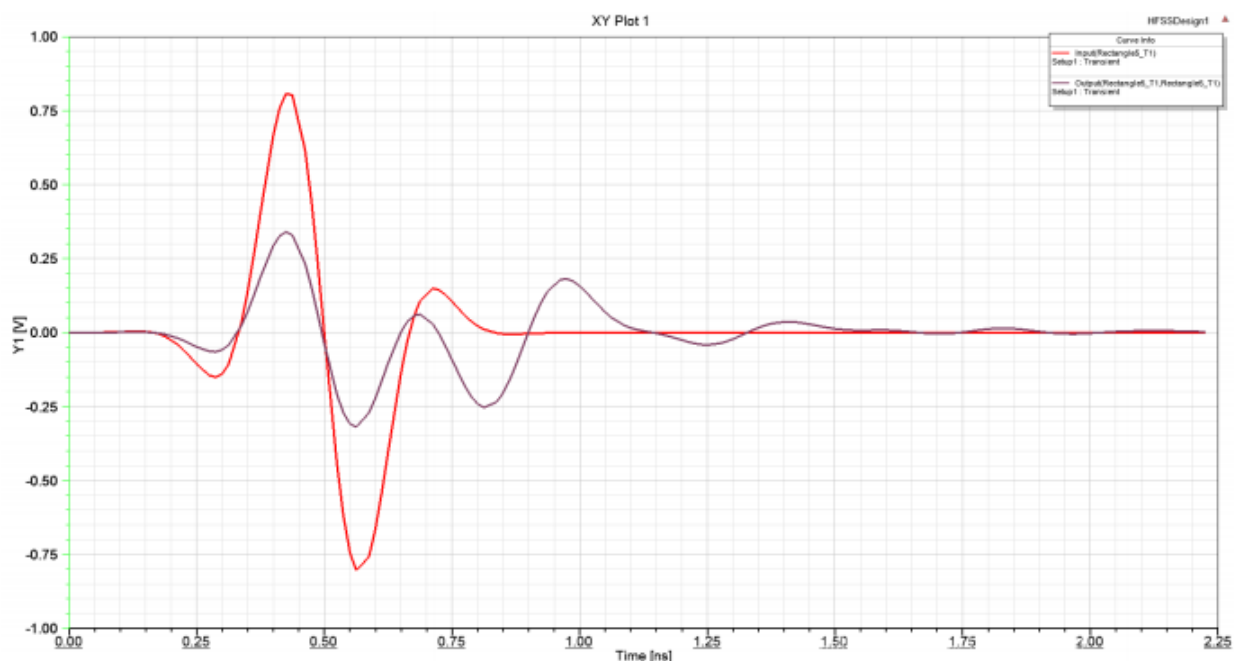


Рис.5. Результат расчета во временной области.

В излученном и принятом сигналах отсутствует послеимпульсные колебания. Импульс на входе антенны обычно искажается из-за отражений вдоль пути распространения по антенне и больше всего от ее краев. Суммарное отражение может вызвать паразитные выбросы на импульсе эхо – сигнала во временной области. Причиной этого является, то что антенна представляет собой резонансную структуру с высокой добротностью и имеет низкую полосу пропускания, чтобы вместить полосу импульсного сигнала.

Выводы

Антенна в виде галстука–бабочки имеет широкую полосу пропускания и высокую точность воспроизведения, а также обладает низкопрофильностью, металлизированная поверхность снизу подложки значительно уменьшает излучение в заднюю полусферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гринев Ю.А. «Вопросы подповерхностной радиолокации» // –М.: Радиотехника, 2005. –416 с.: ил. (Сер. «Радиолокация»).
2. Изюмов С.В., Дручинин С.В., Вознесенский А.С. «Теория и методы георадиолокации» // Учеб. пособие. – М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2008. – 196 с: ил
3. Baker G.S., Jol H.M. Stratigraphic Analyses Using GPR, Geological Society of America, 2007, pp.10–17.
4. Benedetto A., Pajewski L., «Civil Engineering Applications of Ground Penetrating Radar».

DEVELOPMENT OF A BROADBAND ANTENNA FOR A SUBSURFACE RADAR SYSTEM

Students: Ivanov Nikita Vyacheslavovich, e-mail nikiz2017@mail.ru,

Fedorova Ksenia Vladimirovna, e-mail kseny_75@mail.ru

Scientific adviser: Shebalkova Lubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department

email shebalkova@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract - The purpose of this work is to develop an antenna system for subsurface radar for GPR used in mine clearance operations, in the form of a slit butterfly antenna in the frequency range from 2 to 4 GHz.

Keywords – Subsurface location, GPR, bowtie antenna

УДК 004.932.72

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТ СЛИЯНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Исаков Никита Андреевич, магистрант; Ким Илья Сергеевич, магистрант;
Борисова Ирина Валентиновна, к.т.н, доцент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)3462623

Исаков Н.А., e-mail: neta782278@yandex.ru

Ким И.С., e-mail: benq303@gmail.com

Борисова И.В., e-mail: i.v.borisova@corp.nstu.ru

Аннотация: рассматривается задача слияния изображений одной и той же сцены, полученных в разных спектральных диапазонах, с формированием интегрированного монохромного изображения. Метод слияния основан на вейвлет-преобразовании исходных изображений. В работе анализируется влияние выбранной вейвлет-функции на результат слияния.

Ключевые слова: слияние изображений, многоспектральные изображения, вейвлет-преобразование, многоканальные оптико-электронные системы.

1. Введение

Комплексные многосенсорные системы наблюдения и обнаружения целей получили в настоящее время широкое распространение, прежде всего из-за способности работать в условиях сильных помех естественного и искусственного происхождения. Эффективность системы увеличивается за счет совместного использования информации, получаемой от различных каналов. Обычно в состав оптико-электронной аппаратуры включаются телевизионный, тепловизионный (в нескольких диапазонах), лазерный и другие каналы [1].

Алгоритмы слияния изображений основаны на выделении яркостных перепадов в каждом из исходных изображений и объединении их в интегрированном изображении. Известны алгоритмы, использующие анализ спектра Фурье [2] и многомасштабное разложение, в частности, контурлет-преобразование и вейвлет-анализ [3]. В отличие от преобразования Фурье, вейвлет-преобразование позволяет проводить локальный спектральный анализ. Вейвлет-коэффициенты соответствуют не только амплитудам различных частот, но и различным пространственным участкам на изображении [4]. Известно, что точность аппроксимации функций зависит от гладкости вейвлет-функций, т.е. их порядка дифференцируемости. Вейвлеты с высокой гладкостью обеспечивают более точное восстановление сигналов при сжатии.

В данной работе мы проведем анализ влияния вейвлет-функции на результат слияния изображений. Для этого рассмотрим ортогональные вейвлеты Хаара, Добеши, Койфлетса и симлеты до четвертого порядка.

2. Метод слияния изображений

Методы слияния на основе вейвлет-анализа описаны в [3, 4, 5]. В качестве базиса в этих работах выбрана система вейвлетов Хаара, требующая минимума вычислений. Используется разделимый двумерный базис, получаемый сжатием и растяжением одномерных вейвлетов.

Объединяемые изображения подвергаются двумерному вейвлет-разложению: каждая строка делится на низкочастотную и высокочастотную половины, далее, аналогично обрабатывается каждый столбец. В результате получаются четыре матрицы вейвлет-коэффициентов половинного размера от исходного изображения: W_ϕ – низкочастотные коэффициенты по горизонтали и вертикали и матрицы высокочастотных коэффициентов W^H , W^V , W^D .

После формирования матриц коэффициентов, сформировать единое изображение можно несколькими способами. Мы рассмотрим самый простой подход, основанный на выборе значений высокочастотных коэффициентов для единого изображения из канала с максимальным абсолютным значением соответствующего коэффициента, а коэффициенты W_ϕ поступают из заранее выбранного канала [4].

3. Результаты слияния изображений

Для сравнения вейвлет-функций было использовано известное тестовое изображение «Лена» и его сглаженная функцией Гаусса копия (рис. 1 а,б). Для выбора значений коэффициентов W_ϕ использовалось первое изображение, т.е. «Лена». Были проанализированы ортогональные вейвлеты Хаара, Добеши, Койфлетса и симлеты до четвертого порядка. Выполнялось как простое слияние исходных изображений с выбранными вейвлет-функциями, так и слияние с одновременным сжатием коэффициентов разложения. Результаты слияния визуально не отличаются от изображения «Лена», анализ различий можно провести только по коэффициентам корреляции, которые сведены в таблицу.

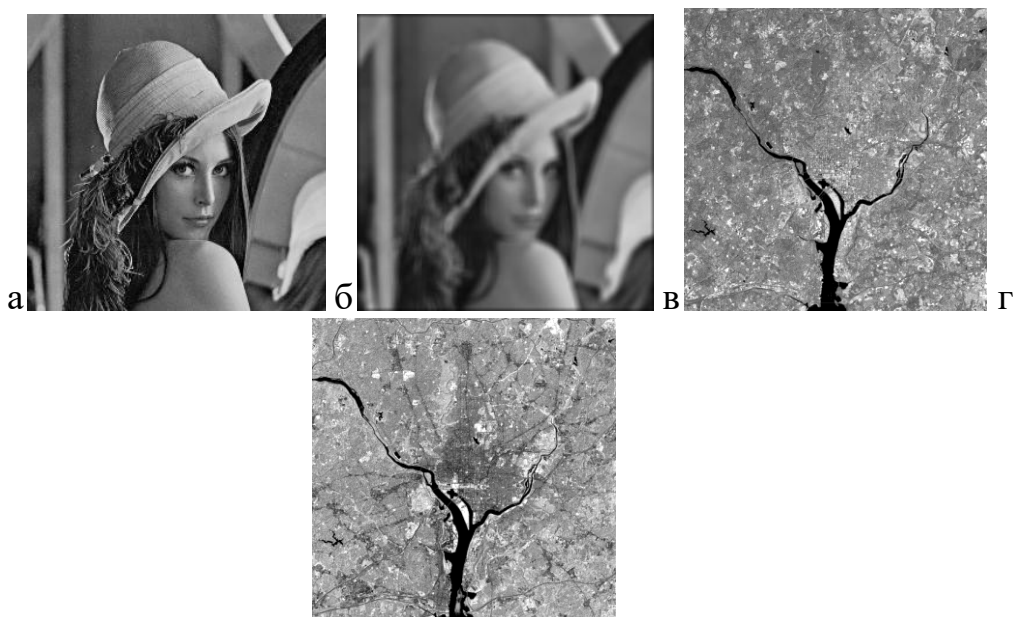


Рис. 1. Исходные изображения для слияния

Анализ результатов показывает, что все функции вносят в результирующее изображение высокочастотную информацию. При сжатии вейвлеты Добеши и симлеты с третьего порядка, а койфлеты со второго порядка дают одинаковые результаты. Что касается использования вейвлетов Хаара для слияния изображений, коэффициенты корреляции для этих функций получаются хуже, чем для остальных проанализированных вейвлетов. Но визуально результирующие изображения не отличаются.

Таблица 1

Коэффициенты корреляции результата слияния с исходными изображениями

Вейвлет-функция	Коэффициенты корреляции результата слияния с изображением «Лена»			Коэффициенты корреляции результата слияния с мультиспектральными изображениями	
	Слияние без сжатия	Коэффициент сжатия		с первым изображением	со вторым изображением
		2	4		
haar	0,9985	0,9973	0,9958	0,9270	0,6366
db2	0,9998	0,9979	0,9964	0,9320	0,6286
db3	0,9999	0,9980	0,9965	0,9337	0,6261
db4	0,9999	0,9980	0,9965	0,9347	0,6247
sym2	0,9998	0,9979	0,9964	0,9320	0,6286
sym3	0,9999	0,9980	0,9965	0,9337	0,6261
sym4	0,9999	0,9980	0,9965	0,9343	0,6251
coif1	0,9998	0,9979	0,9964	0,9323	0,6238
coif2	0,9999	0,9980	0,9965	0,9346	0,6248
coif3	0,9999	0,9980	0,9965	0,9351	0,6239
coif4	0,9999	0,9980	0,9965	0,9357	0,6231

На рисунке 1(в, г) приведены изображения в разных спектральных диапазонах для слияния по описанному выше правилу. Коэффициенты корреляции с первым и вторым изображением сведены в таблицу. Результирующие изображения приведены на рисунке 2.

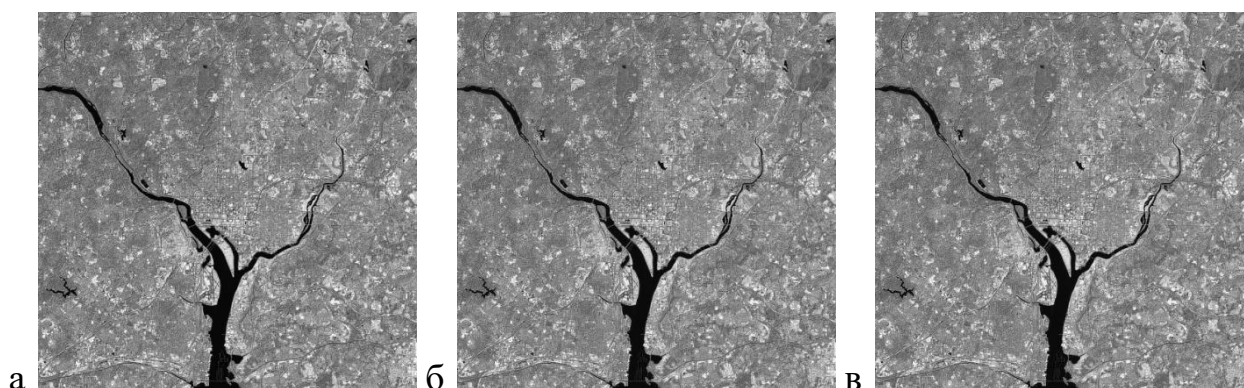


Рис. 2. Результат слияния функциями haar (а), sym4 (б), db4 (в)

Результаты слияния мультиспектральных изображений визуально очень близки. Однако при использовании функций Хаара становится заметно изменение формы границ объектов, появление ступенчатых контуров. Сохранить детальность изображений позволяют функции более высокого порядка. Визуально лучшие результаты показали функции Добеши db4 и симлеты sym4. По значениям коэффициентов корреляции лучшие результаты при использовании койфлетов соif4. С увеличением порядка функций коэффициент корреляции с первым изображением растет, а со вторым – уменьшается. Это обусловлено влиянием низкочастотных коэффициентов, которые поступают из первого изображения.

4. Выводы

Анализ показал, что для слияния изображений с крупными деталями и плавной функцией яркости, например, портретных фотографий, возможно использование функций первого–второго порядка, в частности, функции Хаара. При одновременном слиянии и квантовании коэффициентов разложения, а также при слиянии изображений с мелкими деталями, например, аэрофотоснимков, следует использовать функции четвертого порядка. Они позволяют сохранить детальность изображений, хотя и проигрывают по времени обработки более простым функциям.

В результате проведенных исследований можно сделать следующий вывод. Для слияния изображений на основе вейвлет-разложения лучше применять симлеты и функции Добеши. Порядок функций выбирается в зависимости от типа исходных изображений и возрастает с уменьшением размера деталей. Часто применяемая функция Хаара может использоваться только при слиянии изображений с крупными деталями или в задачах, где не критична гладкость контуров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

7. Оптико-электронная активно-пассивная система формирования яркостно-дальностных изображений фоноцелевой обстановки РФ-ЛЛК / Г.Н. Кадерова, В.Г. Каплан, В.В. Липатов, И.А. Непогодин, В.А. Семин, В.А. Степанов, В.С. Яцык // Оптический журнал. – 2007. – т.74, № 1. – С.28–32.
8. Модуль комплексирования каналов / И.В. Борисова, В.Н. Горенок, А.Н. Опарин, П.Г. Попов // Прикладная физика. – 2002. – № 6. – С. 89-93.
9. Тетерин В.В., Павлова В.А., Александров В.А. Метод комплексирования информации от многоканальной системы с использованием вейвлет-спектров // Оптический журнал. – 2006. – т.73, № 10. – С.47-51.
10. Методы информационного совмещения изображений в многоканальных оптико-электронных системах / В.Н. Фролов, В.А. Тупиков, В.А. Павлова, В.А. Александров // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2016. – Вып. 11, Ч. 3. – С. 95-104.
11. A parallel fusion algorithm of multi-spectral image and panchromatic image based on wavelet transform / Xiaorong Xue, Fang Xiang, Hongfu Wang, Jinxi Peng // Науковий вісник НГУ. – 2016. – № 3. – С.122-128. – ISSN 2071-2227.

INFLUENCE OF THE CHOSEN WAVELET FUNCTION TO IMAGE FUSION

*Isakov Nikita A., Graduate student; Kim Ilia S., Graduate student;
Borisova Irina V., Ph.D. (Engineering)*

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, tel. +7(383)3462623

Isakov Nikita A., e-mail: neta782278@yandex.ru

Kim Ilia S., e-mail: benq303@gmail.com

Borisova Irina V., e-mail: i.v.borisova@corp.nstu.ru

Abstract: The problem of fusing images obtained in different spectral ranges is considered. As a result of processing, an integrated monochrome image should be formed. The method of image fusion is based on the wavelet transform of the original images. The article analyzes the influence of the chosen wavelet function to the fusion result.

Keywords: image fusion, multispectral image, wavelet transform, multi-channel optical electronic systems.

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НА ЭТАПЕ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛОКАЦИИ

Казанцев Денис Сергеевич, магистрант

Орлова Мария Владимировна, канд. техн. наук, доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.

Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)346-26-23

Казанцев Д.С., denis-kazanchev@yandex.ru

Орлова М.В., orlova@corp.nstu.ru

Аннотация: В данной работе рассматривается приложение, разработанное для анализа характеристик трёхканальной комплексированной системы, при различных схемах вторичной обработки информации. Разработанная программа оценки характеристик обнаружения позволяет в доступной форме определить оптимальное правило обработки решений для различных условий работы системы.

Ключевые слова: комплексированная система ближней локации, характеристики локационного обнаружения, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги, алгоритм обнаружения.

1. Введение

В связи с усложнением помеховой обстановки и условий работы радиолокационных систем, необходимы новые решения, одним из которых является комплексирование.

Комплексирование обеспечивает получение дополнительной информации об объекте обнаружения, а также принцип компенсации.

В данной работе рассматривается повышение характеристик обнаружения объектов в условиях воздействия помех, выбор оптимальных алгоритмов, учитывающих характеристики отдельных каналов и все возможные условия работы системы.

Для корректного анализа влияния характеристик каналов и алгоритмов принятия решения в трёхканальной комплексированной системе было разработано отдельное приложение, на языке программирования C++. Данное приложение является доступным для освоения и позволяет наглядно продемонстрировать преимущества разных вариантов устройства таких систем.

2. Теория

Оптимизация комплексирования на этапе вторичной обработки основана на вычислении отношения правдоподобия для наблюдаемой выборки и сравнении отношения правдоподобия с порогом. Таким образом, обработке подвергается случайный вектор сигналов с выходов обнаружителей, $y(t) = [\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n]$ компоненты которого принимают значения 0 или 1.

В данном случае используется вариант алгоритма, наиболее удобный для технической реализации [1]. Порог определяется исходя из заданного критерия

ОПТИМАЛЬНОСТИ.

$$\sum_{i=1}^N \delta_i \ln \left(\frac{D_i(1-F_i)}{F_i(1-D_i)} \right) \geq \Lambda_0, \quad (1)$$

где δ_i – решение об обнаружении или необнаружении объекта i -м каналом, N – количество каналов, D_i – вероятность правильного обнаружения i -го канала; F_i – вероятность ложной тревоги i -го канала, Λ_0 – порог обнаружения.

При условии, что вероятности ложной тревоги и правильного обнаружения для всех каналов (обнаружителей) одинаковы, характеристики обнаружения комплексированной системы можно определить по формулам: вероятность правильного обнаружения для N -канальной системы – (2); вероятность ложной тревоги для N -канальной системы – (3).

$$D = \sum_{m=\Lambda_0}^n C_N^m D^m (1-D)^{N-m} \quad (2)$$

$$F = \sum_{m=\Lambda_0}^N C_N^m F^m (1-F)^{N-m} \quad (3)$$

где $C_N^m = \frac{N!}{m!(N-m)!}$ - число сочетаний из N по m .

Результирующая характеристика «вероятность обнаружения» определяется по формуле (4):

$$W = (1-F)D. \quad (4)$$

3. Результаты

Ниже приведены диалоговые окна разработанного приложения (Рисунки 1, 2, 3.).

На рисунке 1 показано построение с помощью разработанного приложения графиков зависимости результирующей вероятности обнаружения от вероятности правильного обнаружения одного канала, при разных значениях вероятности ложной тревоги каждого канала, так же имеется возможность рассматривать системы при постоянной вероятности правильного обнаружения (Рисунок 2).

Также данное приложение (Рисунок 2.) может строить графики зависимостей вероятности обнаружения для каждой схемы принятия решения в отдельности.

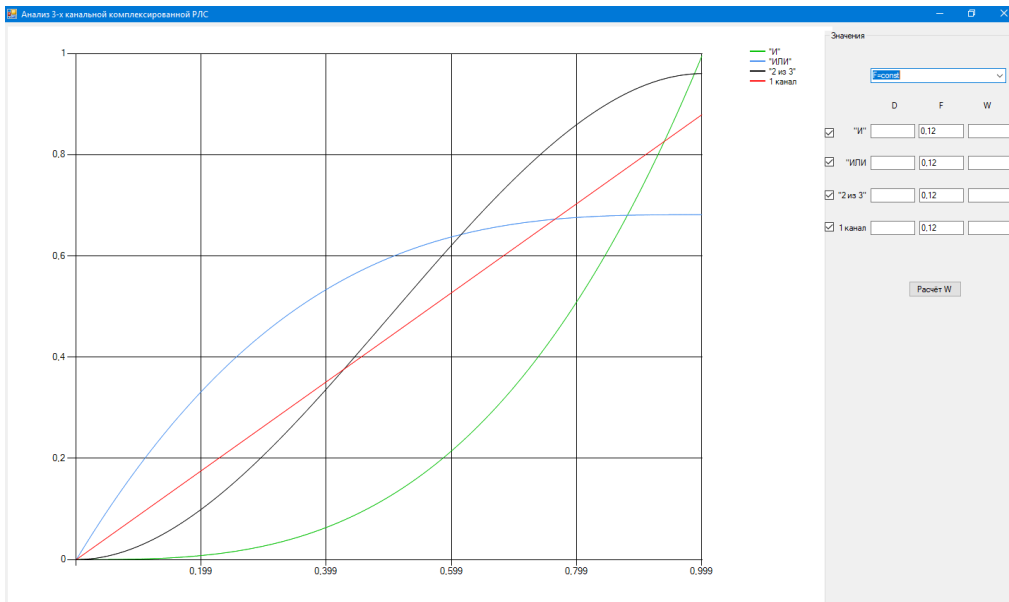


Рис. 1. Окно приложения для анализа трёхканальной комплексированной системы (зависимость результирующей вероятности обнаружения от вероятности правильного обнаружения).

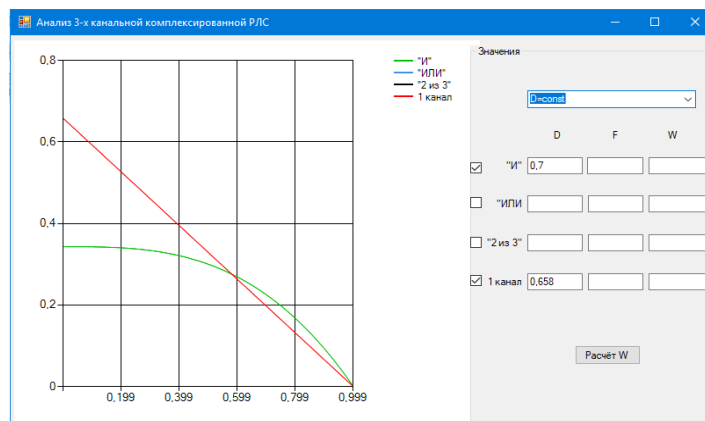


Рис. 2. Окно приложения для анализа трёхканальной комплексированной системы (зависимость вероятности обнаружения от вероятности ложной тревоги).

Ещё одна полезная функция данной программы заключается в вычислении вероятности обнаружения при заданных значениях вероятности правильного обнаружения и вероятности ложной тревоги по любой из представленных схем принятия решения, опять же, как по отдельности, так и для всех сразу (Рисунок 3.).

Значения

D=const

	D	F	W
<input checked="" type="checkbox"/> "И"	0,93	0,124	0,8028233936
<input checked="" type="checkbox"/> "ИЛИ"	0,86	0,235	0,4464686440
<input checked="" type="checkbox"/> "2 из 3"	0,79	0,2	0,794054912
<input checked="" type="checkbox"/> 1 канал	0,89	0,14	0,7654

Расчёт W

Рис. 3. Расчет вероятности обнаружения при $F, D = \text{const}$.

4. Вывод

Данное приложение позволяет при помощи простых действий, сравнивать разные вариации комплексирования трёхканальных систем на этапе вторичной обработки информации и сравнить их с одноканальной системой с любыми характеристиками. На основе получаемых результатов можно делать выводы о целесообразности применения той или иной схемы принятия решения. Таким образом, данное приложение может применяться на практике при разработке многоканальных систем. Также данное приложение может быть преобразовано и доработано для рассмотрения систем с разными характеристиками каждого канала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
2. Орлова М.В. Обработка сигналов в комплексированных системах ближней локации: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 76 с.

COMPLEXING AT THE STAGE SECONDARY INFORMATION PROCESSING ON-BOARD LOCATION SYSTEMS

Denis S. Kazantsev, Master's Degree student, email: denis-kazanchev@yandex.ru
Maria V. Orlova, Ph.D, Associate Professor, email: orlova@corp.nstu.ru
 Novosibirsk State Technical University, 20, K. Marx Prospekt, Novosibirsk, 630073,
 Russia, phone: (383)346-26-23

Abstract: This paper considers the program, created for analyse of three-channel integrated systems, for the different secondary information processing configuration. The developed program for calculate of detection performance provide the effective processing rule of solutions for different system operating conditions.

Keywords: Complex short-range location systems, detection capabilities, probability of correct detection, false alarm probability, detection algorithm, Visual C++.

УДК 608.3: 004.8 (075)

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ПАТЕНТОВ НА САЙТЕ ФИПС

*Лех Дмитрий Юрьевич, Легкий Владимир Николаевич,
Эдвабник Валерий Григорьевич,*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3462623

Лех Д.Ю., email leh_dmitrii@mail.ru

Легкий В.Н., email sniios@mail.ru

Эдвабник В.Г., email valedv@yandex.ru

*Адрес для корреспонденции: Лех Дмитрий Юрьевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
К. Маркса, 20, тел. +7(383)3462623*

Аннотация: патенты гарантируют авторам защиту от нарушений прав на результаты интеллектуальной деятельности. Для изобретения, являющегося патентоспособным, его новизна и полезность должны быть оценены. Поэтому необходимо выполнить поиск опубликованной работы, в которой описаны изобретения, аналогичные данной заявке на патент. В настоящее время этот поиск выполняется с полуавтоматически составленными запросами по ключевым словам, что не только отнимает много времени, но и подвержено ошибкам. В частности, ошибки могут систематически возникать из-за того, что в разных дисциплинах могут существовать разные ключевые слова для одних и тех же технических понятий.

Ключевые слова: Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС), Python, автоматизация поиска, патентное ведомство, патент, новизна, аналоги, код.

Патент является исключительным правом на производство, использование или продажу изобретения и предоставляется государственными патентными ведомствами. Для выдачи патента необходимо, чтобы описанное изобретение не было известно или легко выводилось из так называемого уровня техники, где уровень техники включает любую письменную или устную публикацию, доступную до даты подачи заявки. Поэтому для каждой поданной заявки ответственное патентное ведомство выполняет поиск соответствующей работы, чтобы проверить, является ли предмет, описанный в представлении, достаточно изобретательным, чтобы быть патентоспособным. Перед подачей заявки в патентное ведомство изобретатели обычно консультируются с патентным отделом, который представляет их при получении патента. Чтобы оценить шансы выдачи патента, патентный отдел часто также выполняет поиск

аналогов.

Патентный поиск – это процедура отыскания в фонде патентной документации охранных документов (заявок, авторских свидетельств, патентов) с целью установления уровня правовой охраны технических решений, границ прав патентовладельцев и условий реализации этих прав. За время существования патентной системы образовался огромный фонд описаний изобретений, отражающих технический прогресс человечества. Этот фонд очень четко упорядочен национальными системами классификаций изобретений, принятыми в различных странах, а также единой Международной патентной классификации. При поиске патентные отделы в настоящее время в основном полагаются на простые поиски по ключевым словам, такие как те, которые осуществляются с помощью инструмента Espacenet из Европейского патентного ведомства, программного обеспечения TotalPatent, разработанного LexisNexis, или патентного поиска PatSnap. Эти поисковые системы часто не могут вернуть соответствующие документы, и из-за ограничений, касающихся длины введенного поискового текста, обычно невозможно рассмотреть весь текст патентной заявки для поиска, а просто запросить базу данных по конкретным ключевым словам. Но в основном патентный поиск проводится используя отечественную базу данных Российской Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, которая доступна на сайте. Данная информационная система предоставляет свободный доступ к патентным материалам, содержащимся в следующих базах данных:

- рефераты российских заявок и патентов с 1994 г.;
- полные тексты российских патентных документов из трех последних официальных бюллетеней;
- формулы полезных моделей из последнего официального бюллетеня.

Таким образом, в современных реалиях подходы к поиску требуют большого количества ручной работы, а так же времени, поскольку, учитывая заявку на патент, патентный отдел должен вручную формулировать поисковый запрос, выбирая и комбинируя слова, которые должны соответствовать документам или их содержаниям, описывающим аналогичные изобретения. Кроме того, эти запросы часто приходится применять и адаптировать несколько раз, чтобы оптимизировать результаты поиска. Так же нужно самому просматривать все найденные патенты, что экономически не выгодно и слишком время затратно. Чтобы преодолеть некоторые из этих неблагоприятных аспектов современных подходов к поиску на основе ключевых слов, необходимо уменьшить ручную работу и время, необходимое для проведения самого поиска.

Метод автоматизации патентного поиска

Автоматизировать поиск патентов на сайте Федерального института промышленной собственности предлагается с помощью языка программирования Python и инструмента по автоматизации действий веб-браузера. На языке Python будет написан сам код по которому будет уже подключаться и работать Selenium. Что поможет значительно сократить время поиска и будет иметься возможность занести все данные в файл.

Код ниже подключает Selenium и открывает страничку выбора баз.

```
“cell_type”: “code”,
“execution_count”: 2,
“metadata”: {},
“outputs”: [],
“source”: [
“from time import sleep\n”,
“sleep(0.1)\n”,
“from selenium import webdriver\n”,
“#####хром\n”,
“#DRIVER = \"chromedriver.exe\"\n”,
“#driver = webdriver.Chrome(DRIVER)\n”,
```

Перед запуском надо открыть одну страничку Chrome.

```
“from selenium.webdriver.firefox.firefox_profile import FirefoxProfile\n”,
“from selenium.webdriver.firefox.firefox_binary import FirefoxBinary\n”,
“driver.get(“http://new.fips.ru/iiss/”)\n”,
“#print(driver.page_source)\n”,
“#print(driver)\n”,
“\n”,
```

Далее выбираем базы и переходим дальше в поиск. Дальше находится код выбора баз и перехода к поиску, но он не нужен проще выбрать базы через браузер и набрать параметры поиска вручную.

```
“#driver.find_element_by_id(“db-selection-form:j_idt74”).click()\n”,
“#driver.find_element_by_id(“db-selection-form:j_idt92”).click()\n”,
“#sleep(2)\n”,
“#driver.find_element_by_name(“db-selection-form:j_idt90”).click()\n”,
```

Выбираем параметры поиска и открываем первую страницу результатов.

```
“#element = driver.find_element_by_name(“j_idt89”)\n”,
“#element.clear()\n”,
“#element.send_keys(“радиолокационный портрет”)\n”,
“#driver.find_element_by_name(“j_idt92”).click()”
]
},
{
“cell_type”: “markdown”,
“metadata”: {},
“source”: [
```

Далее скрипт ищет все номера патентов в результатов поиска и сохраняет

в текстовый файл.

№	Имя файла	Дата	Тип файла	Размер
2615320	2615320	11.06.2019 14:49	Файл "TXT"	71 КБ
2616535	2616535	11.06.2019 14:49	Файл "TXT"	67 КБ
2621643	2621643	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	58 КБ
2632166	2632166	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	110 КБ
2665902	2665902	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	53 КБ
2686640	2686640	11.06.2019 14:48	Файл "TXT"	14 КБ
2689818	2689818	11.06.2019 14:49	Файл "TXT"	0 КБ
2690494	2690494	11.06.2019 14:48	Файл "TXT"	53 КБ
95106469	95106469	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	3 КБ
99125207	99125207	11.06.2019 14:47	Файл "TXT"	10 КБ
2005137919	2005137919	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	7 КБ
2006110548	2006110548	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	11 КБ
2006115262	2006115262	11.06.2019 14:45	Файл "TXT"	6 КБ
2007120585	2007120585	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	7 КБ
2007133327	2007133327	11.06.2019 14:47	Файл "TXT"	6 КБ
2008125891	2008125891	11.06.2019 14:51	Файл "TXT"	7 КБ
2010132172	2010132172	11.06.2019 14:47	Файл "TXT"	9 КБ
2012122036	2012122036	11.06.2019 14:46	Файл "TXT"	14 КБ
2012132642	2012132642	11.06.2019 14:47	Файл "TXT"	12 КБ

Рис. 1 – Результат поиска в формате текстового документа

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА

ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ (19) RU (11) 2 476 022 (13) С2

(51) МПК

H04W 68/00 (2009.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус:

Пошлина: действует (последнее изменение статуса: 07.06.2019)

учтена за 11 год с 24.06.2019 по 23.06.2020

(21)(22) Заявка: 2011102435/07, 23.06.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:

23.06.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет.;

23.06.2008 US 61/074,978;

09.07.2008 US 61/079,393;

07.08.2008 US 61/087,145;

18.06.2009 US 12/487,575

(43) Дата публикации заявки: 27.07.2012 Бюл. № 21

(45) Опубликовано: 20.02.2013 Бюл. № 5

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: MITSUBISHI ELECTRIC, EUTRAN PROXY IN SUPPORT OF MASSIV Athens, Греция, 15.08.2007, (найдено 20.03.2012), найдено в Интернет http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG3_lu/TSGR3_57/docs/.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 24.01.2011

(86) Заявка РСТ:

US 2009/048316 (23.06.2009)

(87) Публикация заявки РСТ:

WO 2010/008856 (21.01.2010)

Рис. 2 – Содержание текстового файла

В результате мы получаем полный список аналогичных патентов в формате .txt, где мы можем посмотреть полностью содержимое патента, для изобретений можно посмотреть реферат, описание, формулу. Возможен поиск по изобретениям, рефератам патентных документов, инновационным изобретениям, полезным моделям, промышленным образцам.

Таким образом, данный скрип поможет сократить время поиска патентов, а также упростит их анализ, что непременно скажется лучшим образом на оптимизации процесса патентного поиска и упростит поиск необходимых патентов при проведении НИОКР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Китайский В.Е. Объекты патентного права, средства индивидуализации и их экспертиза: учебник. М.: Российский государственный институт интеллектуальной собственности (РГИИС), 2009.
2. Публикация в ВОИС. Справочник по интеллектуальной собственности, второе издание. том № 489 (E). ВОИС; 2004.
3. Альбертс Д., Ян К.Б., Фобаре-ДеПолио Д., Кубек К., Робинс С., Роджерс М. и др. Введение в патентный поиск. В кн.: Лупу М, Майер К, Кандо Н, Триппе А.Я., редакторы. Актуальные проблемы в поиске патентной информации. Берлин, Гейдельберг: Springer Berlin Heidelberg; 2017.
4. <http://www1.fips.ru>
5. Галашев В.А. Системы поиска и обработки информации: Учеб.-метод. пособие. Ижевск: Удм. гос. ун-т., 2011. – 149 с.

PATENT SEARCH AUTOMATION ON THE FIPS WEBSITE

*Lekh Dmitriy Yurievich, Student email: leh_dmitrii@mail.ru
Legkiy Vladimir Nikolaevich, D. Sc., Full. Prof. of AICS Department,
email sniios@mail.ru
Edvabnik Valeriy Grigorievich, D.Sc., Chief of AICS Department,
email valedv@yandex.ru*

*Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623*

Abstract: Patents guarantee the authors protection from infringement of the intellectual activity results rights. For an invention that is patentable, its novelty and utility must be evaluated. Therefore, it is necessary to search for a published work that describes inventions similar to this patent application. Currently, this search is performed with semi-automated keyword queries, which is not only time-consuming, but also error-prone. In particular, errors can occur systematically due to the fact that different disciplines may have different keywords for the same technical concepts

Keywords – Federal Institute of Industrial Property (FIPS), Python, search automation, patent office, patent, novelty, analogs, code.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Лех Дмитрий Юрьевич, магистрант;

Легкий Владимир Николаевич, д.т.н., доцент, профессор кафедры АИУС;

Ромодин Валерий Борисович, к.т.н., с.н.с., доцент, кафедры АИУС;

Шебалкова Любовь Васильевна, старший преподаватель кафедры АИУС
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Лех Д.Ю., email: leh_dmitrii@mail.ru

Легкий В.Н., email: snios@mail.ru

Ромодин В.Б., email: romodin@corp.nstu.ru

Шебалкова Л.В., email: shebalkova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Легкий Владимир Николаевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (905)955-96-69

Аннотация: данная работа содержит информацию про актуальность применения нейросетевых технологий в устройствах цифровой обработки данных применительно к Вооруженным Силам Российской Федерации.

Ключевые слова: Нейросетевые технологии, цифровая обработка данных, сигналы, распознавание.

Бурный прогресс вычислительной техники в последние десятилетия привел к широкому внедрению методов цифровой обработки информации практически во всех областях научных исследований и народно-хозяйственной деятельности. При этом среди различных применений средств вычислительной техники одно из важнейших мест занимают системы цифровой обработки сигналов (ЦОС), нашедшие использование при обработке данных дистанционного зондирования, медико-биологических исследований, решении задач навигации аэрокосмических и морских объектов, связи, радиофизики, цифровой оптики и в ряде других приложений, используемых применительно в ВС РФ [1,2,3,4].

Цифровая обработка сигналов (ЦОС) – это динамично развивающаяся область ВТ, которая охватывает как технические, так и программные средства. Родственными областями для цифровой обработки сигналов являются теория информации, в частности, теория оптимального приема сигналов и теория распознавания образов. При этом в первом случае основной задачей является выделение сигнала на фоне шумов и помех различной физической природы, а во втором – автоматическое распознавание, т.е. классификация и идентификация сигнала.

В теории информации под сигналом понимается материальный носитель информации. В цифровой же обработке сигналов под сигналом будем понимать

его математическое описание, т.е. некоторую вещественную функцию, содержащую информацию о состоянии или поведении физической системы при каком-нибудь событии, которая может быть определена на непрерывном или дискретном пространстве изменения времени или пространственных координат.

В широком смысле под системами ЦОС понимают комплекс алгоритмических, аппаратных и программных средств. Как правило, системы содержат специализированные технические средства предварительной (или первичной) обработки сигналов и специальные технические средства для вторичной обработки сигналов. Средства предварительной обработки предназначены для обработки исходных сигналов, наблюдаемых в общем случае на фоне случайных шумов и помех различной физической природы и представленных в виде дискретных цифровых отсчетов, с целью обнаружения и выделения (селекции) полезного сигнала, его пеленгования и оценки характеристик обнаруженного сигнала. Полученная в результате предварительной обработки полезная информация поступает в систему вторичной обработки для классификации, архивирования, структурного анализа и т.д. [3,4,5].

Комплекс цифровой обработки сигналов содержит ЭВМ, специализированные устройства ввода и соответствующее программное обеспечение.

В общем случае подобный комплекс должен также обеспечивать ввод, вывод и передачу сигналов различной физической природы. При этом особый интерес представляет обработка двумерных сигналов – изображений, получаемых от различных приемных устройств. Многие задачи обработки изображений могут быть решены на современных персональных ЭВМ, если к скорости обработки не предъявляются высокие требования. В этом случае те или иные процедуры обработки изображений на ПЭВМ реализуются путем создания специального программного обеспечения. Для обеспечения ввода изображения в реальном масштабе времени используются специализированные устройства ввода. К такому типу систем относятся системы IMAGE-3 и Microsight-2. Следует заметить, что в них обработка изображений производится на ПЭВМ не в реальном масштабе времени. Для обработки сигнальной информации в реальном масштабе времени требуется производительность, превышающая производительность ПЭВМ. В этом случае необходимы специализированные устройства обработки. В настоящее время, согласно литературе, известны два типа систем обработки сигналов [6,7,8,9].

Первый тип систем ЦОС предусматривает построение конструктивно законченного блока. Как правило, такой блок имеет модульную структуру и строится на базе специализированных СБИС (например, на основе БМК), что позволяет обеспечить аппаратную реализацию подлежащего исполнению алгоритма и оптимизировать структуру аппаратных средств под особенности алгоритма. К этому направлению можно отнести системы Series-151 и MaxVideo. В ряде случаев такие процессоры могут программироваться в целях выполнения тех или иных функций, как, например, WARP-процессор [7].

Отличительной чертой такой архитектуры является наличие отдельных магистралей ввода/вывода данных и возможность автономного функционирования. Блок со спецпроцессором при этом может быть выполнен в стандартном конструктиве типа VME, CAMAC, Multibys [6,7]. Такая система ЦОС допускает не только ввод, но и обработку изображений в реальном масштабе времени, поэтому подобный подход весьма эффективен при построении систем обработки видеоданных.

Второй тип систем ЦОС представляет собой ПЭВМ со специализированным сопроцессором в виде платы, подключаемой к магистрали ПЭВМ и конструктивно встраиваемый в ее корпус. Примером такой архитектуры могут служить наборы модулей фирмы DataTranslation на базе сигнальных процессоров типа TMS и платы-акселераторы типа B008 фирмы INMOS на базе транспьютеров T800 [10]. Указанные технические средства ориентированы на использование в качестве периферийных спецпроцессоров для построения систем на базе IBM PC/AT. Спецпроцессор, входящий в эту систему, имеет, как правило, конвейерную структуру и может выполнять процедуры обработки изображений, требующие больших вычислительных затрат, в реальном масштабе времени. Настройка на выполнение тех или иных конкретных алгоритмов обработки видеоинформации производится программированием спецпроцессора, что увеличивает функциональную гибкость подобных систем и расширяет области их возможного применения. На практике первый тип систем ЦОС наиболее часто используется в составе средств предварительной обработки сигналов, причем соответствующие вычислительные средства строятся по принципу операционного автомата с жесткой логикой. Такой подход связан с автономностью функционирования средств предварительной обработки от управляющей ЭВМ при неизменном алгоритме обработки и высокой интенсивности входного потока данных. Второй тип систем используется, как правило, для систем, сочетающих средства предварительной (спецпроцессоры) и вторичной (ПЭВМ) обработки, когда требуется достаточно интенсивный обмен с оператором.

Различные модели искусственных нейронных сетей широко применяются в цифровой обработке сигналов [11]. В последнее время значительное внимание уделяется импульсным нейронным сетям (ИНС) [12-15]. Модели таких сетей являются биологически инспирированными и используют представление информации в виде последовательности импульсов (действующих потенциалов, спайков). Анализ потенциальных свойств ИНС и разработка алгоритмов обработки сигналов, представляемых последовательностью импульсов, весьма важны для дальнейшего развития адаптивных систем обработки сенсорных сигналов реального времени.

В ИНС могут использоваться различные модели импульсных нейронов, которые отображают непрерывные входные сигналы в моменты времени появления импульсов [12-15]. С точки зрения обработки сигналов импульсные нейроны реализуют схему времяимпульсного кодирования с нерегулярной дискретизацией, которая потенциально обеспечивает более низкое потребление энергии. Кроме этого, времяимпульсные сигналы характеризуются

возможностью простого преобразования в цифровую форму с высокой точностью, помехозащищенностью, простотой интегральных преобразований, удобством передачи по линиям связи [16-18].

Представление сигналов в виде импульсных последовательностей имеет большой потенциал для применения в областях с критическим энергопотреблением таких, как сенсорные сети, автономные системы, мобильные вычисления, разнообразные системы биомониторинга и мониторинга здоровья, интерфейсы «мозг-компьютер», нейропротезирование [18, 19].

Несмотря на отмеченные преимущества времяимпульсного представления информации, модели обработки сигналов непосредственно во времяимпульсной области развиты недостаточно.

Это сдерживает применение импульсных нейронных сетей для обработки разнообразных динамических сенсорных сигналов. В значительной степени это объясняется нелинейным характером преобразований информации в импульсных нейронах. В связи с этим актуальным является дальнейший поиск функциональных моделей «вход-выход» импульсных нейронов, а также алгоритмов обработки сигналов и обучения, основанных на этих моделях.

Таким образом, на основании вышеизложенного, предлагается обобщённая векторно-матричная модель многовходового импульсного нейрона, ориентированная на решение задач цифровой обработки сигналов применительно к ВС РФ. Предлагается использовать для записи алгоритмов цифровой обработки сигналов в традиционной форме входные импульсные последовательности представляются скользящими бинарными векторами, элементы которых равны знакам импульсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородакий Ю.В. Информационные технологии. Методы, процессы, системы. М., Радио и связь, 2014.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. // Пер. с англ.- Москва. - Техносфера. – 2016. -1072 с.
3. Губин А.В., Шарыпин Е.В. Архитектура персональных систем обработки изображений. // Системы и средства информатики. -Ежегодник. - Вып.1. - 2016. -с.74-81.
4. Куприянов М.С., Матюшкин Б.Д. Цифровая обработка сигналов: процессоры, алгоритмы, средства проектирования. СПб., Политехника, 1999.
5. Дымков В.И., Сеницын Е.В. Элементы концепции персональных систем обработки изображений. //В сб. Системыисредстваинформатики. -Вып.1. - 2015. -с.74-81.
6. Kaldy C., Lazar A.A, Simonyi E.K, Toth L.T. Time Encoded Communications for Human Area Network Biomonitoring. – 8 pp. https://www.researchgate.net/publication/228827307_Time_Encoded_Communications_for_Human_Area_Network_Biomonitoring

7. Lazar A. A. A simple model of spike processing. // *Neurocomputing*. – 2006. – V.69. – P. 1081–1085.
8. Bruckstein A.M., Zeevi Y.Y. Analysis of “Integrate-to-Threshold” neural coding schemes // *Biol. Cybern.* – 1979. – V. 34. – P.63–79.
9. Бондарев В.Н. Правила обучения импульсного нейрона для адаптивной обработки сигналов // *Нейроинформатика-2016. XVIII Международная научнотехническая конференция: сб. науч. труд.* – М.: МИФИ, 2016. – Ч.2. С. 192–202.
10. Бондарев В.Н. Адаптивный синтез частотно-импульсных цифровых нерекурсивных фильтров // *Сб. науч. тр. АВМСим. П.С. Нахимова.* – Севастополь. АВМС, 2012. – Вып.4(12). – С. 80–85.
11. Handbook of neural network signal processing / Yu Hen Hu, Jenq-Neng Hwang, editors. – Boca Raton, Florida: CRC Press, 2002. – 381 pp.
12. Maass W. Paradigms for computing with spiking neurons // *Models of Neural Networks. Early Vision and Attention* / J.L. van Hemmen, J.D. Cowan, E. Domany (eds.). – New York: Springer, 2002. – V. P. 373–402.
13. Pulsed neural networks / W. Maas, C.M. Bishop (eds.). – MIT Press, 1999. – 408p.
14. Ponulak F., Kasinski A. Supervised learning in spiking neural networks with ReSuMe: sequence learning, classification, and spike shifting // *Neural Computation*. – 2010. – V. 22(2). – P. 467–510. doi: 10.1162/neco.2009.11-08-901
15. Grüning, A., Bohte, S.M. Spiking neural networks: principles and challenges // *Proceedings of the 22nd European symposium on artificial neural networks, computational intelligence and machine learning (ESANN 2014), Bruges (Belgium), April 23-25, 2014.* – Louvain-La-Neuve: i6doc.com publ, 2014. – 10 pp.
16. *Времяимпульсные системы автоматического управления / Под общ. ред. И.М. Макарова.* – М.: Машиностроение. – 1991. – 288 с.
17. Lee H.C. Integral Pulse Frequency Modulation with Technological and Biological Applications. PhD thesis. – Montreal, Quebec: McGill University, 1969. – 212 pp.
18. Kaldy C., Lazar A.A, Simonyi E.K, Toth L.T. Time Encoded Communications for Human Area Network Biomonitoring. – 8 pp. https://www.researchgate.net/publication/228827307_Time_Encoded_Communications_for_Human_Area_Network_Biomonitoring
19. Lazar A. A. A simple model of spike processing. // *Neurocomputing*. – 2006. – V.69. – P. 1081–1085.

APPLICATION OF NEURAL NETWORK TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF DIGITAL DATA PROCESSING DEVICES

Lekh Dmitry Yuryevich, student, leh_dmitrii@mail.tu;

Legkiy Vladimir Nikolaevich, Doctor of technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of AIUS, sniios@mail.ru;

Romodina Valery Borisovich, romodin@corp.nstu.ru,

ShchekalkovaLyubovVasilyevna, shebalkova@corp.nstu.ru
*Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Avenue Karl
Marx, 20*

Abstract: This work contains information about the relevance of the use of neural network technologies in digital data processing devices in relation to the Armed Forces of the Russian.

Keywords: Neural network technologies, digital data processing, DSP.

УДК 004.93

СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДАТАСЕТОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

*Лех Дмитрий Юрьевич, Легкий Владимир Николаевич, Гибин Игорь
Сергеевич*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,
тел. (383)3462623

Лех Д.Ю., email lleh_dmitrii@mail.ru

Легкий В.Н., email snios@mail.ru

Гибин И.С., email gibin@iae.nsk.su

*Адрес для корреспонденции: Лех Дмитрий Юрьевич, Легкий Владимир
Николаевич* Новосибирский государственный технический университет,
630073, Россия, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20, тел. (383)3141957, (905)955-
96-69

Аннотация: данный способ относится к технологии распознавания с использованием искусственных нейронных сетей. Суть данной статьи заключается в обучении нейронных сетей, использующихся для распознавания образов, на основе 3D-моделей объектов и изображений (обычные изображения и изображения со специально наложенными помехами), что позволит автоматизировать создание массивов изображений для обучения нейронных сетей, использующихся для распознавания образов.

Ключевые слова: датасет, 3D-модель, выборка, нейронные сети, обработка изображений, распознавание образов.

Рассматриваемый способ относится к техническому зрению (распознаванию образов, нейронным сетям) и может использоваться для обучения распознавания образов объектов.

Создание датасетов для них осложнено рядом факторов: сложность съемки в разных условиях, трудоемкость съемки, невозможность создания большой выборки, наличие шумов де-идентификации для обучения нейронной сети. Вследствие этого отсутствуют массивные датасеты для обучения нейронных сетей [1].

Наиболее близким рассматриваемому способу является способ создания обучающих датасетов из результатов фотофиксации. В указанном аналоге недостатками является то, что, примеры для обучения создаются на основе реальных данных. Их создание состоит из следующих этапов [2]:

1. Сбор графических данных (фотографирование интересующих объектов, снятие видеопотока с камеры, выделение части изображения на интернет странице).

2. Фильтрация — проверка изображений на ряд требований: достаточный уровень освещенности объектов на них, наличие необходимого объекта и т. д.

3. Подготовка инструментария для разметки (написание собственного или оптимизация готового).

4. Разметка (выделение четырехугольников, необходимых знакомств, интересующих областей изображения).

5. Присвоение каждому изображению метки (буква или название объекта на изображении).

Эти операции требуют значительных затрат рабочего времени, и, соответственно, подобный способ создания датасетов весьма дорог. К тому же собирать данные необходимо в различных условиях — освещение, модели камер, с которых происходит съемка и т. д. Все это усложняет сбор необходимого числа примеров для обучения нейронной сети. Так же данный метод создания датасетов не решает задачу обучения распознавания нейронной сети при наличии шумов де-идентификации. Примером использования наложения шумов де-идентификации является шифрование фотографий пользователей в социальной сети Facebook [3].

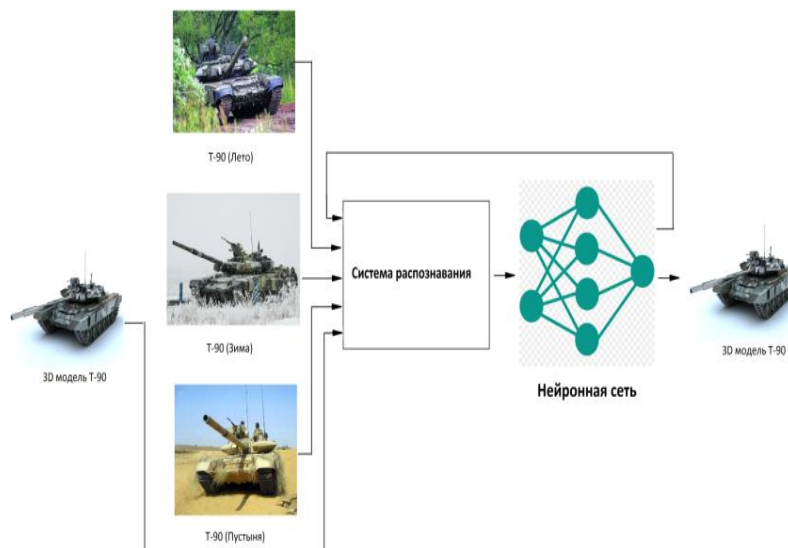


Рис. 1 – структурная схема функционирования рассматриваемого способа

Задачей рассматриваемого способа является автоматизация создания датасетов на основе 3D-модели и датасетов с шумами де-идентификации для обучения нейронных сетей, использующихся для распознавания образов.

Поставленная задача достигается тем, что программное обеспечение

будет способно менять визуальные свойства объекта (к примеру расцветка внешней брони танка, окраска истребителя, расцветка подстилающей поверхности у корабля и т.д.) и среды в которой находится объект (Рис. 1).

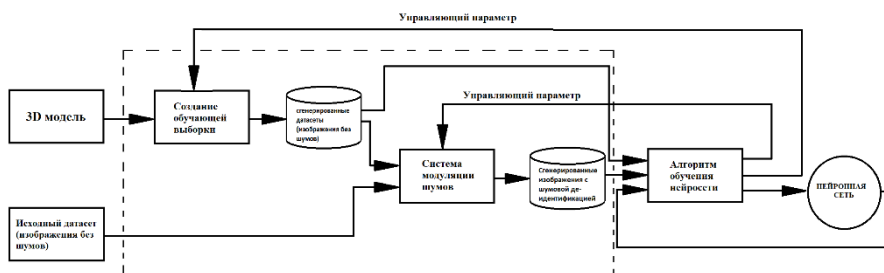


Рис. 2 – структурная схема рассматриваемого способа

Рассматриваемый способ состоит из системы создания обучающей выборки и системы модуляции шумов (рис. 2).

Рассматриваемый способ функционирует путем искусственной генерации обучающих датасетов на основе имеющихся 3D моделей. Далее сгенерированные или исходные датасеты подвергаются процессу шумовой де-идентификации. Затем алгоритм обучения нейронной сети на основе сгенерированных датасетов с шумовой де-идентификацией формирует управляющие параметры для блоков создания обучающей выборки и системы модуляции шумов (см фиг. 1). Данный алгоритм связан с нейронной сетью прямой и обратной связью в целях оптимизации ее обучения для распознавания образов.

Техническим результатом исследования является автоматизация создания датасетов на основе 3D-модели и датасетов с шумами де-идентификации для обучения нейронных сетей, использующихся для распознавания образов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 2012123310/08, 05.06.2012. Способ обучения искусственной нейронной сети // Патент России № 2504006. 2014. Бюл. № 33. / Цуриков А.Н.
2. Патент РФ № 2011111070/08, 23.03.2011. СПОСОБ ПОИСКА И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ // Патент России № 2458397. 2016. Бюл. № 72. / Богословский А.В., Богословский Е.А., Юдаков Д.С., Жигулина И.В., Четвертаков А.Н.
3. Де-идентификация лиц от Facebook/+1 (Плюс Один) – коммуникационный проект // свидетельство о регистрации СМИ Эл № ФС77-76907 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 09.10.2019. – Режим доступа: URL: <https://plus-one.ru/society/de-identifikaciya-lic-ot-facebook-smogut-li-lyudi-snova-obresti-anonimnost> (дата обращения: 10.11.2019)

AUTOMATIC GENERATION DATASETS METHOD FOR NEURAL NETWORK IMAGE RECOGNITION SYSTEMS TRAINING

Lekh Dmitriy Yurievich, Student, email: leh_dmitrii@mail.ru

Legkiy Vladimir Nikolaevich, D. Sc., Full Prof. of AICS Department, email snios@mail.ru

Gibin Igor Sergeevich, D.Sc., Full Prof. of OIT Department, email gibin@iae.nsk.su

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract: This method refers to the recognition technology using artificial neural networks. This article describes how to train neural networks used for pattern recognition based on objects and images 3D models (ordinary images and images with specially applied interference), which will automate the creation of image arrays for training neural networks used for pattern recognition.

Keywords: dataset, 3D model, sampling, neural networks, image processing, image recognition.

УДК 621.317.442

К ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРРОЗОНДОВЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Макаров Александр Александрович, студент; Речкалов Данила Андреевич, студент; Лобинцев Тимофей Арсеньевич, студент;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Макаров А.А., email mfm-jeremih_ft_yg@mail.ru

Лобинцев Т.А., e-mail tima.nbv279@mail.ru

Речкалов Д.А., e-mail danilais363@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Макаров Александр Александрович,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)787-94-47

Научный руководитель Санков О.В., старший преподаватель кафедры АИУС, НГТУ

Аннотация: показана возможность применения ФЗ в системах обнаружения заданных технических металлосодержащих наземных или надводных объектов поиска (ОП). Отражены преимущества использования ЧМ датчика на основе ФЗ. Приведена структурная схема ЧМ-датчика. Проведено моделирование с использованием двух феррозондовых датчиков, с частотно-модулируемым детектированием, показана необходимость выбора

феррозондового датчика для поставленной задачи.

Ключевые слова: система обнаружения, магнитный объект, феррозонд, частотно-модулируемый датчик.

Бортовые системы ближней локации (СБЛ) предназначены для обнаружения заданных наземных или надводных объектов.

К режиму работы СБЛ предъявляются следующие требования:

Условия функционирования:

- скорость носителя 250-700м/с;
- угол крена не более $\pm 10^\circ$;
- расстояние от МСДО до массивных ферромагнитных элементов изделия – не менее 150мм;
- текущая высота полета может измеряться с дискретностью 50 мс, что позволяет точно оценить характер поверхности.

Технические металлосоодержащие объекты поиска (далее ОП) будут характеризоваться определенным пространственным распределением намагниченности.

В настоящей работе авторы рассмотрели возможность создания миниатюрных феррозондовых датчиков (далее ФЗД), отличающихся быстродействием, низким энергопотреблением, массовостью в производстве (не прецизионная) технология изготовления и устойчивостью к механическим и электромагнитным нагрузкам в процессе работы СБЛ. Достаточная чувствительность и диаграмма направленности обеспечивают требуемую дальность обнаружения ОП, соизмеримую с его размерами.

Постановка задачи.

Феррозондом называется устройство, чувствительное к внешним магнитным полям, содержащее ферромагнитные сердечники и обмотки, распределенные по их длине. Протекающие в них процессы всегда связаны с существованием двух полей: внешнего измеряемого поля и некоторого вспомогательного поля, образуемого за счет тока, протекающего в одной из обмоток. Взаимодействие этих полей в объеме сердечников, изготавливаемых из легко насыщающихся магнитных материалов, приводит к появлению в другой обмотке электродвижущей силы, по величине которой судят о напряженности поля [2]. Феррозонды используются в основном для измерения компонент магнитного поля и углов между какими-либо осями в пространстве и вектором магнитного поля [2].

Для оценки влияния конструктивных элементов носителя на параметры ФЗД показана сборка экспериментального стенда (рис. 1 [3]).

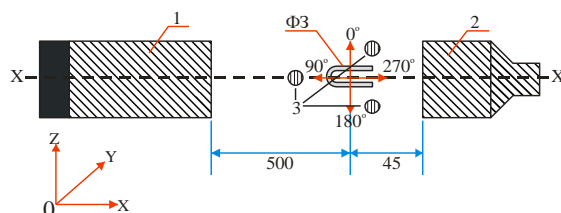


Рис. 1. Экспериментальный стенд, моделирующий расположение феррозондового датчика в носителе - вид сбоку;
1, 2 – стальные гильзы, 3 – малоразмерные магнитные шайбы, ФЗ – феррозонд, XX – продольная ось носителя

Феррозонд располагается между гильзами: на расстоянии 500 мм от гильзы (1) и на расстоянии 45 мм от гильзы (2), что соответствует его действительному положению в реальном носителе.

Диаграммы направленности размещенного в носителе ФЗД, измеренные в круговой ($Y0X$) и ортогональной ($Y0Z$) плоскостях, показаны на рисунках 2 а) и 2 б) соответственно [3].

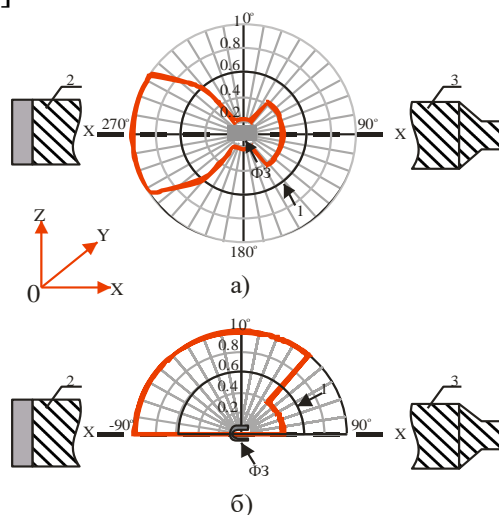


Рис. 2. Диаграмма направленности а) в круговой ($Y0X$), б) в ортогональной ($Y0Z$) плоскости бортового радиочастотного феррозонда, размещенного в носителе;

1 - нормированный уровень выходного сигнала ФЗ, XX – продольная ось носителя

Видно, что они вытянуты вдоль продольной оси (XX) носителя в сторону массивной стальной гильзы (2). Малоразмерные магнитные детали конструкции носителя оказывают слабое влияние на параметры феррозонда.

Исследования ДН феррозонда при наличии конструктивных магнитных элементов носителя проводились по определенной методике. [3]

В качестве крупногабаритного объекта сложной формы часто используются объекты бронетехники (ОБ).

Метод решения.

Авторами предложена новая конструкция ФЗД для СБЛ. В данном датчике отсутствует измерительная катушка, а изменение магнитного поля приводит к изменению частоты генерации автогенератора. Выходное

решающее устройство производит измерение разности частот, которое преобразуется в информативный сигнал.

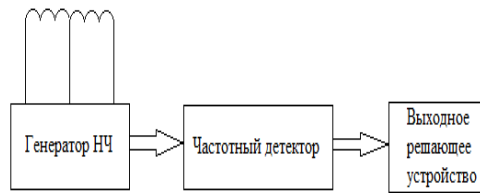


Рис. 3. Структурная схема ФЗД с ЧМ детектированием с использованием двух ФЗ.

Начальные условия для проводимых измерений: $U_{вх}=1.2В$ $f_0=24кГц$
 $U_{вых}=1,789мВ$ $I=25мА$ $m_{цели}=0,327кг$ $d_{цели}=0,08м$

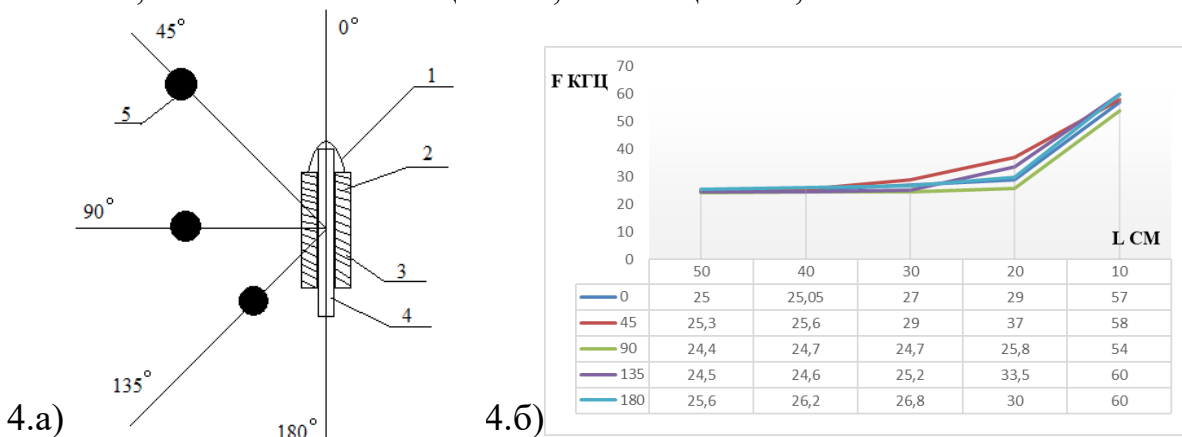


Рис. 4. а) ФЗД с ЧМ детектированием с использованием двух ФЗ, где 1 - сердечник из аморфного алюминия, 2 - обмотка из медной проволоки, 3 - пластиковая трубочка, 4 - деревянная рейка, 5 – цель. б) График результатов проведенных измерений.

Вывод

С учетом предъявляемых к СБЛ требований предложена схема магнитометрического датчика на основе ФЗ для обнаружения металлосодержащих объектов и сам ФЗД с приложенным графиком измерений. Полученные предварительные результаты позволяют сделать вывод о возможном применении ФЗ для поиска технических металлосодержащих наземных или надводных объектов

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев Ю. В., Гольд্রেер И.Г., Долгинов С.Ш. Вопросы проектирования феррозондовых магнитометров, Сб. “Геофизическое приборостроение”. вып. 5, Л., ОКБ МГ и ОН СССР, 1960.
2. Афанасьев Ю. В., Феррозонды, Л., “Энергия”, 1969.
3. Вестник МГТУ О.В. Санков, В.Н. Легкий «Исследование феррозондовых датчиков магнитных объектов для систем ближней локации»

**POSSIBILITIES OF USING FERROCOND SENSORS IN NEAR-FIELD
LOCATION SYSTEMS
FOR DETECTING MAGNETIC OBJECTS**

***Makarov Alexander Alexandrovich; Rechkalov Danila Andreevich;
Lobintsev Timofey Arsenyevich***

Novosibirsk State Technical University, Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia, tel. (913) 005-48-19

Makarov A. A., email mfm-jeremih_ft_yg@mail.ru

Lobintsev T. A., e-mail tima.nbv279@mail.ru

Rechkalov D. A., e-mail danilais363@gmail.com

Address for correspondence: ***Makarov Alexander Alexandrovich***, Novosibirsk
State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20,
tel. (913) 005-48-19

Scientific supervisor O. V. Sankov, Senior lecturer of the Department of AIUS,
NSTU

Annotation: The possibility of using the ferroprobe in the detection systems of specified technical metal-containing ground or surface search objects is shown. The advantages of using frequency-modulated sensor based on the ferroprobe are reflected. The block diagram of the frequency-modulated sensor is given. A simulation using two ferroprobe sensors with frequency-modulated detection is carried out, and the necessity of choosing a ferroprobe sensor for the task is shown.

Keywords: detection system, magnetic object, ferroprobe, frequency-modulated sensor.

КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БПЛА

*Моргунова Виктория Олеговна; Коновалова Анна Хакимовна,
Григорьева Дарья Игоревна, Кропачева Ирина Петровна*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Моргунова В.О. , email viktoriya.morgunova.2000@mail.ru

Коновалова А. Х., email anna.konovalova_2002@mail.ru

Григорьева Д. И., email stuart@bk.ru

Кропачева И. П., email kropacheva@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Моргунова Виктория Олеговна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 3462623*

Аннотация: Одним из наиболее приоритетных направлений развития БПЛА является повышение степени автономности и повышение экономической эффективности аппарата за счет снижения веса конструкции. В статье рассматриваются материалы, из которых изготавливаются беспилотные летательные аппараты и результаты их применения. Совершенствование такого рода высокотехнологичного оружия является приоритетным по причине перенаправления современного вектора вооружения на удаленное управление высокоточными комплексами.

Ключевые слова: Беспилотный летательный аппарат, композиционные материалы, БПЛА

Введение

Активное развитие беспилотных летательных аппаратов требует новых технологических решений и материалов, которые успешно внедряются в авиационную и космическую технику.

Композитные материалы представляют собой металлические и неметаллические матрицы (основы) с заданным распределением в них упрочнителей (волокон, дисперсных частиц и др.). Волокна (упрочнители) заключаются в матрицу (основу), которая обеспечивает изгиб, сжатие или растяжение волокон.

Свойства композиционных материалов зависят от состава компонентов, их сочетания, количественного соотношения и прочности связи между ними. Комбинируя объемное содержание компонентов, можно получать композиционные материалы с требуемыми значениями прочности, жаропрочности, модуля упругости, абразивной стойкости, а также создавать композиции с необходимыми магнитными, диэлектрическими, радиопоглощающими и другими специальными свойствами.

Материал матрицы также определяет, как правило, уровень рабочих температур нагрева композиционных материалов, характер изменения их

свойств при воздействии температуры, атмосферных газов и других факторов, а также режимы получения и переработки материалов.

Решающее влияние на механические свойства композита оказывает объемное соотношение упрочнителей и матрицы, вид и ориентация волокон. При использовании упрочнителей в виде частиц передача нагрузки ложится на основу материала. Преимуществом данного варианта является простота изготовления. При использовании упрочнителей в виде непрерывного волокна увеличивается способность материала принимать растягивающие нагрузки путем частичного снятия нагрузки с матрицы.

В качестве наполнителей для композитов могут использоваться ткани, цельнотканые чехлы, ленты, жгуты, нити на основе многофазных и поликристаллических непрерывных волокон, и нитевидных монокристаллов стекла, углерода, бора, бериллия, органических волокон, имеющих высокие прочность и модуль упругости.

В качестве связующих при изготовлении деталей и изделий из керамических материалов наибольшее распространение получили эпоксидные, фенолформальдегидные, кремнийорганические и полиамидные смолы.

1. Классификация композитных материалов для БПЛА

Классификация композитов может осуществляться по разным признакам:

1. По природе компонентов (или материала матрицы):

- *Металлические;*
- *Полимерные;*
- *Жидкокристаллические;*
- *керамические;*
- *другие неорганические материалы (углерод, оксиды, бориды и др.).*

2. По структуре композита:

- *Каркасные;*
- *Матричные;*
- *Слоистые;*
- *Комбинированные.*

3. По геометрии армирующих компонентов (наполнителя):

- *Порошковые;*
- *Гранулированные (армированы частицами);*
- *Волокнистые (армированы волокнами, нитевидными кристаллами), которые, в свою очередь, делятся на непрерывные и дискретные;*
- *Слоистые (армированы пленками, пластинами, слоистыми наполнителями).*

4. По форме (рисунок 1):

- *Нульмерные;*
- *Одномерные;*
- *Двумерные.*

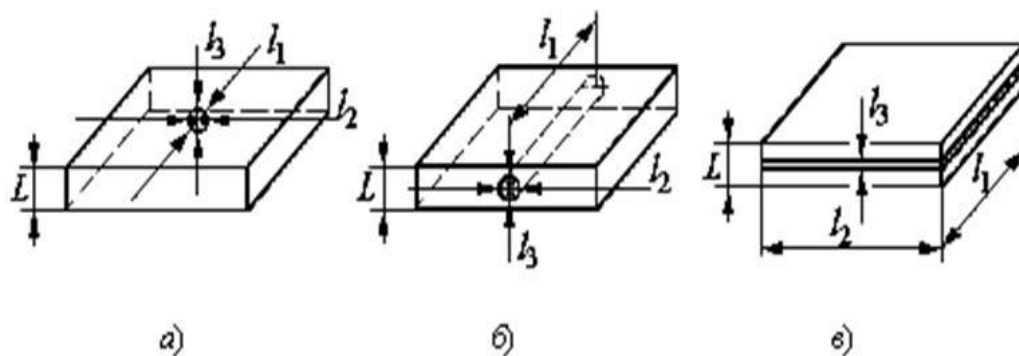


Рис. 1 – Формы наполнителей, где: а - нульмерные; б - одномерные; в - двумерные; l_1, l_2, l_3 - размеры наполнителя; L - толщина матрицы

5. По расположению компонентов (схема армирования, рисунок 2):

- *Изотропные или квазиизотропные (порошковые, дисперсно-упрочненные, хаотично армированные дисперсными частицами, дискретными или непрерывными волокнами и др.);*
- *Анизотропные (волокнистые, слоистые с определенной ориентацией армирующих элементов относительно матрицы).*

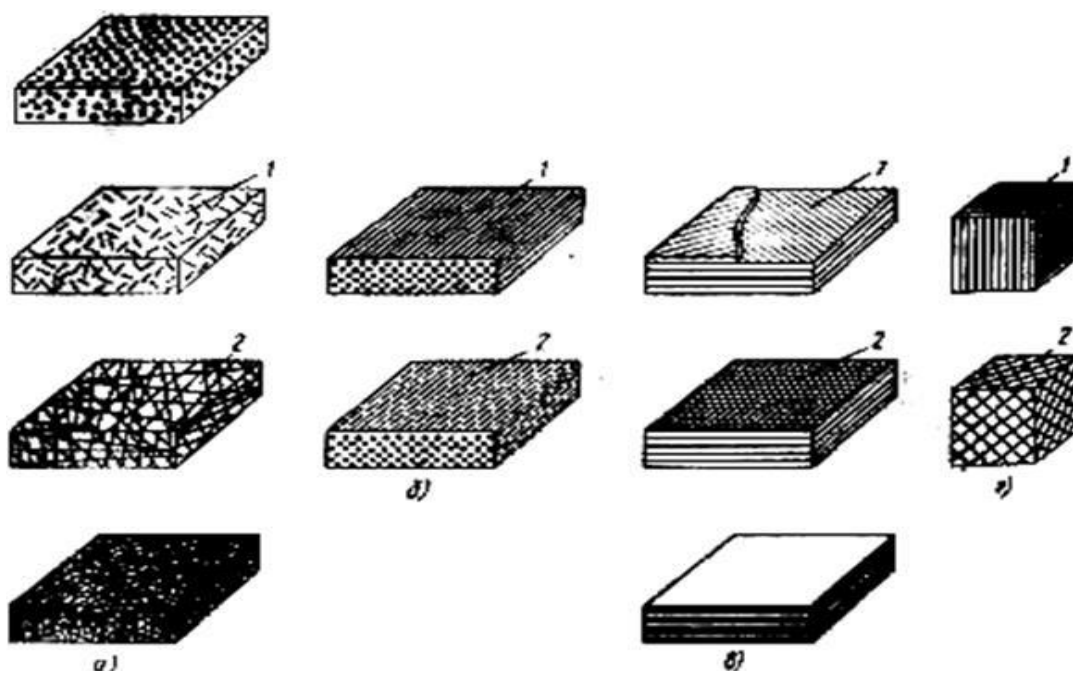


Рис. 2 – Схемы армирования композиционных материалов, где: а – хаотически армированные: 1 – короткие волокна; 2 – непрерывные волокна; б – одномерноармированные: 1 – однонаправленные непрерывные; 2 – однонаправленные короткие; в – двумерноармированные: 1 – непрерывные нити; 2 – ткани; г – пространственно армированные: 1 – три семейства нитей; 2 – n семейств нитей

6. По методу получения:

- *Искусственные;*
- *Естественные.*

2. Преимущества и недостатки композиционных материалов

Композиты обладают комплексом конструкционных и специальных свойств, практически недостижимых в традиционных материалах на металлической, полимерной, керамической, углеродной и других основах.

Основное преимущество при использовании композиционных материалов заключается в возможности производителю самостоятельно определять тип материала, ориентацию и объемное содержание волокон, что позволяет получать конструкционные материалы с требуемыми функциональными свойствами и делает использование композиционных материалов очень ценным и перспективным направлением в проектировании беспилотных летательных аппаратов.

Расчетные данные, подтвержденные результатами экспериментальных исследований и летных испытаний, показывают, что использование композиционных материалов позволяет снизить вес планера летательного аппарата на 30-40% по сравнению с весом планера из традиционных металлических материалов. Все это обеспечивает получение резерва веса, который может быть использован для увеличения дальности полета или полезной нагрузки.

Использование композиционных материалов в авиационной промышленности значительно снижает материалоемкость конструкций, увеличивает до 90% коэффициент использования материала, уменьшает количество оснастки и резко снижает трудоемкость изготовления конструкций за счет уменьшения в несколько раз количества входящих в них деталей.

Меньшая, чем у традиционных материалов, чувствительность композиционных материалов к концентрации напряжений и низкая скорость распространения усталостных трещин увеличивает долговечность структур в композиционных материалах, также увеличивает показатели радиопрозрачности и коррозионной стойкости.

Важную роль играет относительно небольшой вес композиционных материалов и их способность создавать сложные аэродинамические поверхности высокого качества. Использование композиционных материалов при создании силовой части конструкции БПЛА позволяет не только снизить массу аппарата, но и повысить его аэродинамическое совершенство, что позволяет по сравнению с традиционными материалами увеличить аэродинамическое качество на 10-20%.

Однако помимо многих положительных свойств композиционные материалы обладают также рядом недостатков, которые ограничивают их распространение и использование:

- Высокая стоимость;
- Анизотропия;
- Низкая ударопрочность;
- Высокий удельный объем;
- Токсичность и т.д.

Из-за низкой ударной вязкости применение композиционных материалов

ограничено изготовлением элементов, воспринимающих статические нагрузки.

3. Отечественное производство композитных материалов

На данный момент в разных проектах отечественной авиационной техники применяются композиты и сырье разного происхождения. Часть такой продукции производится российскими предприятиями, тогда как прочую приходится приобретать у зарубежных поставщиков. При этом осуществляется развитие отечественного производства, направленное на решение актуальных производственных задач и сокращение зависимости от импорта.

Одним из ведущих предприятий отрасли является компания «Аэрокомпозит», входящая в состав Объединенной авиастроительной корпорации.

Также в нашей стране осуществляют деятельность несколько других организаций и компаний, разрабатывающих и производящих композитные детали и материалы для их изготовления. Кроме того, принимаются меры, направленные не только на разработку и производство композитов, но и на подготовку кадров.

На Россию приходится менее процента мирового рынка композиционных материалов. За счет деятельности Центра и профильных предприятий к 2025 г. ее планируется довести до 2%.

Выводы

Все более расширяющийся спектр возможных применений БПЛА привёл к микроминиатюризации БПЛА, массогабаритные характеристики которых могут варьироваться в диапазонах от десятков сантиметров и сотен граммов до десятков миллиметров и сотен миллиграммов. Использование композитных материалов оказало существенное влияние на развитие и усовершенствование миниатюрных БПЛА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подтелкина О.А. Применение композиционных материалов при конструировании беспилотных летательных аппаратов // Современные научные исследования и инновации. 2018. № 11 [Электронный ресурс].
2. Белова, Н. А. Композитные материалы на основе углеродных волокон / Н. А. Белова. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 24.1.
3. Бейдер Э.Я., Петрова Г.Н., Изотова Т.Ф., Гуреева Е.В. Композиционные материалы термопластичные материалы и пенополиимиды // Труды ВИАМ. 2013. № 11. Ст. 01 (viam-works.ru)
4. Интеллектуальные авиаконструкционные материалы и микросистемная техника / В сборнике материалов конференции «Будущее индустрии». М.: МФТИ, 2012. 32 с.
5. Каблов Е.Н. Современные материалы – основа инновационной модернизации России // Металлы Евразии. 2012. № 3. С. 10–15.

6. Сенюшкин, Н. С. Применение композиционных материалов в конструкции БПЛА / Н. С. Сенюшкин, Р. Р. Ямалиев, Л. Р. Ялчибаева. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2011. — № 4 (27).
7. Бобович Б.Б. Неметаллические конструкционные материалы: Учебное пособие. М.: МГИУ. 2009. 384 с.
8. РОСОБОРОНЭКСПОРТ. Военно-морской флот. [Электронный ресурс] // <http://roe.ru/catalog/voenno-morskoy-flot>
9. Новости ВПК. Библиотека. [Электронный ресурс] <https://vpk.name/library>
10. Тактика Военно-Воздушных Сил: учебное пособие: А. В. Поздняков, А. А. Каргапольцев, С. А. Губарев. – Москва, 2015.
11. Компания «Кронштадт». [Электронный ресурс] <https://www.kron.spb.ru/o-kompanii/istoriya/>

COMPOSITE MATERIALS FOR MODERN UAV

*Morgunova Victoriya Olegovna, Student,
email viktoriya.morgunova.2000@mail.ru*

Konovalova Anna Khakimovna, Student, email anna_konovalova_2002@mail.ru

Grigorieva Darya Igorevna, Student, email stuart@bk.ru

*Kropacheva Irina Petrovna, assist. Prof. of AICS Department,
email kropacheva@corp.nstu.ru*

*Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623*

Abstract: One of the most priority areas of UAV development is to increase the degree of autonomy and the economic efficiency of the device by reducing the weight of the structure. The article discusses the unmanned aerial vehicles materials and the results of their application. The improvement of such high-tech weapons is a priority due to the redirection of the modern vector of weapons to remote control of high-precision complexes.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, composite materials, UAV

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ САМОЛЕТА И ЭКИПИРОВКИ ПИЛОТА

*Мариниченко Назар Михайлович, студент,
Легкий Владимир Николаевич, д.т.н. профессор кафедры АИУС*
Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)3462623
Мариниченко Н.М., e-mail: nazar.marinichenko@mail.ru

Легкий В.Н., e-mail: sniios@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Мариниченко Назар Михайлович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 3462623

Аннотация: в статье рассматриваются тенденции развития информационных компонентов самолета и экипировки пилота.

Ключевые слова: Информированность, тенденции развития, вспомогательная электроника, пилот, целеуказание.

Информированность летчика в условиях современного боя с потенциальным противником играет важную роль, кто выйдет в боевом столкновении победителем. Решение этой задачи описывал А.И. Покрышкин в своих мемуарах. С помощью постоянного верчения головой ему удавалось одновременно контролировать обстановку в небе, а также доминировать над противником.

С момента перехода от поршневой авиации к реактивной, а затем и к росту скорости реактивных самолетов, специалистам стало понятно, что в условиях воздушного боя пилот не сможет контролировать показания с приборов и вести противостояние в небе. Для решения данной задачи, было принято решение, дооснастить самолет и экипировку пилота дополнительной электроникой, которая должна упростить контроль воздушной обстановки. Один из примеров оптико-электронных систем самолета Су-35 представлен на (Рис. 1).



Рис. 1 «Оптико-электронная система самолета Су-35»

Данный комплекс электроники облегчает работу пилота и выполняет функцию «дополнительных глаз». Для наблюдения за окружающим пространством и поиска целей самолет также оснащен оптико-электронной системой ОЭС-35, которая представлена на (Рис. 2). Где вся необходимая информация выводится на два многофункциональных цветных жидкокристаллических монитора и ИЛС в кабине летчика.



Рис. 2. «Оптико-электронная система ОЭС-35»

Так же отечественные самолеты поколения 4++ оснащаются вспомогательными системами:

- Обнаружения лазерного облучения (ОЛО), которая предупреждает пилота о том, что его на его самолет наводится ракетный комплекс. ОЛО издает звуковой сигнал и выводит информацию на главный экран, чтобы пилот предпринял попытку маневра уклонения.
- обнаружителем атакующих ракет (ОАР), данная система схожа с комплексом ОЛО, но помимо звукового сигнала и информации на главном экране, обнаружитель атакующих ракет автоматически задействует комплекс средств инфракрасного противодействия (СИП).
- оптико-локационной станцией (контейнерного типа) для работы по наземным целям. Данная станция позволяет истребителю стать универсальной боевой единицей на поле боя. Благодаря данному комплексу самолет может выполнять функции штурмовика и бомбардировщика.

Основу информационно-управляющего поля кабины отечественных самолетов поколения 4++ составляют два цветных многофункциональных жидкокристаллических монитора типа МФИ-35, многофункциональный пульт со встроенным дисплейным процессором, широкоугольный коллиматорный индикатор на фоне лобового стекла ИКШ-1М и пульт управления и индикации. Они предназначены для приема, обработки и отображения информации в

мультиоконном режиме. Пример оснастки информационно-управляющим полем кабины Су-27см представлено на (Рис.3).



Рис. 3. «Оснастки информационно-управляющего поля кабины Су-27СМ»

Информационно-управляющее поле кабины отечественных самолетов поколения 4++ обеспечивает пилота:

- Полным информационным обеспечением летчика по двум каналам (зрительный, звуковой);
- Автоматизация процессов боевого применения и управления самолетом с формированием подсказок в критических ситуациях;
- полная информационная взаимозаменяемость индикаторов в кабине;
- управление комплексом бортового оборудования в напряженных фазах решения боевых задач без снятия рук с постов управления самолетом.

Параллельно со вспомогательной электроникой для самолета велись работы по разработке информационных компонентов для экипировки пилота. Экипировка пилота была оснащена специальным защитным шлемом, который имел нашлемную систему индикации.

Система целеуказания «Щель-ЗУМ» предназначена для истребителей Су-27 и МиГ-29. Визирное устройство крепится к шлему и создает оптическую проекцию прицела. Благодаря чему летчик может производить захват цели, даже если она находится за пределами рабочего радиуса индикатора на лобовом стекле самолета. Система захвата цели работала по принципу поворота головы в сторону противника и нажатия специальной кнопки «Захват цели», расположенной на органах управления самолетом. В ближнем воздушном бою подобная система может упростить выполнение боевой задачи пилота.

В современных реалиях система целеуказания «Щель-ЗУМ» морально устарела. Авиашлем, отвечающий современным требованиям стал ЗШ-10. ЗШ был оптимизирован под новую систему индикации «Сура», которая разрабатывалась в КБ «Арсенал». Система индикации состоит из визирного

устройства, откидного окуляра и светодиодов, следящих за поворотами головы летчика. Однако при всей своей новизне «Сура», как и ее предшественница «Щель», выполняет лишь функцию целеуказания. ЗШ-10 с системой индикации «Сура» представлен на (Рис. 4).



Рис. 4. «ЗШ-10 с системой целеуказания и индикации»

Создание ЗШ-10 во многом было вызвано появлением самолета Су-57 ПАК ФА – серийного российского истребителя пятого поколения. Специально для нового самолета НПП «Звезда» ведет разработку новой системы с нашлемным дисплеем. В данном шлеме будет улучшенная эргономика, что позволит пилоту носить его с комфортом. Также ведется отработка и модернизация систем индикации. Предполагается, что часть информации будет отображаться на специальном дисплее, что позволит дополнить данные индикатора на лобовом стекле ЗШ-10.

Выводы

Проведенный анализ развития информационных компонентов самолета и экипировки пилота показал следующие тенденции:

Используя вспомогательную электронику, а также информационные компоненты экипировки, позволяют пилоту спокойно, без лишних действий и без постоянного верчения головой, вести маневренный бой с потенциальным противником. Что показывает, какой рывок был совершен в развитии отечественной электроники.

Вспомогательная электроника самолета, которая устанавливается на отечественную боевую авиацию поколения 4++ отвечает современным требованиям, и со своими задачами справляется, что было доказано во время проведения военной операции в САР. Информационные компоненты экипировки летчика в РФ слабо развиты, т.к. большая часть ВКС используют ЗШ-7, который не отвечает современным требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <http://bastion-karpenko.ru/su-35/>
2. https://wikichi.ru/wiki/Missile_approach_warning_system
3. https://vpk.name/news/246900_aviashlemy_virtualnaya_realnost_v_nastoyashem_boyu.html
4. Биография и мемуары, А.И. Покрышкин «Небо войны».

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AIRCRAFT INFORMATION COMPONENTS AND PILOT EQUIPMENT

*Marinichenko Nazar Michailovich, Student, e-mail
nazar.marinichenko@mail.ru*

*Legkij Vladimir Nikolaevich, Grand PhD in (Engineering) sciences. of AICS
Department*

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract: The article discusses the development trends of aircraft information components and pilot equipment

Keywords: Awareness, development trends, auxiliary electronics, pilot, target designation.

УДК 519.61

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В УНИТАРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ КОНЕЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ

Слободяненко Александр Александрович¹, аспирант; Ющенко Валерий Павлович¹, д.т.н, профессор

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Слободяненко А.А., email sepwood@gmail.com

Ющенко В.П., email yushhenko@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Слободяненко Александр Александрович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (983)304-31-14

Аннотация: В статье рассматривается вопрос решения обратных задач электродинамики, представленных системой линейных алгебраических уравнений в унитарном векторном пространстве. Решение задачи для случая неполных (неточных) данных, формулируется в аппроксимационной постановке и достигается алгоритмом, основанным на методе алгебраических

реконструкций. На численных экспериментах показано, что представленный алгоритм сходится к обобщенному решению обратной задачи.

Ключевые слова: обратные задачи, метод алгебраических реконструкций, унитарные пространства.

1. Введение

На сегодняшний день область науки и техники, в которой возникают обратные задачи, не ограничивается компьютерной томографией [1] и реконструкцией изображений [2]. Многочисленные примеры обратных задач можно встретить в прикладной электродинамике [3] – синтез излучающих систем, восстановление поля в раскрыве, восстановление диаграммы направленности излучающей системы, задача дифракции на теле сложной формы - лишь малая часть таких примеров. Большинство этих задач математически формулируются единообразно в форме операторного уравнения 1 рода. К решению таких уравнений подходят численно, т.е. исходные пространства, на которых действует оператор, аппроксимируются пространствами конечной размерности, что приводит к системе линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которые затем решаются матричными методами.

В начале 20 века польский математик Стефан Качмарц предложил итерационный алгоритм для решения СЛАУ. Позднее в 1970 году Гордон и др., успешно применили алгоритм Качмарца к задачам томографии [4]. При этом метод, реализуемый в алгоритме был назван методом алгебраических реконструкций (Algebraic Reconstruction Technique). Алгоритмы, основанные на методе алгебраических реконструкций, представляли собой попытку решить обратную задачу в частном случае, когда коэффициенты СЛАУ принимали значение на отрезке от 0 до 1. Вскоре эти методы были распространены на случай векторных пространств над полем действительных чисел и применялись в области реконструкции изображений. Для решения обратных задач электродинамики следует учитывать, что пространства, между которыми действует оператор, являются унитарными пространствами, следовательно, коэффициенты СЛАУ являются комплексными величинами.

В этой статье мы сконцентрируемся исключительно на решении обратных задач методом алгебраических реконструкций в унитарных пространствах конечной размерности. Показано что алгоритм на его основе сходится к обобщенному решению обратной задачи.

2. Обобщенное решение обратной задачи

Рассмотрим обратную задачу в форме системы линейных алгебраических уравнений

$$Ax = b \quad (1)$$

где $x \in K^n$ – искомый вектор, $b \in K^m$ – известный вектор, $A \in K^{m \times n}$ – матрица размером $m \times n$, K^d – векторное d -мерное пространство над полем K .

Для обратных задач характерно что вектор b будучи величиной измеримой неизбежно подвержен разного рода ошибкам и искажениям, что может привести к неразрешимости системы (1). В таком случае для решения

обратной задачи (1) можно попытаться найти вектор $x^* \in K^n$, который "наиболее близок" к решению (1) в том смысле, что

$$\|Ax^* - b\|_m \leq \|Ax - b\|_m \quad (2)$$

для всех $x \in K^n$, где $\|\cdot\|_m$ – Евклидова норма пространства K^m .

Такой вектор может оказаться неединственным. Множество векторов удовлетворяющих (2) образуют линейное подпространство K^n , оно выпукло и замкнуто. Следовательно, существует единственный вектор, с наименьшей нормой который и принимается в качестве обобщенного решения обратной задачи. Из теории обратных задач известно, что такое решение может быть получено с помощью псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза A^\dagger

$$x^* = A^\dagger b \quad (3)$$

где $A^\dagger = (A^T A)^{-1} A$.

Во многих реальных приложения вычисление матрицы является затруднительным, так как предполагает операцию обращения. Предпочтительным является использование итерационных методов.

3. Метод алгебраических реконструкций

Метод алгебраических реконструкций - это итеративный проекционный алгоритм. Для матрицы $A \in \check{Y}^{m \times n}$ и вектора \check{Y}^m алгоритм аппроксимирует решение линейных систем (1) последовательностью

$$x_{k+1} = x_k - \frac{\langle a^i, x_k \rangle - b_i}{\|a^i\|_2^2} a^i \quad (4)$$

где $i \equiv k(\text{mod } m) + 1$, a^i - i -ый ряд матрицы A , $x_1 \in \check{Y}^n$ - начальный вектор. Здесь $\langle a^i, x \rangle$ - скалярное произведение в \check{Y}^n , а $\|\cdot\|$ - индуцированная норма.

Если система уравнений (1) непротиворечива, алгоритм сходится к решению этой системы. Если система несовместна, каждая последовательность сходится, но не обязательно, к обобщенному решению. Путем введения параметра релаксации λ можно добиться сходимости алгоритма к обобщенному решению.

Рассмотрим обобщенную обратную задачу электродинамики в форме (1). В этом случае матрица $A \in J^{m \times n}$ т. е. является линейным отображение унитарного векторного пространства C^n в C^m . Комплексное сопряжение x обозначим \bar{x} . Скалярное произведение двух векторов x, y и норма вектора x в

m - мерном унитарном пространстве определяется как $\langle x, y \rangle = \sum_{i=1}^m \bar{y}_i x_i$ и $\|x\| = \sqrt{\langle x, x \rangle}$ соответственно.

Предположим, что $\|a^i\| > 0$, для всех i , где a^i - вектор соответствующий i -той строке матрицы A . Пусть отображение f_i из C^n в C^n определяется как

$$f_i(x) = x - \lambda_i \frac{\langle x, \bar{a}^i \rangle - b_i}{\|\bar{a}^i\|_2^2} \bar{a}^i \quad \text{for } i=1, \dots, m$$

где \bar{a}^i - вектор в сопряженный a^i , λ_i параметр релаксации близкий к 0.

Определим отображение $F : C^n \rightarrow C^n$ как

$$F(b, x) = f_1 \circ f_2 \circ f_3 \circ L \circ f_m(x) = f_1 \left(f_2 \left(f_3 \left(L \left(f_m(x) \right) L \right) \right) \right)$$

Алгоритм: Выбираем произвольный элемент $x^0 \in C^n$ и определяем последовательность $\{x^i\}$ из рекуррентного соотношения

$$x^{i+1} = F(b, x^i) \quad i = 0, 1, 2, \dots$$

4. Численные эксперименты и выводы

Для проверки сходимости алгоритма решающего обратную задачу на унитарных векторных пространствах были проведены численные эксперименты с использованием случайных матриц. В экспериментах создавались матрица A и вектор b , где каждый элемент является случайной комплексной величиной со стандартным гауссовым распределением. На каждой итерации k отслеживалась ошибка $\|Ax^k - b\|$. Критерием остановки алгоритма являлось условие $\|x_{t+1} - x_t\| \leq 10^{-4}$. На рис.1-2 сплошная красная линия представляет собой среднюю ошибку решения алгоритма на итерации, а пунктирная красная линия представляет ошибку решения полученного с помощью псевдообратной матрицы Мура-Пенроуза..

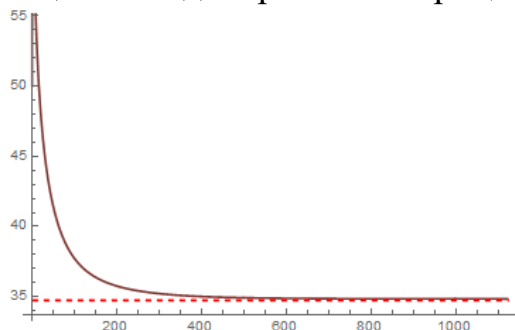


Рис.1. Сходимость алгоритма для матрицы A размером 100×80

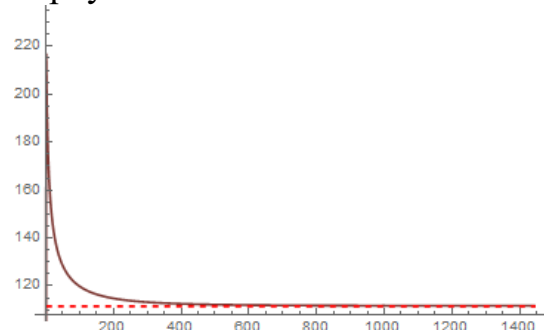


Рис. 2. Сходимость алгоритма для матрицы A размером 1000×800

Результаты численных экспериментов подтверждают сходимость алгоритма к обобщенному решению обратной задачи. Стоит отметить, что свыше 400 итераций отклонение от обобщенного решения составляло не более 0,5%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G.T. Herman, Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, 2nd ed., Springer, New York, 2009.
2. F. Natterer, The Mathematics of Computerized Tomography, SIAM, Philadelphia, 2001.

3. G. Hu, P. Li, X. Liu and Y. Zhao, Inverse source problems in electrodynamics, *Inverse Problems and Imaging*, 12 (2018), 1411-1428.
4. Gordon, R., Bender, R. and Herman, G. T. [1970], 'Algebraic reconstruction techniques (ART) for three-dimensional electron microscopy and X-ray photography', *J. Theoret. Biol.* 29, 471–481.

ALGORITHM SOLVING INVERSE PROBLEM OF APPLIED ELECTRODYNAMICS IN UNITARY SPACES OF FINITE DIMENSION

Slobodyanenko Alexander Alexandrovich,
Postgraduate student, e-mail, sepwood@gmail.com ;
Yushchenko Valeriy Pavlovic, e-mail, yushhenko@corp.nstu.ru
Novosibirsk State Technical University
20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract: The article deals with the problem of solving inverse problems of electrodynamics, represented by a system of linear algebraic equations in a unitary vector space. The solution of the problem for the case of incomplete (inaccurate) data is formulated in an approximation setting and is achieved by an algorithm based on the method of algebraic reconstruction. Numerical experiments show that the presented algorithm converges to a generalized solution of the inverse problem.

Keywords: inverse problems, algebraic reconstruction technique, unitary space.

УДК 621.396.969.33

СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ МОРСКОГО ЛЬДА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА И ПОДВОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ

*Ухваков Родион Александрович, Постоев Дмитрий Константинович, Лушпа
Никита Владимирович*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Ухваков Р.А., rodionu@inbox.ru

Постоев Д.К., postoev00@mail.ru

Лушпа Н.В., lushpa.2001@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Ухваков Родион Александрович Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. +7 (383) 3462623

Аннотация: В статье приводится обзор основных методов измерения толщины ледяного покрова и результаты опубликованных в научной отечественной литературе исследований этого параметра ледяного покрова в морях Северного ледовитого океана и Арктическом бассейне. Совершенствование и разработка новых конструктивных предложений в

данном вопросе, является достаточно перспективным направлением, особенно при применении беспилотных аппаратов. В настоящее время разработаны и активно применяются в полевых условиях несколько методов. Были подробно рассмотрены два из них: акустический метод (эхолокация) и с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Выявлены недостатки каждого метода и сделаны выводы относительно более целесообразного использования.

Ключевые слова: БПЛА, лед, сигнал, толщина, точность.

1. Введение

Арктика имеет исключительно важное военно-стратегическое значение для России. Освоение Арктики в значительной степени затрудняется наличием льда в Северном Ледовитом океане и прилегающих морях. Проблема прогнозирования состояния льда: его толщины, плотности, размеров ледовых полей — является одной из самых важных проблем современности. Методы непосредственного исследования состояния льда путем высадки на поверхность не всегда применимы из соображений безопасности людей. Способ определения толщины морского льда заключается в излучении электромагнитных зондирующих импульсов метрового диапазона в направлении льда в ортогональных плоскостях поляризации, приеме отраженных сигналов в тех же плоскостях поляризации, объединении сигналов обеих поляризаций и измерении для объединенного сигнала временного интервала, по которому определяют толщину льда.

2. Описание изобретения по дистанционному определению толщины морского льда

Изобретение относится к технике измерения толщины морских льдов. Оно может быть использовано для ледовой разведки, а также радиоинтроскопии ледников.

Способ включает облучение морского льда специальными зондирующими радиоимпульсами и измерение временного интервала между раздельно наблюдаемыми сигналами, отраженными от верхней и нижней поверхностей морского льда. Для повышения точности измерений в известном способе повышают частоту радиосигнала и уменьшают число периодов в каждом импульсе. Однако, с увеличением частоты колебаний, растет коэффициент затухания в морском льду, что препятствует разделению наблюдаемых сигналов от верхней и нижней поверхностей морского льда.

Устройство для измерения толщины морского льда с борта летательного аппарата содержит импульсный радиолокатор сантиметрового диапазона с синхронизатором, модулятором и приемно-передающую антенну дециметрового диапазона, в котором для увеличения точности измерения и упрощения устройства выход модулятора радиолокатора сантиметрового диапазона через формирователь наносекундных видеоимпульсов соединен с антенной дециметрового диапазона. По сравнению с аналогами, которые излучают короткие радиоимпульсы на несущей частоте сантиметрового диапазона и обладают низкой точностью измерения при наличии солености и неоднородностей в морском льду, в известном устройстве синхронизатором

радиолокационной станции производят возбуждение антенны дециметрового диапазона. В результате излучаются радиоимпульсы, длительность которых определяется полосой пропускания антенны и может составлять единицы наносекунд. При этом сигнал сантиметрового диапазона, отразившийся от верхней кромки морского льда, принимается сантиметровой антенной, а сигнал дециметрового диапазона, отразившийся от нижней кромки морского льда, принимается дециметровой антенной.

Однако с увеличением частоты колебаний растет коэффициент затухания в морском льду, что препятствует разделению сигналов от верхней и нижней поверхностей, и положительный технический эффект, заключающийся в повышении точности измерений толщины морского льда, достигается только при измерении толщины пресного и малосоленого льдов.

В известном способе и устройстве (Финкельштейн М.И., Лазарев Э.И. Радиолокационный видеоимпульсный измеритель толщины морского льда как новое перспективное средство ледовой разведки) данное противоречие решается путем использования широкополосного облучающего сигнала и его последующей обработки с выделением высокочастотных составляющих. Данный способ радиолокационного зондирования позволяет измерять толщину морского льда с точностью 10% в диапазоне толщины 45-250 см, а также приблизительную толщину морского льда в диапазоне от 0 до 45 см и характер поверхности (торосистость).

3. Дистанционное измерение толщины льда с применением БПЛА

Дистанционное зондирование Земли – это зондирование поверхности Земли с борта авиационных средств или из космоса с использованием свойств электромагнитных волн, излучаемых, отражаемых или рассеиваемых зондируемыми объектами, с целью информационного обеспечения для ликвидации чрезвычайных ситуаций, улучшения распоряжения природными ресурсами, совершенствования землепользования и охраны окружающей среды.

Основные недостатки методов при работе в Арктике:

1. Использование космических или авиационных средств имеет высокую стоимость, поэтому оно может быть использовано только для крупных судов (атомные ледоколы, военные суда, танкеры). Для небольших судов, которые чаще всего проводят научные исследования и коммерческую деятельность (рыбная ловля, заготовка морского зверя, экологические мероприятия) использование данных средств из-за высокой цены становится невозможным.

2. Низкий уровень оперативности: для получения снимков требуется значительное время. Получение данных в режиме реального времени затруднено.

3. Файлы аэро- и космических снимков имеют большой размер, что затрудняет передачу данной информации по каналам связи. В Арктике имеются проблемы со связью, в основном, используется космическая связь, которая является неустойчивой. Это приводит к тому, что каналы связи достаточно узкие и передача данных имеет высокую цену.

Применение БПЛА при зондировании морского льда имеют следующие преимущества:

1. Невысокая стоимость.
2. Небольшой вес и размеры, что позволяет размещать оборудование даже на небольших судах.
3. Данные с БПЛА могут передаваться оперативно в режиме реального времени.
4. При небольшой дальности полета БПЛА может использоваться широкополосный канал для передачи данных. Это позволяет использовать аппаратуру с высоким разрешением.
5. Возможность применения в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья оператора (ледоход, наводнение).

Недостатки при использовании БПЛА:

1. Низкий уровень точности произведенных измерений.
2. Ограниченный размер полезной нагрузки.
3. Зависимость от погодных условий.

Для выполнения специальных задач, в частности для аэрофотосъемки и дистанционного зондирования, БПЛА должен рассматриваться в совокупности с его приборным оснащением и полезной нагрузкой, для чего введен термин беспилотная авиационная система (БАС).

БАС, помимо БПЛА, состоит из бортового комплекса управления, полезной нагрузки и наземной станции управления.

1. Бортовой комплекс: интегрированная навигационная система; приемник спутниковой навигационной системы; автопилот. (БПЛА для дистанционного исследования льда должен иметь на своем борту полноценный автопилот, способный выдерживать параметры съемки (маршрут, углы наклона аппаратуры, процент продольного и поперечного перекрытия, высоту и т.д.) даже при малой массе аппарата в широком диапазоне метеоусловий.)

2. К полезной нагрузке для задач дистанционных исследований льда относятся цифровая фотокамера, как дополнение могут использоваться видеокамера, тепловизор, ИК-камера, СВЧ комплекс.

3. Функции наземного пункта управления: слежение за полетом; прием данных; передача команд управления.

Для исследования льда может подойти микрокоптер. Микрокоптер (рис.1) представляет собой радиоуправляемую летающую платформу с 4, 6, 8, 12 бесколлекторными двигателями с пропеллерами. В полете платформа занимает горизонтальное положение относительно поверхности земли, может зависать над определенным местом, перемещаться влево, вправо, вперед, назад, вверх и вниз. В настоящее время, благодаря разработанному дополнительному оборудованию микрокоптер имеет возможность осуществлять фактически полуавтономные полеты.



Рис.1 Микрокоптер (Гексакоптер).

4. Измерение толщины морского льда с подводного носителя

Данная технология используется в военной сфере, в частности в навигационных приборах подводных лодок для обнаружения льда и измерения его характеристик.

Для подводных лодок необходимо знание ледовой обстановки, в том числе дистанционная оценка толщины льда с высокой точностью при движении подо льдом на фиксированной глубине.

Известен акустико-гидростатический способ измерения толщины погруженной части льда, который содержит измерение высоты водяного столба, измеряемого датчиком забортного давления, и измерение расстояния до нижней поверхности льда, определяемое эхолотом. Основным недостатком этого способа является недостаточная точность измерения, которая определяется точностью гидростатического измерителя, зависящей от знания атмосферного давления на момент измерения, и точностью измерения эхолотом, показания которого зависят от точности измерения скорости звука. Скорость звука может быть измерена на глубине движения, а по трассе распространения сигнала и особенно в районе, близком к кромке льда, измерить ее практически невозможно.

5. Выводы

Измерения, проводимые с подводных лодок, заключаются в регистрации осадки дрейфующего льда, включая кили торосистых гряд, что не всегда позволяет достаточно уверенно оценить непосредственно толщину ровного льда естественного нарастания. Использование классических методов измерения толщины морского льда имеет свои недостатки — это экономически невыгодно и имеет низкую оперативность. Поэтому будет более целесообразно

использовать беспилотные летательные аппараты (БПЛА), которые лишены вышеуказанных недостатков, но имеют ограничения по весу используемой аппаратуры. Мы провели анализ имеющихся БПЛА и пришли к выводу, что наилучшим образом для нашей задачи подходит микрокоптер. Ошибка в определении толщины льда с использованием БПЛА составляет не более 15 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Способ определения толщины морского льда, Финкельштейн М.И., Пешков А.Н., Даньшин П.Д., 1993
2. Особенности дистанционного определения толщины льда с использованием БПЛА, Лагунов А.Ю., Поздеев В.А., Тягунин А.В., Федин Д.А., 2014.
3. Способ измерения толщины с подводного носителя, Полканов К.И., Смирнов С.А., Тимошенков В.Г., 2014
4. Радиолокация слоистых земных покровов, Финкельштейн М.И. Мендельсон В.Л. Кутев В.А., М.: Сов. радио, 1973.

SEA ICE THICKNESS MEASURING METHOD WITH UAVS AND UNDERWATER CARRIERS

Ukhvakov Rodion Alexandrovich, Student, e-mail: rodionu@inbox.ru
Postoev Dmitriy Konstantinovich, Student, e-mail: postoev00@mail.ru
Lushpa Nikita Vladimirovich, Student, e-mail: lushpa.2001@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract: The article provides an overview of the main methods for ice cover thickness measuring and the results of studies published in the science literature of the ice cover in the seas of the Arctic Ocean and the Arctic basin. Improvement and development of new constructive proposals in this matter is quite a promising direction, especially when using unmanned vehicles. Currently, several methods have been developed and are actively used in the field. Two of them were considered in detail: the acoustic method (echolocation) and unmanned aerial vehicles (UAVs) application. The disadvantages of each method are identified and conclusions are drawn regarding more appropriate use.

Keywords: UAV, ice, signal, thickness, accuracy.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СХЕМ ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ

Щербаков Дмитрий Игоревич, студент

Научный руководитель: Русский Евгений Юрьевич, канд. техн. наук
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г.Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Щербаков Д.И., e-mail: d.shcherbakov.154stud@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Щербаков Дмитрий Игоревич,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, +7(951)398-94-29

Аннотация: в данной статье рассматривается вопрос о деталях расчета пассивных для корректной работы проектируемых устройств. В работе будут рассмотрены полные эквивалентные схемы пассивной элементной базы будущего устройства и предварительной компоновки корпусов на плате. В результате ожидается предоставить рекомендации по проектированию схем.

Ключевые слова: печатная плата, пассивные компоненты, эквивалентная схема замещения.

Введение

Одной из основных задач электроники является расчет электрических схем, то есть получение детальной количественной информации о процессах, происходящих в цепи. Но для вычисления произвольного контура, состоящего из компонент, практически невозможно.

Даже простым математическим аппаратом описываются идеализированные базовые элементы электронных схем, например, идеальные резисторы, но они не существуют в реальности.

Введение понятия эквивалентная схема позволяет рассмотреть компоненты с учётом паразитных параметров, которые влияют на работу схемы во время эксплуатации.

Полная эквивалентная схема замещения резистора

Резистор нельзя рассматривать как, элемент, обладающий только активным сопротивлением, определяемым его резистивным элементом. Помимо сопротивления резистивного элемента он имеет емкость, индуктивность и дополнительные паразитные сопротивления (рис. 1).

Реактивные элементы определяют частотные свойства резистора. Из-за их наличия сопротивление резистора на высоких частотах становится комплексным.

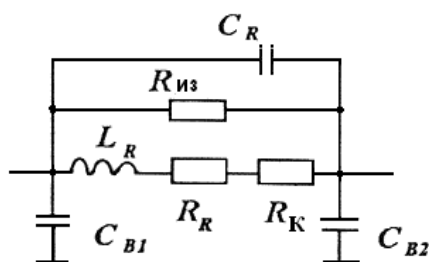


Рис.1. Полная эквивалентная схема резистора: R_R – сопротивление резистивного элемента; $R_{из}$ – сопротивление изоляции, определяемое свойством защитного покрытия и основания; R_K – сопротивление контактов; L_R – эквивалентная индуктивность резистивного слоя и выводов резистора; C_R – эквивалентная емкость резистора; C_{B1} и C_{B2} – емкости выводов

Индуктивность и ёмкость являются распределёнными параметрами. Индуктивность резистора определяется его конструкцией, размерами и размерами выводов. Ёмкость резистора появляется между его различными участками, а также определяется конструкцией выводов и их размерами.

Полная эквивалентная схема замещения конденсатора

Конденсатор как законченное устройство обладает рядом паразитных параметров (рис. 2).

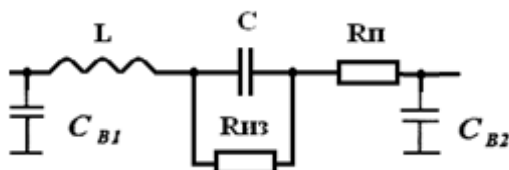


Рис. 2. Полная эквивалентная схема конденсатора: C – ёмкость конденсатора; L – индуктивность; $R_{из}$ – сопротивление изоляции; $R_{п}$ – сопротивление потерь; C_{B1} и C_{B2} – емкости выводов

L определяется конструкцией, размерами обкладок и ограничивает частотный диапазон применения. $R_{п}$ есть в эквивалентной схеме, поскольку под действием переменного поля изменяется состояние диэлектрика, на что требуются затраты мощности.

Реальные конденсаторы, в основной массе случаев, достаточно хорошо отвечают этой модели. Однако, при необходимости более точных расчётов, особенно на высоких напряжениях, становится необходимым учитывать неидеальность диэлектрика, находящегося между обкладками конденсатора и характеризующегося током утечки и на схеме замещения. Эта неидеальность представлена в виде резистивного элемента, подключенного параллельно к ёмкостному элементу. На сверхвысоких частотах резко возрастает роль индуктивности и ёмкости выводов конденсатора.

Полная эквивалентная схема замещения катушки индуктивности

Характеристики идеальной катушки индуктивности будут соответствовать индуктивному элементу схемы замещения.

Реальные катушки индуктивности намотаны из провода, имеющего ненулевое удельное сопротивление, таким образом, чем больше витков

содержит катушка, тем будет выше её активное сопротивление, которое, обычно, необходимо учитывать во всём диапазоне частот (рис.3) .

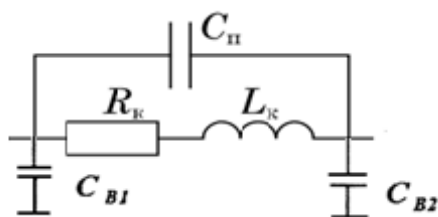


Рис.3. Полная эквивалентная схема катушки индуктивности: L_k – индуктивность катушки; $C_п$ – паразитная межвитковая ёмкость; R_k – активное сопротивление катушки; $C_{в1}$ и $C_{в2}$ – ёмкости выводов

С ростом частоты возрастёт влияние межвитковой ёмкости. На сверхвысоких частотах резко возрастает роль ёмкости выводов катушки индуктивности.

Печатная плата как пассивный компонент

Печатной плате так же присуще все описанные свойства пассивных компонентов, но эти свойства не так ярко выражены.

Печатная плата восприимчива к излучению, поскольку проводники и выводы компонентов образуют своеобразные антенны. Прямой проводник обладает паразитной индуктивностью и поэтому может концентрировать и улавливать излучение от внешних источников. При постоянном токе или низких частотах преобладает активная составляющая. При повышении частоты реактивная составляющая становится все более и более значимой. В диапазоне от 1 кГц до 10 кГц индуктивная составляющая начинает оказывать влияние, и проводник более не является низкоомным соединителем, а скорее выступает как катушка индуктивности.

Когда проводник печатной платы поворачивает на угол 90° , может возникнуть отражение сигнала. Это происходит, главным образом, из-за изменения ширины пути прохождения тока. В вершине угла ширина трассы увеличивается в 1.414 раза, что приводит к рассогласованию характеристик линии передачи, особенно распределенной емкости и собственной индуктивности трассы.

Проводники, находящиеся друг над другом на смежных слоях, создают длинный пленочный конденсатор. Другими словами, возникает емкостная связь.

Выводы

В результате проделанной работы получил то, что пассивные элементы зависят от частоты колебаний входного сигнала, что может повлиять при проектировании высокочастотных и сверхвысокочастотных устройств. Далее представлен список рекомендаций по работе проектирования схем.

Для печатной платы и дорожек на ней:

- используйте печатные платы только из качественного материала;

- схемы, выполненные на многослойных печатных платах, которые на 20 дБ менее восприимчивы к внешним помехам, чем схемы, выполненные на двухслойных платах;
- используйте разделенные, неперекрывающиеся полигоны для различных земель и питаний;
- располагайте полигоны земли и питания на внутренних слоях печатной платы;
- старайтесь избегать применения лишних переходных отверстий, т.к. они обладают собственной индуктивностью;
- не разводите проводники под прямыми углами и сглаживайте вершины углов, если это возможно;
- если требуется большая длина проводника, то уменьшайте его ширину.

Для пассивных компонентов:

- учитывайте частотные ограничения, вносимые пассивными компонентами и проводниками платы;
- для высокочастотных схем используйте компоненты, предназначенные для поверхностного монтажа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фумкин Г.Д. Расчет и конструирование РЕА. – М.: Высшая школа, 1989.
2. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. — М.: Высшая школа, 1996. — 224 с. — ISBN 5-8297-0159-6
3. Попов В. П. Основы теории цепей . — М.: Высшая школа, 2003. — 575 с. — ISBN 5-06-003949-8
4. Родюков М. С. Общая электротехника. Основные положения. Цепи постоянного тока: Учебное пособие — М.: МГУПИ, 2010 г. 67 с
5. ГОСТ 23 751-86 Платы печатные. Основные параметры конструкций.
6. ГОСТ 10 317-79 Платы печатные. Основные размеры.

SIMULATION OF EQUIVALENT CIRCUITS OF PASSIVE ELECTRONIC COMPONENTS ON-BOARD EQUIPMENT

Shcherbakov Dmitry Igorevich, student

Scientific adviser: Russkiy Evgeny Yurievich, Ph.D. (Engineering)

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospect Karla Marksa,
Novosibirsk, 60073, Russia

Shcherbakov D.I., e-mail: d.shcherbakov.154stud@gmail.com

Abstract: This article discusses the issue of the details of the calculation of passive devices for the correct operation of the designed. The paper deals with the equivalent circuits of the passive element base of the future device and the

preliminary layout of it on the board. As a result, it is expected to provide recommendations for designing schemes

Keywords: PCB, passive components, equivalent circuit

УДК 517.977

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ В УСЛОВИЯХ ФАЗОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ

Ямшанов Константин Леонидович, студент;

Борисова Ирина Валентиновна, к.т.н., доцент;

Ющенко Валерий Павлович, д.т.н., с.н.с., профессор

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.

Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)3462623

Ямшанов К.Л., e-mail: kostyayamshanov@gmail.com

Борисова И.В. e-mail: i.v.borisova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Ямшанов Константин Леонидович,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.

Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)346-26-23

Аннотация: в данной статье рассмотрен метод решения задачи оптимального управления в условиях фазовых ограничений, для мобильного робота, методом градиентного спуска.

Ключевые слова: мобильный робот, оптимальное управление, градиентный спуск.

1. Введение

Задача оптимального управления, стала одной из ключевых в теории управления, еще с середины двадцатого века. Существует большое количество методов решения задачи оптимального управления, а с ростом вычислительной мощности современных компьютеров их число только увеличивается. В данной работе, будет рассмотрен способ решения задачи оптимального управления в условиях фазовых ограничений, методом градиентного спуска.

2. Формальная постановка задачи

Задача оптимального управления это синтезирование управления с помощью соответствующим образом построенной цепи обратной связи или программного управления, при котором критерий оптимальности принимает максимальное (или минимальное) значение [1].

В зависимости от характера явления, для его описания возможно использовать обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения с последствием, разностные уравнения, уравнения в частных производных, стохастические уравнения и т.д.[2].

Например, объект управления (ОУ), в данном случае мобильный робот, может быть описан системой обыкновенных дифференциальных уравнений. Эту систему можно записать в векторном виде

$$\dot{x} = f(x, u, t), \quad (1.1)$$

где x , u , f это векторы с компонентами x_i , u_i , f_i . Вектор $x(t)$ - называют вектором состояния или фазовым вектором, он определяет состояние ОУ в момент времени t . Если координаты состояния x_i принять за координаты n -мерного пространства, то любой комбинации переменных $x_1 \dots x_n$ соответствует определенное состояние или фаза системы, поэтому пространство называют фазовым. Вектор $u(t)$ - управлением или управляющим вектором. Векторы $u(t)$ и $x(t)$ могут изменяться лишь в некоторой ограниченной (допустимой) области

$$x(t) \in G_x \quad (1.2)$$

$$u(t) \in G_u \quad (1.2')$$

Условие (1.2) называется фазовым ограничением, то есть ограничения на решения (траектории) системы дифференциальных уравнений. Эти ограничения задают требованием, чтобы рассматриваемые траектории не покидали некоторой заданной области пространства. (1.2') - ограничением на управление. G_x и G_u являются заданными множествами. Например для мобильного робот, это будет некоторая заданная область пространства. Ограничением будет тот факт, что робот не может пересекать поверхность земли и препятствия. Множество допустимых управлений G_u определяется конструкцией.

Движение объекта управления, ограничено некоторыми начальными и конечными условиями

$$x(t_0) \in \varepsilon_0 \quad (1.3)$$

$$x(T) \in \varepsilon_T$$

Например, могут быть заданы начальные линейная и угловая скорость. Второе условие в (1.3) называется целью управления. Достижение системой (1.1) за заданное время T , некоторого конечного состояния. Данная задача может быть решена неограниченным множеством способов, поэтому возникает потребность в нахождении и выборе наиболее подходящего решения. Управление системой (1.1), осуществляется для выполнения набора заранее поставленных целей, которые можно записать в терминологии минимизации некоторых функционалов, которые зависят от траектории движения системы и управления [3-4].

3. Решение задачи оптимального управления с помощью метода градиентного спуска

Градиентный спуск — метод нахождения локального минимума или максимума функции с помощью движения вдоль градиента. Идея состоит в том, чтобы делать повторяющиеся шаги в направлении, противоположном градиенту (или приближительному градиенту) функции в текущей точке, потому что это направление наиболее крутого спуска:

$$X^{|j|+1} = X^{|j|} - \lambda^{|j|} \nabla F(X^{|j|}),$$

где $\lambda^{|j|}$ задает скорость градиентного спуска.

В случае оптимизации управления, для мобильного робота, оптимизируемый функционал (который еще называют loss surface) можно представить в виде поверхности (рис. 1) [4-5].

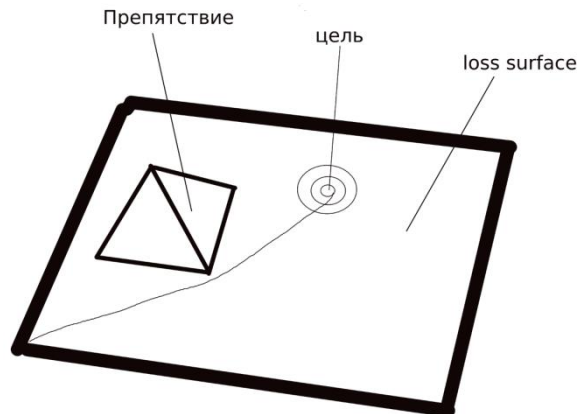


Рис. 1. Поверхность функционала

Объектом управления был малогабаритный `rosbot2` в робототехническом симуляторе `gazebo`. Использовалась идентифицированная, с помощью нейронной сети модель робота. Для нахождения оптимального управления, методом градиентного спуска был выбран язык программирования `python` и фреймворк `pytorch`. Алгоритм поиска оптимального управления:

1. Задается цель и фазовые ограничения
2. Задается первоначальная последовательность управления
3. Используя модель робота, предсказывается траектория, при заданном управлении
4. Рассчитывается обратное распространение ошибки
5. Корректируется управление
6. Выполняются пункты 3-5, N итераций или пока значение ошибки не станет меньше заданной δ .

Полученное управление подается `rosbot` в симуляционной среде `gazebo`. Результаты поиска оптимального управления, для цели в точке $(x=5, y=5)$ с фазовыми ограничениями: $x \in (1-3)$, $y \in (1-3)$ представлены на рисунке 2.

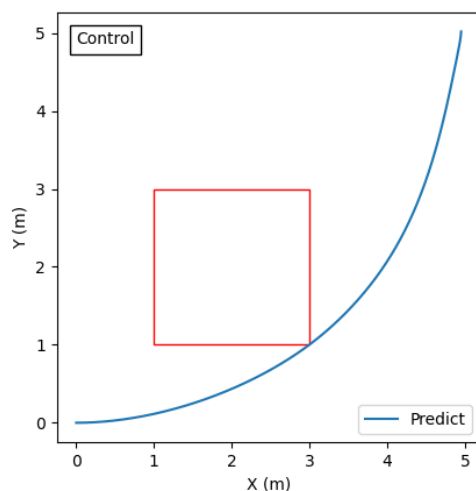


Рис.2. Результирующая оптимальная траектория rosbot

После подачи полученного управления роботу в симуляторе, он повторил заданную оптимальную траекторию.

4. Выводы

Метод градиентного спуска является эффективным методом для решения задачи оптимального управления. Из достоинств данного метода можно выделить простоту реализации, и скорость написания кода. Из недостатков можно выделить большую потребность в вычислительных мощностях и недостаточную скорость расчета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.Б Ли, Л. Маркус. Основы теории оптимального управления. – М.: Букинистика 1972. -31 с.
2. В.Н. Афанасьев. Математическая теория конструирования систем управления. – М.: Букинистика 2003. -107
3. Н.Н. Моисеева. Численные методы в теории оптимальных систем. – М.: Букинистика 1973. -11 с.
4. М.С. Потанин, В.В. Стрижов. Фундаментальные теоремы машинного обучения. Электронный ресурс (режим доступа URL): <https://github.com/Intelligent-Systems-Phystech/FundamentalTheoremsML>
5. Метод градиентного спуска. Электронный ресурс (режим доступа URL): http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=Метод_градиентного_спуска

SOLVING THE PROBLEM OF MOBILE ROBOT OPTIMAL CONTROL UNDER PHASE CONSTRAINTS

Yamshanov Konstantin Leonidovich, student, e-mail:

kostyayamshanov@gmail.com

Borisova Irina Valentinovna, Ph.D., e-mail: i.v.borisova@corp.nstu.ru

Yushchenko Valery Pavlovich, D.Sc., Professor; e-mail: *jwp7@mail.ru*
Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract: This article discusses a method for solving the optimal control problem for a mobile robot, under phase constraints, using the gradient descent method.

Keywords: mobile robot, optimal control, gradient descent

СЕКЦИЯ: РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.396.678

ИЗЛУЧАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ С НЕСТАНДАРТНЫМ ТИПОМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЛЯ ДВУХДИАПАЗОННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК

Алексейцев Сергей Александрович¹, аспирант

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Алексейцев С. А., email aleksejtsev94@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Алексейцев Сергей Александрович,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 913 913 33 90

Аннотация: в работе представлен подход к проектированию двухдиапазонных излучающих элементов для двухдиапазонных фазированных антенных решеток (ДФАР). На основе электродинамического анализа тонкопроволочной модели, используемой как прототип возбудителя двухдиапазонных директорных антенн (ДДА), конкретизируется модель синтеза последних при переходе в печатный эквивалент. Характеристики согласования и направленности как возбудителя, так и ДДА в целом, при этом, играют роль составляющих целевой функции оптимизации печатного эквивалента. Приводятся характеристики отдельного излучателя, определяющие степень его пригодности для установки в ДФАР. С этой точки зрения возможно на этапе синтеза эскизной модели ДДА конкретизировать ее характеристики с прицелом на проектирование ДФАР на ее основе.

Ключевые слова: двухдиапазонный излучатель, концевое питание, диполь, фазированная антенная решетка, согласование, направленность, коэффициент направленного действия

1. Введение

Стратегия совершенствования промышленных систем связи, элементов информационного звена радиолокационного комплекса, а также абсолютно всех направлений по разработке передовых средств коммуникаций предполагает в самом ближайшем времени значительную унификацию и максимальную функциональную комплектацию базовых элементов систем связи. Данная стратегия преследует цель повышения эффективности описанных систем и их интегрируемости в будущей глобальной информационной системе. Немаловажную роль в этой системе играют терминальные узлы приемо-передающих трактов, к которым также выдвигается ряд серьезных требований: минимальные потери сигнала; максимальное усиление амплитуды сигнала, минимальные массогабаритные показатели, многодиапазонность и т.п.

Анализ работ по двухдиапазонным излучателям [1]-[4] показал, что на

сегодняшний день все они в своем конструктиве используют классические центрально-питаемые диполи, либо их разнообразные модификации. При этом, концевой тип возбуждения ни в одной работе не упоминается. При этом, данный тип возбуждения предполагает принципиальную перекомпоновку возбуждителя, позволяя качественную модификацию последнего в плане массогабаритных показателей.

2. Теория

Возбудитель рассматриваемой ДДА и распределение поверхностного тока на нем показаны на рисунке 1.

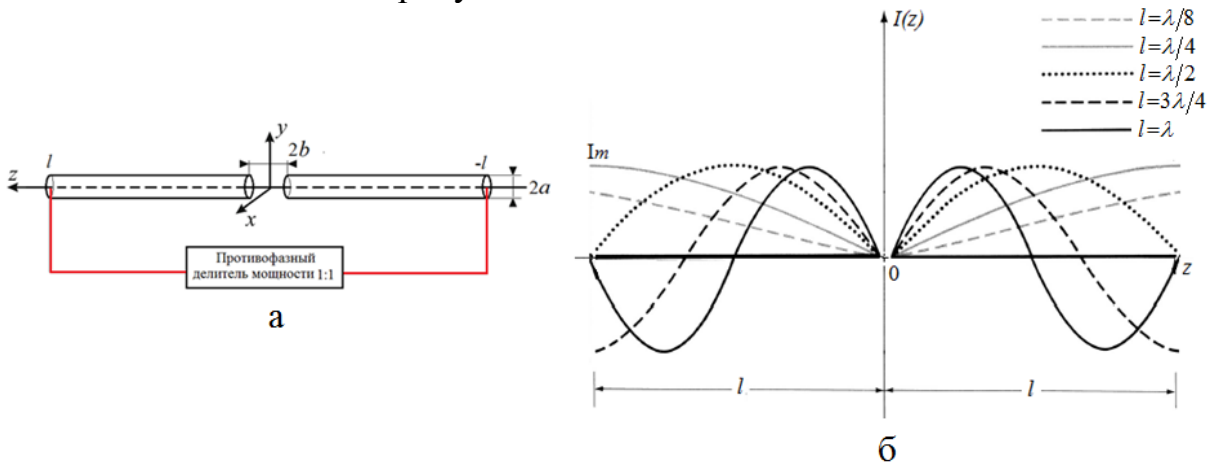


Рисунок 1 – Излучатель дипольного вида (а) и распределение амплитуды тока на нем (б)

Входной импеданс системы из двух возбуждителей запишется как:

$$Z_{in} = \det \begin{pmatrix} z_{11} & L & z_{1N} \\ MO & & M \\ z_{N1} & L & z_{NN} \end{pmatrix} / \left(\det \begin{pmatrix} U_1 & z_{12} & L & L & z_{1N} \\ U_2 & ML & L & M \\ 0 & ML & L & M \\ M & ML & L & M \\ 0 & z_{N2} & L & L & z_{NN} \end{pmatrix} + \det \begin{pmatrix} z_{11} & U_1 & z_{13} & L & z_{1N} \\ MU_2 & & M & L & M \\ M & 0 & M & L & M \\ M & M & M & L & M \\ z_{N1} & 0 & z_{N3} & L & z_{NN} \end{pmatrix} \right), \quad (1)$$

Целевая функция направленности ДДА имеет вид:

$$F = F_{Ef1}(d, k_f, \theta = \frac{\pi}{2}, \varphi = \frac{\pi}{2}) + F_{Ef2}(d, k_f, \theta = \frac{\pi}{2}, \varphi = \frac{\pi}{2}) \quad (2)$$

где $k_f = f_{p1}/f_{p2} = l_2/l_1$. Оба излучателя настроены в резонанс: $\lambda_2 = k_f \lambda_1$, $k_1 = 2\pi/\lambda_1$, $k_2 = k_1/k_f$. Конкретизация компонент поля в (2) осуществляется посредством интегрирования функции электродинамического потенциала:

$$A_{z\Sigma} = \frac{e^{-jkR}}{R} \sum_{i=1}^N I_{0i} m_i e^{j\phi_i} e^{-jky_i \sin \theta \sin \varphi} \int_{-l_i}^{l_i} I_i(z) e^{jkz \cos \theta} dz. \quad (3)$$

Процесс оптимизации геометрии ДДА для ДФАР может проводиться даже не в специализированном электродинамическом вычислителе.

3. Результаты моделирования

Топология возбуждителя ДДА после оптимизации показана на рисунке 2.

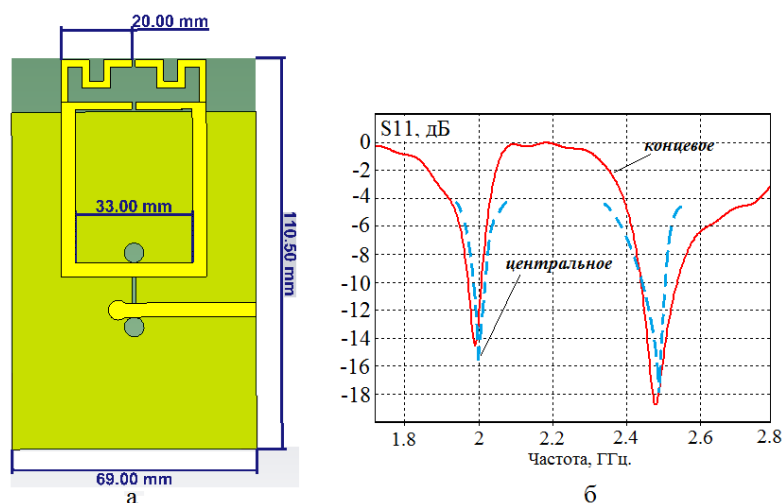


Рисунок 2 – Топология возбуждителя двухдиапазонной антенны (а) ее возвратные потери (дБ) (б)

Диаграмма направленности ДФАР в E -плоскости показана на рисунке 3.

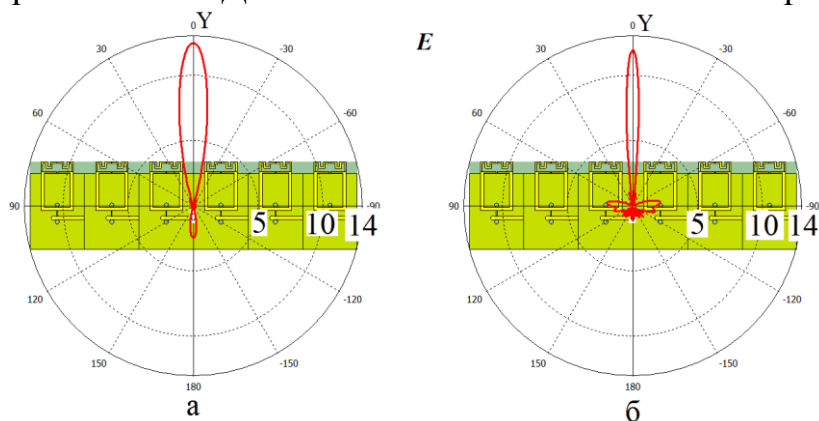


Рисунок 3 – ДН АР для нижнего (а) и верхнего (б) диапазонов частот

4. Выводы

Таким образом, вводя ограничения на разнос рабочих диапазонов $k_f=1..2$, возможно проектирование ДФАР с ДДА. При этом полученные характеристики по согласованию и направленности являются приемлемыми и определяются характеристиками отдельных ДДА. Данный конструктив предполагает вариацию используемого симметрирующего устройства, являющегося неотъемлемой частью ДДА. Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы развития НГТУ, научный проект №С21-16.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wu S.-J., Kang C.-H., Chen K.-H., and Tarng J.-H. A multiband quasi-Yagi type antenna. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 58, No. 2, pp. 593 – 596, Feb. 2010.
2. Qin P.-Y., Weily A.R., Guo Y.J., Bird T.S., and Liang C.-H. Frequency reconfigurable quasi-Yagi folded dipole antenna. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 58, No. 8, pp. 2742 – 2747, Aug. 2010.

3. Ding Y., Jiao Y.C., Fei P., Li B., Zhang Q.T. Design of a Multiband Quasi-Yagi-Type Antenna with CPW-to-CPS Transition // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 10, 2011, pp. 1120 – 1123.
4. Cai Y., Guo Y.J., and Qin P.-Y. Frequency switchable printed Yagi-Uda dipole sub-array for base station antennas. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, vol. 60, No. 3, pp. 1639 – 1642, Mar. 2012.

RADIATING ELEMENTS WITH UNTRADITIONAL EXCITATION FOR DUAL-BAND ANTENNA ARRAYS

*Alekseytsev Sergey Alexandrovich*¹, *PhD student*

¹Novosibirsk state technical university, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl
Marks Avenue, 20

Alekseytsev S. A., email alekseytsev94@mail.ru

Abstract: The paper presents an approach for designing dual-band radiators used in dual-band phased antenna arrays (DBPAA). Based on the electrodynamic analysis of the thin wire approximation, used as a prototype of the dual-band director antenna (DBDA), the algorithm of synthesis of the antenna mentioned can be specified in the print basis. In this algorithm the characteristics of matching and directivity are accounted in the goal-function for optimization process. Also in the project are presented the characteristics of the radiator itself, indicating the degree of its suitability in DBPAA. The last makes it possible even at the stage of designing the initial model of the DDA to specify its characteristics the way to further use it in DBPAA.

Keywords: Dual-band radiator, end-fed excitation, dipole, phased antenna array, matching, directivity, directivity coefficient

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ОДИНОЧНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ АНТИПОДА

**Ганенко Ксения Анатольевна, магистрант; Степанов Максим Андреевич,
д.т.н., профессор**

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Ганенко К.А., e-mail: Ganenko.xeniya@yandex.ru

Степанов М.А., e-mail: m.stepanov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Ганенко Ксения Анатольевна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел.: +7(983)1299462

Аннотация: в работе рассматривается моделирование отражений от одиночных точечных целей. Моделирование отражений производится в среде MatLab с помощью математической модели фазового моноимпульсного суммарно-разностного радиопеленгатора. В качестве модели радиопеленгатора используется антенная решетка, в состав которой входит четыре подрешетки. В процессе выполнения работы получены результаты пеленгации для различных высот полета одиночной точечной цели при наличии антипода. Для представления отрицательного влияния антипода на определение координат точечной цели, на графики с результатом пеленгации цели нанесена ширина диаграмма направленности антенной решетки с распределением амплитуды поля по апертуре антенны по закону Хэмминга.

Ключевые слова: радиолокация; радиопеленгатор; пеленгация; подстилающая поверхность; антипод.

Введение

В настоящее время радиолокация имеет широкое применение как в гражданской, так и в военной отраслях. Определение координат является одной из главных задач радиолокации. При пеленгации низколетящих целей, цели с высотой полета ниже 1 км, возникает вредоносное явление – радиолокационный антипод.

Цель данной работы – проанализировать влияние высоты полета цели на пеленгационные характеристики при наличии радиолокационного антипода.

Теория

Радиолокационный антипод – сигнал, который появляется при отражении эхо-сигнала от подстилающей поверхности. Если для пеленгации цели используется антенная решетка с широкой диаграммой направленности в вертикальной плоскости, избежать возникновения антипода почти невозможно, поскольку доля излучения попадает на подстилающую поверхность, после этого образуется антипод. [1]

В зависимости от особенности формирования поля над подстилающей

поверхностью, выделяют три зоны наблюдения: прямой видимости; промежуточную; тени. [2] Наибольший интерес представляет зона прямой видимости, в этой зоне наблюдения происходит обнаружение цели, она представляет формирование падающего и отраженных полей в формате многолучевой модели. При расположении пеленгуемой цели в дальней зоне, формирование отраженного от нее поля исследуется в формате четырехлучевой модели, она представлена на рисунке 1.

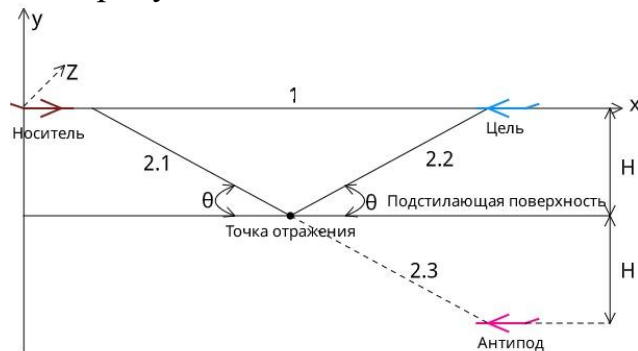


Рисунок 1 Взаимное расположение носителя РЛС, цели и антипода.

Для получения пеленгационных характеристик используются следующие формулы:

1. Проекция векторов скорости на направление визирования:

$$V_{\text{пр}} = \frac{xV_x + yV_y + zV_z}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \quad (1)$$

где x, y, z – координаты визируемой цели; V_x, V_y, V_z – координаты вектора скорости.

2. Радиальные скорости:

$$V_{\text{радиальная}} = V_{\text{носителяпр}} + V_{\text{объектапр}} \quad (2)$$

3. Допплеровская частота:

$$f_{\text{доп}} = \frac{2V_{\text{радиальная}}}{\lambda} \quad (3)$$

Помимо доплеровских частот, нанесем на график ширину диаграммы направленности антенны.

Предположим, что амплитуда поля распределена по апертуре антенны по закону Хэмминга, приведем таблицу 1 со значениями функций возбуждения для нахождения ширины луча антенны:

Функции возбуждения

Функция возбуждения	Коэффициент эффективности использования площади апертуры η	Максимальный уровень боковых лепестков, дБ	Коэффициент ширины луча k
Линейные функции возбуждения: ширина луча $= \frac{k\lambda}{a}$ (°), a – длина антенны			
Равномерное распределение	1	-13.3	50.8
Косинусоидальное распределение	0.81	-23	68.2
“Косинус квадрат”	0.67	-32	82.5
Распределение Хэмминга	0.73	-43	74.2

Результаты:

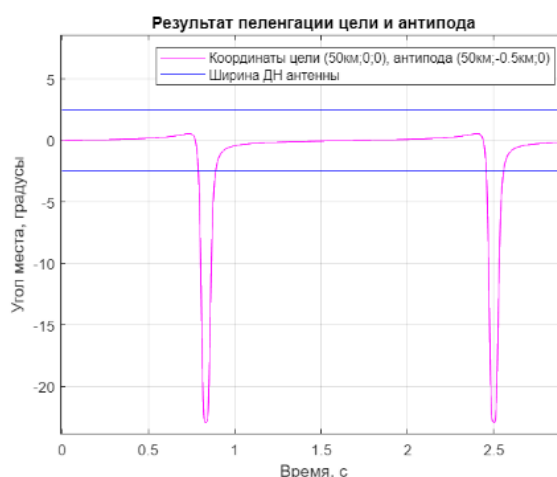


Рисунок 2 Результат пеленгации цели при высоте полета 0.25 км.

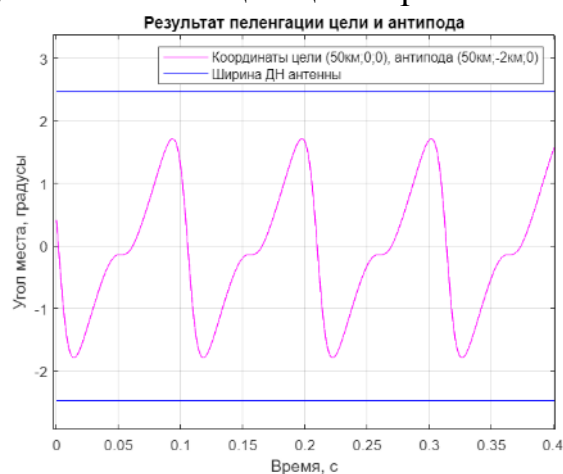


Рисунок 3 Результат пеленгации цели при высоте полета 1 км.

Исходя из графиков на рисунках 2 и 3, по мере роста высоты полета цели повышается вероятность правильного определения координат пеленгуемой цели. При большом расстоянии до подрешетки, влияние сигнала антипода

уменьшается, вследствие подрешетка способна отличить антипод от цели.

Выводы

1. По мере роста высоты полета цели, улучшается качество пеленгации.
2. Для достоверного определения координат нужно использовать антенны с узким главным лепестком диаграммы направленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Радиолокационные системы/ Бакулев П.А., 2015 – 440с
2. Shynkaruk O. M. Mathematical Model of Complex Radiolocation Portrait of Aim with a Final Number of Bright Points, March 2020

SIMULATION OF REFLECTIONS FROM SINGLE POINT AIR TARGETS IN THE PRESENCE OF AN ANTIPODE

Ganenko Xenia Anatolievna, Master's Degree student, e-mail:

Ganenko.xeniya@yandex.ru

Stepanov Maxim Andreevich, D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail:

m.stepanov@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630079, Russia

Abstract: The paper considers the modeling of reflections from single point targets. The reflections are modeled in the MatLab environment using a mathematical model of a phase monopulse sum-difference radio direction finder. As a model of the radio direction finder, an antenna array is used, which includes four sublattices. In the course of the work, the results of direction finding for different flight altitudes of a single point target in the presence of a radar antipode were obtained. For a visual representation of the negative influence of the antipode on the determination of the coordinates of a point target, the graphs with the result of the target direction finding are plotted with the width of the antenna array radiation pattern with the distribution of the field amplitude over the antenna aperture according to the Hamming's law.

Keywords: radar; radio direction finder; direction finding; underlying surface; antipode.

СИНТЕЗ РЕЧИ ДЛЯ ГОЛОСОВОГО ИНТЕРФЕЙСА

Гросс Александр Владимирович, магистрант; Никулин Андрей Викторович, к.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Никулин А.В., e-mail: a.nikulin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Гросс А.В., Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация: в работе разработано программное обеспечение для синтеза речи и преобразования речи в текст, а также выполнения определенных команд на основе человеческой речи. На основе синтеза речи реализовано интерактивное голосовое меню, или голосовое дерево, для возможности позвонившему подключиться к конкретному сотруднику компании или соединиться с линией поддержки определенной категории. Также, с помощью IVR можно получить необходимую информацию без ответа со стороны оператора, выбрав интересующую информацию. Другими словами, это система, взаимодействующая с абонентом и реагирующая на его команды. Диалплан Asterisk был сконфигурирован таким образом чтобы была возможность позвонить на сервер мини АТС с любого номера.

Ключевые слова: голосовой помощник, синтез речи, IVR, АТС, голосовое меню, extension, AGI сервер, АТС, Speech API.

В основе любой речевой технологии лежит так называемый «engine» или ядро программы синтеза речи – набор данных и правил, по которым осуществляется обработка данных. В зависимости от назначения этого ядра различают TTS и ASR engine. TTS (Text-to-Speech) engine предоставляет возможность синтеза речи по тексту, а ASR (Automatic Speech Recognition) engine – распознавания речи. Для того, чтобы разработки разных групп, занимающихся вопросами синтеза речи, могли быть совместимы между собой, был создан единый стандарт Speech API (Application Programming Interface) – интерфейс создания речевых приложений.

Требовалось создать программу синтеза речи и объединить ее с сервером мини АТС[1-3]. Реализовать это можно при помощи AGI -сервера. Asterisk Gateway Interface — это инструментарий для запуска программ, написанных практически на любом языке программирования, из плана нумерации сервера IP-телефонной станции [4] Asterisk. Связь между программой и сервером Asterisk осуществляется стандартными потоками ввода и вывода. Как правило, сценарии AGI используются для реализации расширенной логики, соединения с реляционными базами данных и доступа к другим внешним ресурсам. Передача

управления внешнему сценарию AGI позволяет Asterisk без труда реализовать задачи, выполнение которых в противном случае было бы сложным или невозможным.

Для реализации был сконфигурирован сервер мини АТС [3], на нем были реализованы основные функции для осуществления вызова, например, такие как перенаправление, переадресация. Основная работа проходила в файле extension.conf [6], так же в нем была добавлена настройка, перенаправляющая все входящие вызовы на AGI -сервер. Это потребовалось для связи сервера мини АТС на основе Asterisk с программой реализующей голосовой набор и синтез речи. Так же

Диалплан Asterisk был сконфигурирован таким образом, чтобы была возможность позвонить на сервер мини АТС с любого номера.

И реализованы следующие функции:

- Ведение статистики вызовов
- Черный список
- Запись разговоров

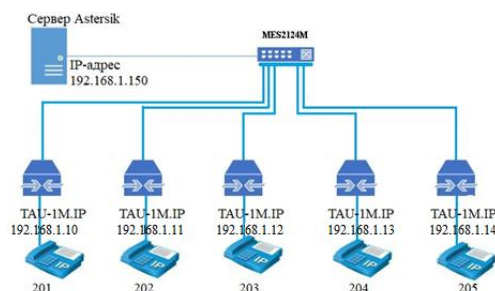


Рисунок 1 Сервер Asterisk с подключенными к нему конечными точками

Описание возможностей голосового набора:

При помощи Asterisk входящий вызов обрабатывается и перенаправляется на AGI-сервер [2]. Затем с помощью сервиса распознавания речи обрабатывается запрос и выполняется конкретное действие. В нашем случае абонент сможет вызвать другого абонента назвав, например, его имя.

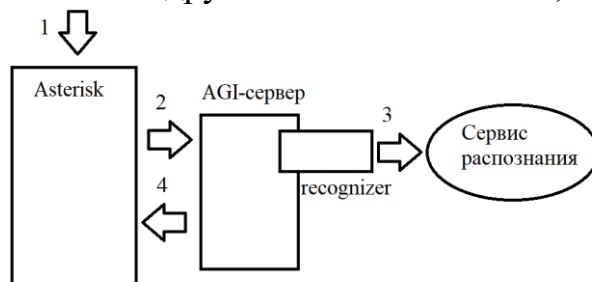


Рисунок 2 Функциональная схема реализации голосового набора

Описание схемы

- 1 Входящий вызов приходит на сервер Asterisk.
- В Asterisk dialplan настроен таким образом, чтобы все входящие вызовы были направлены на AGI-сервер.

- 2 AGI-сервер обрабатывает и с помощью программы отправляет его на сервис распознавания.
- 3 При помощи сервиса распознавания происходит анализ слов, сказанных абонентом.
- 4 На основе сказанных слов, AGI-сервер передает инструкции к действию, например, вызвать абонента

Синтез речи в сервере мини АТС.

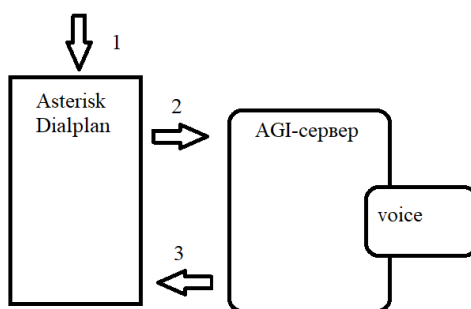


Рисунок 3 Функциональная схема реализации синтеза речи

Описание схемы

- 1 Входящий вызов
- 2 Asterisk перенаправляет вызов на AGI-сервер
- 3 При помощи приложения voice происходит озвучивание текста

Выводы

На основе синтеза речи реализовано интерактивное голосовое меню, или голосовое дерево, для возможности позвонившему подключиться к конкретному сотруднику компании или соединиться с линией поддержки определенной категории. Также, с помощью IVR можно получить необходимую информацию без ответа со стороны оператора, выбрав интересующую информацию. Другими словами, это система, взаимодействующая с абонентом и реагирующая на его команды.

Диаллплан Asterisk был сконфигурирован таким образом, чтобы была возможность позвонить на сервер мини АТС с любого номера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы 4-е издание / В. Олифер, Н. Олифер 2010. – 944 с
2. Настройка Asterisk [электронный ресурс] URL//<https://asterisk-pbx.ru/wiki/asterisk/asterisk>
3. Руководство по Asterisk издание 2 / М. Спенсер М. Эллисон К. Родз перевод Сафронова Т.П. [электронный ресурс] URL//<https://linsoft.ru/files/Asterisk/the-asterisk-handbook-v2-rus.pdf>
4. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы 5-е издание / В. Олифер, Н. Олифер 2012 – 960 с

5. Компьютерные сети: Нисходящий подход 6-е издание / Джеймс Куроуз, Кит Росс. 2016. -912с.
6. Системное и сетевое администрирование. Практическое руководство. /Лимончелли Т. , Хоган К., Чайлап С. 2009. -944с

SYNTHESIS OF SPEECH FOR VOICE INTERFACE

Gross Alexander Vladimirovich, undergraduate student; Nikulin Andrey Viktorovich, Ph.D., associate professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Nikulin A.V., e-mail: a.nikulin@corp.nstu.ru

Correspondence address: Alexander V. Gross, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20

Annotation: The work has developed software for speech synthesis and speech-to-text conversion, as well as the execution of certain commands based on human speech. Based on speech synthesis, an interactive voice menu, or a voice tree, is implemented for the caller to connect to a specific employee of the company or to connect to a support line of a specific category. Also, using IVR, you can get the necessary information without a response from the operator by selecting the information of interest. In other words, it is a system that interacts with the subscriber and responds to his commands. The Asterisk dialplan was configured in such a way that it was possible to call the PBX server from any number.

Keywords: voice assistant, speech synthesis, IVR, ATC, voice menu, extension, AGI server, automatic telephone exchange, Speech API.

УДК 004.716

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СИСТЕМ WI-FI IEEE 802.11

Днепроvская Полина Александровна, магистрант; Никулин Андрей Викторович, к.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Днепроvская П. А., email polinuhkadd@mail.ru

Никулин А. В., e-mail

Адрес для корреспонденции: Никулин Андрей Викторович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: Для того чтобы оценить работу системы WI-FI мною проектируется цифровая модель физического уровня. Для начала необходимо оценить какие параметры необходимо учитывать при синтезе модели, на что

они влияют, разобрать со стандартом связи IEEE 802.11. Решению вышеперечисленных вопросов и посвящена настоящая статья.

Ключевые слова: беспроводная связь, симулятор, модель, физический уровень, фрейм.

1. Введение

Современные стандарты беспроводной связи вследствие постоянно увеличивающихся требований к пропускной способности, скорости передачи данных, надежности, величине задержки являются достаточно сложными для понимания. Существующие исследования по оценке производительности 802.11ah обычно основаны на аналитических моделях, которые неточно отражают реальную динамику сети и их трудно приспособить к различным условиям сети.

Чтобы устранить это, в работе [1] был реализован физический и MAC-уровень 802.11ah в симуляторе сети ns-3, который по сравнению с аналитическими моделями, более точно отражает фактическое поведение протокола и может быть более легко адаптирован для оценки широкого диапазона сети и трафика. Аналогичные модели, но теоретические и созданные в MATLAB, для анализа емкости и производительности системы 802.11 ah представлены в работах Тони Адома анализ пропускной способности WLAN IEEE 802.11 ah для M2M-коммуникаций” [2]-[3].

Правильно созданный симулятор важен для разработки и исследования производительности беспроводной сети связи. В своей работе я планирую моделировать стандарт беспроводной сети 802.11 ah потому что это новый современный стандарт, имеющий ряд преимуществ, так как он разработан для использования незанятых телевизионных каналов («белые пространства» ТВ) на частотах 54–698 МГц. Эти каналы идеальны для обеспечения передачи на большие расстояния в отсутствие прямой видимости. Ожидается, что White-Fi расширит диапазон передачи до нескольких миль.

Планируется создать простой симулятор физического уровня IEEE 802.11 ah на основе MATLAB. Он поможет предоставить простое исследование производительности сигнала базовой полосы 802.11 ah с использованием разных MCS при разной передаче условия (модели канала с замираниями) с точки зрения коэффициентов ошибок по битам и модуляции (BER и MER).

2. Фреймовый режим.

Рассмотрим подробнее особенности формирования входного потока для стандарта.

Данный стандарт определяет пакетный режим передачи данных, его еще называют фреймовый. Фрейм состоит из трех частей (субфреймов): PREAMBLE (преамбулы), SIGNAL и DATA (передаваемые данные).

Таким образом, каждый фрейм начинается преамбулы (субфрейм “PREAMBLE”). Длительность преамбулы составляет 16 мкс. Она состоит из 10 коротких тренирующих OFDM-символов длительностью 0.8 мкс каждый и из 2 длинных тренирующих OFDM-символов длительностью 4.0 мкс каждый (см. рис. 1). Короткие обучающие символы необходимы для детектирования

(определения наличия) сигнала, синхронизации и грубой оценки сдвига частоты между приемником и передатчиком.

Субфрейм DATA состоит из четырех полей. SERVICE занимает 16 бит, из них первые семь нулевые (необходимы для синхронизации дешифровщика на приемном конце линии с шифровщиком на передающем конце линии). Остальные биты так же нулевые, зарезервированные на будущее. PSDU – это информационное поле, содержащие передаваемые данные. TAIL – информационное поле, состоящие из 6 нулевых бит (они нужны для приведения регистров декодера в ноль). Pad Bits – поле добавочных битов (они нужны для того чтобы длина поля PSDU была кратна числу кодирования бит в OFDM-символе).

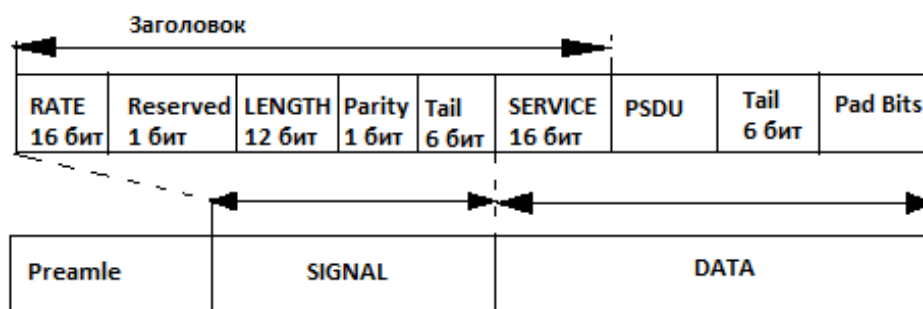


Рис. 1. – Структура фрейма физического уровня стандарта 802.11af

В ходе моделирования все вышеперечисленные характеристики учитываются и используются для формирования входного потока данных.

3. Индекс MCS.

Данные, закодированные в канале, отображаются в созвездие. В Системы 802.11ah / af поддерживают схемы модуляции BPSK, QPSK и M-QAM, где M может быть {16, 64 или 256}. Согласно по [4], [5], можно использовать MCS от 0 до 10 и от 0 до 9.

В симуляторе при выборе определенного индекса модуляции происходит распознавание вида модуляции и скорости кодирования. Необходимых для дальнейшего учета длины входного потока данных и его определения. Так же в реализована возможность задания длины пользовательских данных, после ее задания в генераторе формируется случайные байты данных заданной длины и производятся дальнейшие расчеты выходных данных.

4. Выводы.

В данной работе рассмотрено влияние параметров на входной поток и сформированы входные данные для дальнейшего моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. L. Tian, and et al., "Implementation and Validation of an IEEE 802.11ah Module for ns-3," in Proc. of Int. Works. on ns-3, Jun. 2016, pp. 49–56.
2. T. Adame, and et al., "Capacity Analysis of IEEE 802.11ah WLANs for M2M Communications," in Proc. of Int. Workshop MACOM, Dec. 2013, pp. 1–17.

3. Z. Zheng, and et al., "Performance and Power Consumption Analysis of IEEE 802.11ah for Smart Grid," *Wireless Commun. and Mob. Comput.*, vol. 2018, no. 5286560, pp. 1-9, July 2018.
4. IEEE Standard for Inf. Techn.: Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 2: Sub 1 GHz License Exempt Operation. IEEE Std 802.11-2016, 2016.
5. IEEE Standard for Inf. Techn.: Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 5: Enhancements for Higher Throughput. IEEE Std 802.11af-2013, 2013.

Dneprovskaya Polina Aleksandrovna, student; Nikulin Andrey Viktorovich, associate professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

**Dneprovskaya P.A., email polinuhkadd@mail.ru
Nikulin A. V., e-mail**

Annotation: in order to evaluate the work of the WI-FI system, I am designing a digital model of the physical layer. First, you need to evaluate what parameters must be taken into account when synthesizing the model, what they affect, and disassemble with the IEEE 802.11 communication standard. This article is devoted to the solution of the above issues.

Keywords: wireless, simulator, model, physical layer, frame.

УДК 621.39

МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВЫХ ШУМОВ ОТ ОБЪЕКТОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ЛОПАСТЯМИ НА ОСНОВЕ ДВУХТОЧЕЧНОЙ МОДЕЛИ

***Житник Сергей Владимирович, аспирант; Степанов Максим Андреевич,
доцент***

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8-913-918-04-11

Степанов М.А., email: m.stepanov@corp.nstu.ru

Житник С.В., email: serega0207@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: в настоящее время вопрос моделирования углового шума от распределенных радиолокационных стационарных объектов изучен достаточно хорошо. Разработан аппарат анализа малоточечных геометрических моделей, а также структур, формулирующих электромагнитные поля от них на апертуре приемной антенны радиолокационной станции (РЛС). Однако, нельзя сказать

того же о моделировании угловых шумов от нестационарных объектов, конфигурация которых меняется с течением времени. Отражения от таких объектов, как вертолет или квадрокоптер, определяются вращением лопастей и являются нестационарными. Данная работа посвящена моделированию угловых шумов от таких объектов.

Ключевые слова: угловые шумы; многоточечная модель, двухточечная модель, кажущийся центр излучения, радиолокационный объект.

Введение

Угловой шум, также упоминающийся, как угловой блик или угловое мерцание, хорошо известное явление. Оно часто приводит к выходу радиолокационного наведения за пределы фактической протяженности цели и является серьезной проблемой в системах слежения и самонаведения. Вопрос углового шума изучался в течение четырех десятилетий, и за это время уделялось внимание и природе появления углового шума. Работы по данной теме показали, что явление углового шума можно объяснить концепцией искажения фазового фронта - в точке наблюдения отраженный сигнал является результатом интерференции эхосигналов, отраженных от точек объекта [1]. Среди известных в настоящее время радиолокационных объектов (РЛО) наибольший для нас интерес представляют многоточечные и малоточечные геометрические модели.

Формирование многоточечной модели

Многоточечные модели представляют собой совокупность большого числа точек, заполняющую некоторую область пространства. От точек отражаются эхосигналы, соответствующие отражениям от замещаемых точек объекта. Для таких моделей, замещающие реальные РЛО, кол-во блестящих точек, обычно, велико [2].

С этой целью можно рассмотреть параметрическую модель для радиолокационного сигнала. Лопасти винта моделируются как одномерные объекты с постоянной отражательной способностью на единицу длины и произвольной формой в трехмерном пространстве, что позволяет учитывать базовую динамику полета [3].

Комплексная огибающая отраженного сигнала (ОС) при использовании монохроматического зондирующего сигнала (МХЗС) описывается выражением:

$$u_{\text{винт}}(t) = \sum_{n_{\text{л.в}}=1}^{N_{\text{л.в}}} \sum_{n_{\text{отр}}=1}^{N_{\text{отр}}} E_{n_{\text{л.в}}n_{\text{отр}}}(t) \exp\left(j\left(\varphi_{n_{\text{л.в}}n_{\text{отр}}}(t)\right)\right) \quad \#(1)$$

Где $E_{n_{\text{л.в}}n_{\text{отр}}}(t)$ – амплитуда ОС от $n_{\text{отр}}$ -го отражателя на $n_{\text{л.в}}$ -й лопасти, а $\varphi_{n_{\text{л.в}}n_{\text{отр}}}(t)$ – изменяющаяся во времени фаза равномерно распределенная в диапазоне $[0, 2\pi]$.

В данном эксперименте моделируется 1 винт, с двумя лопастями длиной по 12 см. На каждую лопасть приходится 14 блестящих точек. Частота вращения лопастей 143,33 Гц. Лопасти вращаются на месте. Частота дискретизации 128 кГц.

На Рис.1 представлены графики смоделированного сигнала и его спектр.

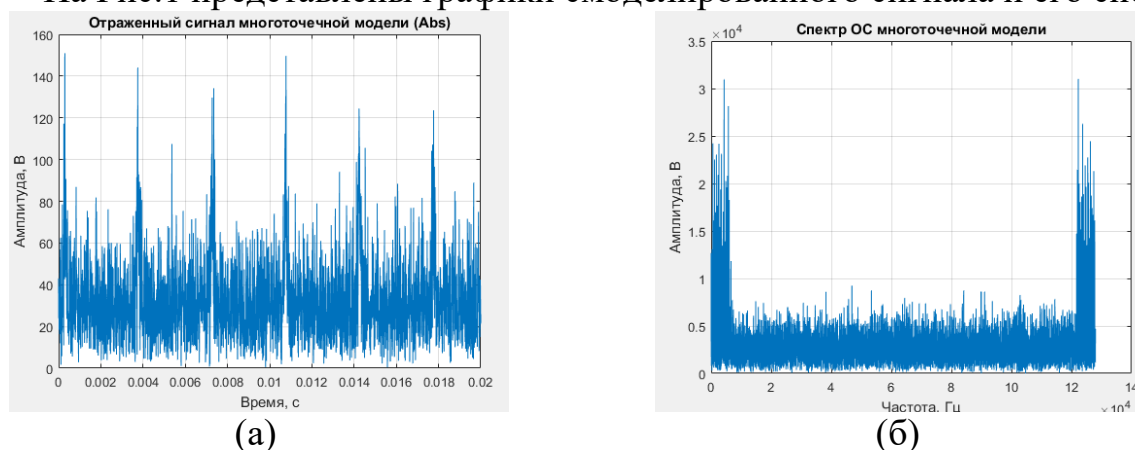


Рис. 1 Отраженный сигнал от вращающихся лопастей (а) и его спектр (б)

Из графиков видны периодически повторяющиеся пики, которые соответствуют отступающей и наступающей лопастям относительно точки наблюдения. На один полный оборот приходится два пика. Данная модель хорошо согласуется с моделью [4], где отражение от объекта представляется не в виде совокупности точек, а только одной точки, которой представляется объект на большом расстоянии от точки наблюдения.

Хоть такие модели могут иметь достаточно высокую точность, требуемое большое кол-во точек является серьезным недостатком. Их использование помимо математического моделирования в не реальном масштабе времени затруднено [2]. Поэтому зачастую переходят к малоточечным моделям.

Формирование двухточечной модели

Малоточечные геометрические модели включают в себя меньшее кол-во блестящих точек, решая проблему раннее предыдущей модели. К ее точкам подводятся сигналы, которые могут иметь разный модуль коэффициента взаимной корреляции – когерентные, некогерентные и частично когерентные модели [2]. Нами будет рассматриваться малоточечная когерентная модель, сигналы которой жестко связаны между собой. Она позволит сформировать компактный кажущийся центр излучения (КЦИ), который можно получить, управляя амплитудами сигналов [4] (Рис. 2 (а)):

$$tg(\varphi) = \frac{l \cos(q)}{2r} \frac{E_{m2}^2 - E_{m1}^2}{E_{m2}^2 + 2E_{m2}E_{m1} \cos\psi + E_{m1}^2} \quad \#(2)$$

где l – база, q – угол наклона прямой, на которой находятся точки по отношению к оси x , E_{m1} , E_{m2} - амплитуды сигналов, излучаемые из точек 1 и 2, $tg(\varphi)$ определяет КЦИ. В рассмотренной нами модели две излучающие точки располагаются на равном расстоянии от точки приема так, что разность фаз ψ между подводимыми к ним сигналами будет равняться нулю (Рис. 2 (б)).

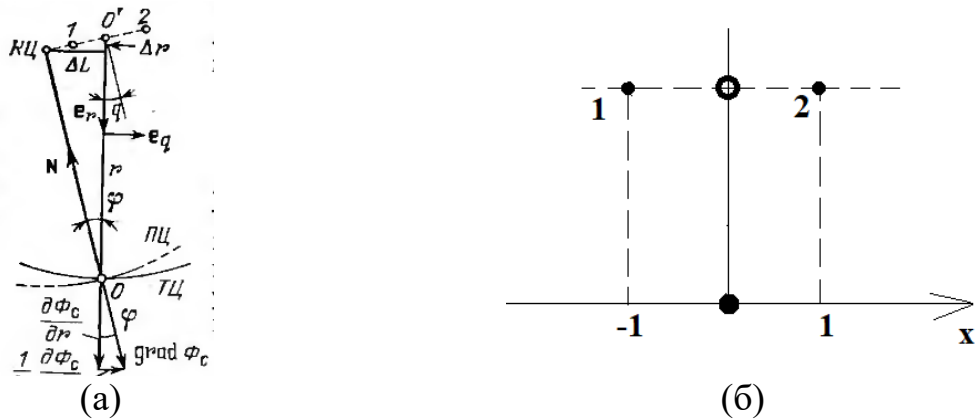


Рис. 2 общий случай расположения двух излучающих точек (а) и рассматриваемый случай (б)

Выразить амплитуды из выражения (2) не составит особого труда. Примем амплитуду первой точки $E_{m1} = 1$ и тогда амплитуды второй точки будут определяться выражением:

$$E_{m2} = \frac{1 + tg(\varphi)}{1 - tg(\varphi)} \quad \#(3)$$

А сигналы, подводимые к точкам будут иметь вид:

$$s_1(t) = \sum_{i=1}^N E_{m1i} \exp(j2kr_i(t) + \phi_{0i})$$

$$s_2(t) = \sum_{i=1}^N E_{m2i} \exp(j2kr_i(t) + \phi_{0i})$$

Где E_{m1i}, E_{m2i} – рассчитанные амплитуды, соотв-щие i -ой точке многоточечной модели, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, $r_i(t)$ – расстояния до i -ой точки многоточечной системы, ϕ_{0i} – начальная фаза ОС от i -ой точки многоточечной системы.

Сравнение двух моделей

Чтобы оценить угловой шум отраженного сигнала от РО, определим угловые координаты точек обеих моделей. Для этого произведем пеленгацию в азимутальных координатах согласно известному выражению [2,4]

$$F(i) = Re \left[\frac{\Delta(i)}{\Sigma(i)} \right] \quad \#(4)$$

где $\Delta(i)$ – i -ый отчет сигнала, принятого разностной диаграммой направленности (ДН), а $\Sigma(i)$ – i -ый отчет сигнала, принятого суммарной ДН. Суммарная ДН полагается изотропной, а разностная – наклонная линия с углом наклона в 45 градусов.

Угловой шум вносит случайную составляющую в отраженный сигнал и, следовательно, в пеленг, поэтому для его оценки рассмотрим такую характеристику случайного процесса, как плотность распределения вероятности. Сравнив графики гистограмм случайных процессов $F(i)$ (Рис.3) для двух моделей можно увидеть, что двухточечная модель достаточно хорошо соответствует геометрической многоточечной модели.

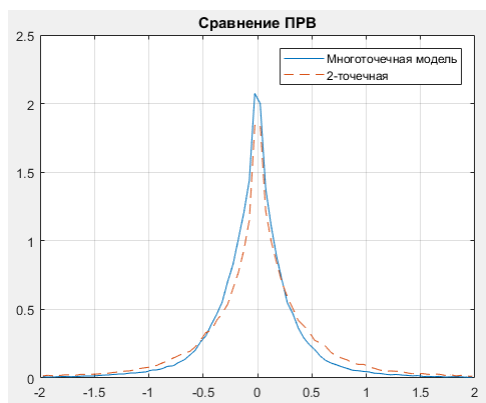


Рис. 3 Сравнение ПРВ пеленга многоточечной и двухточечной модели

Также из графика отчетливо видно влияние угловых шумов отраженного сигнала от вращающихся лопастей. Кажущийся центр излучения «размазывается» по всей области отражения:

- лопасти, представленные совокупностью точек от -1 до 1 по оси x ;
- две точки, имеющие координаты $(-1,0)$ и $(1,0)$.

Важно отметить, что на графике также показано, как КЦИ может выходить за пределы фактического расположения объекта.

Заключение

Были рассмотрены две модели радиолокационных объектов, имеющие нестационарную конфигурацию – вращающиеся лопасти. Сформированная многоточечная геометрическая многоточечная модель, еще раз подтвердила свою достоверность и выступила в качестве «референса», от которого мы попытались перейти к более практически реализуемой и полезной двухточечной модели. Предварительные результаты формирования двухточечной модели, к точкам которой подводились сигналы с заданными амплитудами, соответствуют с теоретическими ожиданиями и достаточно хорошо сходятся с многоточечной моделью. С практической точки зрения подтверждена актуальность выхода радиолокационного наведения за пределы фактической протяженности объекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Wang Chao, Yin Hongcheng. Comparison between two concepts of angular glint: general considerations. - : China, National Electromagnetic Scattering Lab, 2007, - 8p.
2. Степанов М.А. Матричные имитаторы угловых шумов радиолокационных объектов. Томск, 2019 г., - 268 стр.
3. С.Р. Гейстер, Т.Т. Нгуен. Математические модели радиолокационного сигнала, отраженного от несущего винта вертолета, в приложении к обращенному синтезу апертуры. - : Минск, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, «Радиолокация и радионавигация» 2019 г., - 74-87сс.

4. Янковский. Модель отраженного сигнала от вертолета. - : Военная академия имени Жуковского. – 4 с.
5. Р.В. Островитянов, Ф.А. Басалов. Статистическая теория радиолокации протяженных целей. Москва, «Радио и связь», 1982 г, 232 стр.

MODELING ANGULAR NOISE FROM OBJECTS WITH ROTATING BLADES BASED ON A TWO-POINT MODEL

Zhitnik Sergey Vladimirovich, graduate student, email serega0207@mail.ru

Stepanov Maksim Andreevich, Ph. D, associate professor

Department of Radio receivers and radio transmitters, Novosibirsk State Technology
University, 20, Karl Marks av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation

Abstract: At present, the issue of modeling angular noise from distributed radar stationary objects has been studied quite well. An apparatus for analyzing low-point geometric models, as well as structures that formulate electromagnetic fields from them at the aperture of the receiving antenna of a radar station, has been developed. However, the same cannot be said about the modeling of angular noise from non-stationary objects, the configuration of which changes over time. Reflections from objects such as a helicopter or quadcopter are determined by the rotation of the blades and are not stationary. This work is devoted to modeling the angular noise from such objects.

Keywords: Angular noises; multi-point model, two-point model, apparent center of radiation, radar object.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРЕЖЕННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

**Карасев Алексей Сергеевич, магистрант; Степанов Максим Андреевич,
д.т.н., профессор**

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Карасев А.С., e-mail: lexys30@gmail.com

Степанов М.А., e-mail: m.stepanov@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Карасев Алексей Сергеевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел.: +7(923)7370741

Аннотация. В последнее время все чаще для оптимизации различных проблем используются эволюционные алгоритмы. Подобные алгоритмы значительно упрощают процесс разрежения антенной решетки и при этом достигают оптимального результата. В данной статье рассмотрен процесс разрежения линейной антенной решетки размером 128 элементов с изотропными излучателями. Разрежение осуществляется с помощью генетического алгоритма. Рассмотрено несколько способов разрежения антенных решеток, с определением оптимального. Выявлено оптимальное амплитудное распределение для разреженной антенной решетки на основании сравнительного анализа равномерного распределения и распределений, задаваемых весовыми функциями Хэмминга, Чебышева, Бохмана, Бартлетта-Ханна и Блэкмана-Харриса.

Ключевые слова: разреженная антенная решетка, амплитудное распределение, генетический алгоритм, краевое разрежение, произвольное разрежение.

Введение

Задача разрежения антенной решетки является вечным противостоянием между ценой производства и характеристиками решетки. Если ручное разрежение еще применимо на решетках с малым количеством элементов, то, когда их порядок достигает десятков, такой метод становится крайне трудоемким и малоэффективным. Для упрощения данной задачи используют различные алгоритмы оптимизации, в том числе и генетический [1, 2].

Целью данного исследования является исследование свойств диаграмм направленности разреженных антенных решеток (РАР).

Теория

Исследуется линейная антенная решетка с изотропными излучателями. Элементами антенной решетки могут быть любые иные излучатели, изотропные приняты за идеальный случай.

В качестве инструмента оптимизации выступает генетический алгоритм.

Структурных отличий от общепринятых вариантов [3, 4] нет, за исключением турнирной системы селекции особей для дальнейшего скрещивания. Каждая особь является последовательностью нулей и единиц, где нулем является неактивный элемент антенной решетки. В данной работе используется система «четыре в два», где из четырех особей выбирается две наилучших по значению целевой функции. Проигравшие в данном отборе не имеют возможности выступить на турнире еще раз и вынуждены надеяться на прохождение в следующее поколение после стадии объединения.

Выбор амплитудного распределения (АР) осуществлялся на основании сравнения по трем основным параметрам: максимальному уровню боковых лепестков (УБЛ), ширине главного лепестка (ШГЛ) и коэффициенту направленного действия (КНД). Сравнение проводится на решетке из 128 элементов и с 50% активных излучателей (АИ) для РАР (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнение амплитудных распределений

Амплитудное распределение	УБЛ, дБ		ШГЛ, °		КНД, дБи	
	полн.	разр.	полн.	разр.	полн.	разр.
Равномерное	- 13.28	- 20.05	0.7	0.9	20.91	19.90
Бартлетт-Ханн	- 35.90	- 29.58	1.2	1.3	19.42	19.15
Хэмминг	- 42.63	- 32.24	1.1	1.7	19.71	18.00
Бохман	- 46.00	- 36.35	1.5	1.5	18.53	18.40
Чебышев	- 60.00	- 32.39	1.3	1.3	19.24	19.00
Блэкман-Харрис	- 92.10	- 43.48	1.7	1.7	18.03	17.93

Для облегчения оценки АР составляется рейтинговая таблица, где очки распределяются по принципу – лучший получает максимум. Например, полная антенная решетка с равномерным амплитудным распределением имеет следующее распределение очков: УБЛ – 1, ШГЛ – 6, КНД – 6. По сумме полученных очков для полных решеток определяются места для АР и на их основании начисляются очки, которые отображены в таблице 2. Аналогичное способом оцениваются характеристики РАР и то, насколько сильно они отличаются от показателей полной антенной решетки. При равных показателях претенденты получают равное количество очков и занимают одинаковую позицию в рейтинге, тогда как более слабые претенденты получают очки согласно своему месту с учетом уже занятых.

Таблица 2 - Рейтинг амплитудных распределений

Амплитудное распределение	Полная	РАР	Разница	Очки
Чебышев	4	6	5	15
Равномерное	6	5	2	13
Бохман	2	3	6	11
Бартлетт-Ханн	3	4	3	10
Хэмминг	6	1	2	9
Блэкман-Харрис	2	2	5	9

Согласно полученной таблице, амплитудное распределение Чебышева является оптимальным для РАР. Однако далее будет использоваться амплитудное распределение Хэмминга, как наилучшее из исследуемых.

Результаты

Антенная решетка может быть разрежена с сохранением пятна из активных излучателей в центре ее апертуры или же без него. Назовем данные способы краевым и произвольным, соответственно. Рассмотрим симметричные реализации подобных разрежений (табл. 3).

Таблица 3 - Сравнение симметричного краевого и произвольного способа разрежений

Процент АИ, %	УБЛ, дБ		ШГЛ, °		КНД, дБи	
	краевое	произв.	краевое	произв.	краевое	произв.
80	-39.15	-20.95	1.1	1.2	19.66	18.69
60	-31.63	-16.48	1.2	1.3	19.51	17.78
40	-26.71	-12.04	1.3	1.3	19.08	16.01
20	-22.16	-8.05	1.3	1.2	18.68	13.28

Согласно результатам представленным в таблице 3, очевидно, что краевой способ разрежения приводит к значительно лучшим показателям при любом количестве активных излучателей. Наиболее явно это наблюдается при сравнении максимального УБЛ (рис. 1).

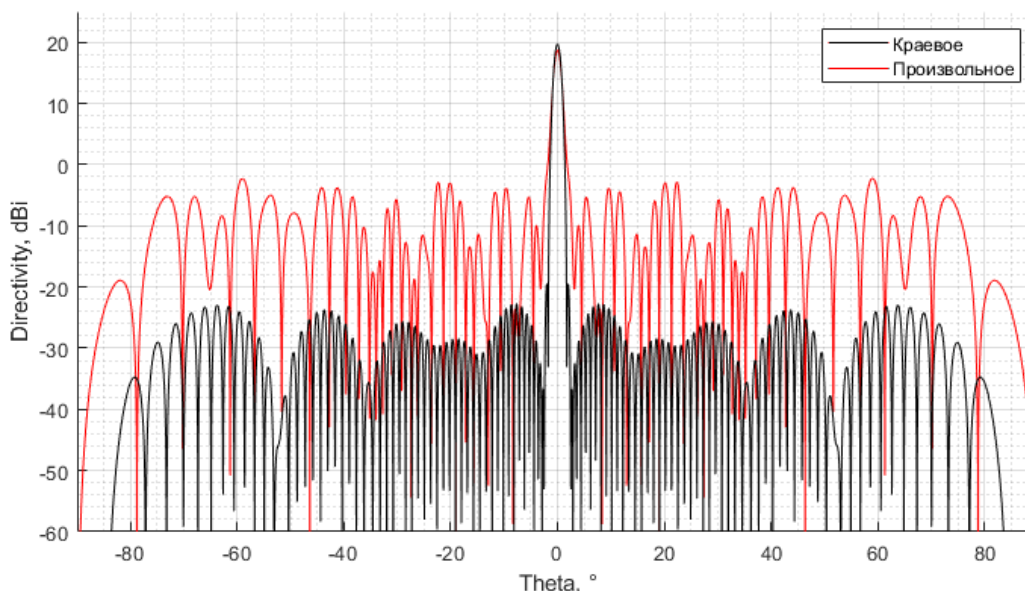


Рис. 1. Диаграмма направленности РАР с 80% активных излучателей.

Существует также асимметричная реализация краевого и произвольного разрежений. Сравним два вида краевого разрежения (табл. 4).

Таблица 4 - Сравнение асимметричной и симметричной реализаций краевого разрежения

Процент АИ, %	УБЛ, дБ		ШГЛ, °		КНД, дБи	
	асим.	сим.	асим.	сим.	асим.	сим.
75	-34.04	-37.62	1.1	1.2	19.63	19.59
50	-28.38	-29.35	1.3	1.2	19.02	19.29
25	-22.38	-21.49	1.3	1.3	18.46	18.42

Исходя из данного сравнения, выявленного лидера нет. В некоторых случаях РАР с асимметричным крайевым разрежением проявляет себя лучше, а в других же наоборот. Так же, результаты могут варьироваться от синтеза к синтезу из-за особенностей генетического алгоритма. А именно при получении откровенно плохой первой популяции, все последующие итерации алгоритма могут привести к одному из худших решений.

Выводы

1. Генетический алгоритм является приемлемым инструментом для разрежения антенной решетки и способен находить оптимальные решения.
2. Амплитудное распределение Чебышева является оптимальным для РАР, поскольку имеет низкий УБЛ, приемлемые ШГЛ и КНД.
3. Краевой способ разрежения антенной решетки приводит к значительно лучшим показателям, по сравнению с произвольным.
4. Между симметричным и асимметричным видами разрежения нет существенных отличий по характеристикам РАР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. L. Haupt, "Thinned arrays using genetic algorithms," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 42, no. 7, pp. 993-999, July 1994
2. W. P. M. N. Keizer, "Synthesis of Thinned Planar Circular and Square Arrays Using Density Tapering," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 62, no. 4, pp. 1555-1563, April 2014
3. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы / Под ред. В.М. Курейчика. – 2-е изд., исправл. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 368 с.
4. Simon D. Evolutionary optimization algorithms. – NJ: John Wiley & Sons, 2013. – 784 p.

THINNED ANTENNA ARRAY OPTIMIZATION USING GENETIC ALGORITHM

Karasev Alexey Sergeevich, Master's Degree student, e-mail: lexys30@gmail.com

Stepanov Maxim Andreevich, D.Sc. (Engineering), Professor, e-mail:

m.stepanov@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630079, Russia

Abstract: In the recent years, it is more common to use evolutionary algorithms to solve various electromagnetic problems. These algorithms reduce the complexity of antenna thinning and still get an optimal solution. In this paper, thinning of a 128-element linear antenna array with isotropic elements is discussed. Thinning is performed using genetic algorithm with a tournament selection system. Multiple types of thinning techniques are investigated, and the best one is determined. The optimal amplitude distribution for a thinned antenna array is found through comparative analysis of Hamming, Chebyshev, Blackman-Harris, Bohman, Bartlett-Hann window functions and uniform amplitude distribution.

Keywords: thinned antenna array, amplitude distribution, genetic algorithm, edge thinning, random thinning

УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОЧИМ СТОЛОМ ИСПОЛЬЗУЯ SSH-СЕРВЕР И RDS-СЕРВЕР

Муравьев Андрей Евгеньевич, магистрант;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Муравьев А. Е., email vault95traseg4@mail.ru

Научный руководитель: Никулин А. В., email a.nikulin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Муравьев Андрей Евгеньевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19; *Никулин Андрей Викторович*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: в данной статье рассмотрен случай получения удаленного доступа к рабочему столу компьютера через RDS-клиент с настроенным SSH-сервером на облачной платформе НГТУ. Также, был проведен процесс автоматизации, с помощью PowerShell-скрипта, чтобы подключение происходило автоматически при старте системы, а также перезапускалось при разрывах подключения. Явным преимуществом будет являться хорошая защищенность информации, так как вероятность наличия одновременно уязвимости SSH-сервера и уязвимости RDS-сервера, намного меньше такой вероятности для каждого компонента в отдельности.

Ключевые слова: SSH-протокол, SSH-клиент, удаленный рабочий стол (RDS), PowerShell-скрипт, Windows 10, NAT.

1. Введение

Сегодня актуален удаленный формат обучения. В связи с чем возникает вопрос о проведении лабораторных работ дистанционно. Конечно, не все лабораторные работы можно провести в дистанционном формате. Однако, те работы, которые выполняются на персональных компьютерах можно реализовать с использованием технологий удаленного доступа. Поэтому встал вопрос о создании защищенного канала между ПК-студента и ПК-лаборатории.

2. Теория

В состав нашей системы будут входить наш домашний компьютер-сервер Remote Desktop [1], ноутбук с клиентом Remote Desktop [1], и сервер SSH [2]. Сервер SSH — единственный компонент, которому требуется глобальный IP-адрес и постоянная доступность. Самый простой вариант, удовлетворяющий этим требованиям, — разместить SSH-сервер в облаке.

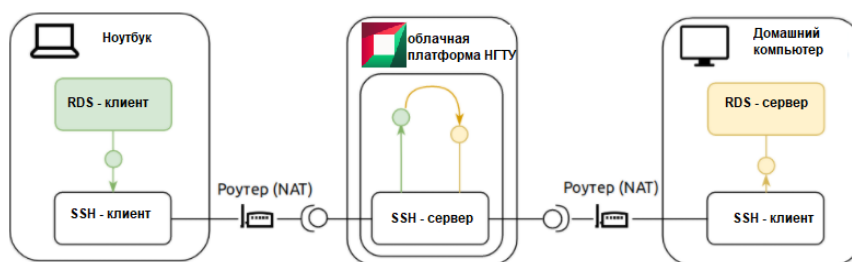


Рис.1. Конфигурация для удаленного управления

В Windows 10 среди утилит командной строки уже присутствует ssh-клиент.



Рис.2. Логотип Windows PowerShell

Windows PowerShell — это в первую очередь командная оболочка с языком сценариев. В отличие от принимающих и возвращающих текстовые данные оболочек, Windows PowerShell работает с классами .NET. PowerShell позволяет выполнять обычные команды, а также дает доступ к объектам COM, WMI и ADSI. В ней используются различные хранилища, вроде файловой системы или реестра Windows, для доступа к которым созданы т.н. поставщики (providers). Стоит отметить возможность встраивания исполняемых компонентов PowerShell в другие приложения для реализации различных операций, в т.ч. через графический интерфейс. Верно и обратное: многие приложения для Windows предоставляют доступ к своим интерфейсам управления через PowerShell.

SSH-протокол (от англ. *Secure Shell*) — криптографический сетевой протокол, предназначенный для удаленного доступа к операционной системе и осуществления безопасного удаленного управления в рамках незащищенной сети (например, через интернет).

SSH обеспечивает защищённый канал связи между клиентом и сервером, через который можно передавать данные (почтовые, видео, файлы), работать в командной строке, удаленно запускать программы, в том числе графические. SSH-сервер должен быть установлен на удаленной операционной системе. SSH-клиент должен быть запущен на машине, с которой будет осуществляться удаленное подключение.

3. Результаты и обсуждение

Для начала необходимо получить две части ключа (закрытую часть и открытую часть).

Генерируем ключ командой: **ssh-keygen**. После генерации ключа необходимо получить и скопировать его открытую часть, она пригодится для запуска SSH-сервера в облаке. Вывод открытой части ключа осуществляется командой: **cat \$HOME/.ssh/id_rsa.pub**. Закрытую часть ключа копируем, на внешний носитель, как обычный файл командой: **copy \$HOME/.ssh/id_rsa z:\.**

адреса хоть каждую минуту (либо вообще могут иметь адреса в частной сети, нам требуется лишь исходящий NAT [5]).

2. Несмотря на то, что для нас самих RDS-сервер доступен из любой точки интернета, другие пользователи не могут установить к нему подключение (при условии отсутствия уязвимостей в SSH-сервере). А поскольку в протоколе RDS имеется собственный контроль доступа, даже в случае успешной атаки на SSH-сервер, злоумышленнику нужно будет провести еще и атаку на RDS.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Remote Desktop Services. Точный адрес статьи: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows-server/remote/remote-desktop-services/welcome-to-rds>.
2. Classification of SSH Attacks Using Machine Learning Algorithms. Точный адрес статьи: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7740316>.
3. SSH Key Management Challenges and Requirements. Точный адрес статьи: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8763773>.
4. Что такое PowerShell и с чем его едят? Точный адрес статьи: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/487876/>.
5. Часто задаваемые вопросы по трансляции сетевых адресов (NAT). Точный адрес статьи: https://www.cisco.com/c/ru_ru/support/docs/ip/network-address-translation-nat/26704-nat-faq-00.html.
6. Combining ICE and SIP protocol for NAT traversal in new classification standard. Точный адрес статьи: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8070224>.

Remote desktop control using SSH server and RDS server

Muravyov Andrey Evgenievich, master's student; Nikulin Andrey Victorovich
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx
ave., 20, telephone (913)005-48-19

Muravyov A. E., email vault95traseg4@mail.ru

Nikulin A. V., email a.nikulin@corp.nstu.ru

Correspondence address: Muravyov Andrey Evgenievich, Novosibirsk State
Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, telephone
(913)005-48-19; *Nikulin Andrey Victorovich*, Novosibirsk State Technical
University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, telephone (913)005-48-
19.

Annotation: This article will consider the case of obtaining remote access to a computer desktop through an RDS client with a configured SSH server on the NSTU cloud platform. Also, an automation process was carried out using a PowerShell script so that the connection occurs automatically at system startup, and also restarts when the connection is broken. A clear advantage will be good information security,

since the likelihood of both SSH server vulnerability and RDS server vulnerability is much less than such a probability for each component separately.

Key words: SSH-protocol, SSH-client, Remote Desktop Services(RDS), PowerShell-script, Windows 10, NAT .

УДК 681.883.22

СИНТЕЗ МЕТОДА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ С ДАТЧИКАМИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МОМЕНТА ХОЛОСТОГО ВЫСТРЕЛА В ИМИТАТОРЕ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ

*Нимаев Цырен Станиславович, магистрант; Никулин Андрей Викторович,
доцент*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Никулин А.В., e-mail a.nikulin@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Никулин Андрей Викторович, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20

Аннотация: в данной работе рассматривается метод анализа сигнала с датчиков, анализ и выбор датчиков для определения выстрела

Ключевые слова: акселерометр; микрофон; регистрация момента выстрела.

1. Введение

Лазерные имитаторы стрельбы и поражения являются перспективным направлением развития технических средств для обучения, т.к. дают хороший экономический эффект, исключают использование боеприпасов, могут использоваться на разном виде оружия при любой температуре, в любое время и на любой местности.

Технологии постоянно развиваются. Появляются больше возможностей реализовать новые проекты, основанные на новых принципах, или воспользоваться возможностью модернизировать старые. Для улучшения эффективности, снижение энергопотребления, улучшения точности имитаторов стрельбы и поражения следует рассмотреть возможность внедрения в проект новых технических решений, основанных на новой элементной базе.

На более старых имитаторах стрельбы использовались две спусковые скобы: основная и дополнительная. Основная спусковая скоба оружия запускает механизм стрельбы холостым выстрелом, в то время как дополнительная нужна для выстрела лазерным импульсом. Новое техническое решение состоит в том, чтобы убрать дополнительную скобу и создать электрическую схему с датчиками, которые будут определять: произошёл ли холостой выстрел или нет.

2. Подбор датчиков

Для регистрации момента выстрела могут быть предложены датчики разного вида, различных производителей. Так как выстрел характеризуется такими параметрами как звук выстрела, вибрация оружия и пространственное отклонение оружия, то на рассмотрение для выбора будет представлено 2 вида датчиков для измерения этих параметров. Звук выстрела предлагается записывать при помощи микрофона, вибрацию и отклонение оружия можно будет фиксировать посредством акселерометра. Также датчики должны удовлетворять требованиям: низкое энергопотребление, большой срок эксплуатации, независимость таких параметров окружающей среды, как температура, влажность и давление.

Тип	Точность	Цена	Область применения	Особенности
Пьезоплёночные	Низкая	Самая низкая	Вибрация, удары	Только переменные ускорения. Чувствительны к температуре и давлению
Электромеханические (струнные, маятниковые)	Очень высокая	Очень высокая	Инерциальная навигация	Низкие частоты. Чувствительны к перегрузкам
Пьезоэлектрические	Высокая	Высокая	Вибрация, удары	Только переменные ускорения
Пьезорезистивные	Средняя	Высокая	Наклон, вибрации, инерциальные силы	Сложная настройка, низкая термостабильность
Интегральные объёмной конструкции	Средняя	Средняя	Наклон, вибрации, инерциальные силы	Низкий шум, сложная настройка
Интегральные поверхностной конструкции	Средняя	Высокая	Наклон, вибрации, инерциальные силы	Малые габариты

Рис. 1 Сравнение характеристик разных типов акселерометров

Производитель	Технические характеристики			
	Напр. Питания, В	Чувств., дБ	Полоса пропускания	Отношение сигнал/шум, дБ
PUI Audio	3	37	20 Гц – 20 кГц	68
CUI	3	25	25 Гц – 20 кГц	62
DB Unlimited	3	38	50 Гц – 16 кГц	60
Kobitone Audio Company	3	44	70 Гц – 20 кГц	58
Jinin Group	1.5	44	50 Гц – 13 кГц	40
Soberton Inc	2	44	100 Гц – 16 кГц	60
JL World	2	44	100 Гц – 16 кГц	60

Рис. 2 Сравнение характеристик микрофонов

3. Экспериментальная часть

Был проведён эксперимент, в котором записывались данные, приходящие из каждой оси акселерометра, для выяснения — на какой оси более полная и полезная информация о моменте выстрела и какую ось или оси использовать для определения момента выстрела.

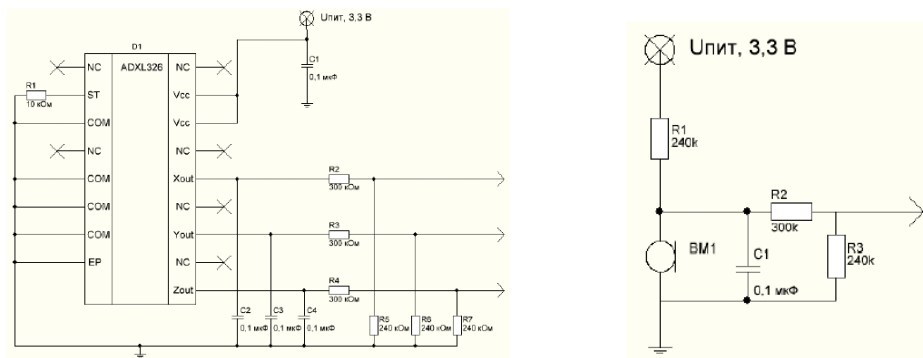


Рис. 3 Схема подключения акселерометра и микрофона

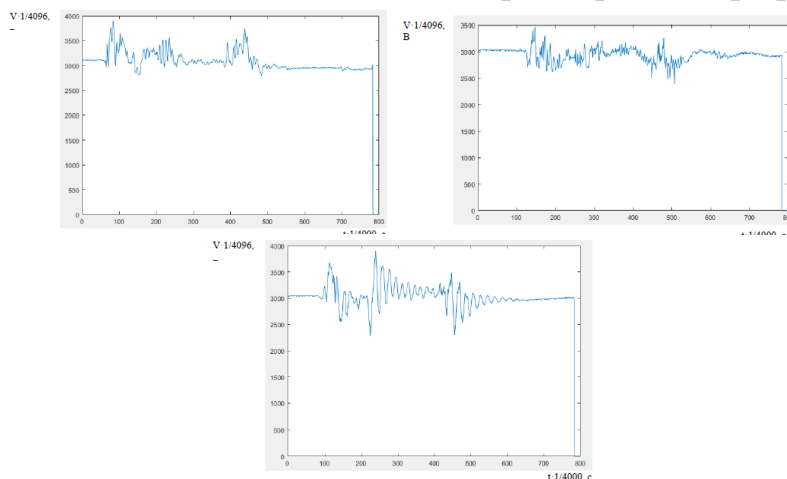


Рис. 4 Пример показаний с акселерометра по осям X,Y,Z.

4. Вывод

В ходе выполнения данной работы мы подобрали датчики и разработали электрическую схему для регистрации момента выстрела.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. MEMS Accelerometers / Silicon Sensing – [Web – документ], н.д. / 2019. –URL: [https://www.siliconsensing.com/technology/mems-accelerometers/#].
2. Цифровая обработка сигналов в электронном тракте / Национальная библиотека им. Н.Э. Баумана Bauman National Library. – [Web – документ], 18 мая 2017.

Synthesis of digital signal processing method and an electrical circuit with sensors for recording the moment of an empty shot in a simulator of small arms,

Nimaev Tsyren Stanislavovich, Master's Degree student

Nikulin Andrey Victorovich, e-mail: a.nikulin@corp.nstu.ru

Novosibirsk state technical university, pr. Karla Marksa, Novosibirsk, 630073,
Russian Federation

Abstract: This paper discusses the method of analyzing the signal from the sensor, the analysis and selection of sensors for determining the shot is considered

Keywords: Accelerometer, microphone, registration of the moment of the shot.

ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЁТКА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ БАТЛЕРА 4Х4 С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ФАЗОВРАЩАТЕЛЯМИ

Паршин Юрий Николаевич, аспирант

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Паршин Ю. Н., e-mail jurparnik@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Паршин Юрий Николаевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск,
пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (965) 829-12-41

Аннотация: в работе представлен сравнительный анализ результатов компьютерного полномасштабного электродинамического моделирования и экспериментальных лабораторных исследований в безэховой камере четырёхлучевой фазированной антенной решётки. Устройство состоит из антенного полотна, включающего в себя 4 излучателя с классическим центральным питанием диполей типа «ласточкин хвост», и диаграммообразующего устройства – матрицы Батлера 4х4. В топологию матрицы Батлера вошли не только базовые элементы, такие как направленные ответвители, металлизированные переходные отверстия и узлы пересечения линий с противоположных сторон диэлектрической плёнки, но и широкополосные модифицированные фазовращатели. Антенная решётка была изготовлена из диэлектрических материалов отечественного производства ФАФ-4Д толщиной 1,5 мм и Ф4МБСФ толщиной 0,3 мм. Четырёхлучевая фазированная антенная решётка предназначена для приёма/передачи сигналов в полосе частот 400 МГц при центральной частоте 2,2 ГГц.

Ключевые слова: фазированная антенная решетка; матрица Батлера; модифицированный фазовращатель; направленный ответвитель; излучатель.

1. Введение

С каждым годом появляется всё больше разных модификаций фазированных антенных решёток ФАР, в том числе и основанных на диаграммообразующих устройствах [1-3]. Это связано с ежегодным ужесточением требований к характеристикам и массогабаритным показателям устройств.

За основу было взято устройство, представленное на конференции «Наука. Промышленность. Оборона. 2018» [4]. Данный проект претерпел переработку в связи с переходом на новые толщины диэлектрических материалов, а также в него были интегрированы полосковые дифференциальные фазовращатели [5], которые предварительно были доработаны для обеспечения фазовой задержки -45° в полосе частот $2,2 \pm 0,8$ ГГц. Проектирование производилось по традиционным методикам,

которые описаны в [6, 7].

После проведения этапа компьютерного моделирования в программе CST STUDIO SUITE были проведены работы по вытравливанию плат и сборке в единую конструкцию антенной решётки. Впоследствии в безэховой камере были измерены характеристики согласования и графики диаграмм направленности ДН, изготовленной многолучевой фазированной антенной решётки. Также был проведен сравнительный анализ характеристик, полученных при компьютерном моделировании и экспериментальном исследовании в безэховой камере.

2. Компьютерное моделирование

На рисунке 1 представлены вытравленные полосковые элементы на диэлектриках, совмещенные в пространстве. На данном рисунке светло-серым цветом заштрихованы полосковые линии, расположенные на лицевой стороне диэлектрической плёнки Ф4МСФ толщиной 0,3 мм, тёмно-серым цветом выделены металлизированные полоски, находящиеся на обратной стороне той же самой плёнки Ф4МБСФ. Переходы полосковых линий с одной стороны диэлектрической плёнки на другую обозначены аббревиатурой МО (металлизированные отверстия). Также на рисунке 1 чёрным цветом обозначен рисунок внешней стороны изоляционного диэлектрика ФАФ-4Д толщиной 1,5 мм. Диэлектрическая проницаемость ФАФ-4Д и Ф4МБСФ составляет 2,5.

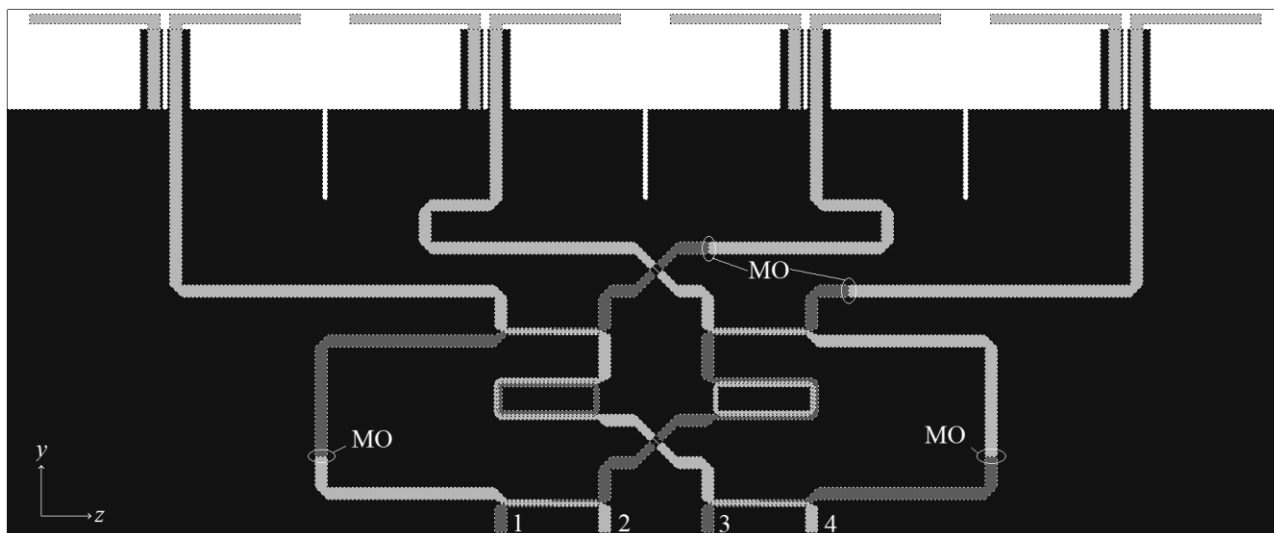


Рис. 1. Топология 4-лучевой ФАР

3. Экспериментальное исследование

Экспериментальные измерения характеристик ФАР были произведены в безэховой камере. ФАР была расположена на штативе с опорно-поворотном устройством (рисунок 2, слева), в качестве приёмника использовалась рупорная антенна в другом конце безэховой камеры (рисунок 2, справа). В качестве измерительного устройства использовался векторный анализатор цепей «Обзор-804».

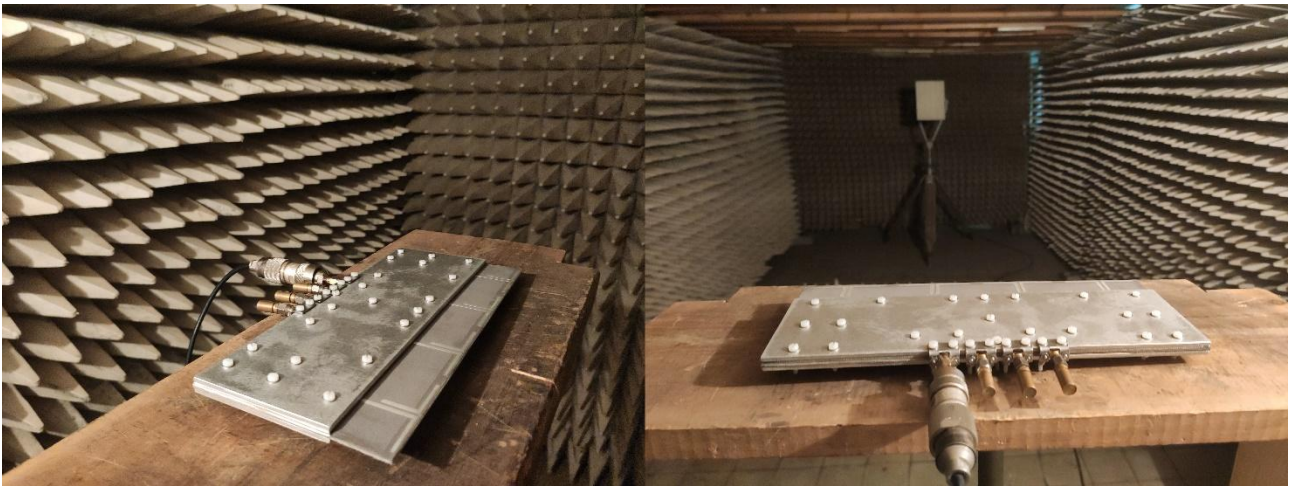


Рис. 2. Фотографии ФАР в безэховой камере

4. Результаты моделирования и эксперимента

В данном подразделе сведены все основные измерения характеристик ФАР, полученных как при компьютерном моделировании, так и исследованиях опытного устройства в безэховой камере. На рисунке 3 представлены частотные характеристики согласования входов ФАР, где слева – результаты моделирования, справа – результаты эксперимента.

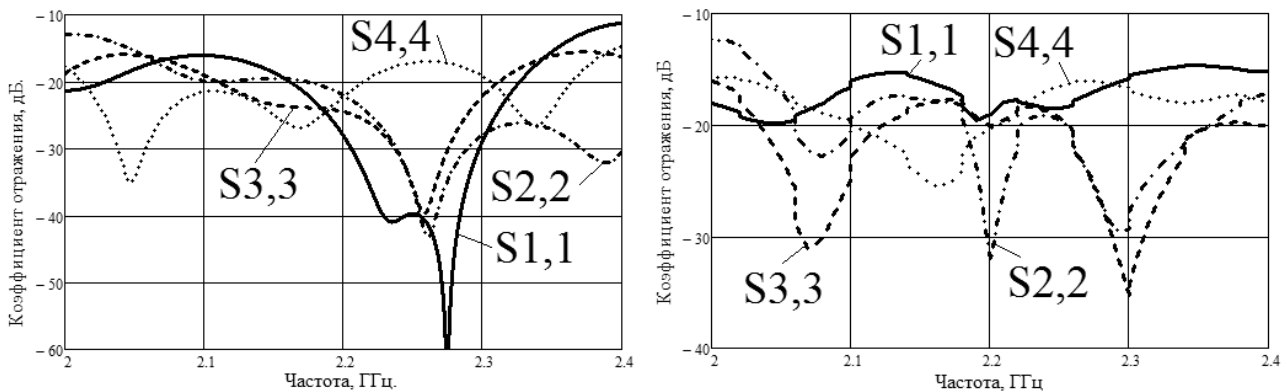


Рис. 3. Частотная характеристика согласования входов ФАР (слева – моделирование, справа – эксперимент)

На рисунке 4 представлены графики ДН антенной решётки. На каждом из графиков присутствует обозначение соответствия графика и входного порта ФАР, где $i = 1$ соответствует входному порту 1 и т.д. Оси y и z соответствуют направлениям осей на рисунке 1. При этом на графиках сплошной линией обозначены ДН, полученные в ходе компьютерного электродинамического моделирования, а штриховой линией – ДН, полученные в процессе экспериментальных измерений характеристик опытного устройства в безэховой камере (рисунок 2).

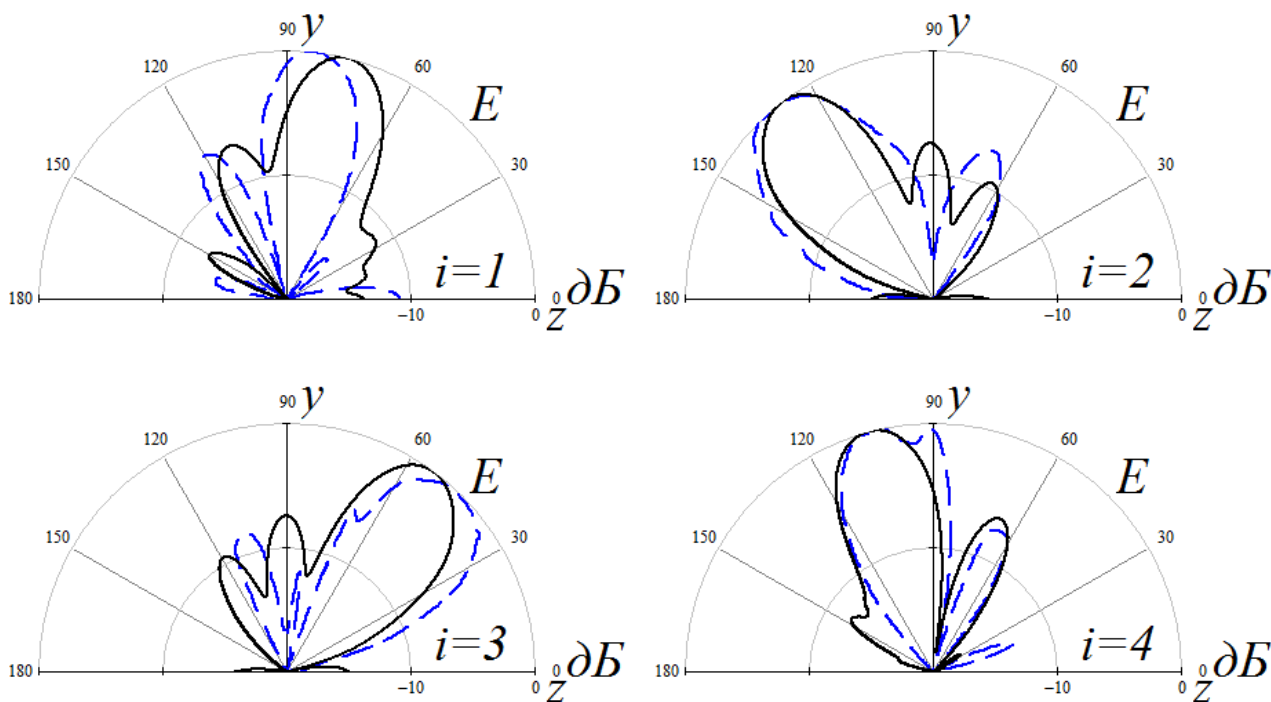


Рис. 4. ДН 4-лучевой ФАР (сплошная линия – моделирование; штриховая линия – эксперимент)

Согласно графикам, представленным на рисунках 3 и 4, можно заключить, что результаты эксперимента имеют высокую степень схожести с результатами компьютерного моделирования. Коэффициент отражения в обоих случаях в полосе частот 2-2,4 ГГц не превысили -11 дБ. ДН, полученные в ходе моделирования отклонились от теоретических значений на не более 8°. При этом экспериментальные ДН имеют отклонения от теоретических значений не более 10°. Неравномерность затухания сигналов на входах антенного полотна составила $-6,2 \pm 0,6$ дБ.

5. Выводы

Сопоставление полученных результатов с данными других авторов свидетельствует о том, что углы отклонения лучей ФАР, их коэффициенты усиления и уровни боковых лепестков не хуже опубликованных в работах [1-3]. В то же время относительная полоса рабочих частот лучей спроектированной ФАР на 13–16% больше (значение зависит от номера луча), чем у матриц Батлера и антенных решеток, описанных в работах [1-3].

Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы развития НГТУ, научный проект №С21-16.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chu H.N., and Ma T.-G. An extended 4×4 Butler matrix with enhanced beam controllability and widened spatial coverage // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2018, vol. 66, no. 3, pp. 1301–1311.

2. Wu Q., Zhang A., Yang Y., Yu M., Shi X. Computer-Aided Tuning of Butler Matrices // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2019, vol. 67, no. 11, pp. 4386-4393.
3. Tajik A., Alavijeh A.S., Fakharzadeh M. Asymmetrical 4×4 Butler Matrix and its Application for Single Layer 8×8 Butler Matrix // IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2019, vol. 67, no. 8, pp. 5372-5379.
4. Диаграммообразующая матрица Батлера 8×8 / Горбачев А.П., Паршин Ю.Н. // Сборник трудов «Наука. Промышленность. Оборона». Новосибирск. – 19-21 апреля 2018. – с. 267-269.
5. Горбачев А.П., Паршин Ю.Н. Полосковый фазовращатель. Патент RU 2729513 C1 от 07.08.2020.
6. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток / под ред. Д. И. Воскресенского. 4-е изд. М.: Радиотехника, 2012. 744 с.
7. Balanis C.A. Antenna theory: analysis and design. 4th ed. New Jersey, Wiley & Sons, 2016. 1072 p.

PHASED ANTENNA ARRAY BASED ON A BUTLER MATRIX 4×4 WITH A MODIFIED PHASE SHIFTERS

Parshin Yuriy Nikolayevich, Ph.D. student, e-mail jurparnik@mail.ru
Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk,
20 Prospekt K. Marksa

Abstract: The paper presents a comparative analysis of the results of computer full-wave electrodynamic modeling and experimental laboratory studies in an anechoic chamber of a four-beam phased antenna array. The device consists of an antenna strip, which includes 4 emitters with a classic central supply of dipoles of the “dovetail” type, and a diagram-forming device - a 4×4 Butler matrix. The topology of the Butler matrix includes not only basic elements, such as directional couplers, metallized vias and nodes of intersection of lines on opposite sides of the dielectric film, but also broadband modified phase shifters. The antenna array was made of domestically produced dielectric materials FAF-4D with a thickness of 1.5 mm and F4MBSF with a thickness of 0.3 mm. The four-beam phased antenna array is designed to receive/transmit signals in a 100 MHz frequency band with a central frequency of 2.2 GHz.

Keywords: Phased array antenna; Butler matrix; modified phase shifter; directional coupler; radiator.

СИММЕТРИЧНЫЙ ВИБРАТОР В ПЕЧАТНОМ ИСПОЛНЕНИИ (МНОГОСЛОЙНАЯ СТРУКТУРА) НА ДВУХ ПОДЛОЖКАХ

Разумихин Анатолий Сергеевич, аспирант¹; Девятков Геннадий Никифорович, д.т.н.¹, профессор; Лайко Константин Алексеевич, к.т.н., доцент¹; Филимонова Юлия Олеговна, к.т.н., доцент¹

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Разумихин А.С., e-mail at-te1@mail.ru

Девятков Г.Н., e-mail devyatkov@corp.nstu.ru

Лайко К.А., e-mail play-byte@mail.ru

Филимонова Ю.О., e-mail jul7788@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Разумихин Анатолий Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (953)778-82-37

Аннотация: предложена конструкция симметричного вибратора в печатном исполнении сантиметрового диапазона. Вибратор настроен на среднюю частоту 8 ГГц и обеспечивает относительную полосу частот более 40% по уровню коэффициента стоячей волны менее двух. Предложенный симметричный вибратор предназначен для использования в широкополосных системах в качестве отдельной самостоятельной антенны, так и в качестве излучателя цифровых фазированных антенных решеток. Антенна промоделирована в программе трехмерного электродинамического моделирования.

Ключевые слова: симметричный вибратор; печатный вибратор; диаграмма направленности, коэффициент стоячей волны по напряжению.

1. Введение

Актуальность разработки антенн в печатном исполнении обоснована возрастающими требованиями к компактности устройств. Предложенная антенна, предназначена для работы в составе цифровых, активных фазированных антенных решеток (ФАР), в качестве излучателя. К современным цифровым ФАР предъявляются ряд требований, среди которых выделяется широкая полоса рабочих частот [1]. В связи с этим, актуальна как никогда, задача конструирования сверхширокополосного излучателя ФАР в печатном исполнении.

2. Расчеты

В предлагаемой нами конструкции, рассматривается двухконтурный излучатель. Один из контуров представляет собой двухпроводную симметричную линию с лицевой связью, которая образует короткозамкнутый шлейф, второй контур образован плечами вибратора [2].

Эквивалентная схема двухконтурного вибратора имеет следующий вид:

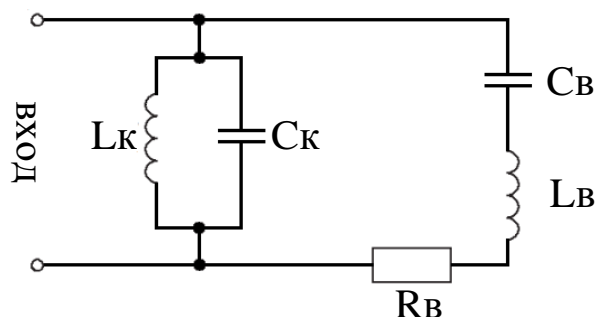


Рис. 9. Эквивалентная схема двухконтурного вибратора

На рис. 1. $Lв$, $Cв$, $Rв$ – реактивности: индуктивность и емкость плеч вибратора, $Rв$ – активная составляющая входного сопротивления плеч вибратора, является функцией зависящей от частоты. Данные элементы образуют последовательный контур. Особенность данной схемы – введенный параллельный контур образованный короткозамкнутым отрезком симметричной полосковой линии передаваемой параллельно с плечами вибратора. И эквивалентная схема которого представлена на рисунке в виде контура $Lк$, $Cк$, сопротивлением потерь данного контура пренебрегаем ввиду незначительных размеров отрезка. Данная система образует двухконтурную структуру, которая при оптимальной настройке, обладает более широкой полосой частот, относительно одноконтурной системы.

3. Конструкция

Конструкция предлагаемого симметричного вибратора в печатном исполнении рассчитана [3-4] и оптимизирована при помощи программы трехмерного электродинамического моделирования.

Модуль выполняется на двух двухсторонних фольгированных заготовках размерами 20×11 мм ($a \times b$) из материала duroid 5880 толщиной 1,5 мм и диэлектрической проницаемостью 2,2. (рис. 2). Общая длина плеч излучателя с учетом $\epsilon_{эф}$ составляет 17 мм, ширина плеч 2,1 мм. Длина питающего шлейфа 7.2 мм, ширина 3 мм. Ширина экрана на подложке 1мм. (Рис. 2).

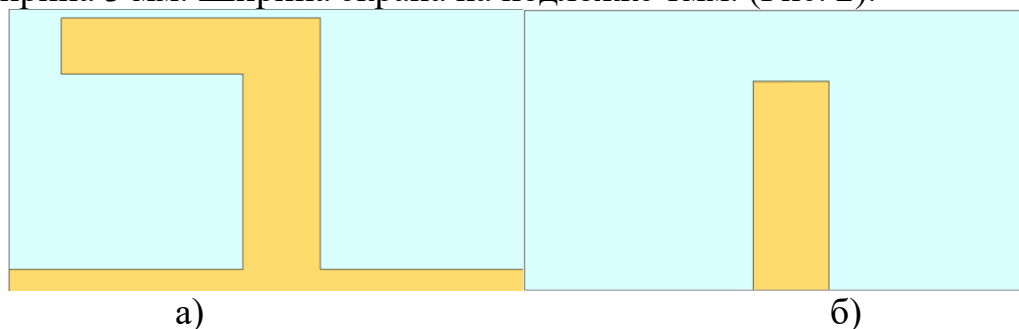


Рис. 2. Топология плеча и экрана вибратора на подложке

На рис.2 представлена топология одного из двух идентичных элементов, с двух сторон. а) плечо вибратора с элементом шлейфа и экрана, б) питающая линия. Элемент экрана излучателя припаивается к медному экрану, что способствует более надежному креплению излучателя на отражающем экране.

4. Моделирование

Данная конструкция симметричного вибратора была промоделирована в CST Microwave Studio [5]. Конструкция предлагаемого симметричного вибратора в печатном исполнении рассчитана и оптимизирована при помощи программы трехмерного электродинамического моделирования. Модель антенны представлена на рис. 3.

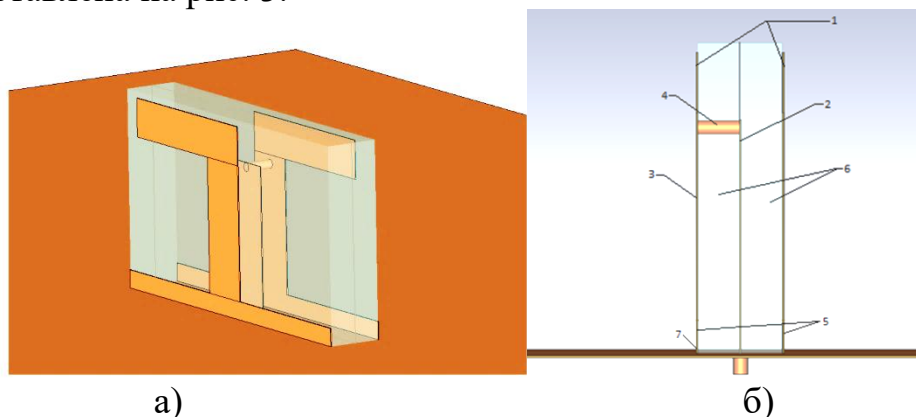


Рис. 3. а) 3D модель антенны с экраном б) 3D модель антенны (вид в профиль)

На трехмерной модели вибратора (рис. 3) показаны: плечи вибратора (1), питающая линия (2), короткозамкнутый шлейф (3), переходное отверстие (4), экран (5) Две фольгированные заготовки (6) склеиваются, образуя целостную конструкцию, которая припаивается к экрану (7).

5. Результаты

Анализируя результаты моделирования, видно, что по уровню КСВн равному 2, нижняя частота рабочего диапазона составила 6.5 ГГц, верхняя – 9.75 ГГц, тем самым полоса рабочих частот по КСВн уровня 2 составляет более 41%. Из диаграмм направленности на центральной частоте видно, что значение коэффициента усиления (КУ) составляет 7.15 дБ. (Рис. 4).

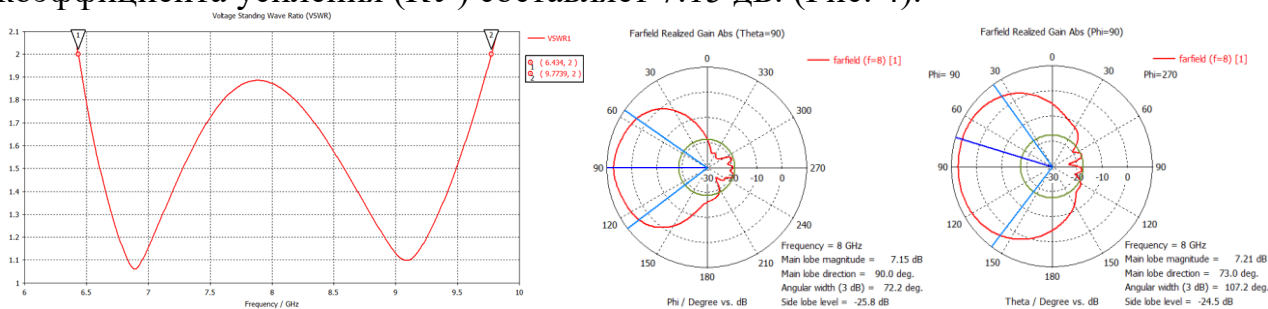


Рис. 4. Слева график КСВн, по центру ДН по Е, справа ДН по Н.

6. Выводы

Представлены промоделированные характеристики излучателя цифровой ФАР. Конструкция излучателя представляет двухконтурную структуру печатной симметричной вибраторной антенны. Контур оптимизированы по критерию обеспечения максимальной возможной полосы частот по заданному уровню КСВн, при этом диапазон рабочих частот существенно увеличивается, что позволяет получить сверхширокополосную антенну, с относительной полосой пропускания более 40%. Рассмотренная антенна имеет хорошее

согласование с 50-омным питающим кабелем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Balanis C.A. Modern antenna handbook. New Jersey, John Wiley & Sons, 2008. 1704 p.
2. Пат. 2 717 573 РФ, МПК Н 01 Q 9/16. Симметричный вибратор в печатном исполнении / К.А. Лайко (РФ), А.С. Разумихин (РФ), Ю.О. Филимонова (РФ). – № 2 019 119 273; заявл. 19.06.19; опубл. 24.03.20, Бюл. № 9.
3. Айзенберг Г.З. Антенны УКВ. – Ч. 2. – М.: Связь, 1977. – 288 с.
4. Разумихин А.С. Широкополосный излучатель фазированной антенной решетки в печатном исполнении / А.С. Разумихин, Г.Н. Девятков, К.А. Лайко, Ю.О. Филимонова // Вопросы радиоэлектроники. – 2020. – № 10. – С. 38–45.
5. CST Studio Suite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/>, свободный (дата обращения: 10.03.2021).

SYMMETRICAL PRINTED DIPOLE ANTENNA (MULTI-LAYER STRUCTURE) ON TWO SUBSTRATES

Razumikhin Anatoly Sergeevich¹, post-graduate student; Devyatkov Gennady Nikiforovich¹, Doctor of Engineering Science; Laiko Konstantin Alekseevich¹, Candidate of Engineering Science; Filimonova Julia Olegovna¹, Candidate of Engineering Science

¹ Novosibirsk State Technical University,
630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx av., 20
Razumikhin A.S., e-mail at-te1@mail.ru
Devyatkov G.N., e-mail devyatkov@corp.nstu.ru
Laiko K.A., e-mail play-byte@mail.ru
Filimonova J.O., e-mail jul7788@mail.ru

Abstract: The design of a symmetrical dipole in printed version of the centimeter range is proposed. The dipole is tuned to 8 GHz center frequency and provides a relative bandwidth of more than 40% for a standing wave ratio of less than 2. The proposed symmetrical dipole is intended for use in broadband systems as a separate independent antenna, and as a radiator of digital phased antenna arrays. Antenna is modeled in the program of three-dimensional electrodynamic modeling.

Keywords: symmetrical printed dipole antenna, dipole antenna, radiation pattern, voltage standing wave ratio.

ОШИБКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ ИМИТАТОРОВ ЭХОСИГНАЛОВ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ МОДУЛЯЦИЕЙ В ЭХОСИГНАЛЕ

Сабитов Тимур Ильясович¹; Киселев Алексей Васильевич¹, д.т.н.

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Сабитов Т.И., e-mail sti0@mail.ru

Киселев А.В., e-mail a.kiselev@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Сабитов Т.И., Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. 89137168055

Аннотация: рассмотрена имитация эхосигналов многопозиционной радиолокационной системы с типовыми видами модуляции с помощью матрицы излучателей, сфокусированной на точки приема. Показано, что наличие модуляции приводит к возникновению ошибок моделирования, которые могут быть выражены в виде флуктуации имитируемого кажущегося центра излучения. Получены соотношения, позволяющие рассчитать ширину диапазона флуктуаций. Для типовых параметров рассмотренных видов модуляции построены зависимости ширины диапазона флуктуации кажущегося центра излучения от величины отношения амплитуд несущих. На основании данных зависимостей сделаны выводы об уровне влияния данных ошибок на результат моделирования.

Ключевые слова: моделирование, матричный имитатор, многопозиционная система, модулированный эхосигнал

Введение

Имитационные комплексы позволяют значительно удешевить и ускорить процесс разработки современных радиолокационных систем за счет сокращения объема натурных испытаний. С их помощью в лаборатории воссоздается сигнально-помеховая обстановка, соответствующая реальным условиям работы испытываемой радиолокационной системы (РЛС).

Наиболее перспективными являются матричные имитаторы (МИ) [1-4]. Они воссоздают электромагнитные поля, соответствующие эхосигналам от реального объекта, на апертуре антенны исследуемой системы, что позволяет осуществлять тестирование готовой и полностью функционирующей РЛС. Простейший МИ состоит из двух излучателей. Они расположена в пределах элемента разрешения антенны РЛС и наблюдаются как кажущийся центр излучения (КЦИ). КЦИ замещает точечную цель в требуемом угловом положении в соответствии с соотношением [5]:

$$\xi = \frac{z_0^2 - 1}{1 + 2z_0 \cos \Delta\psi + z_0^2}, \quad (1)$$

где ξ – координата КЦИ, нормированная к половине базы модели; $z_0 = E_2/E_1$ – отношение амплитуд сигналов; $\Delta\psi$ – разность фаз принимаемых сигналов.

Для однопозиционных систем излучатели располагают равноудаленно, а сигналы излучают синфазно. Для имитации эхосигналов многопозиционных РЛС излучатели фокусируют на точки приема, чтобы обеспечивалась синфазность принимаемых сигналов, а имитируемый КЦИ наблюдался антеннами в одном и том же положении [6, 7]. Однако в работах [6, 7] фокусировка излучателей рассмотрена для моногармонического эхосигнала. Очевидно, что при наличии модуляции в эхосигнале имеют место ошибки моделирования, которые могут быть выражены в виде флуктуаций КЦИ возле задаваемого положения. Данная работа посвящена исследованию этих ошибок.

Теория

Рассмотрим конфигурацию из двух излучателей, сфокусированных на две точки приема (Рисунок 1).

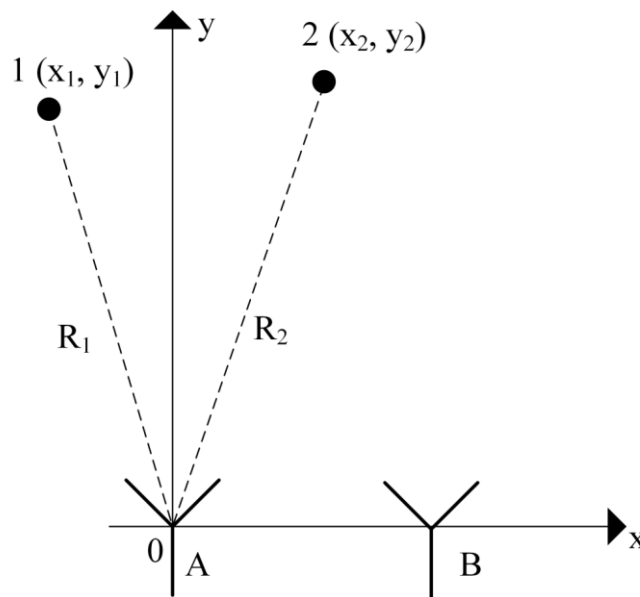


Рисунок 1 – Конфигурация из 2 излучателей, сфокусированная на 2 антенны

Для данной сфокусированной конфигурации выполнено условие синфазности:

$$R_{1A} - R_{2A} = n\lambda, \quad R_{1B} - R_{2B} = k\lambda,$$

где R_{ij} – расстояние между i -ым излучателем и j -ой точкой приема; λ – длина волны; n, k – целые числа.

Рассмотрим относительно приемной антенны A данную конфигурацию, представленную на Рисунке 1.

Запишем соотношения для принимаемых сигналов:

$$s_1(t) = A_1(t - t_{z1}) \cos(2\pi f_0(t - t_{z1}) + \varphi(t - t_{z1})),$$

$$s_2(t) = A_2(t - t_{z2}) \cos(2\pi f_0(t - t_{z2}) + \varphi(t - t_{z2})),$$

где $A(t)$ – закон изменения амплитуды, $\varphi(t)$ – закон изменения начальной фазы, $t_{z1} = R_1/c$ и $t_{z2} = R_2/c$ – задержки сигналов.

Так как матрица сфокусирована на частоту f_0 , то:

$$2\pi f_0(t_{z2} - t_{z1}) = \frac{2\pi f_0}{c}(R_2 - R_1) = \frac{2\pi f_0}{c}n\lambda_0 = 2\pi n, \quad (2)$$

где n – целое число, равное разности расстояний между антенной и излучателями, выраженной в длинах волн.

При этом смещенные по фазе медленно изменяющиеся модуляционные процессы приводят к флуктуации КЦИ. Рассмотрим данные ошибки для типовых виды модуляции, а именно амплитудную однотоновую и линейную частотную.

При излучении имитирующего сигнала с однотоновой амплитудной модуляцией величина отношения амплитуд изменяется по закону:

$$z(t) = \frac{A_2(t)}{A_1(t)} = z_0 \frac{1 + m \cos(2\pi F(t - t_{z2}))}{1 + m \cos(2\pi F(t - t_{z1}))}, \quad (3)$$

где m – индекс модуляции; z_0 – амплитудный коэффициент, определяемый (1); F – частота модулирующего колебания.

Границы диапазона флуктуаций КЦИ соответствуют экстремумам функции (3). После несложных преобразований с учетом (1) и $\frac{\pi n F}{f_0} = 1$ из (3) были получены соотношения для экстремальных значений:

$$z_{\max} \approx z_0 \left[1 + \frac{2m}{\sqrt{1-m^2}} \cdot \frac{\pi n F}{f_0} \right], \quad z_{\min} \approx z_0 \left[1 - \frac{2m}{\sqrt{1-m^2}} \cdot \frac{\pi n F}{f_0} \right]. \quad (4)$$

Для типовых значений $F = 10$ кГц, $f_0 = 10$ ГГц, $m = 0,8$ и $n = 10$ построим зависимость ширины диапазона флуктуаций КЦИ от z_0 (Рисунок 2):

$$\Delta_\xi = \frac{z_{\max} - 1}{z_{\max} + 1} - \frac{z_{\min} - 1}{z_{\min} + 1}.$$

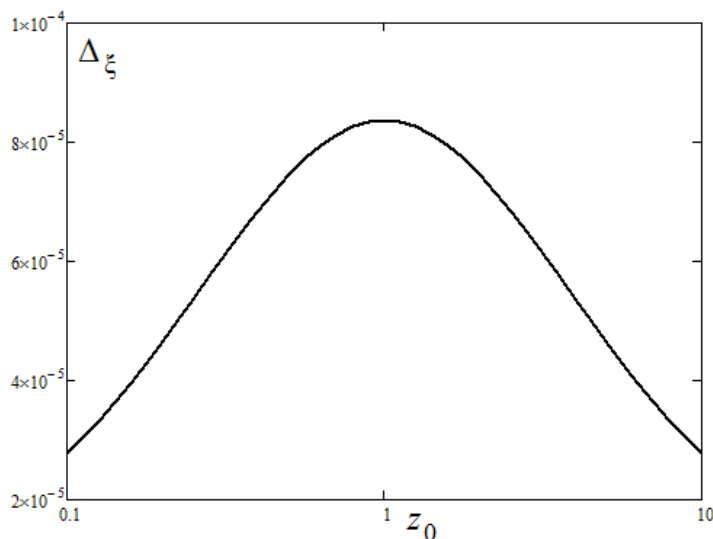


Рисунок 2 – Зависимость ширины диапазона флуктуаций от z_0

При излучении имитирующего сигнала в виде импульса с линейной частотной модуляцией величина разности фаз изменяется в соответствии с соотношением:

$$\Delta\psi(t) = \psi_2(t) - \psi_1(t) = \frac{\pi n \Delta f}{f_0} \left(1 + \frac{t_{z1} + t_{z2} - 2t}{T_c} \right), \quad (5)$$

где Δf – девиация частоты, T_c – длительность импульса.

Максимальных значений модуль разности фаз достигает в моменты времени t_{z2} и $t_{z1} + T_c$, соответствующие границам временного диапазона, в течение которого одновременно существуют импульсы в точке приема :

$$|\Delta\psi_{\min}| = |\Delta\psi_{\max}| = \frac{\pi n \Delta f}{f_0} \left(1 - \frac{n}{f_0 T_c} \right). \quad (6)$$

На основе соотношений (1) и (6) для значений $\Delta f = 1$ МГц, $f_0 = 10$ ГГц, $T_c = 10$ мкс и $n = 10$ построим зависимость ширины диапазона флуктуаций от z_0 , (Рисунок 3):

$$\Delta_\xi = \frac{z_0^2 - 1}{z_0^2 + 2z_0 \cos(\Delta\psi_{\max}) + 1} - \frac{z_0 - 1}{z_0 + 1}.$$

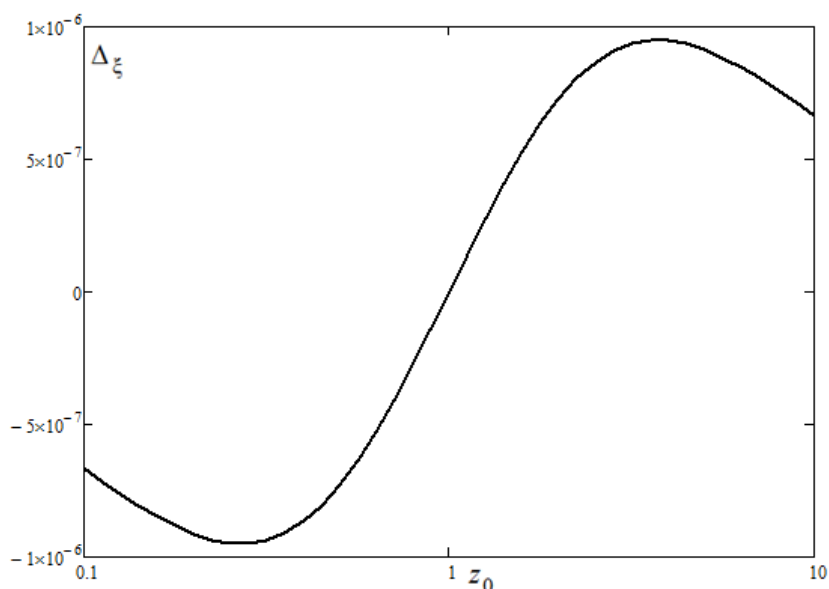


Рисунок 3 – Зависимость ширины диапазона флуктуаций от z_0

Результаты и обсуждение

Как видно из полученных зависимостей, представленных на рисунках 2 и 3, ширина диапазона флуктуаций положения КЦИ в случае амплитудно-модулированного колебания для типовых значений параметров модуляции не превышает 0,0084% от половины базы матрицы излучателей. В случае линейной частотной модуляции – 0,000095% от половины базы матрицы излучателей. Таким образом, полученные результаты позволяют утверждать, что для типовых параметров модуляции эхосигнала ошибками моделирования можно пренебречь

Заключение

Полученные в данной работе результаты позволяют рассчитать ширину диапазона флуктуаций КЦИ, обусловленных наличием модуляции в эхосигнале. Они могут быть использованы в разработке матричного имитатора эхосигналов многопозиционной РЛС. Исследование выполнено при финансовой поддержке в рамках реализации программы развития НГТУ, научный проект №С21-14.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mitchell E. Sisle, Edward D. McCarthy. Hardware-in-the-loop simulation for an active missile // *Simulation*. 1982. Т. 39, № 5. P. 159-167.
2. Haghghi, K., Rafieinia, F.: 'System for generating virtual radar signatures'. United States Patent 10520586 B2, December 2019
3. Jing Ma, Congjun Jin, Bin Shi, Dong Chen. Analysis of the Simulation Fidelity in Millimeter Wave Simulation System // *Theory, Methodology, Tools and Applications for Modeling and Simulation of Complex Systems*. – 2016 – Part 3. – P. 333-343.
4. Степанов М.А. Точность позиционирования кажущегося центра излучения в когерентном трехточечном матричном имитаторе // *Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеχνическая*. 2015. № 5. С. 57–67.
5. Ostrovityanov, R.V., Basalov, F.A. *Statistical Theory of extended Radar Targets* // Artech House, Dedham, 1985, 1st edn.
6. Kiselev A. V. Simulating an object's altitude for two-position systems / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov, M. A. Stepanov // *Journal of Computer and Systems Sciences International*. - 2020. – Vol. 59, iss. 2. – P. 217–222.
7. Kiselev A. V. Simulation of Objects for a Three-position Radar System [Electronic resource] / A. V. Kiselev, T. I. Sabitov // 1 International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE), Novosibirsk, 10-11 Dec. 2020. - Novosibirsk : IEEE, 2020. - P. 28-31.

MODELING ERRORS OF MATRIX SIMULATORS OF ECHO SIGNALS OF MULTIPOSITIONAL SYSTEMS DUE TO MODULATION IN THE ECHO SIGNAL

*Sabitov Timur Ilyasovich*¹, graduate student, e-mail: sti0@mail.ru

*Kiselev Alexey Vasilyevich*¹, Doctor of Engineering Sciences, a professor, head of the Department of radio receiving and radio transmitting devices,
e-mail: a.kiselev@corp.nstu.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract: An imitation of echo signals of a multi-position radar system with typical types of modulation using a matrix of emitters focused on the receiving point is considered. It is shown that the presence of modulation leads to the simulation errors, which can be expressed in the form of apparent center radiation fluctuations. Relationships are obtained that make it possible to calculate the width of the

fluctuation range. For the typical parameters of the considered types of modulation, the dependences of the fluctuation range width of the apparent radiation center on the value of the ratio of the carriers' amplitudes are plotted. Based on these dependencies, conclusions were drawn about the level of influence of these errors on the simulation result.

Keywords: simulation, matrix simulator, multi-position system, modulated echo

УДК 621.37

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА GPS В УСЛОВИЯХ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

Савенко Ирина Алексеевна, магистрант; Никулин Андрей Викторович, доцент

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Савенко И. А., e-mail irsav2010@yandex.ru

Никулин А. В., e-mail iipetrovtest@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: Никулин Андрей Викторович, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: данная статья посвящена проблеме замираний сигнала из-за многолучевого распространения. Именно эта проблема является главной причиной неправильного функционирования различных систем спутниковой связи. Проводится анализ различных законов распределений и выбирается несколько для дальнейшего проектирования спутникового канала связи с замираниями.

Ключевые слова: GPS; псевдослучайная последовательность; двоичная фазовая манипуляция; многолучевое распространение; быстрые замирания; закон распределения Релея; закон распределения Райса.

1. Введение

В наше время спутниковые навигационные системы нашли широкое применение во всех сферах жизни для определения местоположения и прокладывания маршрутов. Надежность и производительность навигационных систем зависят от качества принимаемого сигнала, на которое в значительной степени влияют помехи, создаваемые зданиями, деревьями и другими препятствиями. Именно множественное отражение от таких поверхностей и приводит к многолучевому распространению сигнала. Для борьбы с искажениями, вызванными многолучевым распространением, используется множество способов. Но для того, чтобы точно понять, как решать данную проблему необходимо проводить моделирование приемо-передающего тракта конкретной спутниковой системы (в нашем случае GPS). При моделировании

необходимо учитывать особенности сигнально-кодовой структуры сигнала, а также особенности законов распределений замираний.

2. Особенности навигационного сигнала GPS.

Сигнал, который передается со спутников GPS имеет 3 основные части: несущая, псевдослучайные последовательности (дальномерные коды) и навигационное сообщение. Каждый спутник излучает сигналы на двух несущих частотах L1 (1575,42 Гц) и L2 (1227,6 Гц). Навигационное сообщение при этом модулируется двумя широкополосными псевдослучайными последовательностями (ПСП): кодом C/A и кодом P. Код C/A представляет из себя ПСП, имеющую длину 1023 бита, которая повторяется один раз в мс (передается со скоростью 1,023 Мбит/с). Получается, что генератор C/A кода должен иметь частоту следования импульсов 1023 МГц и период следования 1 мс. C/A код является уникальным для каждого спутника. Так как в системе GPS используется многоканальный доступ с кодовым разделением каналов (CDMA), появляется возможность принятия данного кода отдельно от других, передающихся на одинаковой частоте. P код также представляет из себя псевдослучайную последовательность, но длиной $61871 \cdot 10^{12}$ бит. Время передачи этого кода составляет 7 суток при скорости 10.23 Мбит/с.

Навигационное сообщение состоит из 25 кадров, каждый из которых содержит в себе информацию необходимую для поправки показаний часов на стороне приемника, а также информацию о работоспособности и конфигурации космической аппаратуры. Эта последовательность содержит 37500 бит данных, передающихся со скоростью 50 бит/с. Поэтому полное сообщение может быть передано за 12.5 минут.

Для формирования сигналов GPS используется двоичная фазовая манипуляция (BPSK). Несущая частота может принимать 2 значения, это обусловлено тем, что последовательности навигационного сообщения и кодов являются бинарными потоками данных. Значение «0» описывает неизменное состояние несущей, в то время как состояние «1» вызывает изменение фазы несущей на 180° .

3. Схема формирования сигнала GPS

Для модуляции сигнала P и C/A кодами необходимо чтобы они не интерферировали друг с другом. Этого можно достичь, если сдвинуть их несущую по фазе на 90° . Для получения сигнала C/A на несущей частоте нам нужно подать немодулированную несущую, сдвинутую по фазе на 90° . Квадратурный компонент несущей смешивается с сигналом C/A кода и в дальнейшем объединяется с P кодом модулированного синфазного компонента. После этого сигнал может быть передан антенной спутника.

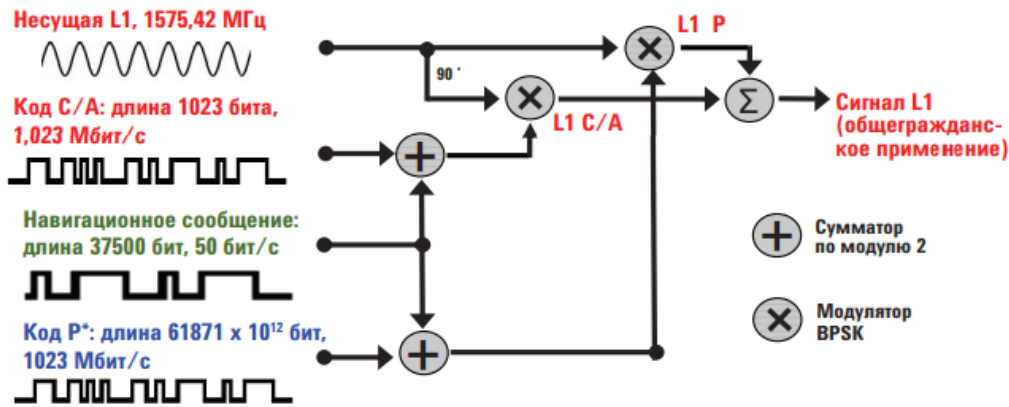


Рисунок 1 – Схема формирования сигнала GPS

4. Одномерная плотность распределения быстрых замираний

После рассмотрения особенностей формирования навигационного сигнала в системе GPS, нам необходимо выбрать несколько законов распределений быстрых замираний для дальнейшего моделирования спутникового канала связи с замираниями, вызванными многолучевым распространением. Замиранием называют падение уровня принятого сигнала, вызванные наличием множества отраженных сигналов со случайными значениями фазы и амплитуды.

В связи с тем, что препятствия присутствуют практически всегда, существует несколько законов распределений быстрых замираний: Накагами-М, Райса, Релея, а также k - μ распределение [2]. Для дальнейшего рассмотрения были выбраны 2 закона распределения наиболее подходящих под описание городской застройки.

Замирания по закону Релея характеризуют многолучевое распространение сигнала при отсутствии прямой видимости, а также доминирующих отраженных лучей. Это означает что случай распространения будет наихудшим. Одномерная плотность распределения быстрых замираний для такого случая распространения описывается законом Релея:

$$P = 2\sigma^2,$$

$$w(x) = \frac{x^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2}{P}\right).$$

Здесь σ^2 – дисперсия электрической и магнитной составляющих напряженности поля; x – случайное значение огибающей принимаемого сигнала; P – средняя мощность сигнала.

В случае, когда мощность прямого луча преобладает над мощностью отраженных используется модель Райса. Одномерная плотность распределения для этой модели описывается выражением:

$$w(x) = \frac{x^2}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{x^2 + U_0}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{xU_0}{2\sigma^2}\right).$$

Здесь I_0 – функция Бесселя нулевого порядка; U_0 – отношение мощности

неотраженного сигнала к средней мощности случайного изменения фазы и амплитуды.

5. Вывод

В ходе работы были рассмотрены особенности формирования сигнала GPS, а также выбраны 2 закона распределения быстрых замираний в условиях многолучевого распространения. Это позволит в дальнейшем смоделировать приемо-передающий тракт GPS для оценки качества принимаемого сигнала в условиях прямой видимости и наихудшего случая передачи сигнала (когда прямая видимость практически отсутствует).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.В. Конин, В.П. Харченко // Системы спутниковой радионавигации. Киев “ХОЛТЕХ”, 2010
2. Яценков В.С. Основы спутниковой навигации / Яценков В.С. М.: Горячая линия-Телеком. 2005. 271 стр.
3. Vicente Carvalho Lima Filho, Alison Moraes //Modeling multifrequency GPS multipath fading in land vehicle environments.
<https://doi.org/10.1007/s10291-020-01040-8>

FEATURES OF MODELING THE GPS RECEIVING AND TRANSMITTING PATH IN CONDITIONS OF MULTIPATH PROPAGATION

Irina Savenko, student; Andrey Nikulin, Associate Professor

¹ Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)005-48-19

Savenko I. A., e-mail irsav2010@yandex.ru

Nikulin A.V., e-mail iipetrovtest@yandex.ru

Correspondence address: Andrey Nikulin, Novosibirsk State Technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)005-48-19

Abstract: This article is devoted to the problem of signal fading due to multipath propagation. It is this problem that is the main reason for the incorrect functioning of various satellite communication systems. The analysis of various distribution laws is carried out and several are selected for the further design of the satellite communication channel with fading.

Keywords: GPS; pseudorandom sequence; binary phase manipulation; multipath propagation; fast fading; Rayleigh distribution law; Rice distribution law.

ИМИТАТОР МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ

Сумченко Дарья Васильевна, магистрант; Киселев Алексей Васильевич
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Сумченко Д. В., email dasha.s.umchenko@mail.ru.

Киселев А. В., e-mail kiselev@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Сумченко Дарья Васильевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация: рассмотрены основные элементы имитатора многолучевого канала связи: плата AD-FMCOMMS3-EBZ и процессорная платформа ZedBoard Xilinx-7000 XC7Z020-2CL4841.

Ключевые слова: программные имитаторы, многолучевой канал связи, отладочная плата.

2. Введение

При решении задачи анализа помехоустойчивости приходится сталкиваться с рядом проблем. В частности, дороговизна и сложность проведения натуральных испытаний, что осложняет проведение эксперимента, а также приводит к большим финансовым затратам. Альтернативой натурального испытания является использование имитационного моделирования, которое снимает данные проблемы.

Ниже рассмотрен возможный вариант программно-аппаратного имитатора многолучевого канала связи.

Имитатор многолучевого канала связи выполнен в виде программно-аппаратного комплекса. Он включает в себя программное обеспечение, реализуемое в системе математического моделирования MATLAB, а также аппаратные средства: отладочную плату ZedBoard Xilinx Zynq-7000 на основе XC7Z020-2CLG484I и плату AD-FMCOMMS3-EBZ на базе AD9361.

С помощью ПО задаются необходимые параметры для моделирования распространения сигнала. Данные (форма доплеровского спектра, среднеквадратический разброс задержки, форма профиля задержки мощности, количество лучей) заносятся в ПО. Оно осуществляет расчет отсчетов имитируемого сигнала, их пересылку аппаратным средствам и управление работой имитатора в целом. Платы ZedBoard Xilinx Zynq-7000 и AD-FMCOMMS3-EBZ осуществляют преобразование отсчетов в аналоговые сигналы и их перенос на рабочую частоту.

К основным элементам имитатора можно отнести:

- ПК плату ZedBoard Xilinx Zynq-7000 на основе XC7Z020-2CLG484I и плату AD-FMCOMMS3-EBZ на базе AD9361 с соответствующим программным обеспечением;

- плата ZedBoardXilinxZynq-7000 на основе XC7Z020-2CLG484I;
- плата AD-FMCOMMS3-EBZ на базе AD9361.

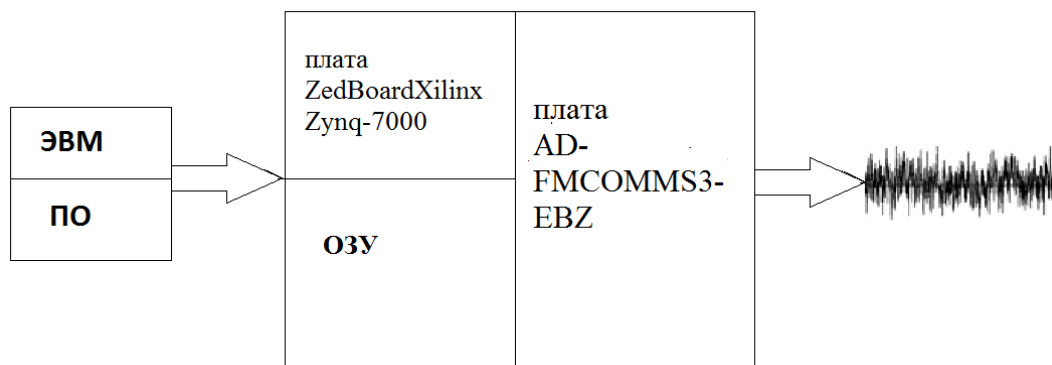


Рис.1. Программно-аппаратный имитатор многолучевого канала связи

3. Теория

В многолучевом канале связи, помимо основной трассы распространения прямой видимости между передатчиком и приёмником, возникают не прямые трассы, обусловленные отражением от окружающих объектов. Таким образом, принимаемый сигнал состоит из нескольких компонентов с разными амплитудами, фазами и направлениями прихода.

Многолучевой канал связи, как любая линейная система, описывается своей характеристикой (ИХ) $h(\tau, t)$ во временной области и передаточной функцией (частотной характеристикой) $H(f, t)$ в частотной области.

В многолучевом канале сигнал распространяется по многим путям, и n -й путь (луч) характеризуется задержкой сигнала $\tau_n(t)$ и комплексным коэффициентом передачи $\alpha_n(t)$.

Скорость изменения импульсной характеристики зависит от скорости движения подвижной станции или рассеивателей.

Импульсная характеристика канала с многолучевым распространением $h(\tau, t)$ является откликом канала на сигнал в виде дельта-импульса, поданного на вход канала в момент времени $t - \tau$. Выражение для импульсной характеристики записывается в виде [1-3]:

$$h(\tau, t) = \sum_{n=0}^{N-1} \alpha_n(t) e^{i\theta_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t)),$$

$\delta(\tau - \tau_n(t))$ - дельта функция, не равная нулю только в момент времени $\tau_n(t)$,

$\alpha_n(t)$ - коэффициент передачи канала в n -м луче,

$\theta_n(t)$ - величина фазового сдвига в n -м луче,

$\tau_n(t)$ - задержка n -го луча.

Если в канале имеется много сигналов с различными задержками, то имеет место **временное рассеяние сигнала**. Канал с такой задержкой характеризуется зависимостью $P(\tau)$ коэффициента передачи мощности от величины задержки - такая функция называется распределением мощности

задержанных сигналов в канале.

Она имеет, как правило, неплавный спадающий характер.

Если полезный сигнал проходит через многолучевой канал, то на вход приемной антенны поступает большое число переотраженных копий, сдвинутых по времени относительно друг друга вследствие различных задержек в каналах.

ЭВМ имитатора многолучевого канала реализует расчет отсчетов имитируемого сигнала, представляющего собой свертку сигнала передатчика и импульсной характеристики канала.

Плата ZedBoard Xilinx Zynq-7000 XC7Z020-2CL4841

Плата ZedBoard Xilinx Zynq-7000 позволяет работать с различными операционными системами, такими как Linux, Windows, Android [4]. Устройства Zynq-7000 нацелены на применение в составе многочисленных приложений, к которым предъявляются повышенные требования надежности и безопасности.

Основой аппаратных и программных технологий Xilinx является (SoC) Zynq-7000 All Programmable – системы-на-кристалле, благодаря чему значительно повышается производительность системы, безопасность, ускоряется процесс обработки.

Система Zynq-7000 All-Programmable System on Chip (AP SoC) содержит в себе ПЛИС и микроконтроллер ARM, которые располагаются на одном чипе.

Высокая интеграция между процессорной частью (на базе ARM) и программируемой логикой позволяет подключать практически любые периферийные устройства.

SoC Zynq подходит для решения задач, которые не требуют высокой производительности от процессорного модуля. Устройство XC7Z020-2CLG4841 включает программные ускорители, системы на базе Linux.

Технические характеристики:

Процессорное ядро Dual ARM Cortex-A9 MP Core;

Тактовая частота 800МГц;

Кэш первого уровня 32КБ команд и 32КБ данных;

Кэш второго уровня 512КБ;

Кристалл ПЛИС Artix-7 или Virtex-7;

Количество логических ячеек до 235 000;

Максимальная производительность DSP до 912 GMACS;

Встроенный аппаратный блок обработки аналоговых сигналов (AMS)

Широкополосная программно-определяемая радиоплата AD-FMCOMMS3-EBZ

AD-FMCOMMS3-EBZ является высокочастотным аналоговым модулем, разработанным для использования совместно с приёмопередатчиком AD9361 [5]. Работа в широком диапазоне частот и возможность программирования позволяют использовать данный модуль для решения множества задач, например, для исследования путём подачи разных форм сигналов, а также для радиосистем общего назначения.

Чип AD9361 имеет два приёмных и два передающих канала. Приемные

каналы могут принимать сигналы от разных источников, что позволяет использовать микросхему в системах с несколькими входами и выходами (multiple Input, multiple output – МІМО) с использованием общего синтезатора частоты.

Два канала передатчика используют общий сигнал синтезатора частоты передающего тракта. Высокочастотный сигнал поступает на выходные усилители. Каждый канал передатчика имеет по два выходных усилителя с идентичными характеристиками. Плата работает в диапазоне частот от 70 МГц до 6 ГГц.

К отличительным особенностям данной платы можно отнести следующее:

1. широкий диапазон рабочих частот от 70 МГц до 6 ГГц;
2. настраиваемая полоса пропускания канала от 200 кГц до 56 МГц;
3. синхронизация фазы и частоты в приемном и передающем каналах;
4. поддержка двух независимых приемных каналов;
5. поддержка двух независимых передающих каналов;
6. прямое преобразование частоты;
7. интегрированные синтезаторы частоты;
8. поддержка систем с МІМО;
9. референс-дизайн

4. Выводы

В целом разработан универсальный программно-аппаратный комплекс имитации многолучевого канала связи. Он может быть полезен при проведении измерений характеристик систем связи, а также моделирования условий их работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Феер Л. Беспроводная цифровая связь. Методы модуляции и расширения спектра. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 2000. 520 с.
2. Черный Ф.Б. Распространение радиоволн. М.: Сов. радио, 1962. 480 с.
3. Гоноровский И.С. Радиотехнические цепи и сигналы. Часть I. М.: Радио и связь, 1986. 440 с
4. [Электронный ресурс] // Terra : web-портал для разработчиков электроники. URL : <https://nsk.terraelectronica.ru/news/4589> (дата обращения: 23.03.21)
5. [Электронный ресурс] // Terra : web-портал для разработчиков электроники. URL : <https://nsk.terraelectronica.ru/product/1327967> (дата обращения: 23.03.21)

МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТУХАНИЯ МЕЖДУ СЕКЦИЯМИ АТТЕНЮАТОРА И ИХ СРАВНЕНИЕ

*Юзвик Денис Андреевич, магистрант; Степанов Максим Андреевич,
доктор техн. наук, профессор*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(960)790-40-20

Юзвик Д.А., e-mail zetanicestar@gmail.com

Степанов М.А., e-mail m.stepanov@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Юзвик Денис Андреевич, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел +7(960)790-40-20*

Аннотация: в данной работе рассматриваются способы распределения затухания между секциями аттенюатора. Рассмотрен вариант распределения затухания между секциями аттенюатора — разложения математической функции в ряд Тейлора, где коэффициенты ряда — это затухания соответствующих секций. Предложен и рассмотрен итерационный метод распределения затухания между секциями.

Ключевые слова: микрополосковый аттенюатор; секционный аттенюатор; микроволновые абсорберы.

1. Введение

При проектировании аттенюаторов, предназначенных для работы с высокими значениями мощности необходимо распределять затухание между секциями аттенюатора таким образом, чтобы мощность, рассеиваемая на единицу площади, не превышала предельного значения для поглощающего материала. Одним из вариантов распределения затухания между секциями аттенюатора является разложения математической функции в ряд Тейлора, где коэффициенты ряда — это затухания соответствующих секций. Таким образом можно сформулировать требования к степенному ряду: все его коэффициенты должны быть положительными.

2. Функции имеющие только положительные коэффициенты ряда Тейлора

Для распределения затухания между секциями аттенюатора необходимы функции, имеющие только положительные коэффициенты разложения в ряд Тейлора. Перечень некоторых функций, удовлетворяющих условию представлен ниже [2]:

Экспонента, дробь $f(x) = \frac{1}{1-x}$, арксинус, гиперболический синус, гиперболический косинус.

Каждая из пяти вышеперечисленных функций имеет только положительные коэффициенты ряда Тейлора.

3. Сравнение результатов

Для сравнения наилучшей сходимости необходимо проанализировать каждую из функций. Анализ проведем для большого и небольшого значений затухания синтезируемого аттенюатора: $L_{\Sigma} = 20$ дБ и $L_{\Sigma} = 3$ дБ.

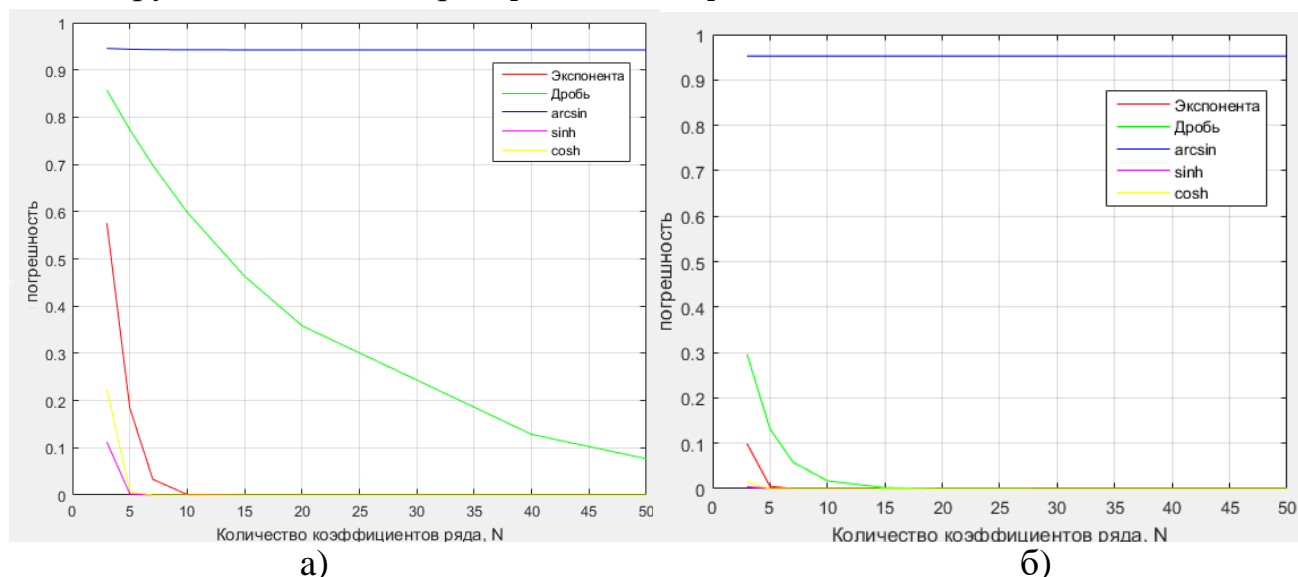


Рис. 1. Зависимость относительной погрешности от количества коэффициентов ряда а) $L_{\Sigma} = 20$ дБ; б) $L_{\Sigma} = 3$ дБ

Как видно на рисунке 1, для арксинуса относительная погрешность не зависит от количества коэффициентов ряда. Это вызвано особенностью функции, так как она применима для величин затуханий от 0 до $\pi/2$ [2].

Исходя из рассчитанных значений стало очевидно, что для небольшого значения затухания для сходимости ряда требуется меньшее количество коэффициентов этого ряда. И на малых значениях N мы имеем меньшее значение относительной погрешности.

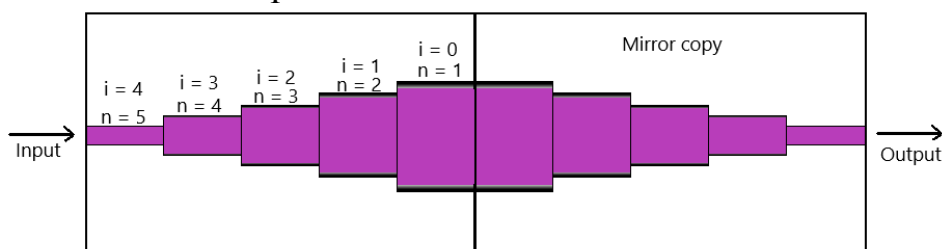


Рис. 2. Соотношение номера секции аттенюатора и порядкового номера коэффициента ряда

Нумерация секций аттенюатора показана на рисунке 2, здесь n – это порядковый номер секции для 5 секционного аттенюатора, i – это порядковый номер коэффициента в разложении функции в ряд Тейлора.

Посчитав для $N = 5$, $P_{ВХ} = 100$ Вт. Для разных значений суммарного затухания $L_{\Sigma} = 3, 6, 12, 24, 48$ дБ.

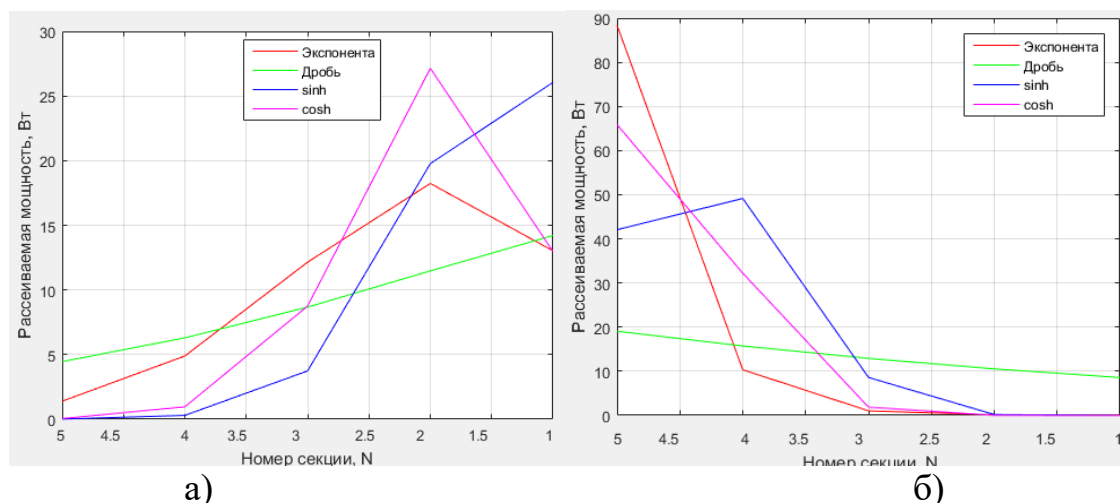


Рис. 3. График зависимости рассеиваемой мощности по секциям аттенюатора для а) $L_c = 3$ дБ; б) $L_c = 48$ дБ

На рисунке 3 показаны графики зависимости рассеиваемой мощности от секции аттенюатора. На основании полученных графиков стало понятно, что данный метод распределения затухания работает лишь для небольших величин суммарного затухания до $L_c = 12$ дБ. Для больших величин большая часть мощности рассеивается на первых секциях аттенюатора и делает данный метод бессмысленным.

4. Выбор затухания секций аттенюатора в зависимости от параметров поглощающего материала

Поглощающий материал, который наносится на проводник микрополосковой линии и обеспечивающий затухание в линии обладает параметром максимальной рассеиваемой мощности на единицу площади.

Мощность на выходе аттенюатора можно определить по следующему выражению:

$$P_{\text{ВЫХ}} = P_{\text{ВХ}} \cdot 10^{\frac{-L}{10}} \quad (1)$$

где L – это ослабление аттенюатора в дБ.

Следовательно, задавшись количеством секций можно произвести разделение затухания по секциям.

Существует условие, что мощность, рассеиваемая на единицу площади секции должна быть меньше максимальной удельной мощности, для поглощающего материала:

$$\frac{P_{\text{расс}}}{S} < P_{\text{УД max}} \quad (2)$$

Зная предельную мощность, которая должна рассеиваться на единицу площади мы можем рассчитать длину секции аттенюатора. Зная требуемую площадь и длину секции, мы можем посчитать требуемую ширину секции [1].

5. Выводы

1. Рассмотрены разложения функций, имеющих только положительные коэффициенты ряда Тейлора применительно к распределению затухания между секциями аттенюатора, для обеспечения равномерного рассеивания тепла вдоль его длины.

2. На основании полученных графиков стало понятно, что метод распределения затухания работает лишь для небольших величин суммарного затухания до $L_{\Sigma} = 12$ дБ. Для больших величин большая часть мощности рассеивается на первых секциях аттенюатора и делает данный метод бессмысленным.
3. Был предложен и рассмотрен итерационный алгоритм синтеза секционного аттенюатора.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Iuzvik D.A., Stepanov M.A., Study of Influence of Absorbing Material on Parameters of Line with Losses, 2020 1st International Conference Problems of Informatics, Electronics, and Radio Engineering (PIERE), pp. 59-63, NSTU, Novosibirsk, Russian Federation, 2020.
2. Sean Mauch. Introduction to Methods of Applied Mathematics or Advanced Mathematical Methods for Scientists and Engineers – Mauch Publishing Company, 2003.
3. Mike Golio, Janet Golio, RF and microwave circuits, measurements, and modeling, CRC Press, 2007.
4. Michael Steer, Fundamentals of Microwave and RF Design, University of North Carolina Press, 2019.
5. Rowan Gilmore, Les Besser, Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems, Artech House, 2013.
6. David M. Pozar, Microwave Engineering, Wiley, 2011.

METHODS OF ATTENUATION DISTRIBUTION BETWEEN ATTENUATOR SECTIONS AND THEIR COMPARISON

Iuzvik Denis Andreevich, Master's Degree student, e-mail
zetanicestar@gmail.com

Stepanov Maksim Andreevich, D.Sc. (Engineering), e-mail
m.stepanov@corp.nstu.ru

Novosibirsk state technical university, pr. Karla Marksa, Novosibirsk, 630073,
Russian Federation

Abstract: This paper discusses ways to distribute the attenuation between the sections of the attenuator. A variant of the distribution of the attenuation between the sections of the attenuator is considered – the expansion of the mathematical function in a Taylor series, where the coefficients of the series are the attenuation of the sections. An iterative method of attenuation distribution between sections is proposed and considered.

Keywords: Microstrip attenuator; section attenuator; microwave absorbers.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>СЕКЦИЯ: КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ</i>	6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КУЧНОСТЬ СТРЕЛЬБЫ ПАТРОНА 8,6Х69ММ Абдразаков А.К., Гуськов А.В., Милевский К.Е., Пушкарев А.А.	6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СНАРЯДОВ В ВЫСТРЕЛАХ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ Антонов Д.О., Сухарев Д.А., Семашко М.Ю.	10
ВООРУЖЕНИЕ ДЛЯ ДРОНОВ Башкирев С.Е., Татаров И.В.	15
УПРОЧНЕНИЕ МЕТАЛЛОВ ИМПУЛЬСНЫМИ НАГРУЗКАМИ Бессонов В.Е., Милевский К.Е.	20
ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГИРОСОКОПИСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ БРОНЕБОЙНОГО ПОДКАЛИБЕРНОГО СНАРЯДА, СТАБИЛИЗИРУЕМОГО ВРАЩЕНИЕМ, ОТ ВЕЛИЧИНЫ УДЛИНЕНИЯ АКТИВНОЙ ЧАСТИ Быков А.А., Знаменский Е.А.	25
ОБЗОР СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ БРОНЕПРОБИВАЕМОСТИ БРОНЕБОЙНЫХ ОПЕРЕННЫХ ПОДКАЛИБЕРНЫХ СНАРЯДОВ Гынгазов И.В., Милевский К.Е.	29
УТИЛИЗАЦИЯ КОСМИЧЕСКОГО МУСОРА ПРИ ПОМОЩИ ЭФФЕКТА ДЖАНИБЕКОВА В.А. Дьяковский М.А., Милевский К.Е.	34
О ВОЗМОЖНОСТИ УМЕНЬШЕНИЯ ИМПУЛЬСА ОТДАЧИ ПРИ СТРЕЛЬБЕ ИЗ СТВОЛЬНОГО ОРУЖИЯ Кауркин А.Е., Тюрин А.В., Филиппов П.С.	38
О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПУЛИ Кауркин А.Е., Тюрин А.В.	43
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ОГНЕМ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ Комендантов А.П., Самойлов Л. А.	47
АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕЛЕДИАГНОСТИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ	

Коротких В.В., Белокопытов С.В., Меньшов А.А.	53
ЭВОЛЮЦИЯ АРТИЛЛЕРИИ И БОЕПРИПАСОВ 19-21 ВЕК	
Крылов А.Д., Милевский К.Е.	58
ИЗГИБ ВРАЩАЮЩИХСЯ УДЛИНЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	
Литвинов В.Л., Потанина Е.Ю., Милевский К.Е., Немировский Ю.В.	62
МОЛЕКУЛЯРНЫЙ НАКОПИТЕЛЬ ДЛЯ ВООРУЖЕНИЯ И ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ	
Максимейко Ю.Г., Антоненко В.С.	66
ЛЮДИ, ПРОЛОЖИВШИЕ ПУТЬ В КОСМОС	
Мезенцев Н.В., Гуськов А.В., Милевский К.Е.	71
НАЧАЛО РАЗВИТИЯ АРТИЛЛЕРИИ: УВЕЛИЧЕНИЕ ДАЛЬНОСТИ	
Мурзаева А.Б., Милевский К.Е.	77
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ ПО ЦЕЛИ	
Окулов С.А., Хмельников Е.А., Смагин К.В., Заводова Т.Е.	82
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТМАСС В БОЕПРИПАСАХ	
Потанина Е.Ю., Мезенцев Н.В., Гуськов А.В.	86
ЭЛЕКТРОНАГРЕВАТЕЛЬНАЯ ПЕЧЬ ДЛЯ ПРОВЕРКИ БОЕПРИПАСОВ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ НА ПОЖАРОСТОЙКОСТЬ	
Прокопович Е.А., Хмельников Е.А., Заводова Т.Е.	91
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК 120 ММ СНАРЯДА УМЕНЬШЕННОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТИ К СИСТЕМЕ «НОНА - С» ПРИ ЕГО ВЕДЕНИИ ПО КАНАЛУ СТВОЛА	
Рязанов Д.А., Ильин С.С., Хмельников Е.А., Заводова Т.Е., Смагин К.В., Семашко М.Ю.	96
ЭЛЕКТРОННЫЙ КОМПЛЕКТ МОДЕРНИЗАЦИИ СТРЕЛКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ	
Соловьев С.А., Саблин К.В., Шеманаева Л.И.	102
СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА БОРЬБЫ И ЗАЩИТЫ ОТ СНЕЖНЫХ ЛАВИН. ИСКУССТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ЛАВИН	
Серая А.А., Гуськов А.В.	109
МЕТОД АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ОСКОЛОЧНОГО СНАРЯДА С ГОТОВЫМИ ПОРАЖАЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ БОРЬБЫ С МАЛОРАЗМЕРНЫМИ ОДИНОЧНЫМИ БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ	

Сирица Ф.В., Знаменский Е.А.....	114
ПОВЫШЕНИЕ БОЕВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНАРЯДОВ ТЯЖЁЛОЙ ОГНЕМЕТНОЙ СИСТЕМЫ ТОС-1А «СОЛНЦЕПЁК»	
Сухарев Д.А., Антонов Д.О., Семашко М.Ю.	118
МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ МОДЕЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ГУСЕНИЧНЫХ И КОЛЕСНЫХ МАШИН ДЛЯ ПЕЧАТИ МАКЕТОВ НА FDM- ПРИНТЕРАХ	
Тельминов Н. В., Юдинцев Д. В.	122
ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИИ ВЕДУЩЕГО ПОЯСКА НОВОГО ТИПА НА ПЕРВИЧНУЮ РЕАКЦИЮ ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ	
Хребтова М.С., Гуськов А.В., Милевский К.Е.....	126
ИСПЫТАНИЯ УДАРНИКОВ В ВИДЕ ГОТОВЫХ ПОРАЖАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ С РЕАКЦИОННЫМИ МАТЕРИАЛАМИ	
Чванов Р.С., Хмельников Е.А., Смагин К.В., Заводова Т.Е.....	130
ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ ВОЕННЫХ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН В SIMCENTER AMESIM	
Шадрин И.Д., Юдинцев Д.В.....	134
СЕКЦИЯ: ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ.....	139
БИМОЛЕКУЛЯРНЫЙ КОМПЛЕКС HNIW–NMX. СИНТЕЗ И НЕКОТОРЫЕ СВОЙСТВА	
Артёмова Е.В., Калмыков П.И., Лапина Ю.Т.	139
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ МОНОДИСПЕРСНЫХ АГЛОМЕРАТОВ АЛЮМИНИЯ В ВОЗДУХЕ	
Белоусова Н.С., Гуськов А.В., Глотов О.Г.	145
ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ БЛОК УСТАНОВКИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТОНАЦИОННЫХ СВОЙСТВ БВВ ИМПУЛЬСАМИ МАЛОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ	
Богачева О.А., Нечаев А.С.	149
СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ИНИЦИИРОВАНИЯ	
Вандакуров К.А., Кондратьев С.А., Поздняков С.А., Иванов А.С.	152
ВЫСТРЕЛЫ ДЛЯ ПОДСТВОЛЬНОГО ГРАНАТОМЕТА	
Кирюхина В.А., Власенко А.А., Милевский К.Е.	157
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПУСКА НА РАССЕЙВАНИЕ БИКАЛИБЕРНЫХ РАКЕТ НА АКТИВНОМ УЧАСТКЕ ТРАЕКТОРИИ	
Костяной Е.М., Ширяев А.А.	161

ПЛОСКАЯ ЗАДАЧА О СИММЕТРИЧНОМ МЕТАНИИ БЕСКОНЕЧНОЙ ПЛАСТИНЫ Литвинов В.Л., Потанина Е.Ю., Алексеев В.В., Милевский К.Е.....	167
СПОСОБЫ САМОЛИКВИДАЦИИ УСТРОЙСТВ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ Назаров С.С., Цыбрий А.И., Милевский К.Е.	172
СПОСОБЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ СНАРЯДОВ Нестерова А.А., Брагунцов Е.Я., Жаровцев И.И., Звегинцев В.И.	176
ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ СТРТ Ногачев А.Г., Ногачева Э.Р., Ахмедов Нурлан Адалат Оглы	182
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БЕСШУМНОЙ СТРЕЛЬБЫ И ПУТИ ИХ РАЗВИТИЯ Морозов М.А., Милевский К.Е., Жаровцев И.И.....	186
ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ НАГРУЗОК Поддьякова Л.С., Чащихин Е.А., Степанов В.И., Романов А.Г., Курбатов А.В.	191
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДАТЧИКА ТЯГИ РДТТ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ МЕХАНИЧЕСКИХ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ Хохлов Р.О., Абанин В.А., Кондрашов Д.А., Курбатов А.В.	195
МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ТИПА РЕАКЦИИ ИЗДЕЛИЙ СНАРЯЖЕННЫХ ЭНЕРГОЕМКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ Тонеев И.Р., Елманова В.В.; Журавлева Е.С.; Шангин А.С.	199
СЕКЦИЯ: РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	203
СРАВНЕНИЕ РАДИОТЕПЛОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С СИСТЕМАМИ, ОСНОВАННЫМИ НА ДРУГИХ ПРИНЦИПАХ ДЕЙСТВИЯ Глазырина Е.В, Орлова М.В.....	203
К ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДАТЧИКОВ ХОЛЛА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ Друзелевич В.А., Зырянова В.В., Гмерина А.О.	208
МЕТОД МНОГОПороговой СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ Завгородний С.С., Рысюков М.И.....	213

ИССЛЕДОВАНИЕ АНТЕНН И СВЧ-УСТРОЙСТВ НА ГАР- ВОЛНОВОДАХ Запорожан Е.В., Мельников А.Н.	217
РАЗРАБОТКА ПОРТАТИВНОЙ КОЛЬЦЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ЗОНДИРОВАНИЯ БЛИЖНЕЙ ЗОНЫ ОБЪЕКТА Иванайская Г.Е., Ющенко В.П., Шебалкова Л.В.	222
РАЗРАБОТКА КОЛЬЦЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ ДОСТАВКИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ В ТРЕБУЕМУЮ ОБЛАСТЬ ОРГАНИЗМА ПАЦИЕНТА Иванайская Г.Е., Ющенко В.П.	227
РАЗРАБОТКА ШИРОКОПОЛОСНОЙ АНТЕННЫ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДПОВЕРХНОСТНОЙ РАДИОЛОКАЦИИ Иванов Н.В., Федорова К.В., Шебалкова Л.В.	232
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТ СЛИЯНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ Исаков Н.А., Ким И.С., Борисова И.В.	236
КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ НА ЭТАПЕ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛОКАЦИИ Орлова М.В., Казанцев Д.С.	241
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА ПАТЕНТОВ НА САЙТЕ ФИПС Лех Д.Ю., Легкий В.Н., Эдвабник В.Г.	245
ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УСТРОЙСТВА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ Лех Д.Ю., Легкий В.Н., Ромодин В.Б., Шебалкова Л.В.	250
СПОСОБ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ ДАТАСЕТОВ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ Гибин И.С., Лех Д.Ю., Легкий В.Н.	255
К ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФЕРРОЗОНДОВЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МАГНИТНЫХ ОБЪЕКТОВ Макаров А.А., Лобинцев Т.А., Речкалов Д.А.	258
КОМПОЗИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ БПЛА Григорьева Д. И., Кропачева И. П., Коновалова А. Х., Моргунова В.О.	263
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ КОМПОНЕНТОВ САМОЛЕТА И ЭКИПИРОВКИ ПИЛОТА Мариниченко Н.М., Легкий В.Н.	269

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКИ В УНИТАРНЫХ ПРОСТРАНСТВАХ КОНЕЧНОЙ РАЗМЕРНОСТИ Слободяненко А.А., Ющенко В.П.	273
СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТОЛЩИНЫ МОРСКОГО ЛЬДА С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА И ПОДВОДНЫХ НОСИТЕЛЕЙ Лушпа Н.В., Ухваков Р.А., Постоев Д.К.	277
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ СХЕМ ПАССИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ БОРТОВОЙ АППАРАТУРЫ Щербаков Д.И., Русский Е.Ю.	283
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ МОБИЛЬНЫМ РОБОТОМ В УСЛОВИЯХ ФАЗОВЫХ ОГРАНИЧЕНИЙ Ющенко В.П., Ямшанов К.Л., Борисова И.В.	287
СЕКЦИЯ: РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ	292
ИЗЛУЧАЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ С НЕСТАНДАРТНЫМ ТИПОМ ВОЗБУЖДЕНИЯ ДЛЯ ДВУХДИАПАЗОННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК Алексейцев С. А.	292
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТРАЖЕНИЙ ОТ ОДИНОЧНЫХ ТОЧЕЧНЫХ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ПРИ НАЛИЧИИ АНТИПОДА Степанов М.А., Ганенко К.А.	296
СИНТЕЗ РЕЧИ ДЛЯ ГОЛОСОВОГО ИНТЕРФЕЙСА Никулин А.В., Гросс А.В.	300
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО УРОВНЯ СИСТЕМ WI-FI IEEE 802.11 Никулин А. В., Днепровская П. А.	303
МОДЕЛИРОВАНИЕ УГЛОВЫХ ШУМОВ ОТ ОБЪЕКТОВ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ЛОПАСТЯМИ НА ОСНОВЕ ДВУХТОЧЕЧНОЙ МОДЕЛИ Житник С.В., Степанов М.А.	306
ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗРЕЖЕННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА Карасев А.С., Степанов М.А.	312
УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОЧИМ СТОЛОМ ИСПОЛЬЗУЯ SSH- СЕРВЕР И RDS-СЕРВЕР Муравьев А. Е., Никулин А. В.	317
СИНТЕЗ МЕТОДА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛА И	

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ С ДАТЧИКАМИ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МОМЕНТА ХОЛОСТОГО ВЫСТРЕЛА В ИМИТАТОРЕ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ Нимаев Ц.С., Никулин А.В.....	321
ФАЗИРОВАННАЯ АНТЕННАЯ РЕШЁТКА НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ БАТЛЕРА 4X4 С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ФАЗОВРАЩАТЕЛЯМИ Паршин Ю. Н.	324
СИММЕТРИЧНЫЙ ВИБРАТОР В ПЕЧАТНОМ ИСПОЛНЕНИИ (МНОГОСЛОЙНАЯ СТРУКТУРА) НА ДВУХ ПОДЛОЖКАХ Филимонова Ю.О., Разумихин А.С., Девятков Г.Н., Лайко К.А.....	329
ОШИБКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ ИМИТАТОРОВ ЭХОСИГНАЛОВ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОБУСЛОВЛЕННЫЕ МОДУЛЯЦИЕЙ В ЭХОСИГНАЛЕ Киселев А.В., Сабитов Т.И.....	333
ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ТРАКТА GPS В УСЛОВИЯХ МНОГОЛУЧЕВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ Савенко И. А., Никулин А. В.	338
ИМИТАТОР МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ Сумченко Д. В., Киселев А. В.	342
МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАТУХАНИЯ МЕЖДУ СЕКЦИЯМИ АТТЕНЮАТОРА И ИХ СРАВНЕНИЕ Юзвик Д.А., Степанов М.А.	346

Алфавитный указатель

А

- Абанин В.А.196
Абдразаков А.К.....6
Алексеев В.В.....168
Алексейцев С. А.293
Антоненко В.С.....66
Антонов Д.О.....10, 119
Артёмова Е.В.140
Ахмедов Н.А.183

Б

- Башкирев С.Е.15
Белокопытов С.В.53
Белоусова Н. С.146
Бессонов В. Е.20
Богачева О.А.150, 152
Борисова И.В.....214, 217, 237, 288
Брагуницев Е.Я.177
Быков А.А.....25

В

- Вандакуров К.А.153
Власенко А.А.158

Г

- Ганенко К.А.297
Гибин И.С.....256
Глазырина Е.В.....204
Глотов О. Г.....146, 148, 149
Гмерина А. О.....209
Григорьева Д. И.264
Гросс А.В.....301
Гуськов А.В.6, 71, 86, 110, 127,
146
Гынгазов И.В.....29

Д

- Девятков Г.Н.330
Днепровская П. А.304
Друзелевич В. А.....209
Дьяковский М.А.34

Е

- Елманова В.В.....200

Ж

- Жаровцев И.И.....177, 187, 191
Житник С.В.....307
Журавлева Е.С.....200

З

- Завгородний С.С.....214
Заводова Т.Е.82, 91, 96, 131
Запорожан Е.В.....218
Звегинцев В.И.....177
Знаменский Е.А.25, 115
Зырянова В. В.209

И

- Иванайская Г.Е.223, 228
Иванов Н.В.....233
Ильин С. С.96
Исаков Н.А.....237

К

- Казанцев Д.С.....242
Калмыков П.И.140
Карасев А.С.313
Кауркин А.Е.....38, 43
Ким И.С.....237
Кирюхина В.А.158
Киселев А. В.334, 343
Комендантов А.П.47
Кондратьев С.А.153
Кондрашов Д.А.196
Коновалова А. Х.....264
Коротких В.В.....53, 57
Костяной Е. М.162
Кропачева И. П.....264
Крылов А.Д.....58
Курбатов А.В.192, 196

Л	
Лайко К.А.	330
Лапина Ю.Т.	140
Легкий В.Н.	246, 251, 256, 270
Лех Д.Ю.	246, 251, 256
Литвинов В.Л.	62, 168
Лобинцев Т.А.	259
Лушпа Н.В.	278
М	
Макаров А.А.	259
Максимейко Ю.Г.	66
Мариниченко Н.М.	270
Мезенцев Н.В.	71, 86
Мельников А.Н.	218
Меньшов А.А.	53
Милевский К.Е.	6, 20, 29, 34, 58, 62, 71, 74, 76, 77, 127, 158, 168, 173, 187, 191
Моргунова В. О.	264
Морозов М.А.	187
Муравьев А. Е.	318
Мурзаева А.Б.	77
Н	
Назаров С.С.	173
Немировский Ю. В.	62
Нестерова А.А.	177
Нечаев А.С.	150, 153
Никулин А. В.	301, 304, 318, 322 339
Нимаев Ц.С.	322
Ногачев А.Г.	183
Ногачева Э.Р.	183
О	
Окулов С.А.	82
Орлова М.В.	204, 242, 245
П	
Паршин Ю. Н.	325
Поддьякова Л.С.	192
Поздняков С.А.	153
Постоев Д.К.	278
Потанина Е.Ю.	62, 86, 168
Прокопович Е.А.	91
Пушкарев А.А.	6
Р	
Разумихин А.С.	330, 333
Речкалов Д.А.	259
Романов А.Г.	192
Ромодин В.Б.	251
Русский Е.Ю.	284
Рысюков М.И.	214
Рязанов Д.А.	96
С	
Сабитов Т.И.	334
Саблин К.В.	102
Савенко И. А.	339
Самойлов Л.А.	47
Семашко М.Ю.	10, 96, 119
Серая А.А.	110
Сирица Ф.В.	115
Слободяненко А.А.	274
Смагин К.В.	82, 96, 131
Соловьев С.А.	102
Степанов В.И.	192
Степанов М.А.	297, 311, 313, 338, 347
Сумченко Д. В.	343
Сухарев Д.А.	10, 119
Т	
Татаров И.В.	15
Тельминов Н. В.	123
Тонеев И.Р.	200
Тюрин А.В.	38, 43
У	
Ухваков Р.А.	278
Ф	
Федорова К.В.	233
Филимонова Ю.О.	330
Филиппов П.С.	38

Х	
Хмельников Е.А.....	82, 91, 96, 131
Хохлов Р.О.	196
Хребтова М.С.....	127
Ц	
Цыбрий А.И.	173
Ч	
Чащихин Е.А.....	192
Чванов Р.С.....	131
Ш	
Шадрин И.Д.	135, 138
Шангин А.С.....	200
Шебалкова Л.В.	218, 223, 233, 251
Шеманаева Л.И.....	102
Ширяев А. А.	162
Щ	
Щербаков Д.И.....	284
Э	
Эдвабник В.Г.....	231, 246
Ю	
Юдинцев Д. В.....	123, 135
Юзвик Д.А.	347
Ющенко В.П.....	223, 228, 231, 274, 288
Я	
Ямшанов К.Л.	288

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

Труды XXII ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 60-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ПЕРВОГО ПОЛЁТА
ЧЕЛОВЕКА В КОСМОС

г. Новосибирск, 21-23 апреля 2021 г.

Том II

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка

В.А. Кирюхина

Н.В. Мезенцев

А.А. Нестерова

Е.Ю. Потанина

Подписано в печать 25.06.2021 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 30 экз. Уч.-изд.л.20,925. Печ.л.22,5. Заказ № 131

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса,20
Тел: (383)-346-31-87