

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
XXI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
ПОСВЯЩЕННОЙ 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ
В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ**

г. Новосибирск, 7-9 октября 2020 г.

Том II

СЕКЦИИ:

КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

РАДИОЛОКАЦИЯ. РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

*РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ
АППАРАТАМИ*

Новосибирск
2020

УДК 62+623](063)

ББК 72я431

Н 34

Великая Отечественная война закончилась 75 лет назад. Эта война изменила ход мировой истории, судьбы людей и карту мира. Наш народ противостоял мощному натиску высокоорганизованного и хорошо вооружённого противника — нацистской Германии и её союзников. Мы выстояли и победили.

Н 34 Наука Промышленность Оборона: труды XXI Всероссийской научно-технической конференции: в 4 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020.

ISBN 978-5-7782-4259-3

Том 2: - 272 с.

ISBN 978-5-7782-4261-6

Редакторы тома:

Гуськов А.В., д.т.н., доцент (конструкция и действие средств поражения и боеприпасов)

Легкий В.Н., д.т.н., доцент (ракетно-космическая техника, системы управления летательными аппаратами)

Балаганский И.А., д.т.н., профессор (высокоэнергетические конденсированные системы)

Киселёв А.В., д.т.н., профессор (радиолокация, радиоэлектронные комплексы и системы)

Представлены труды XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов «Наука Промышленность Оборона – 2020». Материалы представлены по следующим секциям:

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

УДК 62+623](063)

ISBN 978-5-7782-4261-6 (Том 2)

ISBN 978-5-7782-4259-3

© Коллектив авторов, 2020

© Новосибирский государственный
технический университет, 2020

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 ФГУП «СибНИА им. С. А. Чаплыгина»;

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»;

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;

Расторгуев Г.И., д.т.н., профессор, кафедра «Прочности летательных аппаратов» (ПЛА);

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

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

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

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

СЕКЦИЯ: КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ

УДК 623.565.3

ПАТЕНТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ БРОНЕБОЙНОГО УДАРНИКА НА ПОБИТИЕ БРОНИ

Адриашкина Т. Р. студент; Милевский К. Е., к.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, корпус 2а, тел. 346-25-65

Адриашкина Татьяна Расуловна, email tadriashkina@gmail.com

Милевский Константин Евгеньевич, e-mail milevskij@corp.nstu.ru

Аннотация

В данной работе проведен патентно-информативный обзор влияния формы ударника бронебойно-оперенного подкалиберного снаряда (БОПС) на пробитие преграды. Разработка новых форм ударника является одним из ключевых факторов влияющих на совершенствование классических артиллерийских боеприпасов. Представленный ниже обзор патентно-информационных материалов, выполнен по открытым источникам [1] и направлен на определение подходов в совершенствовании форм бронебойного ударника на корпусах бронебойно-оперенных подкалиберных снарядов. Совершенствование и разработка новых конструктивных предложений в данном виде снарядов, является достаточно перспективным направлением, особенно при применении сердечника из твердого сплава, либо при изменении геометрии головной части ударника БОПС.

Ключевые слова: Бронебойно-оперенный подкалиберный снаряд, ударник, броня, калибр, бронепробиваемость.

1. Введение

В работе рассматриваются способы повышения пробития гомогенной брони танка снарядом типа бронебойно оперенный подкалиберный снаряд (БОПС). Усиление противоснарядной защиты современных танков, которая состоит из разнесенной комбинированной брони с применением элементов динамической защиты, многослойных сетчатых и ячеистых структур, требует повышения эффективности бронепробиваемости действующих бронебойно-оперенных подкалиберных снарядов по данной цели.

2. Способы повышения пробития гомогенной брони

К способам повышения пробития гомогенной брони бронебойно-оперенным подкалиберным снарядом может осуществляться увеличением скорости подхода к цели, за счет увеличения массы ударника боеприпаса, увеличением начальной скорости боеприпаса. Повысить начальную скорость можно посредством повышения мощности метательного состава или увеличения его

количества. Также подходом повышения пробития брони танка может послужить изменение геометрической формы головной части бронебойного наконечника. Выполнение бронебойного наконечника в виде звездообразного ударника для БОПС, имеет преимущество так как при соударении наконечник будет образовывать большее входное отверстие, атак как чем больше входное отверстие, тем больше глубина проникновения [1].

3. Анализ предложенных геометрических форм бронебойного наконечника

Проанализируем полезную модель к патенту «Бронебойный оперенный подкалиберный снаряд». [2] Предлагаемый снаряд обладает увеличенной глубиной пробития гомогенной брони и уменьшенной вероятностью рикошета. В данной работе, техническим результатом является увеличение пробития гомогенной брони БОПС за счет бронебойного наконечника, выполненного в виде усеченного конуса с пазами по образующей поверхности полукруглой формы (рис.1).

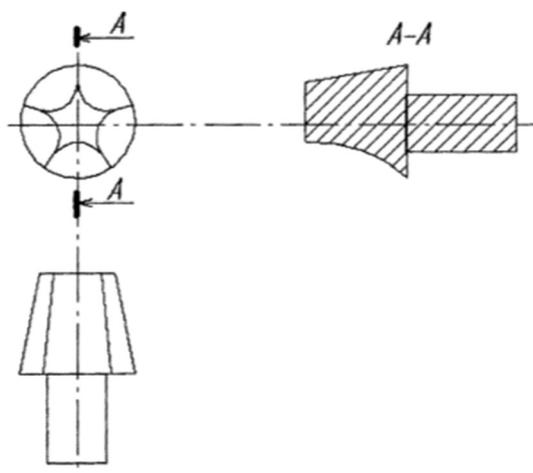


Рис. 1. Местный вид бронебойного наконечника в разрезе

Увеличение пробития происходит из-за того, что площадь поперечного сечения головной части звездообразного ударника меньше по сравнению со штатным бронебойным наконечником. Также деформация материала брони для звездообразного ударника распределена радиально и тангенциально, поэтому затрачиваемая энергия на пробитие меньше. Грани пазов, расположенных на наконечнике, способствуют возникновению процесса резанья и уменьшению вероятности рекошетирования.

В работе [3] рассмотрено влияние геометрических параметров звездообразного ударника для опасных космических объектов. Выяснено, что количество ребер на ударнике практически не влияют на пробитие. Устойчивость движения тел как звездообразных, так и цилиндрических может быть повышена выполнением притупления на головной части или смещения центра масс к ее вершине. На рис. 2а и 2б приведены графики проникающих способностей звездообразного ударника с притупленной носовой частью и с удлиненной носовой частью звездообразного ударника.

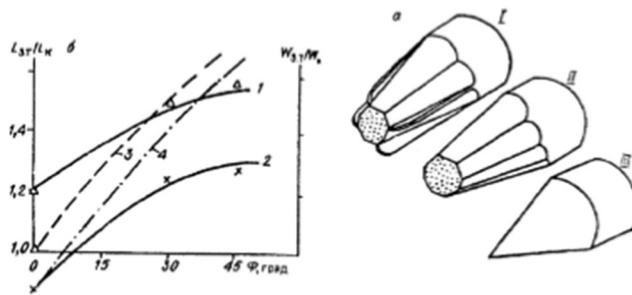


Рис. 2а

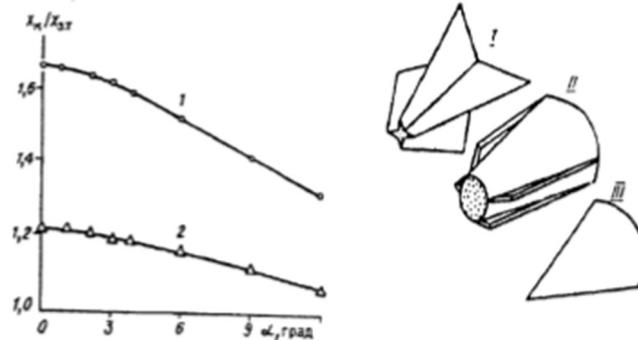


Рис. 2б

Рис.2. Графики проникающих способностей звездообразного ударника с:
а - притупленной носовой частью, б - с удлиненной носовой частью

Размещения центра масс на расстоянии 0,2-0,3 длины ударника позволяет получить прямолинейные траектории даже при подходе к преграде под углом. Глубина проникновения звездообразного ударника при этом значительно превышает глубину проникновения цилиндрического ударника.

На основании проведенного эксперимента в работе [4], были сделаны выводы, что звездообразный ударник способствует пробитию брони при скоростях до 1000 м/с. Отсюда также было предположено, что звездообразный ударник увеличит пробитие гомогенной брони при скоростях 1500-1700 м/с, по сравнению с телами вращения. На основе анализа результатов определено, что для наконечника в виде шестигранной формы выделяемая энергия преобразования массы воронки в газ больше на 53%, чем по сравнению с эквивалентным телом вращения.

Известны способы повышения эффективности пробития брони, в которых внутри баллистического обтекателя перед боевой частью кинетического действия с конической передней частью, расположен броневой наконечник, выполненный в виде трубок, соединенных между собой ослабленными перемычками [5].

4. Выводы

В ходе данного патентно-информативного обзора были выявлены основные способы увеличения пробития гомогенной брони, преимущественно относительно изменения вариаций форм броневой наконечника в корпусах БОПС. Способы совершенствования конструкции такие как: увеличение поперечной нагрузки активной части снаряда; выполнением притупления на головной части или смещения центра масс к ее вершине; выполнение

бронебойного наконечника в виде звездообразного ударника или другой формообразующей формы, увеличивающей пробитие. На сегодняшний день этот способ является наиболее эффективными, так как данные конструктивные приемы обеспечивают увеличение броне пробиваемости, прочность и ударостойкость при взаимодействии с броней. Что является наиболее перспективным способом увеличения характеристик и глубины пробития снаряда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зукас Дж. А., Николас Т., Свифт Х.Ф., Грещук Л.Б., Курран Д.Р. Динамика удара: пер. с англ. М.: Мир, 1985. 296 с
2. Патент 167767 Россия, МПК F42В 14/06. Оpubл. 17.02.2017 (Авторы Гуськов А. В., Милевский К. Е., Долматов А. С., Кузнецов Е. А.)
3. Алексеев А.С., Величко И.И., Волков В.А., Ведерников Ю.А. Ракетная концепция противометеоритной защиты земли // Государственный ракетный центр “КБ им. Академика В.П. Макеева”, г. Миасс, 8-10 с.
4. Патент 186149 Россия, МПК F42В 12/10. Оpubл. 11.01.2019 (Авторы Гуськов А. В, Милевский К. Е, Халеменчук В. П.)
5. Патент 2351885 Россия, МПК F42В 12/08. Оpubл. 10.04.2009 (Авторы Шипунов А.Г., Кузнецов В.М., Жуков В.П., Алексеев А.Н., Козлов Д.В.)

PATENT INFORMATION REVIEW OF THE INFLUENCE OF THE SHAPE OF THE ARMOR-PIERCING CORE ON THE PENETRATION OF THE ARMOR

Adriashkina T. R. student; Milevsky K.E., Ph.D., associate professor

Adriashkina Tatiana Rasulovna, student, tadriashkina@gmail.com, Russia, Novosibirsk, Novosibirsk State Technial University.

Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, 20 Karl Marx Ave., building 2A, tel. 346-25-65

Abstract

In this article, provides a patent-informative review of the impact of the shape of the core of an armor-piercing feathered sub-caliber projectile on the penetration of obstacles. The development of new forms of the drummer is one of the key factors influencing the improvement of classic artillery ammunition. The review of patent information materials presented below is based on open sources and is aimed at determining approaches to improving the forms of an armor-piercing core on the bodies of armor-piercing feathered sub-caliber projectiles. Improvement and development of new design proposals in this type of projectiles is a rather promising direction, especially when using a hard alloy core, or when changing the geometry of the head part of the armor-piercing feathered sub-caliber projectile core.

Keywords

Armor-piercing feathered sub-caliber projectile, core, armor, caliber, penetration.

ТЕХНОЛОГИЯ ДЕТОНАЦИОННОГО НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КУМУЛЯТИВНЫХ ОБЛИЦОВОК ЗАРЯДОВ ДЛЯ ПЕРФОРИРОВАНИЯ СКВАЖИН

*Ахмедов Таджиб Хейрудинович, аспирант;
Потапов Никита Владимирович, студент; Шангин Алексей Сергеевич,
студент; Орлов Михаил Александрович, студент;
Рогожин Павел Викторович, к.т.н.*

Самарский государственный технический университет,
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Ахмедов Т.Х., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Потапов Н.В., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Шангин А.С., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Орлов М.А., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Рогожин П.В., email p.rogojin@inbox.ru

Адрес для корреспонденции: кафедра «Технология твердых химических веществ», Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 (Главный корпус)

Аннотация: Предложен способ нанесения детонационного покрытия на облицовку для кумулятивного заряда. Представлены теоретические и экспериментальные результаты оценки пробивной способности перфораторных зарядов с многослойными облицовками.

Ключевые слова: кумуляция, эффективность, пробитие, ВВ.

В работе [1] подробно описан способ изготовления металлической облицовки кумулятивной выемки, которая является одним из важнейших элементов, определяющих пробивную способность заряда при вторичном вскрытии нефтяной скважины.

Предложен способ изготовления облицовок для кумулятивных зарядов с применением специально разработанной методики детонационного нанесения покрытий.

Способ заключается в нанесении покрытия из порошкового материала (ПМ) на облицовку путем его расплавления и ускорения в стволе детонационной установки.

С помощью электронно-оптической стробируемой цифровой камеры зафиксированы скорости газопорошкового потока в различных его частях.

Эксперименты проводились при различных коэффициентах заполнения ствола детонационной установки газовой смесью: 50, 60, 70, 80, 90 %. В эксперименте использовался порошок 88 WC/Co 12, детонирующее газовое топливо – эквимолярная смесь ацетилена и кислорода. Фотосъемка проводилась через определенное время от момента инициирования ($T = 299$ мкс) с одинаковым

для всех экспериментов временем экспозиции ($t_{\text{э}} = 20 \text{ мкс}$) (рис.1).

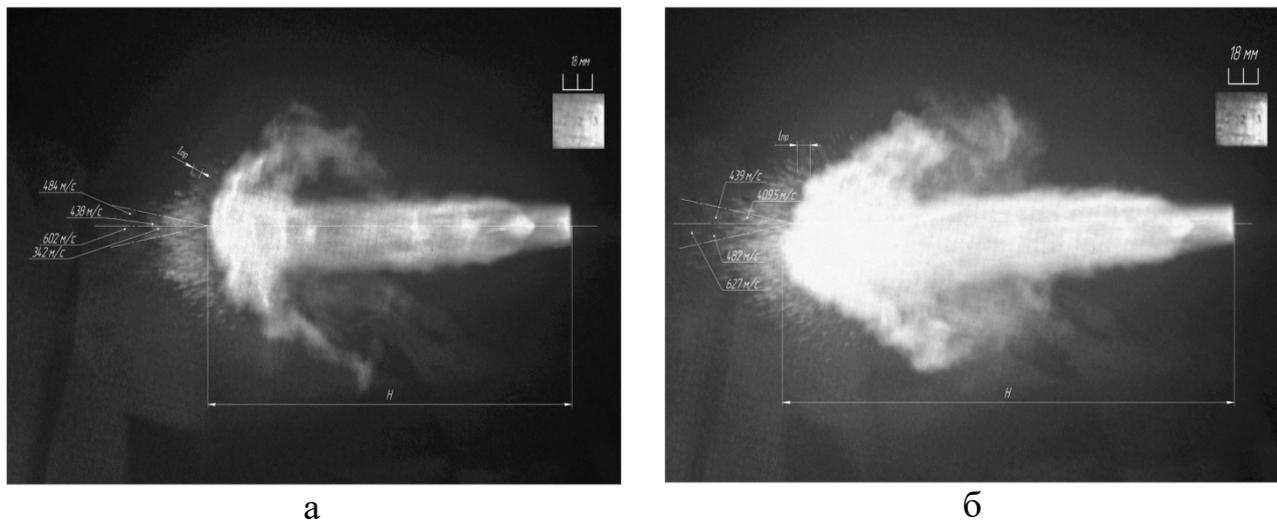


Рисунок 1 - Процесс детонационного напыления при различных коэффициентах заполнения ствола газовой смесью: а - 50% , б - 60%

Построена зависимость массы газовой детонирующей смеси от скорости частиц вольфрамового порошка (рис. 2).

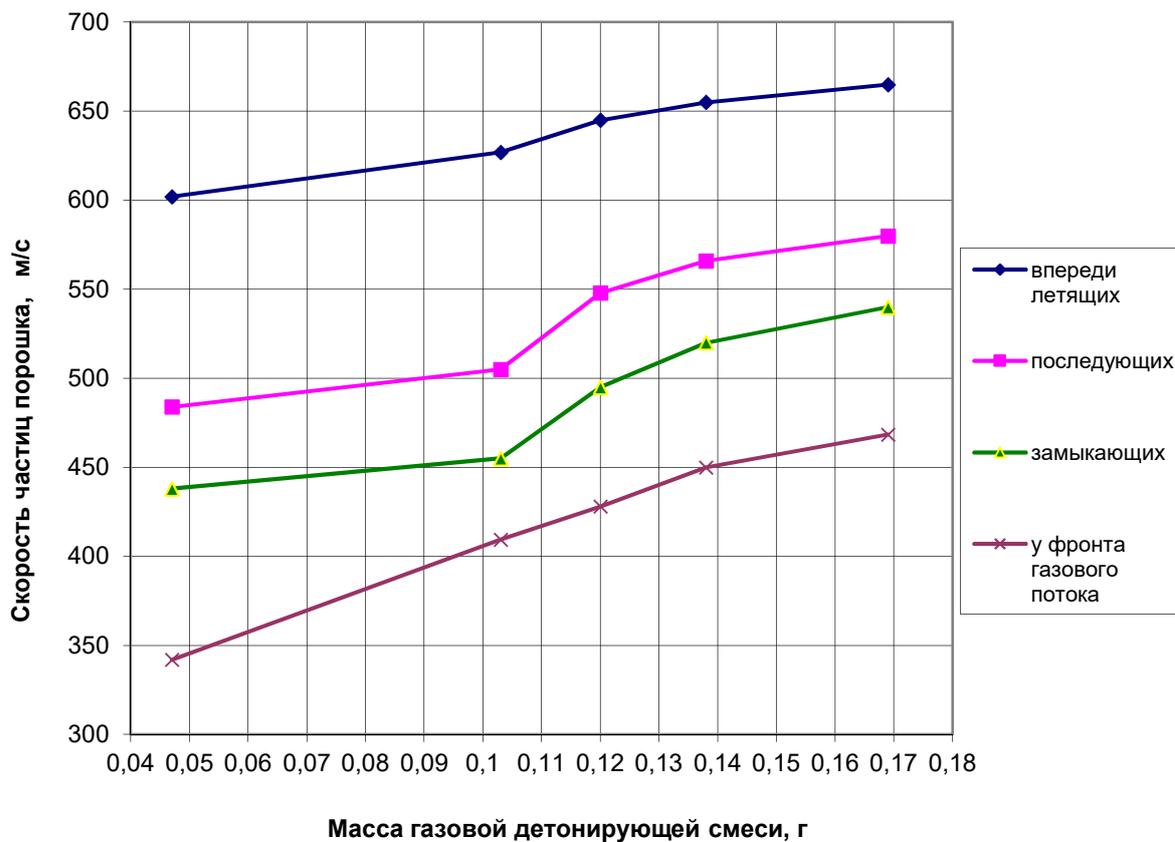


Рисунок 2 - Зависимость скорости истечения частиц порошка от массы детонирующей смеси

Установлено, что при увеличении массы детонирующей газовой смеси

происходит возрастание скорости частиц напыляемого порошка. Во всем диапазоне изменения массы смеси скорость частиц превышает скорость звука в воздухе.

На основе результатов по определению адгезии облицовки из карбида вольфрама к медной подложке (рис.3) был сделан вывод о том, что при коэффициентах заполнения ствола детонационной установки от 60 % (соответствует массе газовой смеси в 0,12 г.) наблюдается требуемый показатель прочности покрытия. Определённая скорость частиц порошка при данном коэффициенте была принята за номинальную для процесса изготовления внутреннего слоя облицовки из карбида вольфрама.



Рисунок 3 – Зависимость массы газовой смеси от прочности сцепления покрытия

В компьютерном комплексе Ansys AUTODYN смоделирован процесс формирования кумулятивной струи и пробития ею стальной преграды с применением двухслойных кумулятивных облицовок медь – карбид вольфрама (рис. 4).

Расчетные значения показали увеличение по диаметру и глубине покрытия от 5 до 25% в зависимости от толщины второго слоя из ВК.

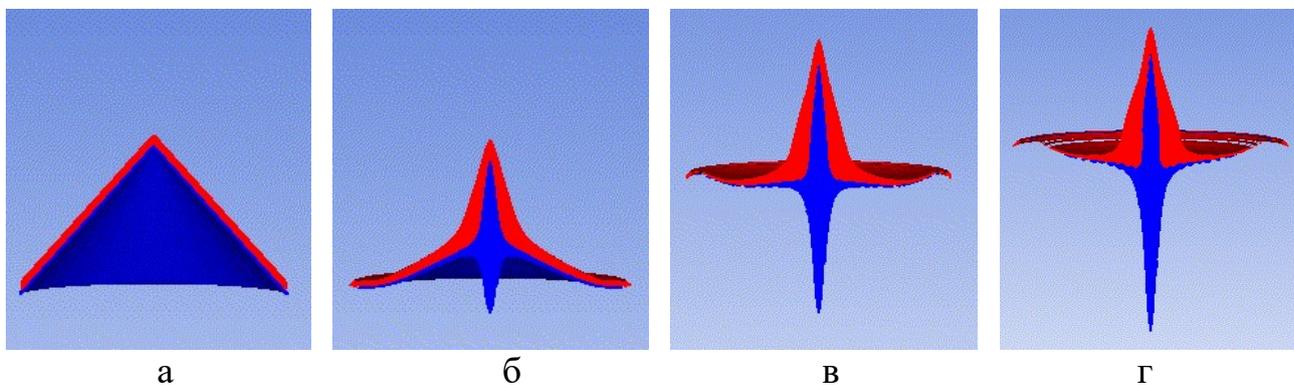


Рисунок 4 – Формирование кумулятивной струи из многослойной кумулятивной облицовки Cu-WC в разные моменты времени:
а – 0 мкс; б – 10 мкс; в – 15 мкс; г – 19 мкс

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Рогожин П.В. Методы и способы повышения отдачи углеводородных пластов. Монография. Lambert Academic Publishing. ISSN: 978-620-2-67134-7. 2020, 126 С.

TECHNOLOGY OF DETONATION APPLICATION OF MULTI-LAYER CUMULATIVE CHARGES FOR PERFORATING WELLS

**Akhmedov Tadjib Kheyrudinovich, postgraduate student;
Potapov Nikita Vladimirovich, student; Shangin Alexey Sergeevich, student;
Orlov Mikhail Alexandrovich, student; Rogozhin Pavel Viktorovich, Ph.D.**

Akhmedov T., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Potapov N.V., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Shangin A.S., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Orlov M.A., email axmedoff.tadjib@yandex.ru

Rogozhin P., email p.rogojin@inbox.ru

Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya str., Samara, Russia,
443100

Abstract: A method of applying a detonation coating on a facing for a shaped charge is proposed. The theoretical and experimental results of the evaluation of the penetration capacity of perforated charges with multilayer linings are presented.

Keywords: cumulation, efficiency, penetration, explosives.

УДК 623.094

Артиллерийский снаряд доставки разведывательного аппарата

*Балыкин Евгений Александрович, 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

Балыкин Е. А., e-mail patricks.compl@gmail.com

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

Адрес для корреспонденции: *Балыкин Евгений Александрович*, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация

В данной работе описана концепция разведывательного боеприпаса и его использования, сформулированы и заданы требования к моделируемому беспилотному летательному аппарату (БПЛА), а также оценена тактическая

эффективность применения изделия.

Необходимость появления данного снаряда обусловлена развивающимися во всем мире технологиями средств противовоздушной обороны (ПВО), которые способны эффективно противодействовать летательным средствам разведки.

Предложена новая концепция доставки средств разведки, которая позволит преодолеть современные средства ПВО, а также избавиться от необходимости ведения разведки наземными группами, что позволит повысить эффективность вооруженных сил.

Концепция применима для самоходных артиллерийских установок (САУ) с орудием калибра 152 мм.

Ключевые слова: разведка; дрон; наводка артиллерии; барражирующий боеприпас.

1. Введение

В современном мире технология создания БПЛА становится всё более доступной и дешёвой, что породило разработку комплексов защиты, направленных на противодействие беспилотным летательным аппаратам.

Такие комплексы защиты способны эффективно противодействовать мелким летательным аппаратам и дронам, что значительно затрудняет ведение разведки. В свою очередь, традиционные способы разведки пехотой занимают непозволительно много времени, а также ведут к риску потери разведывательных групп. А стрельба из пушек наугад - к раскрытию дислокации артиллерийских установок и большим экономическим потерям.

Таким образом, я хочу предложить концепцию артиллерийского снаряда с находящимся внутри разведывательным дроном, и оценить возможность реализации этой идеи.

В данной работе описана концепция разведывательного боеприпаса и его использования, сформулированы и заданы требования к моделируемому БПЛА, а также оценена тактическая эффективность применения изделия.

2. Теория.

Концепция разведывательного боеприпаса.

В стандартный артиллерийский фугасный или осветительный снаряд калибра 152 мм (вместо ВВ) закладывается дополнительный корпус, в котором находится разведывательный беспилотный летательный аппарат (Рисунок 1). При выстреле артиллерийской установкой в район предполагаемой дислокации противника, находясь в воздухе, снаряд отстреливает донную часть. Вышибной заряд выталкивает БПЛА из корпуса снаряда, после чего БПЛА разворачивается и начинает ведение разведки. Аппарат подключен беспроводной связью к системе управления, находящейся в артиллерийской установке. При обнаружении оператором техники и/или укреплений противника, БПЛА передаёт её координаты оператору. Артиллерийская установка наводится на цель и поражает её одним выстрелом (Рисунок 2).

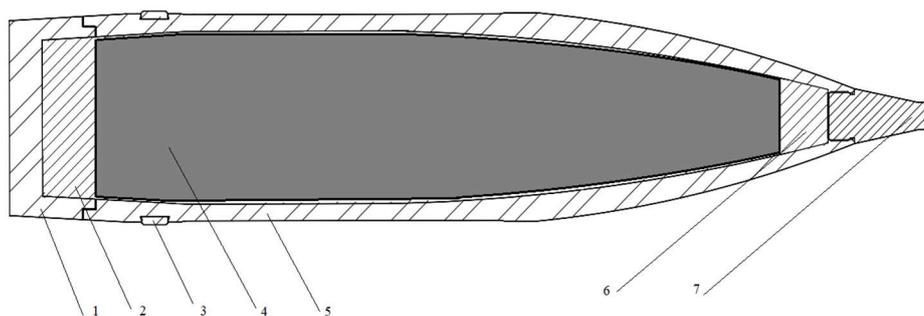


Рисунок 1. Схема разведывательного снаряда. 1 – Донная часть; 2 – Вышибной заряд 1; 3 – Ведущий поясик; 4 – БПЛА в корпусе; 5 – Корпус снаряда; 6 – Вышибной заряд 2; 7 – Взрыватель.

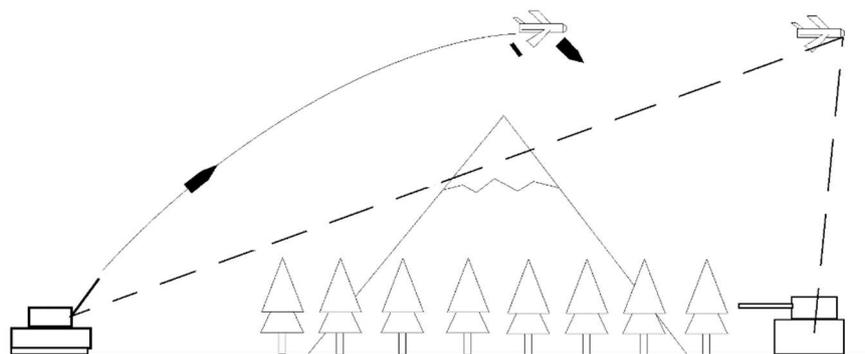


Рисунок 2. Применение разведывательного снаряда.

3. Результаты и обсуждение

Исходя из проведённого анализа можно сказать, что применение разведывательного снаряда в видимой мной концепции обеспечивает высокую тактическую эффективность, и превращает САУ в эффективную автономную тактическую единицу

4. Выводы

Трудно сказать, реально ли на сегодняшний день ввести в производство исследованную концепцию. Для создания такого изделия необходимо, в первую очередь, сотрудничество с производителями военной микроэлектроники. Необходимо провести исследование, возможно ли в данное время создать БПЛА с такими характеристиками. А если возможно, то сколько будет стоить один такой снаряд?

Сейчас сложно ответить на эти вопросы. Но данная концепция может быть вполне эффективной, ведь если изделие будет экономически целесообразно, то оно позволит если не совершить революцию в мире артиллерии, то, как минимум, повысить эффективность самоходных артиллерийских установок на порядок.

А использование таких разведывательных снарядов в тандеме с высокоточными снарядами лазерного наведения выведет тактику ведения боя на новый уровень, так как высокоточные снаряды смогут наводиться на наземные цели без задействования в дополнительных людский ресурсов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А.В. Бабкин, С752 В.А. Велданов, Е.Ф. Грязнов и др.; Под. общ. ред. В.В. Селиванова. – Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008 – 984с.
2. Пояснительная записка к курсовой работе «Бетонобойный снаряд 152 мм» / Е.А. Балыкин, руков. Е.Я. Брагунцов
3. Военное обозрение: Обзор артиллерии. Часть 8. Системы разведки, наблюдения и целеуказания. А. Алексеев
4. Армейский вестник: Беспилотник для «Смерча» завершает испытания / К. Рябов

RECONNAISSANCE ARTILLERY SHELL.

Balykin Evgeny Alexandrovich, student; Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate professor

Evgeny Balykin, student; patrick.compl@gmail.com

Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (913)005-48-19

Correspondence address: Evgeny Balykin, Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913)005-48-19

Annotation.

This paper describes the concept of a reconnaissance munition and its use, formulates and sets requirements for a unmanned aerial vehicle (UAV), and evaluates the tactical effectiveness of the product.

The need for the appearance of this projectile is due to the developing worldwide technologies of air defense, which are able to effectively counteract aerial reconnaissance.

A new concept of intelligence assets delivery is proposed that will overcome modern air defense systems, as well as eliminate the need for ground-based reconnaissance, which will increase the effectiveness of the armed forces.

The concept is applicable for self-propelled artillery units with a 152 mm gun.

Keyword: intelligence assets; drone; the fire of artillery; loitering munition

СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА

*Горбачева Надежда Валерьевна, аспирант; Гуськов Анатолий Васильевич,
д.т.н., профессор*

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

Горбачева Н.В., email: nv_gorbacheva19@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

Сталь Гадфильда — сталь с высоким сопротивлением к износу (истиранию) при больших давлениях или ударных нагрузках, так же для неё характерна высокая пластичность. Значимость ее очень важна, она стала незаменимой в военной промышленности и танкостроении. Существует множество способов повышения механических характеристик сталей, к одним они применимы, к другим нет. В статье рассматривается пластическая деформация и ударно-волновое нагружение стали.

Ключевые слова: Сталь Гадфильда, линии скольжения, плоская деформация, ударно-волновое нагружение.

Когда металл подвергается механическому воздействию, в нем образуются микроскопические дефекты — дислокации, если такое воздействие продолжается, эти дефекты начинают смещаться и взаимодействовать. Они образуют новую структуру материала, которая сопротивляется дальнейшему пластическому изменению формы. Эта структура увеличивает способность металла сопротивляться прилагаемым усилиям, повышает предел текучести материала и снижает его вязкость. Это очень важно для тех металлов и сплавов, которые не упрочняются при термообработке.

При холодной пластической деформации марганцовистой стали, которая осуществляется скольжением по плоскостям октаэдра, вследствие недостаточной структурной устойчивости стали по плоскостям сдвигов может появиться α – фаза. Возникшая α – фаза может представлять собой мартенсит, так как процесс ее появления имеет признаки мартенситного превращения, происходящего с большой скоростью, которая увеличивается с понижением температуры деформации. При определенных степенях деформации марганцовистого аустенита α – фазу в структуре наблюдали О.В. Богородский и Я.С. Уманский. Ими отмечено, что статическое сжатие образцов, выполняемое со скоростью 3мм/мин, приводит к появлению магнитности образцов. При 70% сжатии на рентгенограммах появляются слабые размытые линии α – фазы. При сжатии свыше 80% линии α – фазы вновь исчезают. Но, несмотря на наличие α

– фазы, авторы считают, что определяющим факторами упрочнения марганцовистой стали при холодной деформации являются измельчение блоков структуры и блокирование плоскостей скольжения карбидами. Следовательно, сложилось два основных направления в оценке упрочнения марганцовистой стали. Определяющими факторами одно направление считает сдвиговый процесс, другое фазовое превращение [1].

При достижении предела текучести на полированной поверхности деформированного кристалла возникают следы скольжения, которые являются линиями пересечения плоскости скольжения с наружной поверхностью кристалла. В ряде случаев линии скольжения выявляют травлением. Известно, что след скольжения – это ступенька с определенным сдвигом, величину которого можно установить с помощью интерференционного микроскопа. След скольжения имеет сложное строение: он состоит из пачек линий скольжения, отстоящих друг от друга на расстоянии 20-25 нм. Каждая такая линия – это след элементарной ступеньки на плоскости скольжения [3].

Однократная накатка поверхности образца или детали из марганцовистой стали шариком диаметра 17 мм при давлении 300 кГ дает возможность повысить твердость на поверхности до HV 493-517. Высокая твердость металла наблюдается при этом только на глубине 1,5-2 мм, затем постепенно снижается и на расстоянии 3-4 мм от поверхности составляет HV 200-220. Двух – и трехкратная накатка не так интенсивно повышает твердость поверхности (до HV 530-560), но увеличивает глубину наклепанного слоя.

Для выявления характера структурных изменений при статическом и динамическом наклепе литые образцы одного химического состава были статически сжаты на прессе и осажены молотом с весом падающих частей 0,705 т на разную величину (от 10 до 60% по высоте). Равная степень деформации независимо от характера наклепа образца (статический или динамический) приводила к одинаковому увеличению твердости.

С увеличением степени пластической деформации и в том, и в другом случае увеличивается число полос скольжения, что вообще характерно для металлов с гранцентрированной решеткой. При больших степенях деформации, когда появляется четко выраженная текстура, образуется своеобразная структура, очертания границ становятся нечеткими, размытыми. Кристаллические решетки соседних зерен ориентируются при этом сравнительно одинаково. Определяющим фактором упрочнения считается сдвиговый процесс – дробление структуры на мелкие блоки. Степень упрочнения характеризуется величиной разориентирования блоков в зернах аустенита. Однако Д.Никонов эффект упрочнения объясняют измельчением блоков (10^{-6} - 10^{-7}), а не степенью их разориентирования в зерне.

Ударно - волновое нагружение реализуется при взрыве и ударе, характеризуется очень быстрым приложением и кратковременным действием 10^{-3} - 10^{-6} с. нагрузки, а интенсивность воздействия достаточна для того, чтобы произвести большие изменения в теле вплоть до разрушения. При этом образуются изменяющиеся во времени области локальных напряжений и деформаций, способствующие иницированию процесса разрушения в одной

части тела независимо от того, что происходит в другой части.

Импульсное нагружение связано с распространением в теле волн напряжений, при этом тело поглощает значительную часть энергии нагружения, большая часть которой расходуется на неупругую деформацию, реализуемую в виде пластического формоизменения или в виде разрушения. Динамика дальнейшего развития разрушения определяется типом разрушения.

Хрупкое разрушение представляет собой разрыв среды без предшествующей пластической деформации или с весьма малой долей этой деформации в области излома, фронт хрупкого разрушения (или хрупкая трещина) распространяется с большой скоростью и требует мало энергии.

Вязкое разрушение сопровождается интенсивной пластической деформацией, развитыми процессами скольжения и двойникования, происходящих со скоростью, зависящей от условий нагружения, и требует для своего развития значительных затрат энергии. Вид макроскопических пластических деформаций тела, при его импульсном нагружении, определяется механическими свойствами среды, которые зависят от температуры, скорости нагружения, истории деформации и др. При деформации среды макроскопические дефекты растут и возникают новые дефекты, способствующие нарушению сплошности среды и полному разрушению тела.

Микроструктурные изменения в металлах при воздействии плоской волны нагрузки, возбуждаемой ударом или взрывом, давно привлекают внимание исследователей в связи с решением конкретных технических задач, связанных с упрочнением и с изучением его различных механизмов.

Одним из важных свойств высокомарганцовистой стали, применяемой для изготовления стрелочных переводов, является способность ее к значительному упрочнению в процессе деформации. По данным исследовательского центра Гадфильда, высокомарганцовистая сталь при идентичных условиях деформации имеет максимальную способность к упрочнению по сравнению с другими марками.

Выводы

Весьма важным является то, что изучая линии скольжения при разных степенях деформации, можно не только судить о действующих системах скольжения, но и проследить за стадиями процесса деформации. Как показали Мадер и Зегер [2], линии скольжения имеют различное строение на разных стадиях деформации. На первой стадии деформации, когда действует одна плоскость скольжения, высота ступенек увеличивается, а длина линий скольжения фактически не меняется. На второй стадии длина вновь возникающих линий скольжения уменьшается с увеличением степени деформации. На третьей стадии наблюдается развитие поперечного скольжения; в этом случае полосы скольжения несколько расширяются, а скольжение между полосами практически прекращается. Изменение температуры и скорости процесса при одной и той же степени деформации изменяет характер следов скольжения. Браун показал, что при повышении температуры или понижении скорости деформации возрастает число элементарных плоскостей в следах скольжения.

Иошида и Нагата обнаружили, что при скорости скольжения деформации 10^2 - 10^3 сек⁻¹ значительно увеличивается плотность линий скольжений, что связывается с ростом числа действующих источников дислокаций.

Длина линий скольжения характеризует длину пробега дислокаций и ее изменение в зависимости от напряжения или деформации. Высота ступеньки, образующаяся на линии скольжения, пропорциональна числу дислокаций, исходящих из источника Франка – Рида, т.е. пропорциональна размерам групп дислокаций одного знака [3].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гуськов А.В., Милевский К.Е., Чайка Н.Ф., Ломан В.А. Исследование физико-механических свойств стали Гадфильда при ударно-волновом нагружении // Интерэкспо Гео-Сибирь. - 2015. - №3
2. Изменение кристаллической структуры аустенитной марганцовистой стали при пластической деформации/ О.В. Богородский, Я.С. Уманский// изв. АН СССР. Сер. Физическая – 1956. – Т.20. - №6.
3. Mader S., Seeger A. Untersuchung des gleitlinienbildes kubischflächenzentrierter einkristalle //Acta met. – 1960. –V. 8. – № 8. – P. 513–522.
4. Благовещенский В.В., Панин И.Г., Андрианов Д.С., Суслина С.Н. ОБРАЗОВАНИЕ ДИСЛОКАЦИОННОГО СКОПЛЕНИЯ ИСТОЧНИКОМ ФРАНКА—РИДА. Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники. 2015;18(2):133-136

HARDENING METHODS FOR GADFILD STEEL

Gorbacheva Nadezhda Valeryevna, Guskov Anatoliy Vasilievich, Dr. Tech.Sc..

Novosibirsk state technical University, Russia, 630073, Novosibirsk,

Karl Marx Avenue, 20

Gorbacheva N.V., ema inv_gorbacheva19@mail.ru

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

Annotation

Godfield steel is a steel with high resistance to wear (abrasion) at high pressures or impact loads, and is also characterised by high ductility. Its importance is very important; it has become indispensable in the military industry and in tank construction. There are many ways to improve the mechanical characteristics of steels, some of which are applicable, others are not. The article deals with plastic deformation and shock-wave loading of steel.

When the metal is mechanically exposed, microscopic defects are formed in the metal - dislocations, if this exposure continues, these defects begin to shift and interact. They form a new material structure that resists further plastic changes in shape. This structure increases the ability of the metal to resist the forces exerted, increases the yield strength of the material and reduces its viscosity.

Keywords: Gadfield steel, sliding lines, flat deformation, shock-wave loading.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКИ ПРОЦЕССА КУМУЛЯЦИИ

Гриф Екатерина Михайловна, студент;

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

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

Гриф Е.М., email: grif.2015@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

Проводится патентно-информационный обзор современных направлений и методов исследования физики процесса кумуляции.

Ключевые слова: Кумуляция, гидродинамическая теория кумуляции, кинематика струеобразования.

Механизм формирования кумулятивной струи, основанный на модели идеальной несжимаемой жидкости и учитывающий экспериментальные данные, развит независимо М. А. Лаврентьевым и Г. Биркхоффом [1]. Гидродинамическая теория кумуляции объясняет процесс формирования кумулятивной струи при косом соударении пластин, метаемых продуктами детонации, или взрывном обжати осесимметричных металлических облицовок, и базируется на классических кинематических схемах теории струеобразования.

Однако в ходе экспериментальных исследований процессов растяжения и разрушения кумулятивных струй в ряде случаев возникают вопросы, на данный момент не нашедшие ответа у научно-технического сообщества. Исследователи [2] выделяют основные:

1. Существующие модели растяжения и разрушения струй, и выводы, полученные различными авторами, не согласуются между собой, хотя сопоставление теоретических зависимостей с экспериментальными данными в целом удовлетворительно.

2. В экспериментах проявляется зависимость предельного удлинения струи от структурно-механических характеристик металла (величины зерна, наклепа, текстуры), несмотря на то, что гидродинамическая модель поведение металла в условиях кумулятивной струи таких зависимостей не предсказывает.

3. Неизвестны причины возможного аномального удлинения материала кумулятивной струи перед разрушением на 1000% - 2000%, а также зависимость величины этого предельного удлинения от начального диаметра и плотности струи.

4. Неизвестны причины появления начальных возмущений, вызывающих

разрушение струи на множество фрагментов.

5. Существует зависимость предельного удлинения и характера разрушения струи от химического(фазового)состава и степени чистоты металла.

Данные факты становятся веской причиной для уточнения гидродинамической теории и стимулируют исследователей продолжать работу по выделяемым направлениям.

Наряду с экспериментальными методами исследований процесса кумуляции развиваются и численные. Например, с помощью численного моделирования становится возможно отследить кинематику струеобразования [3]. Предлагается метод, выделяющий вектора скоростей деформирования, деформации и перемещения материала кумулятивной струи. Используя среду численного моделирования Ansys Autodyn, можно выделить участки расчетного пространства с возможностью дальнейшей обработки результатов расчета. Рассматривается функционирование осесимметричного кумулятивного заряда в 2-D пространстве и используется Лагранж-Эйлеров решатель, при этом лагранжевым методом описываются узлы металла кумулятивной облицовки. По искажению динамически меняющейся сетки проводится расчет деформации выделяемого элемента и вычисляется скорость деформации материала, по изменению значений координат выделенных элементов – скорость перемещения. Скоростью деформирования при данном подходе будет скорость детонации взрывчатого вещества, т.к. движущиеся за фронтом детонационной волны продукты его детонации будут являться деформирующим инструментом.

Именно поэтому для современных исследований физики процесса кумуляции перспективными являются те методы, что базируются на связи параметров струеобразования и характеристик реального металла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводка А. Витковски Т. Моделирование формирования струи в линейных кумулятивных зарядах. Физика горения и взрыва. - 2014. - Т. 50, № 3. - С. 130–136.
2. Фомин В. М. Явления неидеальной кумуляции = Phenomena of nonideal cumulative action / В. М. Фомин, В. И. Звегинцев, Е. Я. Брагунцов // Забабахинские научные чтения = Zababakhin Scientific Talks: сб. материалов 14 междунар. конф. : тез. докл., Снежинск, 18–22 марта 2019 г. – Снежинск : Изд-во РФЯЦ – ВНИИТФ, 2019. – С. 17–18. – 350 экз. – ISBN 978-5-902278-91-7.
3. Кинематика процесса образования кумулятивной струи / Е. М. Гриф, А. В. Гуськов, К. Е. Милевский // Лаврентьевские чтения по математике, механике и физике: 9 междунар. конф., посвящ. 120-летию академика М. А. Лаврентьева, Новосибирск, 7–11 сент. 2020 г: тез. докл. – Новосибирск: Изд-во Ин-та гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, 2020. – С. 185. - 200 экз. - ISBN 978-5-94671-033-6.

PROSPECTIVE DIRECTIONS OF RESEARCH PHYSICS OF THE CUMULATION PROCES

Grif Ekaterina Mikhailovna, student;

Guskov Anatoly Vasilievich, Doctor of Technical Sciences, Professor;

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

Grif E.M., email: grif.2015@stud.nstu.ru

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

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

Abstract.

A patent information review of modern trends and methods of research in the physics of the cumulation process is carried out.

Keywords: Cumulation, hydrodynamic theory of cumulation, kinematics of jet formation.

УДК 623.455.1

ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СНАЙПЕРСКОГО ПАТРОНА КАЛИБРА 7.62×51ММ

Гынгазов Дмитрий Владимирович^{1,2}, студент; Пушкарев Андрей Анатольевич²

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.Карла Маркса 20, тел. (913)005–48–19

²АО «Новосибирский патронный завод» 630108, Россия, Новосибирск, ул. Станционная, д.30А

Гынгазов Д.В., e-mail: dmitrygyngazov@yandex.ru.

Аннотация. В данной работе проанализирован и модернизирован технологический процесс изготовления латунной гильзы снайперского патрона калибра 7.62×51мм.

Ключевые слова: технология, гильза, патрон, биение, устройство, материалы, рабочий инструмент, процесс, размер.

Вопросы по модернизации технологического процесса изготовления латунной гильзы с добавлением радиального биения дульца, несомненно, являются актуальными, так как повышается точность действия снайперской пули калибра 7,62x51, а значит увеличивается объем производства и конкурентно способность предприятия, что в современных экономических

условиях имеет особо важное значение. [1] Модернизация технологии и качества выпускаемой продукции играет важную роль в производстве боеприпасов. Снижение процента брака на продукцию, является одной из основных задач Новосибирского патронного завода, занимающихся массовым производством продукции. Перспектива улучшения надежности работы гильзы снайперских патронов, влияет на конкурентную способность выпускаемой продукции завода.

Для данной работы было проведено:

-Анализ вытяжки 3, с целью обеспечения требуемого допуска на изготовления гильзы снайперского патрона 7,62x51.

-Работы на рабочем инструменте, проверили биение на приборе ПР198СБ. Изменили обжима 1 и 2, с целью модернизации, чтобы обеспечить минимальные зазоры.

Для отработки технологии изготовления латунной гильзы к снайперскому патрону 7,62x51 с биением дульца до 0,03 мм было принято решение на технологической операции "Вытяжка 3" модернизировать рабочий инструмент путем уменьшения допуска на изготовление. На операциях "Обжим 1" и "Обжим 2" ввести радиальное биение до 0,03 мм и кольцо с оправкой.

В снайперском патроне 7,62x51 используется латунная гильза бутылочной формы без выступающего фланца (рисунок 1).

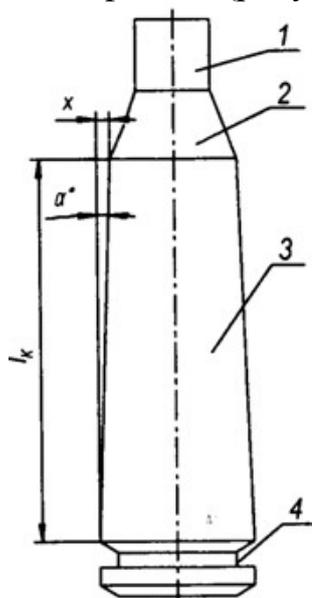


Рисунок 1 – Бутылочная форма гильзы

В маршрутной карте технологического процесса изготовления латунной гильзы 7,62x51 37 операций, такие как [2]:

- Вырубка
- Отжиг
- Травление
- Выдавливание чашки
- Визуальный контроль
- Вытяжка

- Обрезка
- Штамповка
- Пробивка
- Обжим дульца, подрезка дульца
- Контроль линейных размеров и формы

Согласно требованиям, биение на дульце гильзы должно быть не более 0,03мм.

Таблица 3. Толщина стенок и дна в мм

На 10 мм от Фланца	На 25 мм от фланца	У ската	На 2 мм от среза дульца	Дно
Max =1,02	Max =0,54	Max =0,40	Max = 0,40	Max =4,59
Min =0,91	Min = 0,49	Min = 0,36	Min =0,34	Min =4,44
Черт: 0,88-1,12	0,46-0,55	0,32- 0,41	0,31- 0,40	4,37 – 4,85

Из приведенных данных таблицы толщины стенки в технологических точках соответствуют требованиям чертежа на гильзу 7,62 x51.

Результаты фактических измерений твердости в технологических точках в таблице

Таблица 4. Твердость Н V 5/10 сред.в технологических точках

	На фланце	3-5 мм от фланца	25 мм от фланца	На корпусе у ската	На дульце
Max.	172	189	207	173	135
Min.	154	173	193	146	103
Ср.	163	182	200	158	115

При измерении средний внутренний объем гильз удовлетворяет требованиям чертежа – не менее 3,55 см³, фактически получено - Нм. = 3,55 см³ [3].

Масса гильзы удовлетворяет массе по чертежу, фактически масса получена

На основании проведенных испытаний было выявлено, что при модернизации по введению радиального биения дульца латунной гильзы снайперского патрона калибра 7,62x51 до 0,03 мм повысилась точность поражения цели данным патроном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы проектирования патронов к стрелковому оружию: Учебник /Данилин Г.А., Огородников В.П., Заволокин А.Б.; Балт. гос. техн. ун-т. Спб., 2005. –374 с.
2. Патрон 7,62x51 мм НАТО. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/7,62_x_51_мм_НАТО/ (20.12.2019).

3. Патроны стрелкового оружия. Кириллов В. М., Сабельников В. М., 1980. – 372 с.

DEVELOPMENT OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR A 7.62×51MM SNIPER CARTRIDGE.

Gyngazov Dmitry Vladimirovich^{1,2}, student; *Pushkarev Andrey Anatolievich*

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

²JSC "Novosibirsk Cartridge Plant" 630108, Russia, Novosibirsk, st. Station, 30A

Gyngazov D.V., e-mail dmitrygyngazov@yandex.ru

Abstract. This paper analyzes and modernizes the manufacturing process of a 7.62×51mm brass sniper cartridge case.

Key words: technology, sleeve, cartridge, runout, muzzle, device, materials, working tool, process, size.

УДК 623.451.4

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ВЕДУЩИХ ПОЯСКАХ СНАРЯДОВ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ Артиллерийских орудий

Зубашевский Константин Михайлович, ассистент, Хребтова Мария Сергеевна, ассистент, Гуськов Анатолий Васильевич, д.т.н., доцент

Новосибирский государственный технический университет, пр-т Карла Маркса 20, 630073, Новосибирск

zubaschewsky@yandex.ru, a.guskov@corp.nstu.ru

Аннотация.

В работе выполнен расчет поверхностной температуры для ведущих поясков из меди и стали, которые разгоняются при выстреле из орудий с длиной ствола 20 калибров и 40 калибров. Медный ведущий пояснок достигает температуры плавления на поверхности на расстоянии 1,6 и 1,65 м от начального положения в стволе для орудий длиной 20 и 40 калибров соответственно, а стальной ведущий пояснок начинает плавиться на расстояниях 1,9 м и 2,2 м соответственно. В дальнейшем планируется рассмотреть тепловую задачу распространения температуры вглубь материала поясков для описанных случаев.

Ключевые слова: плавление, ведущий пояснок, температура, выстрел.

Введение.

Одной из важнейших частей боеприпасов, которые используются для стрельбы из артиллерии, танковых орудий, авиапушек и стрелкового оружия,

является ведущий пояс (ВП). Он выполняет важные функции – обтюрация пороховых газов при выстреле и придание вращательного момента снарядам для нарезного оружия. Кроме того, ВП в паре с центрирующим утолщением обеспечивает центрирование снаряда в канале ствола (КС).

При функционировании ВП подвергается значительным нагрузкам и деформациям, из-за чего происходит нагрев его материала [1,2,3]. Увеличение температуры является достаточно большим, так как происходит трение пары металлов с высокой скоростью, а наиболее распространенный материал ВП медь обладает высокой теплопроводностью, благодаря чему он может нагреться до высоких температур.

Работа посвящена исследованию распределения температуры в ВП, изготовленных из двух материалов – меди и стали. Для сравнения выбраны именно эти материалы, так как медные ВП наиболее распространены, а сталь является потенциальным заменителем меди, так как из нее сделан корпус самого боеприпаса, и изготовление ВП из материала корпуса является актуальной задачей для оптимизации производства боеприпасов. Рассматриваются ВП снарядов для нарезной артиллерии с длиной ствола 20 и 40 калибров.

Теория.

Распределение температуры в контактном слое двух трущихся материалов можно получить с помощью теории Х. Блока [4]. Теория Блока относится к тепловому источнику с удельной мощностью Q (Вт/м²), непрерывно движущемуся со скоростью V по поверхности полупространства.

Температура на поверхности контакта описывается выражением:

$$T_{max} = 2\mu P \left(\frac{BV}{\pi k \rho c} \right)^{1/2} \quad (1)$$

где μ – коэффициент трения, экспериментально определенный Монтгомери;

P – среднее контактное давление медного (стального) ведущего пояса;

k – теплопроводность меди (стали);

ρ – плотность меди (стали);

c – удельная теплоемкость меди (стали);

B – длина источника в направлении скольжения, равная длине канала ствола, которую ВП прошел в данный момент времени;

V – скорость скольжения ведущего пояса по каналу ствола.

Уравнение (1) использует допущение, что вся теплота отдается полупространству, и описывает температуру перемещаемой границы T_{max} в задней части пятна контакта.

Расчеты и их интерпретация.

Для расчетов использовались:

- средние контактные давления P , принятые для наибольших допусков при изготовлении ВП: для меди – $P = 1250 \text{ Мпа}$, для стали – $P = 641,6 \text{ МПа}$;
- значения скоростей V и соответствующие им коэффициенты трения μ [5];

- плотности ρ типового материала М1 и материала С60 ведущих поясков;

- значения коэффициента теплопроводности k , удельной теплоемкости материалов c ;

Были получены значения температуры поверхностного слоя материала ВП, изготовленных из меди, стали для двух вариантов орудий – с длинами ствола 20 и 40 калибров соответственно.

Графические отображения зависимостей поверхностной температуры от пройденных в КС расстояний представлены на рис. 1 и рис. 2.



Рис. 1. Зависимости поверхностной температуры от пройденного ВП расстояния для орудия с длиной ствола 20 калибров.

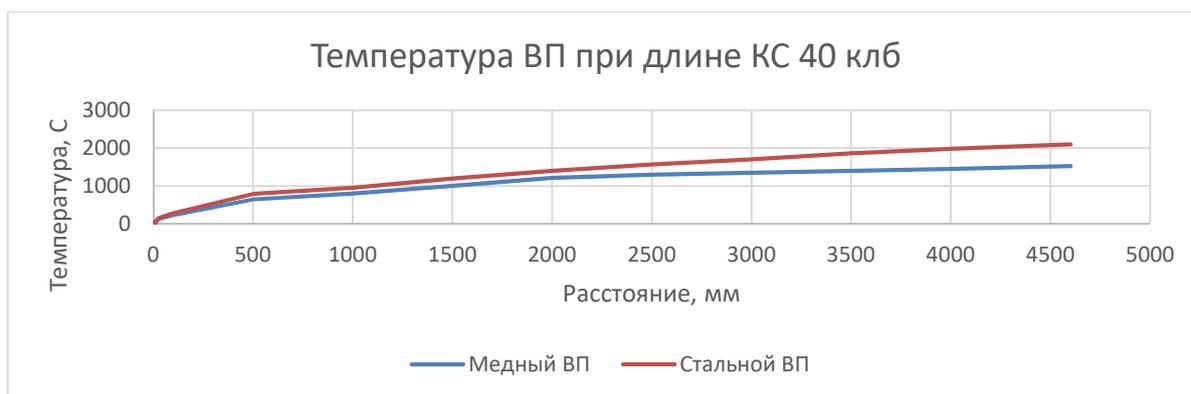


Рис. 2. Зависимости поверхностной температуры от пройденного ВП расстояния для орудия с длиной ствола 40 калибров.

Как можно увидеть на графиках, стальной ВП достигает температуры плавления в 1450 °С на расстоянии 2,2 м при стрельбе из орудия длиной КС в 40 клб, и на расстоянии 1,9 при стрельбе из 20-калибрового ствола. Медный же ВП достигает температуры плавления также на расстоянии 1,65 м в КС длиной 40 клб, и на расстоянии 1,6 с в КС длиной 20 клб.

Таким образом, ведущие пояски из обоих материалов достигают температур плавления, однако медный начинает плавиться значительно раньше, чем стальной. Кроме того, необходимо учитывать распространение температуры вглубь самого ВП, для чего нужно решить задачу теплопроводности для всех вышеприведенных примеров работы ВП из меди и стали. Решение этой задачи планируется при дальнейшем продолжении работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Guskov A. V. Heat and mass transfer during high-speed acceleration of steel reference node through the channel of ballistic booster complex / A. V. Guskov, A. M. Lider, V. I. Maksimov, K. E. Milevsky // Journal of Engineering Thermophysics. – 2018. – Vol. 27, iss. 3. – P. 369–377.
2. Влияние тепловых эффектов на трение при высоких скоростях скольжения / С. М. Эттлс // Проблемы трения. – 1986. – № 1. – С. 71 – 78.
3. Серебряков, М. В. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет / М.В.Серебряков.–Изд. 3-е.– Москва : Оборонгиз,1962.– 962 с.
4. Blok, H. Theoretical study of temperature rise at surfaces of actual contact under oiliness lubricating conditions / H. Blok // Proc. Inst. Mech. Eng. – 1937. – № 2. – pp 222 – 235.
5. Montgomery, R. S. Friction and Wear at High Sliding Speeds. / R. S. Montgomery // Wear. – 1976. – Vol. 36. – pp 275 – 298.

THE STUDY OF THE TEMPERATURE DISTRIBUTION ON THE ROTATING BANDS FOR SOME KINDS OF GUNS

Zubashewsky Konstantin Michailovich, assistant, Khrebtova Maria Sergeevna, assistant, Guskov Anatoly Vasilievich, D. Sc (Engineering), Associate Professor

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, 630073, Karl Marks Avenue,
20

zubaschewsky@yandex.ru, a.guskov@corp.nstu.ru

Abstract. In this paper the calculation of the surface temperature of the rotating bands made from copper and steel was performed. The band are accelerated by shooting from guns, which length are 20 and 40 gauges respectively. The copper band reaches the melting temperature on distance of 1.6 and 1.65 from the start point in 20- and 40-gauges-guns respectively. Steel band reaches the the melting temperature on distance of 1.9 and 2.2 m from the start point. In perspective, it is planned to solve the thermal problem of the heat distribution deep into the materials.

Keywords: melting, rotating band, temperature, artillery.

ПОВЫШЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОСКОЛКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСКОЛОЧНОГО ПОЛЯ ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА

Иванников Никита Сергеевич, студент; Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н., доцент

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

Иванников Н. С., e-mail n1kiavnn@yandex.ru

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

Адрес для корреспонденции: Иванников Никита Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)010-34-50

Аннотация. В статье изложены методы повышения эффективности осколочного поля и могущества осколочно-фугасного снаряда естественного дробления: изменение точки инициирования взрывчатого вещества осколочно-фугасного снаряда. Предложена конструктивная особенность, позволяющая увеличить результативность действия осколочного поля, посредством внедрения более плотных участков взрывчатого вещества. При работе данной конструкции детонационный фронт взрывчатого вещества закручивается относительно оси осколочно-фугасного снаряда. Скомпоновав данные изменения в работе снаряда, увеличивается начальная скорость и направление осколков снаряда.

Ключевые слова: осколочно-фугасный снаряд, детонационный фронт, вращение, инициирование, снаряжение, осколочное поле.

Одними из основных тактико-техническими характеристиками осколочно-фугасного снаряда (ОФС), являются параметры осколочного и фугасного действия. Цель данной работы обосновать повышение параметров осколочного поля при изменении места инициирования взрывчатого вещества (ВВ), а также при изменении запрессовки ВВ ОФС естественного дробления.

Рассмотрим типичный случай: детонация с головной части (рис. 1, а) [1]. Детонационная волна перемещается от головной части к донной, по мере детонации ВВ корпус снаряда деформируется и обеспечивает создание давления продуктами детонации в закрытом объеме. Детонация продолжает идти к донной части, но увеличения давления, действующего в корпус, не происходит, т.к. после достижения определённой деформации корпуса, его головная часть раскрывается, через которую происходит сброс давления, в связи с чем, ВВ в полном объеме не задействуется в детонации.

Известен способ [2] повышения эффективности осколочного поля и могущества ОФС, используемый в конструкции предлагаемого ОФС - это

размещение точки инициирования в донной части ОФС (рис. 1, б). В таком случае, детонационная волна начинает идти с донной части к головной. Т.к. стенки корпуса в донной части толще, чем в головной, то корпус способен сдерживать большее давление продуктов детонации и увеличить время нарастания объёма продуктов детонации. По мере продвижения детонационной волны к головной части, стенки корпуса становятся тоньше, к которым требуется приложить меньшую нагрузку для разрушения, нежели для стенок в донной части. Т.о. если через трещины, образованные в донной части произойдёт сброс давления продуктов детонации, то накопленного давления будет достаточно для разрушения головной части. Также необходимо учесть то, что в случае детонации ВВ с донной части полученная детонационная волна станет сонаправлена с движением снаряда.

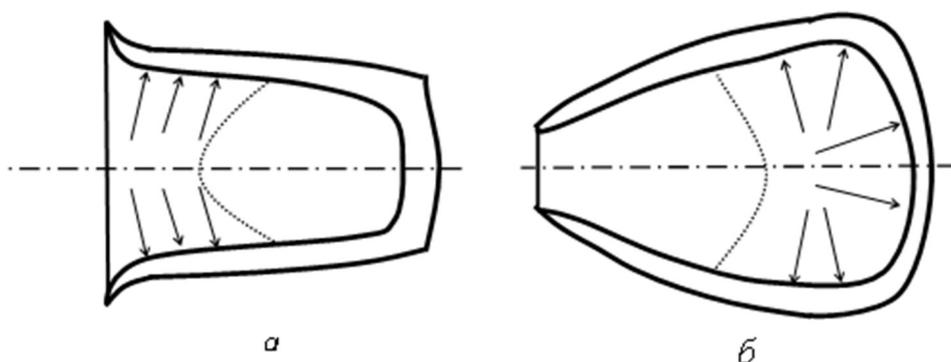


Рис. 1. Процесс расширения оболочки с направлениями давления продуктов детонации

Применив изложенный выше способ инициирования ВВ в ОФС, можно добиться увеличения эффективности осколочного поля и могущества ОФС. Но подавляющее большинство ОФС используется в нарезной артиллерии, т.е. в движении снаряда имеется не только поступательная составляющая, но и вращательная, а приведённый выше способ инициирования не учитывает данный фактор. В связи с этим, в данной работе предлагается использовать эту вращательную составляющую движения снаряда, посредством закручивания детонационной волны с направлением движения снаряда за счёт изменения запрессовки ВВ [3]. Предлагается запрессовка ВВ наиболее отдалённой от оси снаряда по переменному закону, а точнее винтовой линии, а близкий к оси заряд оставить неизменным. Таким образом, размещая точку инициирования ВВ в донной части корпус способен выдержать большее давление продуктов детонации и деформироваться на большую величину, нежели при размещении точки инициирования в головной части. Это означает то, что при детонации с головной части ВВ задействовано в детонации в большем объёме (V_2), чем при детонации с головной части (V_1). Исходя из графика кривой давления (рис. 2) можно добиться накопления большего давления в корпусе (P_2), нежели при размещении точки инициирования в головной части (P_1) за счёт увеличения объёма задействованного ВВ. Также из-за того, что деформации корпуса стали больше, это приводит к тому, что поверхность оболочки, из которой формируются осколки, также увеличивается. В таком случае количество

осколков становится больше, но и угол рассеивания также увеличивается, что не позволяет сказать однозначно о плотности осколочного поля. Данное наблюдение предполагается проверить численным моделированием разрушения корпуса снаряда предлагаемой конструкции.

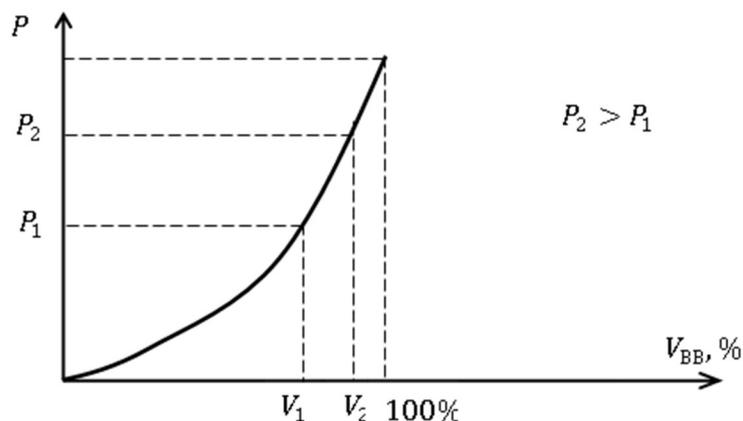


Рис. 2. Зависимость давления заряда продуктов детонации от объема ВВ

Рассмотрим разложение вектора начальной скорости осколка в классическом случае детонации и в усовершенствованном (рис. 3). Вектор начальной скорости осколка получается сложением векторов:

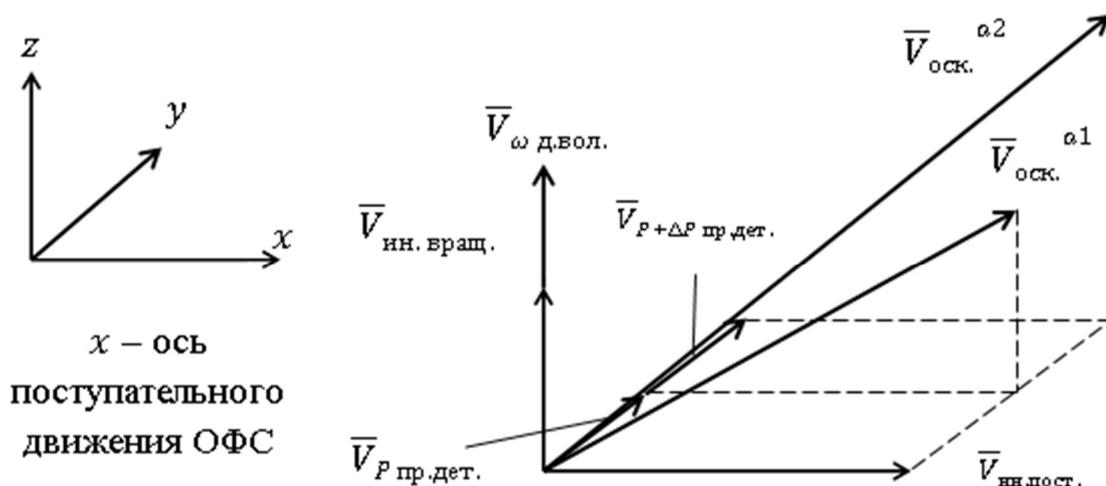


Рис. 3. Разложение вектора скорости осколка при традиционном и усовершенствованно способе детонации ВВ

$$\bar{V}_{оск.}^{a1} = \bar{V}_{ин.пост.} + \bar{V}_{ин.вращ.} + \bar{V}_{P пр.дет.}$$

где,

$\bar{V}_{оск.}^{a1}$ – начальная абсолютная скорость осколка

$\bar{V}_{ин.пост.}$ – компонента начальной скорости осколка от сил инерции поступательного движения снаряда

$\bar{V}_{ин.вращ.}$ – компонента начальной скорости осколка от сил инерции вращательного движения снаряда

$\bar{V}_{P \text{ пр.дет.}}$ – компонента начальной скорости осколка, возникающее от давления продуктов детонации

Т.к. давление в корпусе станет больше, а детонационный фронт сонаправлен с вращением снаряда, начальная скорость осколка получится сложением векторов:

$$\bar{V}_{\text{оск.}}^{a2} = \bar{V}_{\text{ин.пост.}} + \bar{V}_{\text{ин.вращ.}} + \bar{V}_{\omega \text{ д.вол.}} + \\ + \bar{V}_{P \text{ пр.дет.}} + \bar{V}_{P+\Delta P \text{ пр.дет.}}$$

где,

$\bar{V}_{\omega \text{ д.вол.}}$ – компонента начальной скорости осколка от вращательного движения детонационного фронта

$\bar{V}_{P+\Delta P \text{ пр.дет.}}$ – компонента начальной скорости осколка, полученная из-за увеличенного давления продуктов детонации в корпусе снаряда

Как видно из рис. 3 полученный вектор начальной скорости становится ближе к плоскости перпендикулярной к оси поступательного движения снаряда и модуль этого вектора станет больше. [4]

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

6. Средства поражения и боеприпасы: Учебник / А. В. Бабкин, В. А. Велданов, Е. Ф. Грязнов и др.; Под общ. ред. В. В. Селиванова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. — 984 с.: ил.
7. Патент 174313, МКИ 6 [F42B12/20](#) Российская Федерация. Осколочно-фугасный снаряд / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, А.К. Абдразаков - № 2017121684; заявл. 2017-06-20; опубл. 2017-10-11, Бюл. №29 – 4 с.: ил.
8. Патент 183955, МКИ 6 [F42B12/20](#) Российская Федерация. Осколочно-фугасный снаряд / А.В. Гуськов, К.Е. Милевский, Н.С. Иванников - № 2018121884; заявл. 2018-06-13; опубл. 2018-10-10, Бюл. №28 – 4 с.: ил.
9. Иванников Н. С. Повышение эффективности осколочного поля осколочно-фугасного снаряда / Н. С. Иванников, К. Е. Милевский // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч., Новосибирск, 3–7 дек. 2018 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Ч. 9. – С. 99–103. - 100 экз

INCREASING THE INITIAL VELOCITY OF THE FRAGMENTS AND THE EFFICIENCY OF FIELD FRAGMENTATION HIGH-EXPLOSIVE PROJECTILE

Ivannikov Nikita Sergeevich, student; Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate professor

Ivannikov Nikita Sergeevich, Student, e-mail: n1kivann@yandex.ru

Milevskij Konstantin Evgen'evich, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail: milevskij@corp.nstu.ru

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

Abstract. The article describes the methods of improving the efficiency of the fragmentation field and the power of high-explosive projectile of natural crushing: changing the point of initiation of explosive high-explosive projectile. A design feature that allows to increase the effectiveness of the fragmentation field through the introduction of denser areas of explosive is proposed. In this design, the detonation front of the explosive is twisted about the axis of the high-explosive projectile. By combining these changes in the operation of the projectile, increases the initial speed and direction of the shell fragments.

Keywords: high-explosive fragmentation projectile, detonation front, rotation, initiation, propulsion, fragmentation field.

УДК 623.5

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ 120-ММ «РАДИОПРОЗРАЧНОГО» БОЕПРИПАСА К СИСТЕМЕ «НОНА-С»

*Ильин Семен Сергеевич; Хмельников Евгений Александрович, доктор
технических наук; Смагин Константин Владимирович; Заводова Татьяна
Евгеньевна*

Нижнетагильский 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, 622000, тел. [\(343\) 525-65-00](tel:+73435256500)

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 zavodovat.e@gmail.com

Аннотация

Предложена новая концепция «радиопрозрачного» 120-мм боеприпаса (БП), с заменой материалов корпуса на композитные материалы. Рассмотрены варианты соединения предлагаемого БП с зарядной трубкой при помощи хвостовиков.

Ключевые слова

Радиопрозрачные боеприпасы, композитные материалы, хвостовик.

1. Введение

В настоящее время большая часть бронированной и легкобронированной техники обеспечена активной защитой [1]. В общем случае активная защита представляет собой систему, обнаруживающую подлетающий снаряд (угрозу) при помощи радиолокационной станции (РЛС), после чего происходит разрушение его путем выстрела соответствующим противозарядом. В современности существуют различные варианты активной защиты: от

осколочных БП, запускаемых с труб - контейнеров, до ударной волны, как средства подавления подлетающей угрозы.

Существующие на данный момент боеприпасы (БП) никак не защищены от комплексов активной защиты, поскольку не обладают достаточной защитой от обнаружения РЛС. Для обеспечения «радиопрозрачности» БП необходимо использование композиционных материалов, таких как базальтовое волокно, стекловолокно, углеродное волокно. Такие материалы обладают низкими показателями диэлектрической проницаемости и тангенса угла диэлектрических потерь, что обеспечивает эффективное рассеивание радиосигнала. В то время, как у металлоконструкций величина отраженного сигнала велика, у названных полимеров она принимает значения от 0,001 до 5 процентов. Исходя из анализа прочностных характеристик, лучшими свойствами обладает стекловолокно, так как оно имеет наибольшую температуру плавления и прочность, что важно в критических условиях выстрела.

2. Основная часть

Наиболее актуальным было бы разработать «радиопрозрачный» боеприпас для самоходного артиллерийского орудия (САО) 120-мм 2С9 «Нона-С». Данная боевая машина считается «универсальным» орудием, сочетающим в себе свойства гаубицы и миномета.

За основу проектируемого «радиопрозрачного» БП был взят штатный осколочно-фугасный снаряд 3ОФ49, к хвостовику которого прикручивается трубка с картузами в роли заряда. На рисунке ниже представлены штатный БП с готовыми нарезками (рис. 1а) и вариант конструкции проектируемого снаряда (рис. 1б).

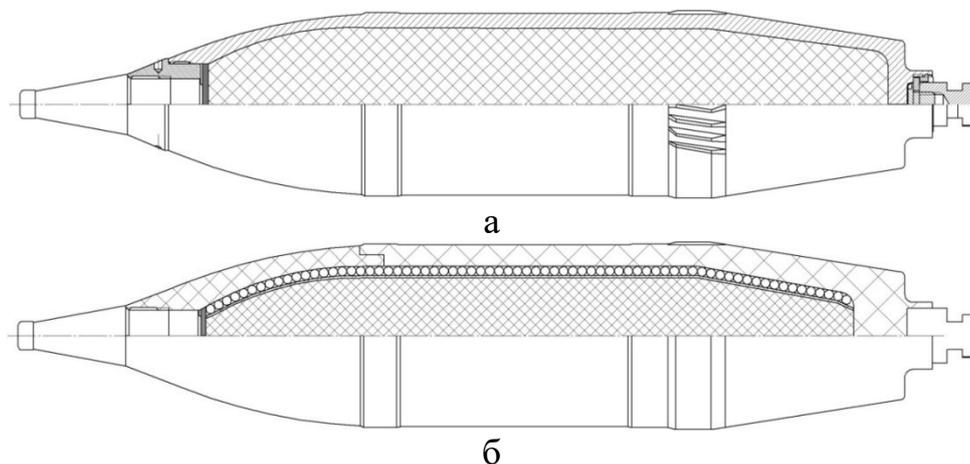


Рис. 1. Конструкции штатного (а) и «радиопрозрачного» боеприпасов

Первая задача, которую необходимо решить - конструкция соединения корпуса и хвостовика. У штатного боеприпаса есть несколько вариантов соединения (рис. 2).

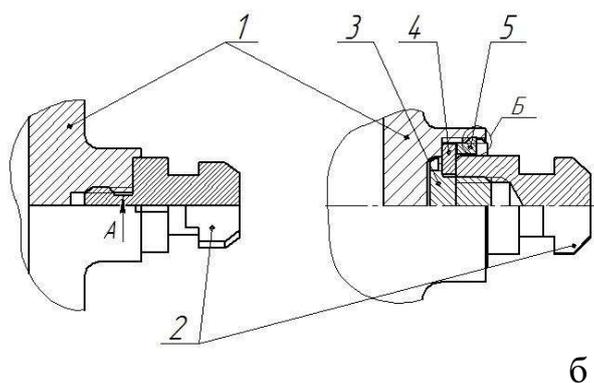


Рис. 2. Варианты соединения корпуса и хвостовика штатного боеприпаса

1 - корпус снаряда; 2 - хвостовик; 3 - упор; 4 - шайба; 5 - гайка

Первый вариант конструкции (рис. 2а) разрушается по размеру А при достижении давления форсирования в системе. Во втором варианте (рис. 2б) под действием осевой силы срезаются два витка гайки (выноска Б) и вся конструкция хвостовика остается на трубке заряда.

Давление для среза резьбы хвостовика штатного боеприпаса:

$$P_{cp} = \frac{F}{S} \quad (1)$$

где P_{cp} - давление, необходимое для среза витков резьбы, МПа; F - проекция осевой силы на витки резьбы, Н; S - площадь соприкосновения резьбы гайки и корпуса, м².

$$\tau_{cp} = \frac{F}{\pi d_1 H K K_m} \leq [\tau_{cp}] \quad (2)$$

где τ_{cp} - допустимое напряжение среза, МПа; F - осевая сила, Н; d_1 - внутренний диаметр резьбы, м; H - глубина завинчивания в деталь, м; K - коэффициент полноты резьбы; K_m - коэффициент неравномерности нагрузки по виткам резьбы.

Проведя расчеты получим: $P_{cp} = 55,9$ МПа - минимальное давление воздействия на соединение, при котором происходит срез витков резьбы (давление форсирования).

Рассмотрим варианты соединения корпуса и хвостовика «радиопрозрачного» БП (рис. 3).

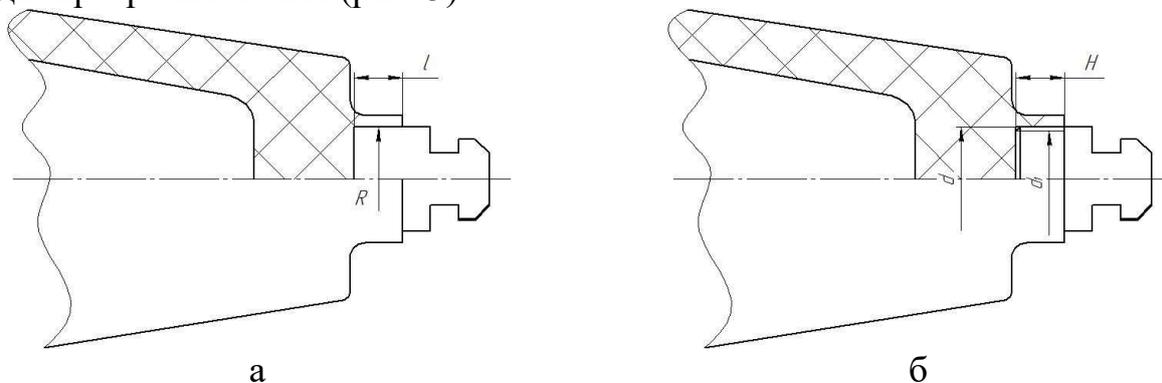


Рис. 3. Возможные варианты соединения корпуса и хвостовика «радиопрозрачного» БП
а - клеевое соединение; б - резьбовое соединение

Условия прочности клеевого соединения по напряжению сдвига:

$$\tau_{сд} = \frac{F}{S_{сд}} \quad (3)$$

где $\tau_{сд}$ - напряжение сдвига, МПа; F - осевая сила, Н; $S_{сд}$ - площадь сдвига, м².

$$S_{сд} = 2\pi RL \quad (4)$$

где все необходимые величины обозначены на рисунке 3а.

Испытываемое напряжение в таком случае $\tau_{сд} = 42,2$ МПа. Допустим, для склеивания используем клей конструкционный УП-5-240 ($\tau_{сд} = 38$ МПа), в таком случае, необходимо увеличить площадь склеиваемых поверхностей. Найдем необходимое значение параметра R , подставив (4) в (3) и выразив его. Таким образом, клеевое соединение сохранит прочность до достижения давления форсирования при $R = 0,02$ м.

Условия прочности для резьбового соединения на напряжение среза, относительно для хвостовика (5) и стыкового паза (6):

$$\tau_{срх} = \frac{F}{\pi d_1 KH} \leq [\tau_{срх}] \quad (5)$$

$$\tau_{срс} = \frac{F}{\pi d KH} \leq [\tau_{срс}] \quad (6)$$

где $\tau_{ср}$ - напряжение среза, МПа; F - осевая сила, Н; d_1 - внутренний диаметр резьбы, м; d - внешний диаметр резьбы, м; K - коэффициент, учитывающий тип резьбы; H - высота резьбового соединения, м; $[\tau_{срх}] = 145$ МПа - допустимое напряжение среза резьбы хвостовика, МПа; $[\tau_{срс}] = 50$ МПа - допустимое напряжение среза резьбы стыкового паза, МПа.

Проведя расчеты, получим: $\tau_{срх} = 57,56$ МПа, $\tau_{срс} = 52,75$ МПа. Т.о., резьба стыкового паза не обладает достаточной прочностью. Это можно решить увеличением шага резьбы с 1,5 мм до 2,5 мм, в таком случае $\tau_{срс} = 49,975$ МПа и можно сказать, что при достижении давления форсирования произойдет успешный срез резьбы из композитного материала.

При предложенных соединениях имеются опасные сечения, по которым может произойти отрыв стыкового паза (рис. 4):

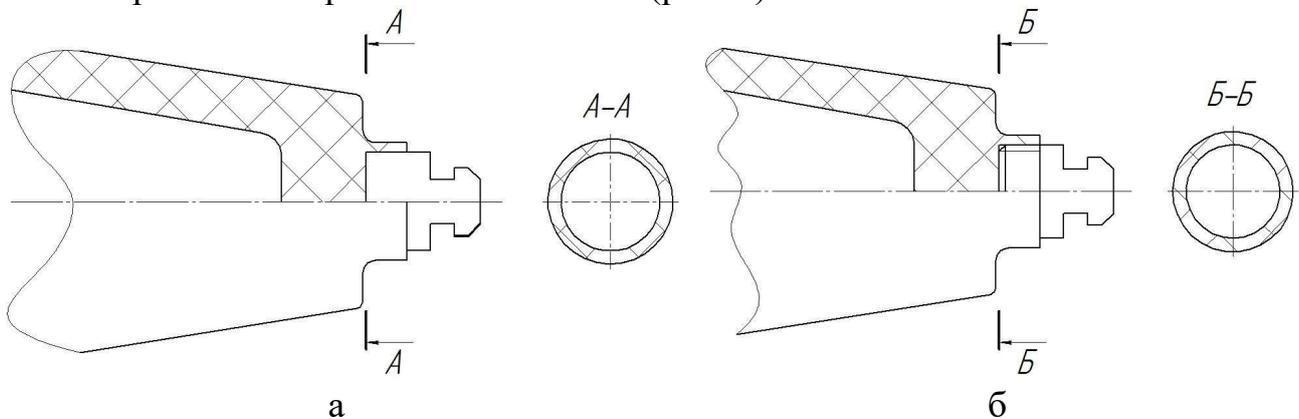


Рис. 4. Опасные сечения А-А при клеевом соединении (а), Б-Б при резьбовом соединении (б)

Прочность в сечениях А-А и Б-Б на отрыв:

$$\sigma = \frac{F}{S_{OC}} \leq [\sigma_{ct}] \quad (7)$$

где σ - напряжение в критическом сечении, МПа; F - осевая сила, Н; S_{OC} - площадь опасного сечения, м²; $[\sigma_{ct}] = 600$ МПа - допустимое напряжение материала корпуса снаряда (стеклопластик).

В итоге: $\sigma_{A-A} = 100,1$ МПа $\leq [\sigma_{ct}] = 600$ МПа; $\sigma_{B-B} = 105,5$ МПа $\leq [\sigma_{ct}] = 600$ МПа. Прочность в опасных сечениях сохраняется.

3. Выводы

*Предложена новая концепция «радиопрозрачного» боеприпаса калибра 120-мм.

*Рассчитаны варианты упрощенного соединения корпуса «радиопрозрачного» боеприпаса и хвостовика.

*И клеевое и резьбовое соединение может быть успешно применено для соединения корпуса и хвостовика, при этом, снаряд исправно отсоединяется при достижении давления форсирования в системе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В.Л. Баранов, В.Л. Руденко, В.И. Фалалеев, А.Е. Чванов, С.А. Швецов. Защита танков: анализ, ретро- и перспектива. Монография. Нижний Тагил – Тула: Гриф и К, 2011. – 190 с.
2. Наука Промышленность Оборона: труды XIX Всероссийской научно - технической конференции: в 4 т. / Я.В. Тюрин, Е.А. Хмельников, Т.Е. Заводова, К.В. Смагин, С.Ф. Дубинина, М.Ю. Семашко. Разработка перспективных конструкций радиопрозрачных боеприпасов. т. 2, 47 - 50 с.; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.
3. Е.А. Хмельников, А.В. Стыров. Решение основной задачи внутренней баллистики: Учеб. пособие по курсу «основы баллистики и аэродинамики». Нижний Тагил: ФКП «НТИИМ», 2017. 122с.

DEVELOPMENT OF THE CONSTRUCTION OF 120-MM "RADIO TRANSPARENT" AMMUNITION FOR THE "NONA-S" SYSTEM

Ilin S.S., Khmelnikov E. A., Smagin K. V., Zavodova T. E.

Ilin Semyon Sergeevich¹, student of Department of Special engineering, semen.ilin.97@mail.ru

Khmelnikov Evgeny Alexandrovich¹, doctor of technical Sciences, head of Department of Special engineering, khmelnikov7@gmail.com

Smagin Konstantin Vladimirovich¹, assistant of Department of Special engineering, smaginkv@gmail.com

Zavodova Tatiana Evgenievna¹, postgraduate student, head of laboratory of Department of Special engineering, zavodovat.e@gmail.com

¹Ural Federal University named after first President of Russia B. N. Yeltsin" Nizhny Tagil technological Institute (branch), 59 Krasnogvardeyskaya St., Nizhny Tagil, Russia, 622000

Abstract

A new concept of "radio-transparent" 120-mm ammunition was proposed, with the replacement of body materials with composite materials. The options for connecting the proposed power supply unit with the charging tube using shanks are considered.

Keywords

Radio-transparent ammunition, composite materials, shank.

УДК 623.4.021

ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЯ ВООРУЖЕНИЯ ОТ КАЧЕСТВА БОЕПРИПАСОВ

*Иньшин Юрий Юрьевич, доцент
Кононенко Николай Владимирович*

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

Иньшин Ю.Ю., e-mail inshin@list.ru

Кононенко Н.В., e-mail admin9020@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Новосибирское высшее военное командное училище, 630117, Россия, г. Новосибирск, ул. Иванова, 49, тел. Контактные телефоны: 89237081866; 89130698613.

Аннотация:

Данная статья рассматривает вопросы повышения эффективности стрелкового оружия и ее зависимость от качества боеприпасов.

Ключевые слова: эффективность, патрон, пуля, калибр

Эффективность огня из стрелкового оружия и особенно из снайперской винтовки зависит от ряда факторов:

- обученности стрелка;
- точности и эргономичности оружия;
- внешних условий, оказывающих влияние на меткость стрельбы (осадки, ветер, перепад температур);
- качества боеприпасов.

Специалисты отмечают достаточно высокое качество российских армейских патронов. К примеру, автоматный патрон 5,45-мм и пулеметный патрон 7,62-мм не требуют снайперской точности, и поэтому обеспечивают выполнение задач, которые перед ними стоят. К тому же промежуточный патрон 5,45x39 миллиметров по такой характеристике, как настильность, превосходит натовский малоимпульсный патрон калибра 5,56x45 миллиметров. Другое дело патрон 7,62x54 миллиметра предназначенный для ведения огня из снайперской винтовки. При выполнении огневых задач из снайперской винтовки повышаются требования к точности стрельбы и соответственно к качеству применяемых боеприпасов.

Самый популярный российский винтовочный патрон 7,62x54 R, был принят на вооружение еще в 1891 году одновременно с винтовкой Мосина. За эти годы под патрон 7,62x54 R разработаны десятки образцов стрелкового оружия.

Основным типом пули патрона 7,62x54 R является «пуля обыкновенная со стальным сердечником» (индекс ПС). Данная пуля имеет внутри штампованный стальной сердечник (отсюда и название), служащий для увеличения сопротивления пули деформации и улучшения пробивного действия.

В 1988 году пуля ПС была модифицирована: изменились и материал, и конструкция сердечника (индекс СТ-М 2). Новая пуля обладает гораздо большим бронебойным эффектом, что особенно важно при ведении огня по живым целям, имеющим средства индивидуальной бронезащиты (шлем, бронежилет).

Предшественником этих пуль является ныне уже не выпускающаяся промышленностью, но еще иногда встречающаяся на армейских складах легкая пуля образца 1908 года (индекс Л). Она имеет свинцовый сердечник, поэтому бронебойный эффект ее невелик; в хвостовой части имеется выемка для смещения центра тяжести к головной части пули, что улучшает устойчивость на траектории полета.

Также снята с производства тяжелая пуля образца 1930 года (индекс Д), состоящая из тех же элементов, что и легкая, но имеющая большую массу, большую длину и конусную хвостовую часть, уменьшающую сопротивляемость воздуха. Пуля «Д» была предназначена для повышения баллистических свойств оружия и расширения его тактических возможностей. Все эти патроны в первую очередь предназначены для стрельбы из пулемета.

Для стрельбы из снайперской винтовки одновременно с принятием на вооружение СВД (снайперской винтовки Драгунова) был разработан патрон со снайперской пулей 7Н1, которая при стандартной массе 9,6 г (столько же весят ПС и специальные пули – бронебойно-зажигательная и трассирующая) имела улучшенную баллистику за счет внутреннего устройства. В головной части снайперской пули под биметаллической оболочкой имеется экспансивная пустота, далее расположен стальной сердечник, а в хвостовой части находится емкость, залитая свинцом. Такая конструкция позволяла улучшить кучность стрельбы из СВД в 2-2,5 раза и соответственно повышалась эффективность стрельбы снайпера.

В дальнейшем для стрельбы из снайперской винтовки в 1999 году был разработан патрон 7Н14 с бронебойно трассирующей пулей с высокой точностью попадания. В первую очередь он предназначался для преодоления средств индивидуальной защиты солдат противника. Пуля 15,2 г со сплошной металлической оболочкой, суживающейся хвостовой частью и с бронебойным сердечником. Начальная скорость пули 830 м/сек, а траектория ее полета похожа на траекторию полета 7Н1. Пробивная способность данной пули значительно выше чем у 7Н1. Например, во время стрельбы по стальной пластине 10 мм толщиной с расстояния в 250 метров пуля патрона 7Н14

показала 100% результат, в то же время пуля патрона 7Н1 вообще не пробилла пластину.

Кроме того, для стрельбы из снайперской винтовки были разработаны еще и целевые патроны «Экстра» с высокой кучностью стрельбы. Благодаря большой массе (13г) пуля более устойчива на траектории и менее подвержена воздействию внешних факторов. Недостатком данного типа боеприпасов является низкая бронепробиваемость, вполне естественная для пуль, имеющих мягкий свинцовый сердечник.

Каковы же пути повышения эффективности снайперского огня.

При стрельбе из снайперской винтовки на дистанции до 400 м можно использовать все перечисленные выше боеприпасы, особенно если речь не идет о поражении особо важной цели – на таком расстоянии различия в баллистике патронов разных типов почти не сказываются.

При стрельбе на дистанциях до 800 м по обычным целям лучше всего использовать штатные снайперские патроны, принимая, однако, во внимание, что легкая пуля (9,6 г) достаточно сильно подвержена влиянию внешних неблагоприятных факторов.

При ведении огня на ранее указанных дистанциях по особо важным целям лучше использовать целевые патроны, но с оговоркой: до 400 м такая цель может быть поражена наверняка в голову, а на расстоянии до 800 м – в корпус, при условии, что она (цель) не снабжена бронежилетом.

Снайперская стрельба на расстоянии свыше 800 м малоэффективна. Однако для оказания психологического воздействия на военнослужащих противника снайперу бывает необходимо «установить присутствие» – сделать 1-2 достаточно точных выстрела по противнику. Для такой стрельбы лучше всего применять патроны образца 1930 года: пуля Д (дальнобойная) которая изначально создавалась для ведения огня по целям, удаленным свыше 1000 м.

Если снайпер вынужден стрелять патронами любого типа (как это чаще всего бывает), он должен сам произвести поштучный отбор и калибровку каждого из них. При этом главное внимание необходимо уделить поштучной калибровке пуль. Диаметр ведущей части пули должен превышать диаметр ствола на 0,21 - 0,23 мм. Если применять патроны, у которых разница в диаметрах по отношению к каналу ствола меньше этой величины, то пуля будет слишком свободно проходить, недостаточно врезаясь в нарезы, отчего рассеивание увеличится; если же пуля имеет завышенный калибр, то из-за трения ствол может сильно разогреваться, будут быстрее стираться грани нарезов, что приведет к преждевременному износу канала ствола. Калибровку лучше всего производить с помощью калибровочной планки, с рядом отверстий, каждое из которых отличается по диаметру от предыдущего на 0,01 мм.

В некоторых случаях, когда предстоит стрелять по важной цели, не имеющей бронежилета, довольно эффективной операцией может быть надрезание оболочки пули крест-накрест, но при условии, что пуля имеет только свинцовый сердечник (например, пуля Д или Л). Для такого же эффекта, но только при стрельбе на небольшие расстояния (100 - 150 м) можно стачивать

носик пули. Такая модификация пуль увеличивает их поражающий эффект, но и сильно ухудшает баллистические качества.

Перспективы дальнейшего развития вооружения в целом и снайперского оружия в частности напрямую связаны с созданием более качественных боеприпасов. Например, появление в НАТО нового боеприпаса 338 LAPUA MAGNUM (8,58x71) позволило создать практически новый класс снайперских винтовок, имеющих на дальности 1500 м скорость пули в 1,5 раза, а кинетическую энергию почти в 3 раза больше, чем у стандартного патрона 7,62x54. Причем разброс попаданий на этой дистанции не превышает 20 см.

В 1998 году в России была разработана и внедрена в производство бронебойно-трассирующая пуля 7БТ-1, заменившая трассирующий патрон 7Т2М.

В 1999 году в качестве стандарта был введен патрон 7Н26 который и по сей день остается главным для калибра 7.62x54R.

Результатом научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, проведенных отечественными оружейниками, стало то, что 7,62-мм патрон остается одним из самых распространенных в мире патронов подобного класса. Модернизация пуль к нему, проведенная в конце 20 и начале 21 века, позволила встать этому патрону в один ряд с наиболее лучшими западными аналогами.

Разработка высокоэффективных патронов, проведенная в последние годы, позволила значительно улучшить основные характеристики отечественного стрелкового оружия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. А.Б. Жук. Винтовки и автоматы. М.: Воениздат, 1987 г., с.186-195.
2. А.Б. Жук. Револютеры и пистолеты. М.: Воениздат, 1983 г., с.293-298.
3. Д.Н. Болотин. Советское стрелковое оружие. М.: Воениздат, 1990 г., с.5-0-54.

THE DEPENDENCE OF THE EFFICIENCY OF FIRE WEAPON FROM THE QUALITY OF AMMUNITION

Inshin Yuri, associate Professor

Kononenko Nikolay Vladimirovich

Novosibirsk higher military command school, 630117, Russia, Novosibirsk, ul.
Ivanov, 49

Inshin Yu. Yu., e-mail inshin@list.ru

Kononenko N. In. e-mail admin9020@gmail.com

Address for correspondence: Novosibirsk higher military command school,
630117, Russia, Novosibirsk, Ivanova street, 49, of telephone Contact numbers:
89237081866; 89130698613.

Annotation:

This article examines the issues of improving the effectiveness of small arms

and its dependence on the quality of ammunition.

Keywords: efficiency, cartridge, bullet, caliber

УДК623.4

ВЛИЯНИЕ АРТИЛЛЕРИИ НА РАЗВИТИЕ НАУКИ

*Квашнёв Александр Андреевич, студент; Милевский Константин
Евгеньевич, к.т.н., доцент*

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

Квашнёв А.А., email brasuni607@mail.ru

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

Аннотация. В данной статье рассматривается вопрос о влиянии артиллерии на развитие науки, как в мирной, так и в военной отрасли. Решение вопроса состоит из приведения различных примеров проблем в истории артиллерии и путей их решения, найденных учёными того времени. Приводятся такие примеры, как падение Константинополя, законы механики Галилея, появление взрывчатых веществ и развитие металлургии. После рассмотрения данных в статье примеров сделан вывод, что первостепенным всё же является технологическое развитие артиллерии, именно оно на протяжении веков подталкивало многих учёных в их научных изысканиях.

Ключевые слова: Технологии, баллистика, артиллерия, открытия, история.

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.

Выстрел артиллерийского орудия, как нам известно, является совокупностью большого количества различных физических процессов, протекающих на всех стадиях выстрела, начиная заряданием и горением порохов и заканчивая результативностью стрельбы. И, учитывая всё выше изложенное, можно сказать, что выстрел также является совокупностью работы тысяч учёных, как работавших над созданием и модернизацией артиллерийских орудий и боеприпасов, так и напрямую с ними не связанных.

Таким образом, можно заявить, что артиллерия является не только «богом войны», как однажды сказал Иосиф Виссарионович Сталин, но и «царицей наук», своеобразным двигателем прогресса, толкавшим учёных на новые открытия.

Первым действительно серьёзным испытанием для артиллерии 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 [1]. Все понимали, что война неизбежна и в это время на аудиенцию к императору Константину XI Палеологу попал прославленный инженер Урбан, предлагающий изготовить в достаточно короткие сроки новые стальные артиллерийские орудия, которые бы смогли переломить исход противостояния. История умалчивает о причинах отказа басилевса, толи это было слишком дорого, толи доверия этот мастер не вызывал, но как итог этот же мастер обратился к султану Мехмеду II и изготовил пушки уже для него [2]. В итоге Константинополь пал под огнём новых орудий и это была первая в истории действенная демонстрация силы артиллерии. Артиллерии навсегда перевернувшей мир.

Первым учёным, который решил изучить движение артиллерийских снарядов стал всем известный итальянский физик, механик, астроном, философ, математик и создатель основ современной механики Галилео Галилей. Основными его открытиями стали основы современной механики. Он утверждал, что скорость падения пропорциональна весу тела и что движение происходит, пока действует «побудительная причина» (сила), и в отсутствие силы прекращается. Последнее позволило в будущем изучить причину движения снаряда, вызванное пороховыми газами [3]. Также, наблюдая за артиллерией, Галилей сделал предположение, что любое тело, брошенное под углом к горизонту, движется по параболической траектории, а после и доказал это. В истории науки — это первая решённая задача динамики. В заключение исследования Галилей доказал, что максимальная дальность полёта брошенного тела достигается для угла броска 45° (ранее это предположение высказал Тарталья, который, однако, не смог его строго обосновать). На основе своей модели Галилей (ещё в Венеции) составил первые артиллерийские таблицы, которые стали прародителями современных таблиц стрельбы [4]. Также Галилей опроверг второй из приведённых законов Аристотеля, сформулировав первый закон механики (закон инерции): при отсутствии внешних сил тело либо покоится, либо равномерно движется. То, что мы называем инерцией, Галилей поэтически назвал «неистребимо запечатлённое движение» [5].

В конце первой четверти XIX века химики обратили внимание, что при обработке азотной кислотой ряда горючих материалов образуются соединения, обладающие взрывными свойствами. Были изобретены тринитробензол и нитронафталин (1825), тетранитроанилин (1826), нитрокрахмал (1833), пироксилин (1845) и наделавший столько шума в мире взрывчаток нитроглицерин (1847) [6]. В 1863 году немецкий химик Йозеф Вильбрандт, изучавший свойства толуола (побочный продукт коксования угля или крекинга нефти), обработал его азотной кислотой. При этом образовалось

несколько нитросоединений толуола, среди которых был и тринитротолуол. Поначалу на новое вещество никто не обратил особого внимания, поскольку оно терялось среди получаемых с помощью этого же процесса мононитротолуолов и динитротолуолов. Впрочем, его способность взрываться не вызывала сомнений, хотя едва ли не все вещества, содержащие в себе углерод и водород, способны гореть, а обработанные азотной кислотой — взрываться. И только в начале XX века крупнейший немецкий химик, специалист в области взрывчаток Генрих Каст занялся исследованиями именно тринитротолуола. Он обратил внимание на то, что процесс изготовления тринитротолуола не содержит опасных по взрыву этапов. Уже одно это выгодно отличало его от других взрывчатых веществ: всей Европе были памятны многочисленные страшные взрывы фабрик, производивших нитроглицерин, да и производство пироксилина до того времени, пока гений Менделеева не укротил буйный нрав этой нитроклетчатки спиртом, было немногим безопаснее [7]. Каст получает желто-коричневые чешуйки тринитротолуола (ТНТ), причем это вещество отличается настолько мирным нравом, что многие даже сомневаются в его способности взрываться. Удары тяжелым молотком приводят лишь к тому, что чешуйки рассыпаются в порошок. Огонь производит на ТНТ не больше впечатления, чем на сосновые дрова: ТНТ горит медленным желтым коптящим пламенем, которое никогда не переходит во взрыв. Пытались стрелять в мешки с тринитротолуолом из винтовок: бесполезно, из мешков лишь летела мелкая пыль. Единственным способом разбудить дремлющего в ТНТ дьявола был взрыв. Чтобы он показал свой нрав во всей красе, нужно было взорвать что-нибудь уложенное вплотную к массе этого ленивца (например, мелинитовую шашку). Эксперименты показали, что если чешуйчатый тринитротолуол размолоть в порошок или спрессовать, то он надежно взрывается от нобелевского капсюля-детонатора №8, сохраняя при этом во всем остальном свой покладистый нрав. Это изобретение предзнаменовало новую эпоху артиллерии, эпоху разрывных и осколочных снарядов.

Это далеко не все примеры того, как необходимость постоянно развивать артиллерию, наращивать военную мощь приводили к великим открытиям: развитие металлургии, радиосвязи, описание кумуляции, теория вероятности, аэродинамика и многие другие области науки развивались благодаря военным и артиллерии в частности. Большинство из того, что было создано, казалось бы, только для артиллерии и войны, нашло своё применение и в мирной жизни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рансимен С.* Падение Константинополя в 1453 году. — М.: Наука, 1983.
2. *Runciman, Steven.* The Fall of Constantinople, 1453. — Cambridge University Press, 1990. — ISBN 9780521398329., pp.79-80
3. Ахутин А. В. История принципов физического эксперимента от античности до XVII в. — М.: Наука, 1976.

4. *Оррит, Роджер Корхо.* Природа описывается формулами. Галилей. Научный метод // Наука. Величайшие теории. — М.: Де Агостини, 2015. — Вып. 9.
5. *Ишлинский А. Ю.* Галилео Галилей // Механика: идеи, задачи, приложения. — М.: Наука, 1985. — С. 509—522А. Верин. Опыт Фуко. — Г.Т.Т.И. — 1934. — 100 с., рис., черт.
6. *Орлова Е. Ю.* Химия и технология бризантных взрывчатых веществ. Учебник для вузов. — Изд. 3-е, перераб. — Л.: Химия, ленинградское отделение, 1981. — 312 с.
7. Летопись жизни и деятельности Д. И. Менделеева / Авторы: Р. Б. Добротин, Н. Г. Карпило, Л. С. Керова, Д. Н. Трифонов; Отв. ред. А. В. Сторонкин; Рецензенты: Р. Г. Гребенщиков, В. И. Кузнецов, Ю. Б. Соловьёв; Академия наук СССР. Секция химико-технологических биологических наук. — Л.: Наука, 1984. — 532 с.
8. Квашнёв А. А. Влияние науки на развитие артиллерии / А. А. Квашнёв, Р. И. Егоров, К. Е. Милевский // Наука. Технологии. Инновации : сб. науч. тр. : в 9 ч., Новосибирск, 3–7 дек. 2018 г. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2018. – Ч. 9. – С. 115–119. - 100 экз.

THE INFLUENCE OF ARTILLERY ON THE DEVELOPMENT OF SCIENCE

Kvashnev Alexandr Andreevich, student; Milevskiy Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate Professor

Novosibirsk state technical University, Russia, 630073, Novosibirsk, Karl Marx Avenue, 20.

Kvashnev A.A., email brasuni607@mail.ru

Milevskiy K.E., email milevskij@corp.nstu.ru

Abstract. This article examines the question of the impact of artillery on the development of science, both in the peaceful and military branches. The solution to the issue consists of giving various examples of problems in the history of artillery and ways to solve them, found by scientists of that time. Examples are given such as the fall of Constantinople, Galileo's laws of mechanics, the appearance of explosives and the development of metallurgy. After considering the examples given in the article, it was concluded that the technological development of artillery is still paramount, it was this that, over the centuries, pushed many scientists in their scientific research.

Keywords: Technologies, ballistics, artillery, discover, history.

АНАЛИЗ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ ОТ ПРОТИВОТАНКОВЫХ СРЕДСТВ

*Комендантов Артемий Павлович, курсант,
Самойлов Леонид Александрович, доцент*

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

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

Самойлов Л.А., e-mail lenya.samoylov.1958@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 защиты бронетанкового вооружения от противотанковых средств, сфера их применения, особенно с учетом совершенствования существующих средств поражения. В ходе исследования предложены выводы о том, что применение комплексирования способов защиты объектов бронетанкового вооружения от противотанковых средств снизит вероятность поражения цели и повысит живучесть на поле боя.

Ключевые слова: ПТС, ОБТВ, комплексирование, КАЗ, динамическая защита.

Процесс совершенствования противотанковых средств (ПТС) идет непрерывно. Они становятся точнее и поражают технику в наиболее уязвимые зоны. Постановка на вооружение нового поколения ПТС, работающих по принципу «выстрелил и забыл» («fire-and-forget»), создала ситуацию, при которой решить задачу традиционными методами контактной защиты, предполагающими встречу боеприпаса с объектом бронетанкового вооружения, крайне проблематично. Сам факт такого контакта со значительной вероятностью означает выход объекта из строя. [1].

Понимание необходимости предотвращения самого факта попадания боеприпаса в бронеобъект обусловило проведение исследований по созданию систем неконтактной защиты, действующих на этапах разведки цели ПТС и наведения боеприпасов на неё. Начался новый высокотехнологичный этап соревнования между средствами нападения и защиты.

Последние десятилетия характеризуются значительным расширением разновидностей используемых приборов разведки и наблюдения, а также высокоточного управляемого оружия, сенсорные устройства которых чувствительны на излучения различного рода. Логичным ответом на это со стороны конструкторов средств защиты стал поиск новых путей снижения

заметности машин. Ключевое назначение средств снижения заметности (ССЗ) на бронеобъекте – замаскировать объект и уменьшить расстояние, с которого можно его обнаружить в различных диапазонах обнаружения: тепловом, радиолокационном, акустическом.

Маскировка элементов ходовой части может обеспечиваться за счет экранирования удлиненными фальшбортами, также применяется теплоизоляция наружных поверхностей опорных катков или их защита с помощью специальных экранов.

Уменьшить тепловой контраст корпуса и башни можно их экранированием наружным навесным оборудованием (тонкостенными металлическими ящиками с ЗИП и инструментами) либо установкой специально разработанных для этой цели экранов на эластичной тканевой основе.

Одним из способов снижения заметности в радиолокационном диапазоне является максимально возможное исключение из архитектуры машины отражателей с широкой диаграммой обратного рассеивания (ДОР). Практическая реализация данного способа состоит в формировании поверхности объекта из плоских протяженных наклонных листов, находящихся под таким наклоном, под которым луч локатора будет отражаться в сторону от него. Такой способ снижения заметности применён, например, на перспективных объектах защиты.

Существенное снижение высокочастотных акустических составляющих было достигнуто внедрением резино - металлических гусениц повышенной износостойкости.

Эффективная неконтактная защита танка в большинстве случаев возможна только при наличии информации об атаке ПТС. Способ защиты определяется характером атаки и типом атакующего средства. Задача информационного обеспечения защиты от атакующих ПТС достаточно сложна из-за различного устройства средств нападения и способов их наведения. Только комплексирование даёт возможность обеспечить необходимый для эффективной защиты поток информации.

Так, например, аппаратура индикации лазерного облучения регистрирует прямое лазерное облучение танка и выявляет лазерное дальнометрирование или наведение ПТУР, аппаратура регистрации радиолокационного облучения регистрирует радиолокационное облучение объекта и выявляет угрозу обнаружения, либо наведение оружия на защищаемый объект, а также имеются пеленгаторы момента атаки и тепловизоры, фиксирующие вспышки выстрелов и работу двигателя ПТУР

Аппаратура индикации лазерного излучения первого поколения была принята на вооружение в составе комплекса оптико-электронного противодействия (КОЭП) Штора-1. Приемные головки ТШУ-1-11 регистрируют излучение для прицельного отстрела аэрозольобразующей гранаты в направлении источника подсвета и полуавтоматического разворота башни так, чтобы потенциальная цель оказалась в центральной зоне прицела наводчика танка.

Тенденции развития ПТС подтверждают, что аппаратура индикации лазерного излучения может считаться обязательным опорным элементом комплекса защиты ОБТВ и ее совершенствованию должно уделяться пристальное внимание.

Используемые на объектах боевой техники радиоустройства выполняют целый ряд функций. Можно перечислить основные: обнаружение и дальнометрирование цели, наведение оружия, навигация, активная защита, распознавание «свой-чужой», связь и информационный обмен. Их регистрация дает возможность уверенно выработать признак угрозы атаки.

Развитие ПТС до уровня, при котором объекты становятся неспособны выдерживать прямое столкновение с боеприпасом стало причиной разработки устройств активного типа, обеспечивающих поражение ПТС на траектории его полета. Эти устройства танкостроении получили название комплексов активной защиты (КАЗ).

К КАЗ относим технические системы, предназначенные для силового воздействия на подлетающий к объекту боеприпас с целью предотвратить его попадание в цель или хотя бы ослабить последствия такого попадания. Эта цель достигается за счет разрушения либо инициирования преждевременного срабатывания боевой части боеприпаса (ПТУР, снаряда, гранаты РПГ), а также в изменении кинематических параметров пенетратора (БПС, ПТУР типа LOSAT).

Добиться эффекта воздействия можно при выполнении двух условий. Во-первых, должна быть обеспечена жесткая синхронизация момента подлета атакующего боеприпаса со встречным запуском и подрывом защитного контрбоеприпаса. Во-вторых, сам уровень силового воздействия при подрыве контрбоеприпаса должен быть достаточен для достижения эффекта защиты.

Обеспечить выполнение первого условия помогает введение в состав КАЗ средств обнаружения, второго — конструкция боевой части контрбоеприпаса. [5] Динамическая защита использует энергию взрыва для воздействия на атакующий боеприпас, достигший цели. Установленный поверх брони плоский металлический контейнер содержит слой взрывчатого вещества и закрыт броневой крышкой. При ударе атакующего боеприпаса в крышку контейнера встречным подрывом его содержимого она выбрасывается навстречу. Это приводит к расфокусировке кумулятивной струи и ослаблению ее действия на броню. Разработаны образцы многослойных контейнеров, которые могут противодействовать тандемным кумулятивным боеприпасам. Существуют разработки, в которых подрыв заряда контейнера и выброс крышки происходят превентивно еще до контакта с боеприпасом по сигналам датчиков его подлета, т. е. появляется полная аналогия КАЗ. [6]

Особенностью ведения боевых действий в городских условиях является широкое применение противником ручных противотанковых гранатометов на близкой дистанции, бутылок с зажигательной смесью и противотанковых гранат, так как при проходе улиц техника может быть атакована из любого здания различными ПТС.

Боевые действия в Сирийской Арабской Республике показали новые требования, выдвигаемые к бронетехнике, которая участвует в штурмовых действиях в городских кварталах, в первую очередь эти требования касались ее защиты.

В попытках усилить защищенность своей бронетехники сирийские экипажи создали множество самодельных доработок техники, в основу которых входили различные защитные экраны. По мнению экипажей боевых машин, данные экраны должны были защищать бронетехнику от противотанковых ракет. Но стоит сразу сказать, что основной процент «экранированной» техники составляли боевые машины, не имевшие блоков динамической защиты вообще, поэтому их защита от современного противотанкового оружия была минимальна.

Весьма любопытный опыт улучшения бронетехники был продемонстрирован в современных конфликтах. Улучшали защиту своих ОБТВ путем установки решеток для защиты моторно-трансмиссионного отделения. (Рис. 1)



Рис 1. Объекты бронетанкового вооружения с навесной защитой

В то же время усилением бронетехники для боев в городе занимаются и в других государствах. Еще в 2006 году после активных боевых действий в Ираке в США была разработана защита основного боевого танка «Абрамс» на случай городских боев. Данная модификация получила название TUSK: Tank Urban Survival Kit – «Танковый набор для выживания в городе». На танк устанавливались блоки динамической защиты ARAT-2, кормовая часть прикрывалась решетчатыми экранами. Получила дополнительное противоминное бронирование и нижняя часть «Абрамса».

Оценка комплексов активной защиты, разработанных различными государствами, даёт понять, что большинство государств рассматривают не контактную, а именно активную защиту, как основное, на данный момент, направление в развитии защиты объектов бронетанкового вооружения. Это обусловлено интенсивным развитием противотанковых средств, основная часть которых является управляемыми. Их выявление и нейтрализация являются

обязательными, так как прямой контакт брони ОБТВ с кумулятивной или подкалиберной боевой частью современных ПТС, в большинстве случаев, закончится выходом объекта из строя или полным её уничтожением.

Таким образом многообразие имеющихся в современном бою ПТС обуславливает острую необходимость комплексирования способов и средств защиты ОБТВ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

- 1) Воробьев И.Н., Киселев В.А. Высокоточное сражение // Военная мысль, 2006. №11. С. 15-18.
- 2) Тарасенко А. Комплексная защита бронетанковой техники. // Техника и вооружение вчера, сегодня завтра. 2007. №3. С. 34-38.
- 3) Борисов Е.Г., Королев В.О., Усс В.С. Основные положения методологии обоснования состава, ТТХ и способов боевого применения комплексов индивидуальной и групповой защиты // Труды девятой всероссийской научно-практической конференции «Актуальные проблемы защиты и безопасности». Т. 3. Бронетанковая техника и вооружение. СПб.: НПО Специальных материалов, 2007. С. 125-130.
- 4) Донсков Ю.Е., Татарчуков В.А. Защита тактических формирований в операции: методический аспект // Военная мысль. 2006. №4 С. 42.
- 5) Гуменюк Г.А., Евдокимов В.И., Андрющенко М.С. Неконтактная защита боевой техники // С-П. 2009 С. 75.
- 6) Тарасенко А., Чепков И. Основные направления развития защитных устройств динамического типа // Техника и вооружение вчера, сегодня завтра. 2007. №5. С. 14-19. №7. С. 17-22.

ANALYSIS AND DEVELOPMENT TRENDS OF MEANS OF PROTECTING OBJECTS OF ARMORED WEAPONS FROM ANTI-TANK WEAPONS

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

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

Komendantov A. P. e-mail artemkom26@mail.ru
Samoilov L.A. e-mail lenya.samoylov.1958@mail.ru

Address for correspondance: *Samoilov Leonid Alexandrovich*
Novosibirsk higher military command school, 630117, Russia, Novosibirsk, Ivanova,
49, tel. 8(383)332-50-45

Abstract: The article describes the main directions of protection of armored weapons from anti-tank weapons, their scope especially taking into account the improvement of existing weapons

Keywords: PTS, OBTV, aggregation, KAZ, dynamic protection.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРУЖИЯ НЕЛЕТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

*Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н, доцент, Мезенцев Никита
Владимирович, Морозов Максим Анатольевич*

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

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

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

Морозов М.А., email maksimka_morozov_1997@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается вопрос об оружии нелетального действия (ОНД), как средстве для подавления человеческих масс, исключая смертельное поражение и перспективам его развития. В работе рассказывается, что такое оружие нелетального действия, когда и при каких условиях появилась необходимость в их применении и разработке. Определяются основные вопросы, возникающие при проектировании оружия нелетального действия. Рассматриваются новые решения в области оружия нелетального действия за последнее десятилетие, основанные на применении химических веществ для поражения органов зрения, кинетического нелетального поражения цели и оружейного модуля нелетального действия способного обеспечивать органолептическое поражение цели.

Ключевые слова

Нелетальное действие; патрон; нейтрализация; воздействие; оружие; суспензия.

1. Введение

В связи с увеличившимся количеством массовых беспорядков и террористических актов особо остро стоит вопрос о нейтрализации людей. Ставится задача подавлять беспорядки, но при этом не должно пострадать здоровье участников беспорядков. Для решения этой проблемы идеально подходит оружие нелетального действия.

Начиная с 90-х годов прошлого века, в странах с развитыми военными технологиями появились идеи о создании спецсредств обеспечивающих поражение противника без нанесения излишних потерь и увечий. Такие идеи появились, с одной стороны, из этических соображений, так как человеческая жизнь является бесценной и с другой из-за того, что обеспечивать восстановление здоровья человека очень дорого для государства. Такие средства получили название оружие нелетального действия[1][2].

Сегодня проблеме разработки и применения ОНД уделяется особое внимание, как на государственном уровне, так и на уровне частных компаний и институтов.

При применении ОНД ставятся вопросы способ доставки поражающего

снаряжения и гибкость его использования, как способа воздействия поражающего элемента на человека.

2. Патентный обзор

Рассмотрим один из широко применяемых способов доставки, который осуществляется без применения канала ствола, как такового. Так, известно изобретение в виде патрона (патент № 2 492 409, Россия, МПК F42В 5/145 “ПАТРОН СВЕТОЗВУКОВОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ БЕССТВОЛЬНОГО. (рис. 1)[3].

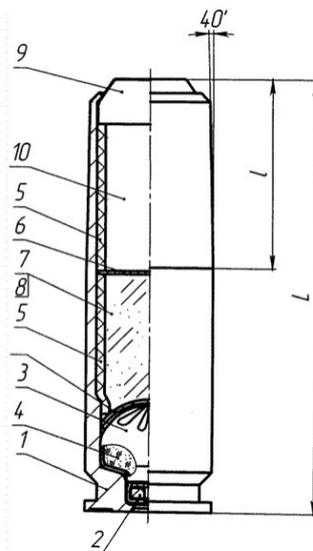


Рис. 1. ПАТРОН СВЕТОЗВУКОВОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ БЕССТВОЛЬНОГО ОРУЖИЯ: 1 – гильза; 2- капсюль-воспламенитель; 3 – газогенератор; 4- метательный заряд; 5 - картонная обечайка; 6 – поперечина; 7- функциональное снаряжение; 8- алюминиевый порошок навески; 9 – заглушка; 10- ревербератор

При выстреле импульсом с электроконтакта пистолета инициируется капсюль-воспламенитель, флорсом пламени которого воспламеняется пиротехнический заряд газогенератора. От повышения давления внутри газогенератора его закатка раскрывается для выхода горячих газообразных продуктов горения пиротехнического заряда, которыми поджигается в объеме мелкодисперсный алюминиевый порошок навески функционального снаряжения, локализованного в камере. При этом поперечина сгорает, освобождая проход аэрозольному образованию, включающему дисперсную фазу раскаленных диспергированных частиц алюминиевого порошка.

На дульном срезе гильзы образуется скачок уплотнения, создающий звуковое давление до 145 дБ. Генерированный аэрозольный поток, расширяясь в свободном воздушном объеме, образует облако с распределенными ярко светящимися излучателями силой света 5-7 млн. кд.

Отличительной характеристикой данного патрона является то, что его применение может быть реализовано как для нейтрализации одного человека, так и для небольшой группы людей, вместе с этим уменьшаются необходимая точность попадания, поскольку вместо поражения точечной цели, поражается пространство вблизи срабатывания патрона. Так же положительной чертой изобретения является существование оружия для его

применения.

В отличие от предыдущего изобретения, патрон (патент №189 193, Россия, МПК F42В 5/02 “ПАТРОН ДЛЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ”) поражает цель за счет физического воздействия (кинетической энергии)(рис. 2) [4].

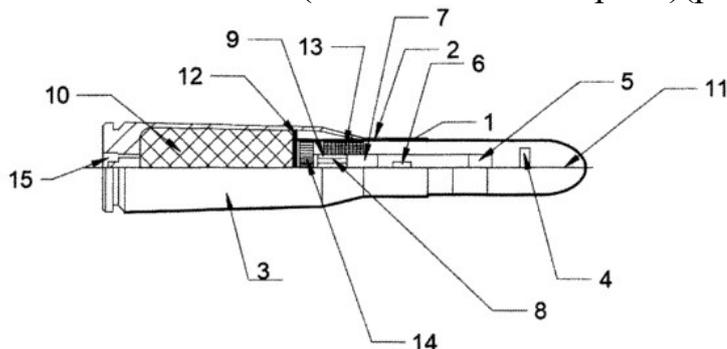


Рис. 2. ПАТРОН ДЛЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ: 1- металлическое дульце; 2 – скат; 3 – гильза; 4- лазерный дальномер; 5 – детонатор; 6-электронный модуль; 7- электромагнитный генератор; 8 – втулка; 9- ударно-волновая трубка; 10- пироксилиновый пороховой заряд; 11- оболочки пули; 12- свинцовая перегородка; 13- стальные стропы; 14 – парашют; 15-капсюль

Капсюль приводит к воспламенению порохового заряда и вылету пули из канала ствола, после вылета из канала ствола срабатывает лазерный дальномер, который определяет расстояние до цели и передает сигнал на электронный модуль, который рассчитывает и задает время задержки пули, после истечения времени задержки срабатывает электромагнитный генератор, который передает электрический разряд на ударно-волновую трубку. Ударно-волновая трубка срабатывает и перемещаясь совместно со втулкой под нагрузкой выбивает свинцовую перегородку, которая за счет эксцентриситета отклоняется от траектории пули, и освобождает пространство за дном пули для выхода парашюта. Парашют раскрывается, создавая тормозной эффект, скорость пули резко падает и происходит безтравматическое поражение цели. Основными преимуществами данного патрона являются его точность попадания и возможность применения на больших дистанциях, но он является недостаточно безопасным, поскольку содержит чувствительные устройства, которые при выходе их из строя могут привести к летальному исходу.

Известно изобретение (патент №2 673 829, Россия, МПК F42В 5/145 “ОРУЖЕЙНЫЙ МОДУЛЬ И КАРТРИДЖ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ”), которое относится к оружейным модулям, оснащаемым сменными картриджами специального назначения для временного поражения живой цели (рис. 3) [5].

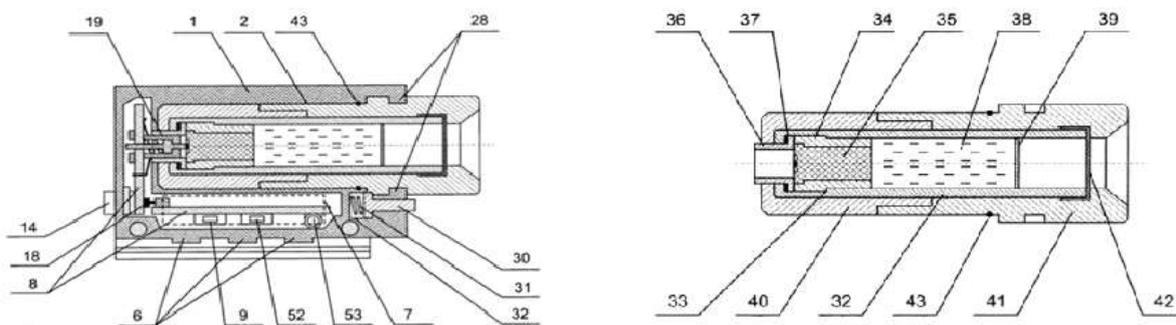


Рис. 3. ОРУЖЕЙНЫЙ МОДУЛЬ И КАРТРИДЖ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ:
 1-корпус, 2-гнездо, 3-элемент механизма крепления, 4-подвижная поверхность, 5-винты, 6-выступы, 7-источник питания, 8-электронный блок, 9-кнопка, 10-пусковая клавиша, 11-панель управления, 12-предохранитель, 13-индикатор, 14, 15-разъемы, 16-кабель, 17-нажимная клавиша, 18-разъём, 19-контактная группа, 20-поджимной контакт, 21-поджимная пружина, 22-корпус, 23-плоской пружина, 24-плата, 25-картридж, 26-поверхность, 27-байонетный замок, 28-байонетный замок, 29-поверхность, 30-фиксатор, 31-пружина, 32-место для установки фиксатора, 33-проточка, 34-держатель, 35-капсюли-воспламенитель, 36-стопорный элемент, 37-уплотнение, 38-снаряжение, 39-обтюратор, 40-корпус, 41-фланец, 42-мембрана, 43-уплотнительное кольцо, 44-обтюратор, 45-уплотнение, 46-снаряжение, 47-сопловая насадка, 48-уплотнение, 49-пробка, 50-поверхность с ослабленным сечением, 51-центральный контакт, 52-кнопка, 53-светодиодный излучатель

Оружейный модуль устанавливают на оружейный кронштейн на монтажную рейку Пикатинни при помощи винтов, патроны устанавливают в гнезда. В результате плоская пружина посредством стопора коммутируется с корпусом капсюля-воспламенителя, а поджимной контакт коммутируется с центральным контактом капсюля-воспламенителя.

Нажатие на клавишу подает импульс тока на первый из установленных патронов. Импульс тока подается на контактную группу, передающую импульс тока на электровоспламенитель.

Второе нажатие на клавишу подает импульс тока на второй из установленных патронов. В том случае, если оружейный модуль содержит более одного патрона, электронный блок может быть разработан с функцией проверки готовности патрона к иницированию и в случае его неготовности или отсутствия, подавать импульс тока на другое гнездо, т.е. иницировать следующий патрон.

Данное изобретение отвечает широкому спектру эксплуатационных требований к современным ОНД:

эффективность стрельбы, надежность, безопасность в обращении, удобство обслуживания, простоту содержания и гибкость использования.

3. Выводы

В ходе выполнения патентного обзора можно выделить следующие тенденции развития оружия нелетального действия: во-первых создаются патроны нелетального действия, конструируемые для оружия уже находящегося в арсенале органов правопорядка и во-вторых ведётся разработка модулей являющихся средством доставки боеприпасов нелетального действия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оружие нелетального действия: учебник для высших учебных заведений / В. В. Селиванов, Д.П. Левин. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 356, [4] с.
2. Мезенцев Никита Владимирович, Милевский Константин Евгеньевич Ирританты – как средства снаряжения боеприпасов нелетального действия Наука Промышленность Оборона: труды XX Всероссийской научно-технической конференции: 2 т. / коллектив авторов; под редакцией С.Д. Саленко. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.
3. ПатентRU2 492409 С1 Российская федерация. ПАТРОН СВЕТОЗВУКОВОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯБЕССТВОЛЬНОГООРУЖИЯ/ Варёных Николай Михайлович, Вагонов Сергей Николаевич, Букин Никита Геннадьевич, Самойлова Галина Петровна; заявл. 21.05.2012; опубл. 10.09.2013 Бюл. № 25.
4. Патент RU 189 193 U1 Российская федерация. ПАТРОН ДЛЯ СТРЕЛКОВОГО ОРУЖИЯ / Гуськов Анатолий Васильевич, Милевский Константин Евгеньевич, Шарков Александр Валерьевич, Ткачев Александр Андреевич, Заруев Антон Антонович, Лех Дмитрий Юрьевич. заявл. 05.04.2018; опубл. 15.05.2019 Бюл. № 14.
5. Патент RU 2 673 829 С1 Российская федерация. ОРУЖЕЙНЫЙ МОДУЛЬ И КАРТРИДЖ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ/ Гусев Семен Валентинович; заявл. 14.03.2017; опубл. 30.11.2018 Бюл. № 34.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF NON-LETHAL WEAPONS

Milevsky Konstantin Evgenievich, Ph.D., associate professor, Mezentsev Nikita Vladimirovich, Morozov Maxim Anatolyevich

*Anatoly Vasilyevich Guskov*D.Sc. (Engineering), Associate Professor,e-mail a.guskov@corp.nstu.ru

MezentsevNikita Vladimirovich, student e-mail mezencev.2017@stud.nstu.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 focuses on non-lethal weapons (NLE) as a means of suppressing human masses, excluding lethal defeat and the prospects for its development. The paper describes what non-lethal weapons are, when and under what conditions their use and development became necessary. The main issues arising in the design of non-lethal weapons are identified. New non-lethal weapon solutions for the last decade are considered. They are based on the use of chemicals to damage the visual organs, kinetic non-lethal target lesions and the non-lethal weapon module capable of providing organoleptic target lesions.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛОГАБАРИТНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ

*Цыбрий Алексей Игоревич, студент; Назаров Сергей Сергеевич, студент;
Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н, доцент.*

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

Цыбрий А.И., e-mail Kitabateik@gmail.com

Назаров С.С., e-mail nazarov.s.2000@mail.ru

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

Аннотация

В данной статье рассмотрены основные методы противодействия малогабаритным беспилотным летательным аппаратам. Установлены перспективные направления развития средств борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами.

Ключевые слова: Противодействие БПЛА, малогабаритный, беспилотный.

Введение

В современных армиях ведущих стран, ввиду дешевизны производства и простоты использования пристальное внимание уделяется вопросам разработки и применения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в локальных боевых действиях в качестве средств разведки и наблюдения, а иногда и в качестве средств нападения. Также все чаще и чаще БПЛА применяются контрабандистами.

Наряду с этим увеличивается и количество средств борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами.

На данный момент кроме прямого физического поражения кинетическим оружием существует несколько способов (средств) противодействия и борьбы с БПЛА:

1. Акустический удар. Повреждает бортовой гироскоп БПЛА, посредством резонанса его механической части.
2. Микроволновый. Направленное СВЧ излучение уничтожает электронику БПЛА.
3. Лазерные.
4. Дроны-перехватчики.
5. Радиоэлектронные средства. Это Системы обнаружения, перехвата управления, постановки помех в управлении и т.д.
6. Сети - ловушки.

К последним можно отнести средства установки физических преград или пассивные системы защиты, препятствующие проникновению БПЛА на подконтрольную территорию. Примером такого устройства может служить

устройство, описываемое в патенте RU191 584U1.

В неактивном состоянии система содержит закрытый крышкой контейнер, внутри которого находятся спрессованные воздушные шары, наполненные лёгким газом. Крышка соединена с контейнером с помощью средства отсоединения. Остаточное пространство контейнера наполнено под давлением тем же газом, что и воздушные шары.

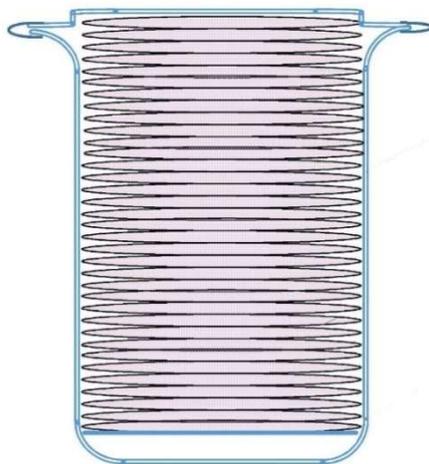


Рис.1. Чертеж патент RU191584U1 (до активации)

В процессе активации крышка отсоединяется от контейнера и отлетает в сторону за счет давления газа, находящегося внутри воздушных шаров, а также внутри остаточного пространства контейнера. Воздушные шары, соединённые с контейнером нитью, вылетают из контейнера наружу и формируют в воздушном пространстве завесу, препятствующую пролету беспилотных летательных аппаратов на контролируемую территорию [3].

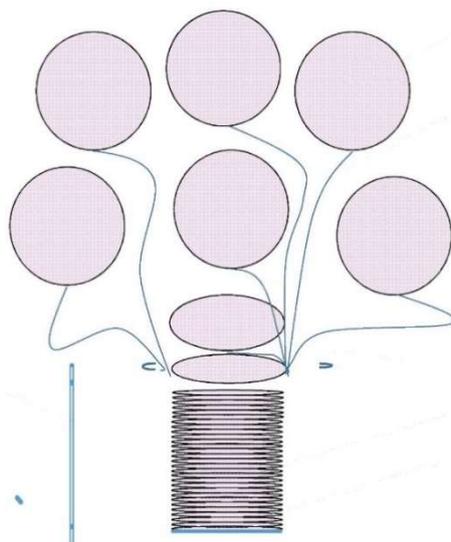


Рис.2. Принцип работы системы противодействия беспилотным летательным аппаратам патент RU191584U1.

Также широко применяется захват малогабаритного беспилотного летательного аппарата.

К устройствам такого типа можно отнести, например, устройство, описанное в патенте RU72754U1. Сущность, которого заключается в том, что основным элементом устройства борьбы с дистанционно пилотируемыми (беспилотными) летательными аппаратами является сеть-ловушка, размещенная в контейнере. К краям сети на киперных лентах крепятся грузила. Ловушка доставляется в район нахождения БПЛА с помощью устройства доставки (например, ракеты), где наводится на БПЛА с помощью устройства наведения. Затем сеть-ловушка с грузилами отстреливается в сторону цели. При этом грузила растягивают сеть-ловушку, обеспечивая накрытие БПЛА [2].

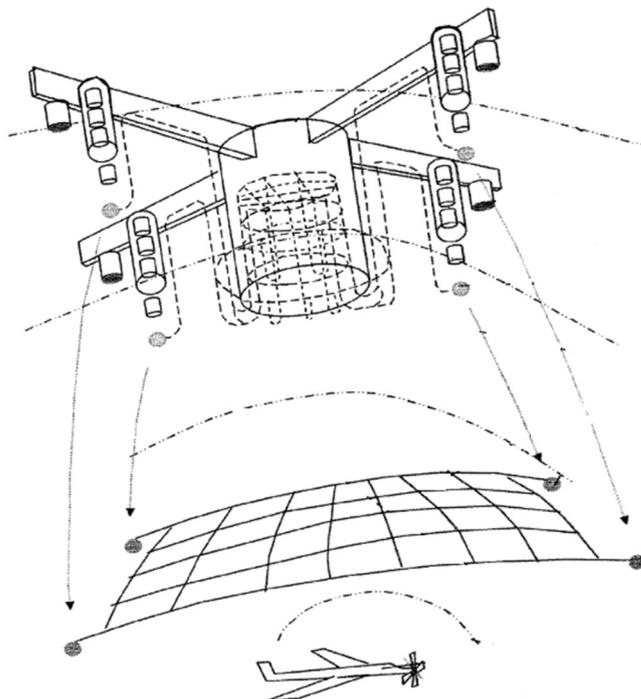


Рис.3. Устройство борьбы с дистанционно пилотируемыми (беспилотными) летательными аппаратами патент RU72754U1.

Устройство схожего действия Патент RU185 949U1 от 08.10.2018 г., состоит из ракеты с блоком наведения, доставляющей в район нахождения БПЛА контейнер с размещенной в нем в сложенном состоянии сетью-ловушкой с прикрепленными по углам сети грузами, растягивающими данную сеть-ловушку, обеспечивая тем самым накрытие и захват БПЛА. Контейнер размещен в носовой закрытой сбрасываемым обтекателем части ракеты. Сзади контейнера размещены блок метания сети и блок управления запуском. Блок метания сети содержит взрывную камеру с метательным зарядом и воспламенителем, связанным с блоком управления запуском [1].

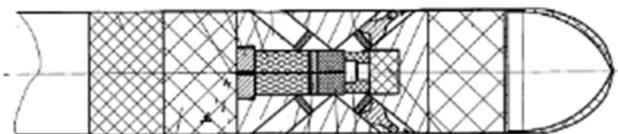


Рис.4. Устройство борьбы с беспилотными летательными аппаратами патент RU185 949U1.

Выводы

На данный момент существует большое количество средств противодействия БПЛА различного уровня сложности конструкций и принципов воздействия, в основе которых лежит электронная система управления, что делает средства противодействия уязвимыми к применению радиоэлектронной борьбы. Следовательно, по нашему мнению, перспективным направлением может быть создание не дорогих и простых в эксплуатации средств противодействия БПЛА не восприимчивых к средствам радиоэлектронной борьбы, таких как сеть- ловушка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент RU 72754 U1, МПК F41H 13/00 (2006.01), F41H 11/04 (2006.01), B64D 1/00 (2006.01) Российская Федерация. УСТРОЙСТВО БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ / Нескин Алексей Георгиевич, Бзыта Виктор Иванович, Зеленев Александр Николаевич, Соколов Михаил Львович, Подгорнов Владимир Аминович, Кипкаев Алексей Евгеньевич - № 2018131051/03, заявл. 08.10.2018; опубл. 25.12.2018 Бюл. № 36.
2. Патент RU 72754 U1, МПК F42C 1/06 (2006.01) F41H 13/00 (2006.01), РФ. УСТРОЙСТВО БОРЬБЫ С ДИСТАНЦИОННО ПИЛОТИРУЕМЫМИ (БЕСПИЛОТНЫМИ) ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ. / Пархоменко Александр Васильевич, Молохина Лариса Аркадьевна, Пушкин Валерий Александрович, Устинов Евгений Михайлович, Беляков Владимир Андреевич, Шишков Сергей Викторович . - № 2007139175/22, заявл. 22.10.2007; опубл. 24.04.2008 Бюл. № 12.
3. Патент RU 191584 U1, МПК F41H 11/00 (2006.01), РФ. Система противодействия беспилотным летательным аппаратам / Петричкович Ярослав Ярославович, Иванченко Сергей Тимофеевич, Пименов Андрей Владимирович. - № 2019110370, заявл. 08.04.2019; опубл. 13.08.2019 Бюл. № 23.

Promising means of countering small-sized unmanned aerial vehicles

*Tsybri Alexey Igorevich, student; Nazarov Sergey Sergeevich, student;
Milevsky Konstantin Evgenyevich, candidate of technical Sciences, associate
Professor.*

Novosibirsk state technical University, 20 Karl Marx Ave., Novosibirsk, 630073,
Russia

Tsybri A. I., e-mail Kitabateik@gmail.com

S. S. Nazarov, e-mail nazarov.s.2000@mail.ru

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

Abstract. This article discusses the main methods of countering small-sized unmanned aerial vehicles. Perspective directions of development of means of fight against small-sized unmanned aerial vehicles are established.

Keyword. Countering UAVs, small-sized, unmanned.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ РЕАКЦИИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ВМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

аспирант; Сидорчев Николай Владимирович¹, аспирант; Сидорчев Андрей Владимирович¹, аспирант; Журавлева Елена Сергеевна¹, студент; Орлов Михаил Александрович¹,

¹Самарский государственный технический университет 443100, Россия г.

Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Сидорчев Н.В., email sidorchev94@mail.ru

Сидорчев А.В., email andrrh@mail.ru

Журавлева Е.С., email [lena_zs@list.ru](mailto:lens@list.ru)

Орлов М.А., email slink1439@gmail.com

Адрес для корреспонденции: Тонеев Иван Романович, Самарский государственный технический университет 443100, Россия г. Самара, ул.

Молодогвардейская, 244, тел. 89379814277

Аннотация.

С каждым годом все более актуальными становятся боеприпасы повышенной стойкости к опасным внешним воздействиям (ОВВ). Принятие на вооружение новых видов БП требует проведения серии специализированных испытаний, каждое из которых имитирует определенное ОВВ. Испытания проводятся с целью обеспечения гарантированной эксплуатационной безопасности продукции на всех стадиях ее жизненного цикла. Задачей каждого испытания является определение типа реакции БП на ОВВ. Разработка методики количественного определения типов реакции является актуальной в связи с неоднозначностью их определения при проведении испытаний на эксплуатационную безопасность.

Методика количественного определения типов реакции предлагается для упрощения определения типов реакции и их унификации при проведении испытаний на эксплуатационную взрывобезопасность при простреле пуль, что позволит исключить двойные исходы при определении типа реакции.

Ключевые слова: Взрывчатый материал; Корпус; Дробление; Тротильный эквивалент; ГСВ; АГСВ; СТРТ; эксплуатационная безопасность.

1. Введение

Начиная с конца 20 века набирают популярность так называемые боеприпасы пониженного риска [3, 7], или же в отечественной терминологии – боеприпасы повышенной стойкости к опасным внешним воздействиям (БПСВВ).

Такие боеприпасы несколько не уступают по своей функциональной пригодности традиционным, полностью соответствуют всем эксплуатационным характеристикам и техническим требованиям, но при этом минимизируют риск несанкционированного срабатывания при воздействии опасных внешних

факторов на всех стадиях жизненного цикла продукта [2].

Таким образом, применение БП пониженного риска положительно сказывается на долговечности боевых систем, существенно снижает риск поражения персонала, а также удешевляет транспортировку и хранение в виду понижения требований по безопасности.

В связи с вышеперечисленными достоинствами таких БП, определение эксплуатационной взрывобезопасности имеет особое значение при разработке новых высокоэнергетических рецептур на основе взрывчатых материалов (ВМ), которые предназначаются для перспективных конструкций БП, использующихся в агрессивных условиях. В том числе, при пониженной или повышенной температуре: от -60 до $+60^{\circ}\text{C}$ [6, 8].

2. Методики испытаний

Прострелу пульей подвергались рецептуры, включающие в свой состав активную связку – нитроглицерин, а также рецептуры, не включающие связку в свой состав. Макеты испытывались в различных температурных диапазонах от $+60^{\circ}\text{C}$ до -60°C на основе методики, предложенной НАТО – STANAG 4241.

Образцы – цилиндрические шашки диаметром 91,2 мм и длиной 150 мм (рисунок 1). Макет в сборе представлен на рисунке 2. Скорость пули в момент взаимодействия с зарядом – (800...900) м/с. Фиксация параметров воздушной ударной волны осуществлялась датчиками давления воздушной ударной волны. Для реализации методики был разработан макет, используемый при испытаниях на быстрый и медленный нагрев.

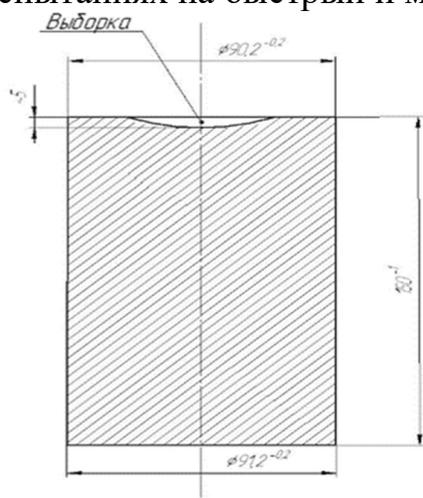


Рисунок 1 – Образец СТРТ

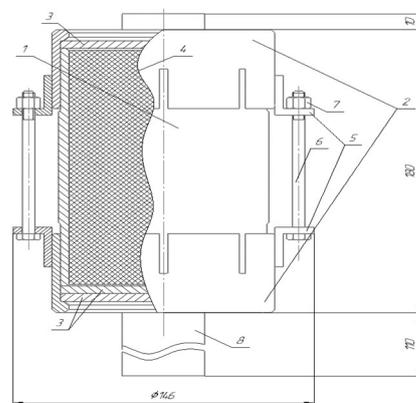


Рисунок 2 – Корпус макета в сборе: 1 – корпус, 2 - крышка, 3 – стальной диск (торцевые пластины), 4 – заряд СТРТ, 5 – кронштейн, 6 – шпильки, 7 - гайки, 8 – деревянный брус

Перед началом испытаний макеты выдерживаются в термощкафах и климатических камерах для достижения температуры к моменту испытаний $+60^{\circ}\text{C}$ и -60°C соответственно.

Испытательный стенд представлен на рисунке 3:



Рисунок 3 – Характерный внешний вид стенда перед испытанием: 1 – макет, 2 – пластина-свидетель, 3 – датчик ВУВ, 4 – рам-мишени.

3. Результаты испытаний

На рисунке 4 представлено ранжирование итогов испытаний в координатах «Тротиловый эквивалент – Степень дробления».

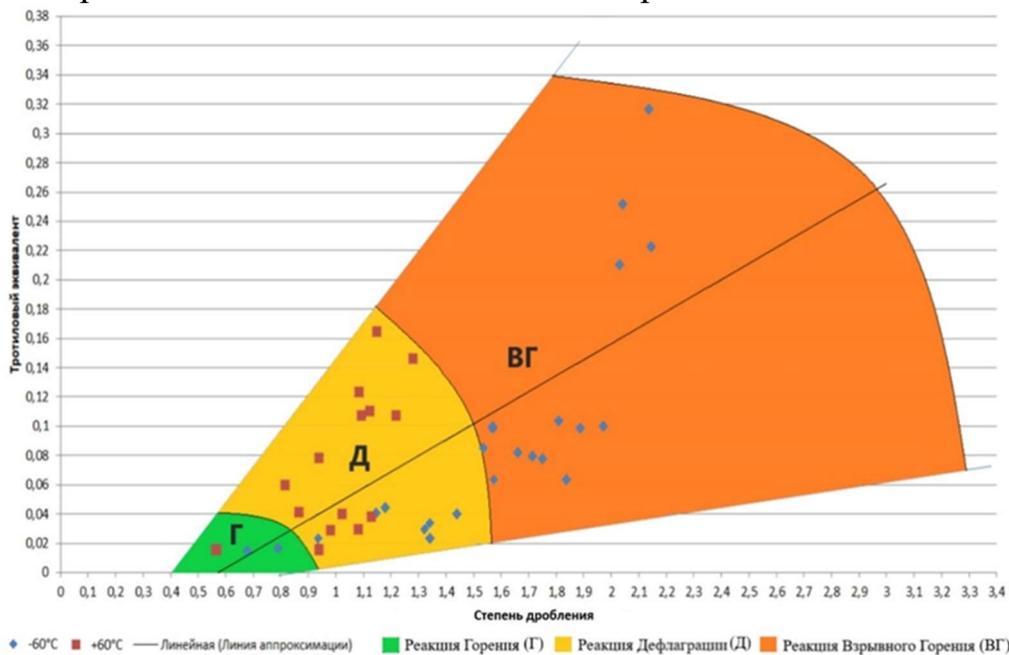


Рисунок 4 – Ранжирование исходов испытаний.

4. Выводы

Анализ массива экспериментальных данных в координатах «дробление – тротиловый эквивалент» позволяет определить область физически реализуемых возможных исходов испытаний, учитывая температурный режим. Так, характерная область исходов при отрицательных значениях температуры расположена правее (ниже) линейной прямой, что обусловлено повышением хрупкости корпуса и, возможно, чувствительности ВМ.

Распространение исходов опытов на большой диапазон давлений и дробления корпуса при отрицательных температурах вызвано повышением чувствительности разрывного заряда.

Итоговой характеристикой типа реакции является безразмерная шкала в координатах «Тротиловый эквивалент – Параметр дробления», которая

позволяет инженерам избегать двойных исходов при оценке результатов испытаний.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балаганский И. А., Мержневский Л. А. Действие средств поражения и боеприпасов: учебник / И. А. Балаганский, Л. А. Мержневский – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2004. – 405 с.
2. Милославский О.Ю., Петров В.В., Трофимов Ю.С., Шикунов Н.В., Шихов А.Е., Яжук А.П. Испытание боеприпасов на стойкость к воздействию струи кумулятивного заряда. Проблемные вопросы / О.Ю. Милославский, В.В. Петров, Ю.С. Трофимов, Н.В. Шикунов, А.Е. Шихов, А.П. Яжук // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2017. Вып. 11. Ч. 3. – С. 55-60.
3. Наставление НАТО по оценке и разработке боеприпасов пониженного риска, АОР-39, Издание 3, 2010 г.
4. ОСТ В 84-901-74. Методы определения тротилового эквивалента. Топлива твердые ракетные.
5. Работнов Ю. Н. Сопротивление материалов: учебное пособие / Ю. Н. Работнов – Москва: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. – 456 с.
6. 6 Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4123, Определение классов опасности боеприпасов и ВВ, Издание 3, 1995г.
7. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4439, Правила принятия на вооружение и оценки боеприпасов пониженного риска, Издание 3, 2010 г.
8. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4241, Процедура испытания боеприпасов на прострел пульей, Издание 2, 2003 г.

METHOD FOR DETERMINING THE TYPES OF REACTION OF PRODUCTS BASED ON EXPLOSIVE MATERIALS DURING OPERATIONAL SAFETY TESTS

graduate student; Sidorchev Nikolay Vladimirovich¹, graduate student; Sidorchev Andrey Vladimirovich¹, graduate student; Zhuravleva Elena Sergeevna¹, student; Orlov Mikhail Alexandrovich¹,

¹Samara Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,

Sidorchev N.V., email sidorchev94@mail.ru

Sidorchev A.V., email andrrh@mail.ru

Zhuravleva E.S., email lena_zs@list.ru

Orlov M.A., email slink1439@gmail.com

Address for correspondance: Toneev Ivan Romanovich, Samara Technical University 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st. 244, tel. 89379814277.

Abstract. Ammunition of increased resistance to dangerous external influences becomes more and more important every year. The acceptance into armament of new

types of ammunition requires a set of specialized tests, each of which imitates a certain dangerous external influence. Tests are carried out to ensure guaranteed operational safety of products at all stages of their life cycle. The task of each test is to determine the type of reaction of ammunition to a dangerous external influence. The development for method of quantifying reaction types is relevant due to ambiguity of their definition when conducting tests for operational safety.

The method for quantifying reaction types is proposed to simplify the determination of the types of reactions and their unification when conducting tests for operational explosion safety when fired by a bullet, which will eliminate double outcomes when determining the type of reaction.

Keywords: Explosive material, shell, fragmentation, ABC, BC, MSRF, TNT equivalent, operational safety.

УДК 623.451.4.081.25

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БРОНЕБОЙНО ОПЕРЕННОГО ПОДКАЛИБЕРНОГО СНАРЯДА (БОПС) С ЭЛЛИпсоИДНОЙ ПОЛОСТЬЮ ОБЛИЦОВАННОЙ МЕДЬЮ С ГОМОГЕННОЙ БРОНЕЙ

Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н. доцент;

Серая Александра Александровна, студент;

Студенников Алексей Александрович, студент;

Халеменчук Вячеслав Павлович, студент.

*Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 8 (913)005-48-19*

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

Серая А.А., e-mail: alexandra.seraya@mail.ru

Халеменчук В.П., e-mail: slava.khalemenchuk@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается процесс пробития брони современной техники, с учетом использования дополнительного бронирования элементами динамической защиты (ДЗ), боеприпасами, основанными на использовании для пробития брони кинетической и кумулятивной энергии. Проанализированы направления увеличения глубины пробития кинетических боеприпасов и увеличения тактико-технических характеристик снаряда. Предложен вариант оперенного подкалиберного бронебойно-кумулятивного снаряда.

Ключевые слова: бронебойно оперенный подкалиберный снаряд, снаряд, кумуляция, глубина пробития брони, эллипсоидная полость.

В современных армиях весь танковый парк техники имеет динамическую защиту и комбинированную броню, которая оказывает достаточное влияние на глубину пробития брони. В связи с этим кумулятивные боеприпасы снизили свою эффективность.

Основными тактика техническими характеристиками БОПС являются параметры: глубина пробития и за броневое воздействие снаряда. Цель данной работы определить наиболее перспективные способы увеличения основных характеристик БОПС и оценить эффективность их применения.

БОПС относится к кинетическому оружию. В таких типах боеприпасов пробитие происходит за счет кинетической энергии.

Способы увеличения кинетической энергии снаряда: повышение начальной скорости метания снаряда, для увеличения скорости взаимодействия снаряда с преградой за счет снижения потери скорости полета снаряда на траектории или дополнительного разгона снаряда до встречи с преградой, увеличение поперечной нагрузки активной части снаряда, конструктивные приемы.

Повышение начальной скоростей метания снаряда может достигаться двумя способами: увеличение массы метательного заряда, за счет увеличения объема камеры, и увеличением его энергетических характеристик, создание новых метательных зарядов. Но все эти способы приводят к уменьшению износостойкости ствола, что крайне нежелательно.

Конструктивные приемы, которыми можно обеспечить увеличение броне пробиваемости, прочность и ударостойкость при взаимодействии с броней. Это является наиболее перспективным способом увеличения характеристик и глубины пробития снаряда. Например, патент США 4044679, где корпус выполнен в виде концентрических оболочек из прочных волокон карбида вольфрама, что влияет на поперечные нагрузки активной части снаряда при пробитии преграды, как видно на рис.1.

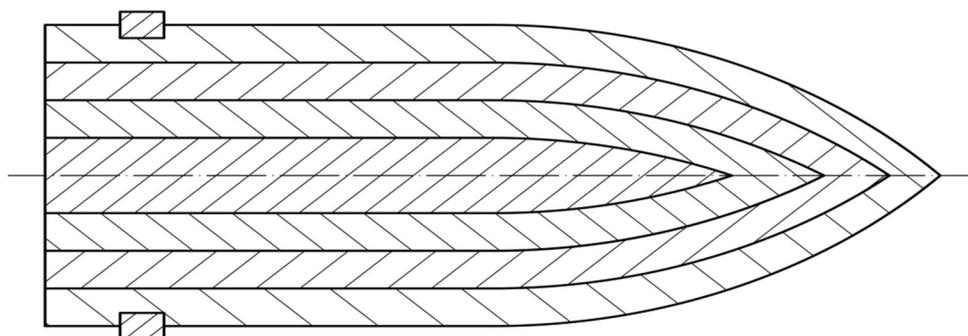


Рис.1- патент США 4044679 корпус снаряда

В момент израсходования кинетической энергии бронебойного стержня, при пробитии брони, происходит застревание бронебойного стержня в броне, что приводит к закупориванию отверстия сделанного бронебойным стержнем в броне, или частичное пробитие, в результате которого осколки, образованные от бронебойного стержня и разрушения брони, имеют минимальную массу, скорость и количество. Что не может обеспечить высокую вероятность поражения цели заброневом пространстве.

Это можно решить введением в головную часть снаряда бронебойного сердечника эллипсоидную полость, облицованную медью, как видно на рис. 2, влияющую на увеличение глубины пробития брони.

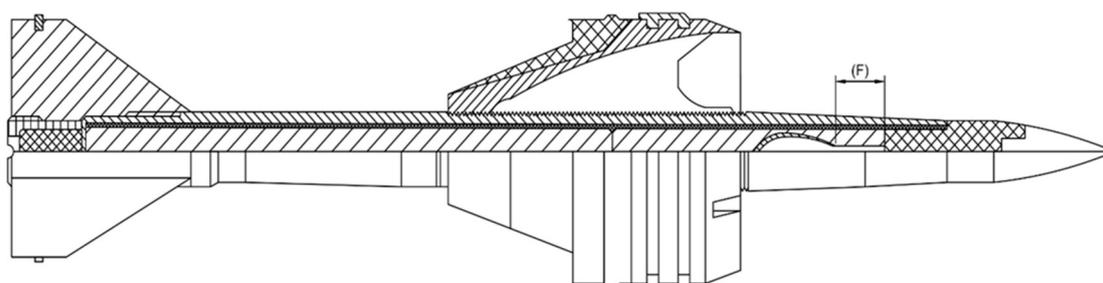


Рис.2- БОПС с эллипсоидной полостью облицованной медью

При прохождении такого бронебойного сердечника БОПС происходит его обжатие материалом брони, в зоне всестороннего сжатия, как видно на рис. 3. Вследствие этого по бронебойному сердечнику пробегает упруго-пластичная волна сжатия, которая схлопывает эллипсоидную полость, облицованную медью, благодаря чему формируется, на некотором фокусном расстоянии (F) кумулятивная струя, из медной облицовки и имеющую скорость выше 5000м/с. Которая обеспечивает дополнительное пробитие брони и повышает вероятность поражения цели.

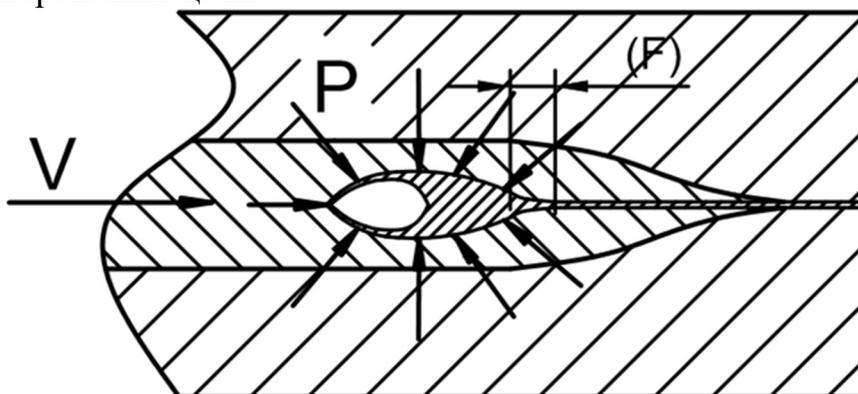


Рис.3- БОПС с эллипсоидной полостью облицованной медью в зоне всестороннего сжатия

Выводы:

В статье был предложен новый подход для проектирования БОПС, в котором для пробития преграды используется кинетическая и кумулятивная энергия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Боеприпасы: учебник: в 2 т. / под общей ред. В.В. Селиванова. -Б75 Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана,2016
2. Заявка №2018125161 «Бронебойный оперенный подкалиберный снаряд», / Гуськов А. В, Милевский К. Е, Халеменчук В. П.
4. Патент 157003, МКП F42B 12/10(2006/01) Российская Федерация. Кумулятивный боеприпас. / Гуськов А.В. Милевский К.Е., Долматов А.С., Корнаков Е.А.) - № 2015125879/03; заявл. 2015-06-29; опубл. 2016-11-20, Бюл. №32.
5. Эксплозивные вещества: учебник: В.В.Андреев, А.В.Гуськов, К.Е.Милевский Новосибирск: Издательство НГТУ 2001г.

UDC 623.451.4.081.25

INTERACTION FEATHERED ARMOR-PIERCING PROJECTILE (APFS) WITH ELLIPSOIDAL CAVITY LINED EDU WITH HOMOGENOUS ARMOR

Milevsky Konstantin Evgenyevich, Ph. D. associate Professor;
Seraya Alexandra Alexandrovna, student;
Studennikov Alexey Alexandrovich, student;
Khalemenchuk Vyacheslav Pavlovich, student.

*Novosibirsk state technical University, 630073, Russia, г. Новосибирск, пр. Карла
Маркса, 20, тел. (913)005-48-19*

Milevsky K.E., e-mail: gdd@craft.nstu.ru

Seraya A.A., e-mail: alexandra.seraya@mail.ru

Khalemenchuk V.P., e-mail: slava.khalemenchuk@mail.ru

Annotation. The article deals with the process of breaking through the armor of modern equipment, taking into account the use of additional reservation elements of dynamic protection (DZ), ammunition, based on the use of kinetic and cumulative energy to break through the armor. The directions of increasing the penetration depth of kinetic ammunition and increasing the tactical and technical characteristics of the projectile are analyzed. A variant of the feathered sub-caliber armor-piercing-shaped projectile is proposed.

Keywords: feathered armor-piercing projectile, the projectile, the accumulation, the depth of penetration of armor, the ellipsoidal cavity.

УДК 623.4

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ БОЕПРИПАСОВ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ

**Ткачев Александр Андреевич, студент; Хребтова Мария Сергеевна,
ассистент**

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

Ткачев А.А., e-mail: tkachev.2015@stud.nstu.ru

Хребтова М.С., e-mail: maria.khreibtova@yandex.ru

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

Аннотация.

Работа посвящена анализу известных к настоящему времени видов пассивных помех для защиты надводных кораблей от противокорабельных управляемых ракет, использующих различные виды головок самонаведения.

Ключевые слова: боеприпас пассивных помех, противокорабельные ракеты, система управления, маскирующая завеса, металлический порошок.

Возникновение выстреливаемых средств пассивных помех как нового класса боеприпасов обусловлено тем, что в начале 1960-х гг. на вооружении развитых стран появилось высокоточное оружие (ВТО), оснащенное электронными системами наведения и способное с высокой точностью поражать объекты военной техники на суше, на море и воздушном пространстве.

Наиболее интенсивное развитие выстреливаемых средств пассивных помех наблюдалось в ВМФ, где в период введения ВТО стала очевидной тенденция его использования как основного средства борьбы на морском театре военных действий. [1]

Одними из первых выстреливаемых средств пассивных помех, противодействующих ВТО, стали снаряды-постановщики дымовых завес или комплексы постановки завес (дымовые генераторы). Однако они обеспечивали противодействие лишь в видимом диапазоне и пропускали ИК-излучение.

Для создания дымовых завес использовались мелкодисперсные аэрозоли с большим значением показателя поглощения, например, углеродосодержащих материалов (дымов). Однако эти завесы имеют небольшие размеры и эффективны только в течение короткого времени. Также, эффективность маскировки является недостаточной, так как непрозрачное покрытие является не однородным.

Маскирующие дымы, не могут достаточно маскировать морской корабль (размеры, продолжительность, эффективность). На рис. 1 показана постановка дымовой завесы.



Рис. 1 Постановка дымовой завесы

В настоящее время зарубежные разработчики реализуют программы по обновлению или созданию новых противокорабельных ракет (ПКР), отличающихся большим радиусом действия, функцией перенацеливания в полете и оператором в контуре управления с целью соответствия быстро

меняющимся условиям. Указанные особенности необходимы для того, чтобы изделия осуществляли весь спектр задач и поражали самый широкий набор целей, включая объекты, находящиеся в береговой зоне или на большом расстоянии. [2]

Последние разработки ПКР имеют комбинированную систему управления. Это обусловлено тем, что полет ракеты делится на маршевый и конечный участки. Управление ракетой на маршевом участке траектории осуществляется инерциальной системой управления или по мультисенсорной навигационной подсистеме на базе GP. Данная система управления позволяет действовать вне пределов прямой видимости цели, обеспечивая движение по сложной заранее запрограммированной траектории, огибание преград на местности и районов расположения ПВО противника, атаку цели в наиболее уязвимых секторах. Коррекция траектории полета ракеты на маршевом участке осуществляется по данным подсистемы спутниковой навигации GPS и подсистемы коррекции по рельефу местности TERCOM (Terrain Contour Matching). Принцип работы TERCOM основан на сопоставлении рельефа местности конкретного района нахождения ракеты с эталонными картами рельефа местности по маршруту ее полета, предварительно заложенными в память бортовой системы управления. Наведение на конечном участке обеспечивает тепловизионная ГСН с автономной системой распознавания целей. [3] Траектория полета противокорабельной ракеты показана на рис. 2.

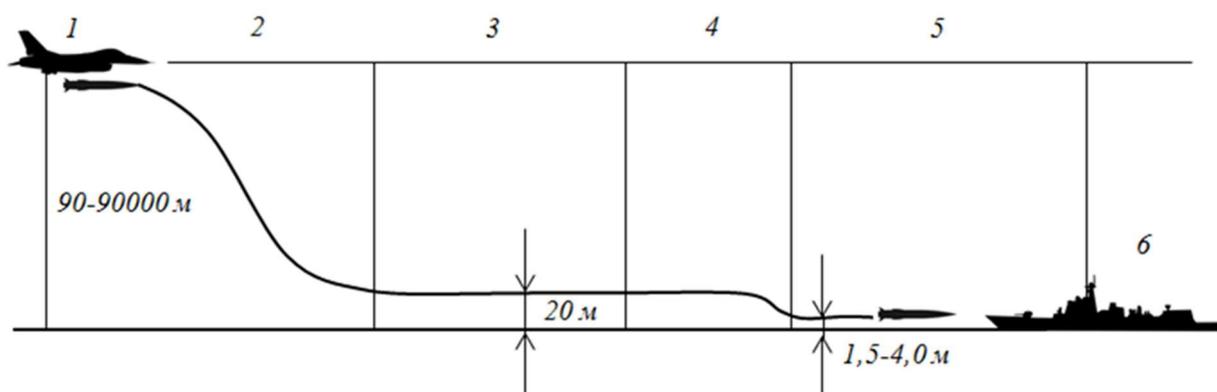


Рис. 2 Траектория полета противокорабельной ракеты:

- 1 – самолет-носитель; 2 – снижение ракеты; 3 – маршевый участок;
- 4 – поиск и захват цели; 5 – самонаведение (конечный участок); 6 – цель

Борьба с ВТО противника является одной из первоочередных задач для всех видов надводных кораблей. На современном этапе развития вооружения наиболее актуально использование против ВТО пассивных помех в виде холодных маскирующих завес, сопоставимых по тепловому портрету с надводным кораблём.

Большое число видов управляемого оружия создало необходимость в поиске способов скрытия теплового излучения и тем самым обеспечения защиты от оружия, работающего в тепловом диапазоне. Результатом поисков стали облака металлической пыли или аэрозольные завесы (АЗ). Помеховое действие АЗ связано с физическими эффектами рассеяния и поглощения

оптического излучения на взвешенных в атмосфере малых металлических частицах, образующих маскирующую завесу.

На рис. 3 показана постановка АЗ: 1 – корабль с тепловым излучением; 2 – завеса диаметром D , образованная на высоте h и действующая в течении времени t ; 3 – ракета.

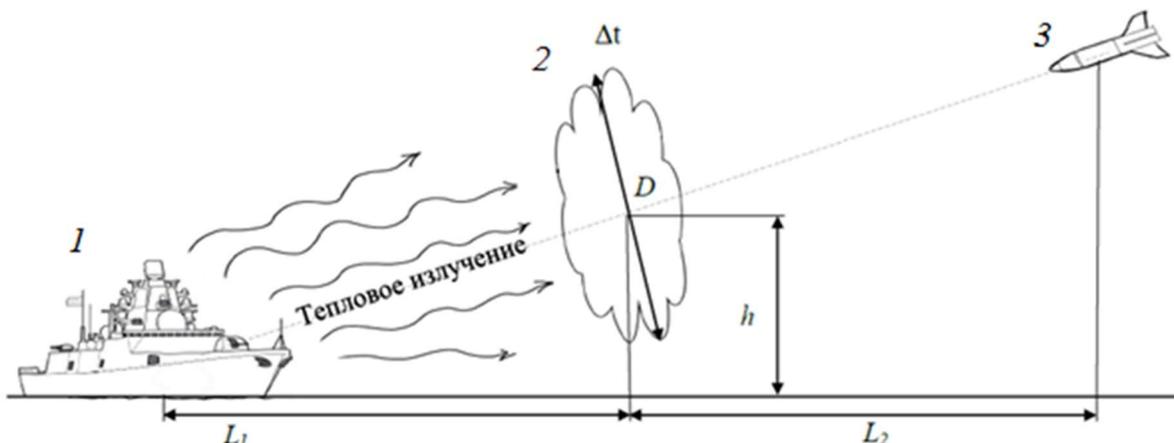


Рис. 3 Постановка АЗ: 1 – корабль с тепловым излучением; 2 – завеса; 3 – ракета; D – диаметр завесы, h – высота постановки завесы, Δt – время разворачивания завесы, L_1 – расстояние от корабля до завесы, L_2 – расстояние от ракеты до завесы

Большая часть крупной боевой техники, в частности, надводные корабли, обладают инфракрасным излучением, по которому осуществляется нахождение цели самонаводящейся ракетой. Аэрозольная завеса, имеющая вид облака металлического порошка, обеспечивает рассеивание или скрытие указанного излучения. Постановка завесы может осуществляться различными способами, например, взрывным диспергированием. [4]

Вывод

Развитие современных систем высокоточного оружия, внедрение современных технологий и появление новых методов целеуказания для самонаводящихся ракет требует постоянного совершенствования систем противодействия им. Таким образом, увеличивается необходимость в использовании, а также постоянном совершенствовании современных выстреливаемых средств пассивных помех.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Юровский Е.К. Выстреливаемые средства радиоэлектронного противодействия для защиты надводных кораблей от управляемого оружия: Монография. – СПб.: НИИ кораблестроения и вооружения ВМФ ВУНЦ ВМФ «ВМФ», 2015.
2. Западные разработки противокорабельных ракет. Часть 1 [Электронный ресурс] / Антонов Н. // Военное обозрение: сетевое издание – Режим доступа: <https://topwar.ru/139809-zapadnye-razrabotki-protivokorabelnyh-raket-chast-1.html>.

3. Юровский Е.К., Ивания С.П., Боеприпасы пассивных помех для противодействия высокоточному оружию: Учебное пособие. — Новосибирск: НГТУ, 2002 г. — 56 с.
4. Противокорабельная ракета NSM [Электронный ресурс] / Ракетная техника: сетевое издание – Режим доступа: <https://missilery.info/missile/nsm>.

ANALYSIS OF THE CURRENT CONDITION OF PASSIVE INTERFERENCE AMMUNITIES FOR PROTECTING ABOVE-WATER SHIPS

**Tkachev Alexander Andreevich, student;
Khrebtova Maria Sergeevna, assistant**

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

Abstract.

The work is devoted to the analysis of the currently known types of passive interference for the protection of surface ships from anti-ship guided missiles using various types of homing heads.

Key words: passive jamming ammunition, anti-ship missiles, control system, masking curtain, metal powder

УДК 623.4.085.2

ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ ФОРСИРОВАНИЯ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕДУЩЕГО ПОЯСКА НОВОГО ТИПА

*Гуськов Анатолий Васильевич, д.т.н., доцент, Хребтова Мария Сергеевна,
аспирант*

Новосибирский государственный технический университет,

Хребтова М.С., e-mail: maria.khrebtova@yandex.ru

Гуськов А.В. e-mail: 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.

Изменение конструкции ведущего пояска артиллерийского боеприпаса к нарезному оружию – один из актуальных способов стабилизации усилия формирования боевых выступов при выстреле и тем самым повышения характеристик боеприпаса, таких как дальность полета и кучность. Переходя к конструкции ведущего пояска с кольцевыми выступами, можно добиться уменьшения затрат энергии на врезание практически вдвое.

Ключевые слова: ведущий поясок нового типа, давление форсирования, стабилизация.

Поиск способов повышения технических характеристик (точность, дальность и т.д.) артиллерийского снаряда (АС) при уменьшении его себестоимости – одна из наиболее актуальных задач проектирования. Возможным решением является изменение конструкции ведущего пояска (ВП) [1-4].

Традиционный снаряд включает в себя стальной корпус и отдельно выполненный ведущий поясок, устанавливаемый на центрирующее утолщение в донной части. Подобная конструкция обладает рядом недостатков:

1) конструктивные недостатки:

- низкая по сравнению с корпусом прочность ВП, связанная с требованиями к его материалу. Это ограничивает максимально возможную поступательную и вращательную скорость движения снаряда в канале ствола;
- в связи с необходимостью закрепления ВП на центрирующем утолщении в донной части снаряда, конструкция корпуса должна предполагать увеличение толщины стенок в данной области для размещения канавки под поясок. Также профиль канавки выступает в виде концентратора напряжений (в особенности типовая конструкция «ласточкин хвост»);
- нагрузка на корпус при выстреле, связанная связана с обжатием снаряда в момент формирования выступов на ВП при прохождении через заходный конус канала ствола.

2) технологические недостатки:

- высокая трудоемкость изготовления корпуса снаряда с ВП;
- в связи с тем, что для запрессовки и закрепления ВП необходимо приложить к корпусу усилие, использовать тонкостенный корпус невозможно;
- при изготовлении ВП коэффициент использования материала М1 низок, а в условиях массового производства это является существенным ограничением. Та часть ВП, что находится в канавке корпуса снаряда, практически не задействуется при прохождении снаряда по каналу ствола;
- запрессовка ВП в канавку не подразумевает объективного контроля качества соединения. При некачественном изготовлении ВП может начать проворачиваться, что недопустимо для большинства снарядов нарезной артиллерии.

3) недостатки при функционировании:

- омеднение канала ствола при использовании ВП из меди или её сплавов;
- при срабатывании осколочно-фугасного снаряда корпус может преждевременно вскрыться по канавке под ВП, которая выступает в роли концентратора напряжений;
- снижение эффективности фугасного и осколочного действия за счет конструктивного расположения ВП.

При выстреле использование энергии пороховых газов определяется процессами, происходящими с ВП. Энергия расходуется на выполнение двух задач: формирование профиля ведущего пояска для обеспечения обтюрации и

ведения боеприпаса по нарезам канала ствола (КС) и создание необходимого давления форсирования в момент завершения формирования профиля ВП для наибольшего импульса, обеспечивающего разгон. Ключевым фактором, влияющим на точность и кучность выстрелов, является уменьшение разброса характеристик АС.

Оценка возникающих в ВП напряжений при прохождении через конус врезания КС определяет, что для типового ВП материал М1 максимальное напряжение σ_z действующее в радиальном направлении при двухосном сжатии семикратно превышает величину предела текучести (σ_s^*) материала ВП в середине ведущего пояска по ширине площадки контакта с поверхностью поля нареза (рисунок 1 а), а по краям соответствует пределу текучести σ_s^* . Переход к новой конструкции ВП в виде кольцевых выступов, а то есть объединение ВП и корпуса снаряда в одну деталь, переход от материала М1 к материалу корпуса снаряда с более высокими физико-механическими свойствами обеспечивает повышение эффективности и прочности ВП.

Проведена оценка усилия продавливания при формировании профиля ВП [3] по методике расчета контактных напряжений, представленной в [5]. Если для типового ВП с размерами в пределах допуска затрачиваемая на деформацию ВП энергия составляет от X Дж до $1,02X$ (2%), то для ВП нового типа – от $0,46X$ до $0,47X$ (1%).

Переход от материала, используемого в типовых конструкциях ВП (медь М1), к материалу корпуса снаряда (Сталь 60) обеспечивает и иные преимущества помимо указанных выше. Дальность и кучность полёта снарядов зависит от величины дульной скорости, которая определяется массой метательного заряда $M_{мет}$ и массой снаряда M . На рисунке 1 представлены ведущие пояски с обозначенными полями допусков, причем для двух вариантов поле допуска одинаково.

При этом для типового ВП $S_{ВП}$ – площадь поперечного сечения ВП, L_{max} , $l_{e\ max}$, D_{max} и d_{max} – максимальные ширина наружной части ведущего пояска, ширина внутренней части ВП, диаметр внешней части ВП и диаметр внутренней части ВП. L_{min} , $l_{e\ min}$, D_{min} , d_{min} – минимальные значения для ВП.

Для ВП нового типа: L – ширина ведущего пояска, $S_{ВП}$ – площадь поперечного сечения ВП, l_1 , $d_1\ max$ и $d_1\ min$ – ширина, максимальный и минимальный диаметры большего кольцевого выступа, l_2 , $d_2\ max$ и $d_2\ min$ – ширина, максимальный и минимальный диаметры меньшего кольцевого выступа, $d_3\ max$ и $d_3\ min$ – максимальный и минимальный диаметры между кольцевыми выступами, d – диаметр, соответствующий диаметру канавки под типовой ВП.

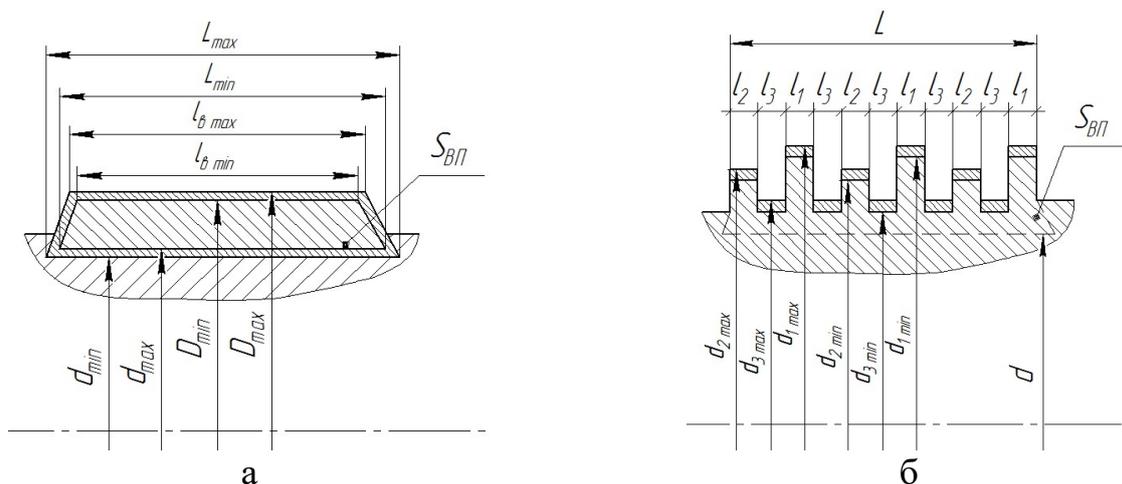


Рис. 1. Поля допусков типового ведущего пояска и ведущего пояска нового типа
а) типовой ВП; б) ВП нового типа

Если оценить разброс массы для снарядов с типовым ВП и ВП нового типа, то получим, что для ВП нового типа масса аналогичной области корпуса снаряда варьируется на 1%, а по сравнению с массой всего снаряда – 0,018%, то есть, изменение массы в 8 раз меньше, чем при использовании типового ведущего пояска.

Переход от типового ВП к ВП нового типа при сохранении поля допуска уменьшает диапазон рассеивания массы снарядов и дисбаланс за счёт единства корпуса снаряда и ведущего пояска при изготовлении, обеспечивая повышение точности и кучности артиллерийских выстрелов. Оценка показывает, что для типового снаряда масса типового ведущего пояска изменяется на 5%, или, относительно общей массы M снаряда, на 0,14%. Из этого следует, что при выстреле величина расходуемой энергии будет колебаться на указанную величину, пропорционально влияя на дульную скорость, дальность полёта снаряда и кучность. В то же время, для ВП нового типа с кольцевыми выступами чередующихся диаметров (рисунок 1, б), масса аналогичной области корпуса снаряда варьируется на 1%, а по сравнению с массой всего снаряда – 0,018%, то есть, изменение массы в 8 раз меньше, чем при использовании типового ведущего пояска. Следовательно, переход от типового ВП к ВП нового типа при сохранении поля допуска снижает разброс массы снарядов, тем самым повышая точность и кучность выстрелов.

Выводы

В ходе проведенной работы было определено влияние конструкции ВП на процессы, протекающие при выстреле, проведено сравнение по усилию формирования боевых выступов. Исследовано воздействие допуска диаметра ВП на изменение величины форсирования и на затраты энергии при врезании боеприпаса в нарезы КС. Для ВП нового типа с кольцевыми выступами чередующихся диаметров, масса аналогичной области корпуса снаряда варьируется на 1%, а по сравнению с массой всего снаряда – 0,018%, то есть, изменение массы в 8 раз меньше, чем при использовании типового ведущего пояска.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Балаганский И.А., Мержиевский Л.А., Гуськов А.В., Милевский К.Е., Андреев В.В., Поляков Ю.О., Виноградов А.В. Экспериментально-теоретические исследования быстропротекающих процессов: колл. монография / под ред. А.В. Гуськова. - Новосибирск.: Изд-во НГТУ, 2016. – 262 с.
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. Хребтова М.С. Вопрос о стабилизации давления форсирования при выстреле / Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики – 2018, материалы 8 Всероссийской молодежной научной конференции, Томск, 26 – 28 ноября 2018 г. – Томск: Красное знамя, 2019. – с. 172-174.
4. Селиванов В.В. (общ. ред.) Средства поражения и боеприпасы / М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2008. – 982 с.
5. Ермолаев С.И. Внешняя баллистика / С.И. Ермолаев, Л.Б. Комаров, Е.В. Чурбанов — Л.: Военно-морская академия кораблестроения и вооружения им. Крылова, 1958. — 718 с.

THE FORCING PRESSURE VALUE DEPENDENCE FROM CONSTRUCTIVE AND GEOMETRIC CHARACTERISTICS FOR A NEW TYPE OF DRIVING BELT

Anatoly V. Guskov, 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 stabilize the battle rifles formation force during shoot and thereby improve the characteristics of the ammunition, such as flight range and accuracy. Moving on to the design of the leading belt with annular protrusions, it is possible to achieve a reduction in the energy consumption for plunging by almost half.

Keywords: the new type of driving belt, boost pressure, stabilization

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В SIEMENS IMAGINE.LAB LMS

*Шадрин Иван Дмитриевич, студент; Юдинцев Дмитрий Владимирович,
канд. техн. наук*

Нижнетагильский технологический институт, филиал Уральского федерального
университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина, ул.

Красногвардейска 59, г. Нижний Тагил, 622031, Российская Федерация

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 комплексная методика процесса построения численной модели военной гусеничной машины (ВГМ) для её всестороннего анализа. В основе лежит структурная модель, которая представляется в виде блок-схемы и используется на всех этапах проектирования изделия.

В настоящее время системы и агрегаты современных изделий ВГМ усложняются. Системы интегрируются, становятся всё более взаимозависимыми и взаимовлияющими друг на друга. При этом время, выделяемое на разработку новых, и усовершенствование устаревших систем уменьшается. Как следствие, объём работы у инженера-конструктора увеличивается и усложняется, при неизменных требованиях, предъявляемых к точности и качеству проектируемого изделия.

Предложенная в статье методика подразумевает создание в кратчайшие сроки единой параметризованной математической модели, которая используется на всех этапах проектирования изделия. Требуемая детализация модели зависит от этапа выполнения опытно-конструкторской работы (ОКР) и требуемого расчёта.

Ключевые слова: Военная техника; программное обеспечение; параметризованная математическая модель; структурная модель; совместное решение; имитационное моделирование; методика создания математической модели.

1. Введение

В настоящее время, тенденции в разработке и модернизации систем для основных боевых танков, идут по пути усложнения [1]. Поэтому, для расчёта и моделирования ВГМ требуется программное обеспечение (ПО), с максимально широким и гибким функционалом, которое могло бы объединять в одной модели несколько разделов физики. Именно таким ПО и представляется

Siemens imagine.LAB LMS.

Целью данной работы является обзор комплексной методики процесса построения численной модели ВГМ для её анализа в *Siemens imagine LAB LMS*.

2. Теория

Siemens imagine.LAB LMS – это программный пакет представляющий из себя набор инструментов, используемых для моделирования, анализа и прогнозирования производительности в multidisciplinary системах.

Из основных свойств данного ПО стоит отметить:

- сочетание одномерного и трёхмерного моделирования, что позволяет построить параметризованную функциональную модель;
- возможность связать между собой различные области физики;
- возможность анализа работы и оптимизации параметров изделия.

Процесс моделирования состоит из: создания эскиза системы, назначения подмоделей компонентов, задания параметров и режима симуляции.

Для создания методики исследования, был рассмотрен ГОСТ РВ 15.203-2001 [2]. Основываясь на нём, был сделан вывод, что на каждом из этапов разработки будет требоваться разная проработанность создаваемого изделия, следовательно, требуются разные по назначению и сложности модели.

3. Результаты и обсуждение

Для создания математической модели была разработана следующая методика, представленная на рисунке 1, состоящая из трёх блоков.

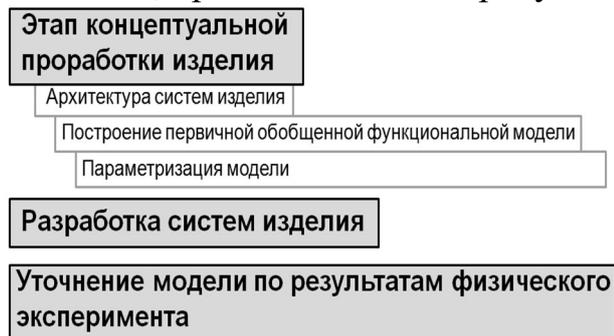


Рис. 1. Методика создания математической модели

1. Блок «Концептуальная проработка изделия» – важный этап, начала создания имитационной модели. В данном блоке определяется архитектура изделия с точки зрения входящих в неё базовых систем; строится структурная модель, которая отражает основу изделия, состав входящих систем и информацию об их интеграции и связи между ними.

Состав структурной модели и связи между элементами определяется «из предшествующего опыта проектирования», или тактико-технического задания.

После создание основы, производится построение первичной обобщённой функциональной модели (расчётные компьютерные модели систем и подсистем). Функциональные модели изначально являются полностью параметризованными, поэтому имеется автоматическая возможность изменить характеристики работы системы в модели за счёт простого изменения величины (или функции) того или иного параметра.

2. Блок «Разработка систем изделия» – на данном шаге производится требуемая детализация, в зависимости от этапа выполнения ОКР. Под детализацией на этом этапе понимается построение более детальных расчётных моделей, в которых должна быть определена вся архитектура системы, включая

все входящие подсистемы и агрегаты.

3. Блок «Уточнение модели по результатам физического эксперимента» – завершающий этап, на нём производится верификация изделия. Как результат основываясь на статье [3], и при поддержке АО «УКБТМ» была воссоздана укрупнённая основа изделия, представленная на рисунке 2.

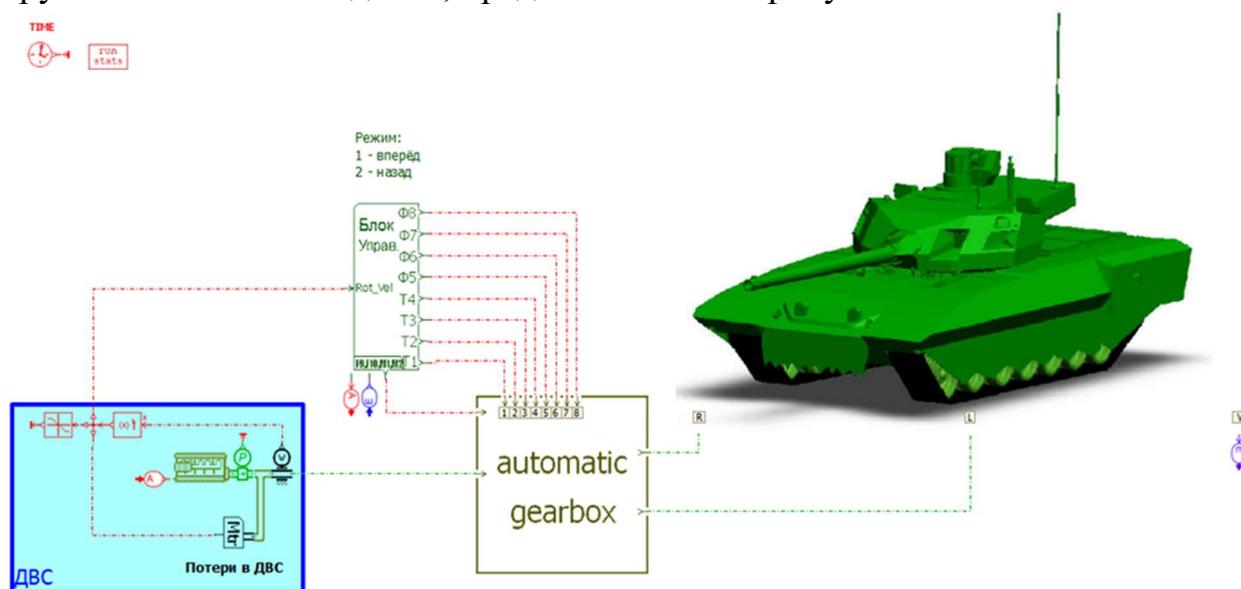


Рис. 2. Эскиз структурной модели изделия

Данная модель состоит из следующих элементов: двигателя (ДВС); блока управления; трансмиссии и ходовой части. Между элементами этой модели заданы основные связи. Каждый элемент математически описан, произведена параметризация. По данным, были воссозданы начальные условия, для проверки правильности функционирования модели [5]. Для проверки было выбрано прямолинейное движение изделия, с начальными параметрами: 1) троганье с места, происходит со второй передачи; 2) время, затрачиваемое на переключение передачи, составляет 3 сек.; 3) изделие едет прямолинейно, в течение 100 сек.; 4) учитывается коэффициент сопротивления качению.

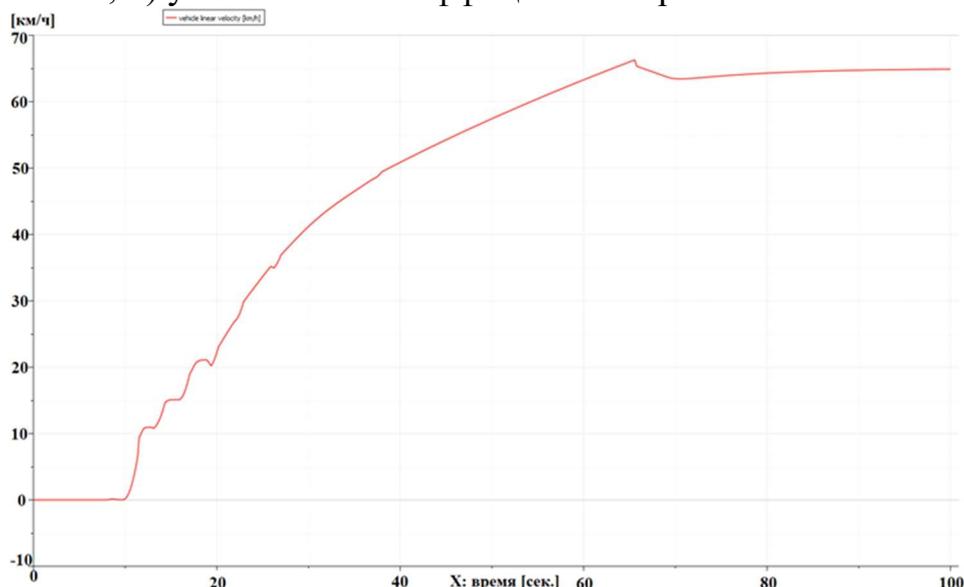


Рис. 3. График прямолинейного движения изделия

После симуляции, был построен график, представленный на рисунке 3, зависимости скорости движения от времени. После анализа разгона изделия и его движения был сделан вывод, что оно происходит относительно верно в сравнении с реальным изделием. Таким образом, можно сделать вывод, что функциональная математическая модель изделия была построена – верно.

4. Выводы

В данной работе была представлена методика построения функциональной математической модели движения ВГМ.

При данном подходе, от проекта к проекту, разработчик накапливает как опыт построения шаблонных и обобщённых функциональных моделей, так и собственную базу таких моделей. В результате такой капитализации знаний и опыта, виртуальное функциональное моделирование в рамках каждого последующего проекта требует существенно меньших временных затрат при росте качества проектных решений. А данное ПО позволяет минимизировать потери на всех стадиях проектирования, а на самых ранних из них – избежать возможных критических ошибок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Военные гусеничные машины. Том 1. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1990. – 378 с.;
2. ГОСТ РВ 15.203-2001 «Порядок выполнения опытно-конструкторских работ по созданию изделий и их составных частей»;
3. Муганцев В.П., Рублев М.С. Моделирование движения гусеничных машин. Сборник докладов 3 научно-практической конференции «Танкостроение: состояние и перспективы», г. Нижний Тагил, 2008 – 7 с.

POSSIBILITIES OF DESIGNING MILITARY TRACK VEHICLES IN SIEMENS IMAGINE.LAB LMS

Shadrin Ivan Dmitrievich, student; Yudintsev Dmitry Vladimirovich, Cand. tech. sciences

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, 622000, Russia.

Abstract

A complex method of building process of the tracked vehicle numerical model for the analysis of its movement is described. The method based on the structural model («integrated basis»), which represented as a flowchart and used at all stages of product design.

Nowadays, the systems and units of modern military track vehicle (MTV) products are becoming more complicated. Systems is integrated, becoming interdependent and mutually influencing to each other. Herewith, the time allotted for

the development of new and the improvement of outdated systems is reduced. As a result, the volume of work for a design engineer increases and becomes more complicated, with the same requirements for the accuracy and quality of the designed product.

Keywords: Military track vehicles; mathematical model; structural model; parameterization; functional model; flowchart; joint solution.

УДК 623.4.08

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КУМУЛЯТИВНЫЕ БОЕПРИПАСЫ ТАНДЕМНОЙ СХЕМЫ

*Шарков Александр Валерьевич, студент, Балаганский Игорь Андреевич,
профессор*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19
Шарков А.В., e-mail: sharkov.sashunya@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрены схемы тандемных кумулятивных боеприпасов, с помощью которых могут быть поражены танки, оснащенные динамической защитой.

Ключевые слова: кумулятивные боеприпасы, тандемные схемы, динамическая защита.

1. Введение

Разработка тандемных кумулятивных боеприпасов была связана с недостаточной пробиваемостью обычных кумулятивных боеприпасов, так как на танке имелась динамическая защита, которая брала большую часть урона на себя, в результате чего танковая броня в большинстве случаев оставалась целой. В данной статье проводится обзор таких решений на основе имеющихся патентов.

В описании к патенту [1] описана боевая часть к противотанковой ракете. Противотанковая управляемая ракета, содержащая последовательно расположенные блок рулевого привода, ракетный двигатель с сопловым блоком и центральной трубкой, дополнительный кумулятивный заряд и основную кумулятивную боевую часть, отличающаяся тем, что, с целью снижения воздействия элементов динамической защиты на основную кумулятивную боевую часть, в ней канал центральной трубки выполнен ступенчатым, в большей ступени которого заподлицо с передней крышкой ракетного двигателя установлен дополнительный кумулятивный заряд. На рис.1 показан общий вид противотанковой управляемой ракеты в разрезе.

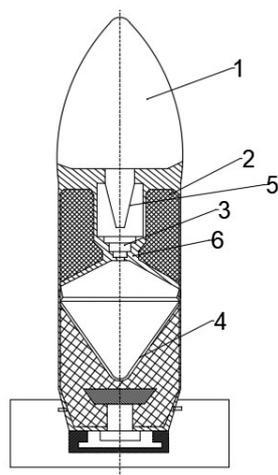


Рис 1. Противотанковая управляемая ракета в разрезе:

1- блок рулевого привода, 2- ракетный двигатель, 3- центральная трубка ракетного двигателя, 4- основная кумулятивная боевая часть, 5- дополнительный кумулятивный заряд, 6- ступенчатая внутренняя поверхность центральной трубки.

В описании к патенту [2] описана неуправляемая авиационная ракета с тандемным кумулятивным зарядом, содержащая обтекатель с пьезогенератором взрывателя, корпус, кумулятивную воронку, линзу, кумулятивный заряд взрывчатого вещества, проводник, шайбу, втулку, донную часть взрывателя, пружину и пороховой ракетный двигатель с узлом стабилизации, отличающаяся тем, что она снабжена дополнительным кумулятивным зарядом взрывчатого вещества со стаканом, расположенным между кумулятивным зарядом взрывчатого вещества и ракетным двигателем, при этом стакан выполнен в виде полого контейнера цилиндрической формы, один торец которого соединен с донной частью кумулятивного заряда, а другой - с дополнительным кумулятивным зарядом.

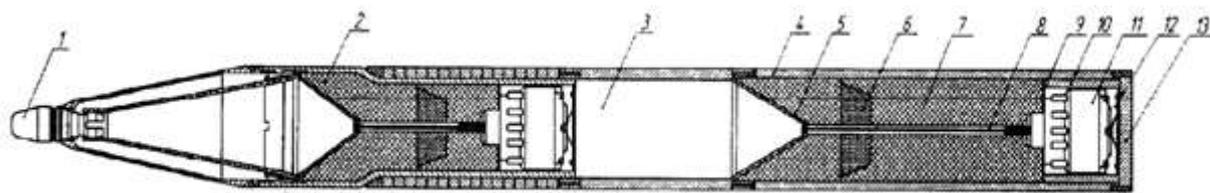


Рис 2. Боевая часть неуправляемой ракеты с тандемным кумулятивным зарядом:

1-Пьезогенератор взрывателя, 2- кумулятивный заряд (предзаряд взрывчатого вещества); 3- стакан; 4- корпус; 5- кумулятивная воронка; 6- линза; 7- кумулятивный заряд (дополнительный заряд взрывчатого вещества); 8- проводник; 9- шайба; 10- втулка; 11- донная часть взрывателя; 12- пружина; 13- дно

В описании к патенту [3] описан кумулятивный боеприпас, состоящий из корпуса, в котором размещен заряд взрывчатого вещества с кумулятивной облицовкой, взрыватель, состоящий из пьезогенератора с предохранительно-исполнительным механизмом, отличающийся тем, что между кумулятивной облицовкой и предохранительно-исполнительным механизмом размещена

трубка, изготовленная из материала, имеющего скорость звука, превышающую скорость детонации заряда взрывчатого вещества; также кумулятивный боеприпас по п.1, отличающийся тем, что трубка изготовлена двухслойной, при этом внутренний слой выполнен из материала с высокой температурой плавления и испарения.

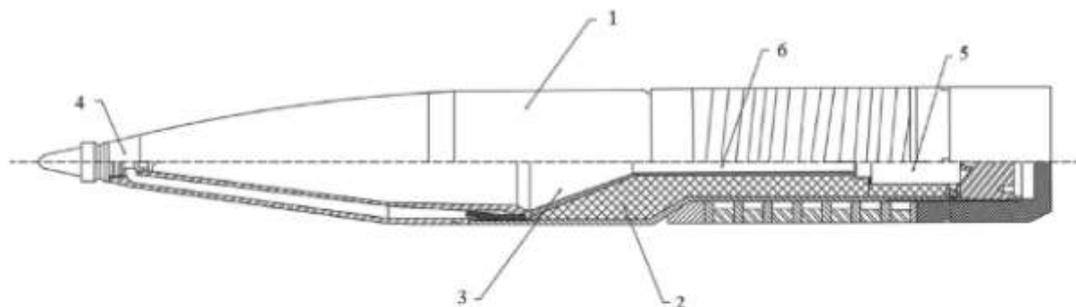


Рис 3. Общий вид и разрез предлагаемого кумулятивного боеприпаса:

1- корпус; 2 - заряд взрывчатого вещества; 3 - медная кумулятивная облицовка; 4 - пьезогенератор взрывательного устройства; 5 - предохранительно-исполнительный механизм взрывательного устройства; 6 - трубка из материала со скоростью звука, превышающей скорость детонации заряда ВВ.

2.Вывод. Проанализировав боевые части тандемных кумулятивных боеприпасов, можно сделать вывод о том, что данное направление боеприпасов нужно в дальнейшем развивать, так как в динамической защите танков и самой броне танков с каждым годом что-то модернизируется, следовательно поразить танк уже будет тяжелее, из-за того, что степень защищённости танка увеличивается тем или иным образом, а боеприпасы, способные пробить данную броню, стоят на месте, в связи с этим данный вид боеприпасов нужно модернизировать.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Патент SU 1840472 A1 Российская Федерация F42B 15/00 / F42B 12/18. Противотанковая управляемая ракета / Шипунов А.Г., Тихонов В.П., Захаров Л.Г., Ермолаев А.М., Иванов А.Г., Михайлин С.В., Масленников Ю.А., Коротожкин А.И., Филимонов Г.Д.; заявитель и патентообладатель: 300001, г. Тула, Щегловская засека, Государственное унитарное предприятие «Конструкторское бюро приборостроения», заявл 26.12.2002, опубл. 10.06.2004
2. Патент RU2371667C1, Российская Федерация F42 В 15/00. Неуправляемая авиационная ракета с тандемным кумулятивным зарядом / Ашурков А.А., Ступаков Р.Р., Батуев В.А.; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Иркутское высшее военное авиационное инженерное училище (военный институт), заявл. 04.02.2008, опубл.27.10.2009, Бюл № 30.
3. Патент RU 2726761 C1, Российская Федерация F42B 12/18, F42B 15/00. Кумулятивный боеприпас /Балаганский И.А., Батраев И.С., Пластинин А.В., Ульяницкий В.Ю., Шарков А.В., Штерцер А.А.; заявитель и патентообладатель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный технический университет», заявл.24.01.2020, опубл. 15.07.2020, Бюл № 20.

ADVANCED CUMULATIVE AMMUNITION TANDEM SCHEMES

Sharkov Alexander Valerievich, student, Balagansky Igor Andreevich, professor
Sharkov A.V., e-mail: sharkov.sashunya@mail.ru

Annotation

The paper considers the schemes of tandem anti-tank ammunition, with the help of which tanks equipped with reactive armor can be damaged.

Keywords: anti-tank ammunition, tandem schemes, explosive reactive armor.

УДК 623.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БРОНЕБОЙНО-ЗАЖИГАТЕЛЬНОГО СНАРЯДА КАЛИБРА 57 мм

*Ширяева Вероника Юрьевна¹; д.т.н. Хмельников Евгений Александрович¹,
Смагин Константин Владимирович¹, Литус Игорь Борисович²*

¹ Нижнетагильский Технологический институт (филиал) Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, 622031, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59, тел. (343) 525-65-00

² Нижнетагильский Институт испытания металлов, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Гагарина 29

Ширяева В.Ю., e-mail ver.schi2011@yandex.ru
Хмельников Е.А., e-mail khmelnikov7@gmail.com
Смагин К.В., e-mail smaginkv@gmail.ru

Аннотация

В статье рассматривается совершенствование предложенного подкалиберного бронебойно-зажигательного боеприпаса калибра 57 мм. Производится подбор заряда, прочностной расчет ведущего пояска и расчет гироскопической устойчивости.

Ключевые слова

Бронебойный снаряд; подкалиберный бронебойно-зажигательный снаряд; твердосплавный сердечник; внутренняя баллистика, прочность ведущего пояска, гироскопическая устойчивость.

В работах [1, 2] для предлагаемого снаряда был проведен расчет внешнетраекторных и внутрибаллистических параметров, а также произведено моделирование процесса проникания снаряда в броню в программном комплексе ANSYS AUTODYN.

При расчете внутренней баллистики объем зарядной камеры принимался

равным 2,36 дм³. Однако по таблицам стрельб [3] этот объем равен 1,525 дм³. В связи с этим проведен перерасчет внутрибаллистических параметров. Заряд штатного боеприпаса состоит из пороха марки 11/7 массой не более 1,2 кг.

При расчете внутрибаллистических характеристик штатного боеприпаса (табл. 1) необходимая скорость достигается при массе заряда 1,1–1,15 кг, при этом максимальное давление не превышает максимального давления системы С-60.

Таблица 1

Результаты расчета внутрибаллистических параметров (порох марки 11/7)

Заряд, кг	Δ , кг/дм ³	Штатный	
		p_{\max}	V
1,1	0,721	$p_{\max} = 2975,1$ кг/см ²	$V = 972,4$ м/с
1,15	0,754	$p_{\max} = 3317,8$ кг/см ²	$V = 1009,1$ м/с
1,2	0,787	$p_{\max} = 3677$ кг/см ²	$V = 1045$ м/с

Таблица 2

Результаты расчета внутрибаллистических параметров предлагаемого боеприпаса (порох марки 11/7)

Заряд, кг	Δ , кг/дм ³	Предлагаемый
1,2	0,787	$V = 950,1$ м/с $p_{\max} = 4321,8$ кг/см ²

Анализ результатов расчета для предлагаемого снаряда показал, что применение пороха марки 11/7 не позволит получить необходимую дульную скорость, при этом максимальное давление в канале ствола будет превышать $p_{\max} = 3100$ кг/см² (табл. 2).

Пути уменьшения давления – использование другой марки пороха (табл. 3) или применение комбинированного заряда (табл. 4). В первом случае: анализ результатов показал, что вариантом заряда может послужить заряд из пороха марки 22/1 тр, при котором достигается скорость 982,2 м/с и максимальное давление превышает штатное на 4,1 %, или из пороха марки 28/1 тр, при котором дульная скорость составляет 984,2 м/с, а максимальное давление превышает штатное на 5,2% (табл. 3).

Таблица 3

Результаты расчета внутрибаллистических параметров предлагаемого боеприпаса

Заряд, кг	22/1тр	28/1 тр	НДТ-3 16/1	ДГ-2 15/1
1,25	960,6 3027,3	962,8 3060,2	965,6 3193,3	–
1,275	982,2 3226,2	984,2 3260,1	987,8 3417,5	–
1,28	986,4 3266,4	–	–	952,5 3060,3
1,3	1003,7	–	1010	971,4

	3437,7		3662,9	3229,1
<i>Примечание:</i> верхнее значение в ячейке – скорость V , м/с; нижнее – максимальное давление p_{\max} , кг/см ²				

Во втором случае: комбинированный заряд может состоять из двух дегрессивно горящих порохов, например, марок 16/1 тр и АПЦ-235П 16/1 (табл. 4). Полученные результаты показывают, что комбинация из 0,1 кг пороха 16/1 тр и 1,15–1,18 кг пороха АПЦ-235П 16/1 дает дульную скорость 974 – 992 м/с, а максимальное давление превышает штатное давление системы С-60 на 1,4 – 8,7 %, или из комбинации 1,18 – 1,2 кг пороха 16/1 тр и 0,1 кг пороха АПЦ-235П. В последнем случае имеем скорость 961 – 973 м/с, а максимальное давление не превышает или превышает не более чем на 1,3 % штатное.

Таблица 4

Результаты расчета внутривалистических параметров предлагаемого боеприпаса с комбинированным зарядом

16/1 тр, кг	АПЦ-235П 16/1, кг	Δ , кг/дм ³	p_{\max} , кг/см ²	V , м/с
0,1	1,15	0,82	3144,9	974,2
0,1	1,18	0,839	3368,5	992,3
1,18	0,1	0,839	2999,8	961,6
1,2	0,1	0,852	3140,3	973,6

В связи с увеличением веса снаряда на 35,7% увеличивается нагрузка на ведущее устройство. Расчет ведущего устройства производится на минимальную ширину ведущего пояса (ВП) по давлению боевых граней нарезов и по его истиранию, прочностной расчет по давлению боевой грани нарезов, по истиранию, на смятие, срез и на изгиб.

Значения допустимых параметров $\sigma_{\text{доп}}$, $a_{\text{доп}}$, $\sigma_{\text{см.доп}}$, $\sigma_{\text{ср.доп}}$ и $\sigma_{\text{в.доп}}$ представлены в таблице 5:

Таблица 5. Допустимые значения параметров

$\sigma_{\text{доп}}$, кг/см ²	$a_{\text{доп}}$, кг/см ²	$\sigma_{\text{см.доп}}$, кг/см ²	$\sigma_{\text{ср.доп}}$, кг/см ²	$\sigma_{\text{в.доп}}$, кг/см ²
1370	415	1640	1025	2050

Минимальная расчетная ширина ВП по давлению боевых граней нарезов: $b_1 = 5,3$ мм. Минимальная расчетная ширина ВП по его истиранию: $b_2 = 5,3$ мм. Результаты прочностного расчета ВП представлены в таблице 6.

Таблица 6. Результаты прочностного расчета ВП

Размеры ВП	σ	a	$\sigma_{\text{см}}$	$\sigma_{\text{ср}}$	$\sigma_{\text{изг}}$
мм	кг/см ²				
$b = 28,38$ $a_{\text{кан}} = 2,97$	254,79	76,94	5261,1	1295	5938,6
$b = 28,38$ $a_{\text{кан}} = 4$	254,79	76,94	3906,4	961,77	5938,6

$b = 10$ $a_{\text{кан}} = 4$	723,1	218,35	1376,5	338,9	737,32
$b = 10$ $a_{\text{кан}} = 3,5$	723,1	218,35	1573,1	387,3	737,32

Анализ результатов расчетов показал, что ВП шириной 28,38 мм и глубина канавки 2,97 мм не выдерживает прикладываемую нагрузку ($\sigma_{\text{см}} > \sigma_{\text{см.доп}}$ и $\sigma_{\text{изг}} > \sigma_{\text{в.доп}}$). Подбор размера ширины ВП и глубины канавки показал, что необходим ведущий пояс с шириной $b = 10$ мм, а глубина канавки под ведущий пояс глубиной $a_{\text{кан}} = 3,5$ или $a_{\text{кан}} = 4$ мм.

В связи с изменением конструкции необходимо провести расчет гироскопической устойчивости предлагаемого снаряда. Характеристиками устойчивости проектируемого снаряда служат требуемая для устойчивого полета снаряда крутизна нарезов или коэффициент гироскопической устойчивости.

Для обеспечения требуемой устойчивости снаряда на траектории необходимо, чтобы $\eta_{\text{сн}}$ была на 3-5 клб больше длины хода нарезов орудия $\eta_{\text{ор}}$ или чтобы коэффициент σ_0 был равен 0,3 – 0,6.

Анализ результатов расчета (табл. 7) показал, что предлагаемая конструкция снаряда гироскопической устойчивостью не обладает. В связи с этим были предложены различные варианты конструкции снаряда, которые отличаются размерами трассера и материалом, применяемом в демпфере (рис. 7).

Таблица 7. Результаты расчета гироскопической устойчивости

Параметр	Штатный	Предлагаемый
$\eta_{\text{ор}}$, клб	35	35
q , кг	3	3,67
$x_{\text{цг}}$, мм	75,85	91
B/A	7,4	13,7
σ_0	0,58	$\sqrt{1 - 1,075}$
$\eta_{\text{сн}}$	34,7	37,2

Анализ результатов расчетов (табл. 8) показал, что все предлагаемые варианты конструкции удовлетворяют расчету на гироскопическую устойчивость (рис. 7). Проведем для конструкции «в» проверочный расчет всех параметров (табл. 9, 10, 11, 12).

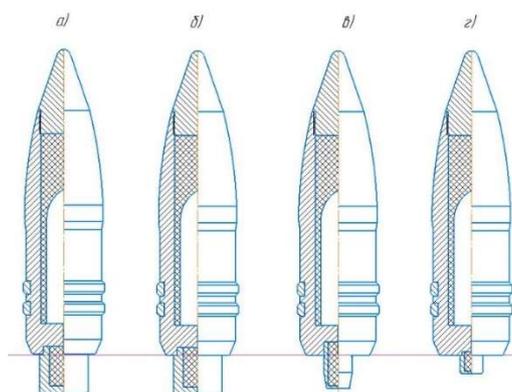


Рис. 7. Другие варианты конструкции: а) демпфер – 35ХГСА; б) демпфер – ВНЖ; в) демпфер – 35ХГСА, уменьшенный трассер; г) демпфер – 35ХГСА, уменьшенный трассер

Таблица 8. Результаты расчета гироскопической устойчивости

Параметр	а)	б)	в)	г)
η_{op} , клб	35			
q , кг	3,1	3,3	3,07	3,05
$x_{цг}$, мм	78,7	83,5	80,68	80,73
B/A	8,7	10,5	8,25	8,24
σ_0	0,52	0,42	0,55	0,55
$\eta_{сн}$	33,97	33,61	34,7	34,7

Таблица 9. Расчет внешнетраекторных параметров

	Штатный	Предлагаемый	Рис. 7, в
Масса, кг	2,8	3,666	3,07
Длина, м	0,24	0,258	0,247
Длина головной части, м	0,122	0,12	0,131
Положение центра масс, м	0,0733	0,091	0,08068
Коэффициент формы	1,29	1,31	1,22
Скорость подхода к преграде на дальности 1 км, м/с	784,8	830,8	806

Таблица 10. Результаты расчета внутрибаллистических параметров предлагаемого боеприпаса (порох марки 11/7)

Заряд, кг	Δ , кг/дм ³	Конструкция рис. 7, в
1,1	0,72	$V = 940$ м/с $\rho_{max} = 3091$ кг/см ²
1,15	0,754	$V = 976$ м/с $\rho_{max} = 3291$ кг/см ²
1,2	0,787	$V = 1010$ м/с $\rho_{max} = 3726,3$ кг/см ²

Таблица 11. Результаты расчета внутрибаллистических параметров

предлагаемого боеприпаса с комбинированным зарядом

16/1 тр, кг	АПЦ-235П 16/1, кг	Δ , кг/дм ³	p_{\max} , кг/см ²	V , м/с
0,1	1,05	0,754	2029	973
0,1	1,1	0,787	2254	1004
1,15	0,1	0,82	2244	1005
1,1	0,1	0,787	2024	974

Таблица 12. Результаты прочностного расчета ВП

Размеры ВП	b_1	b_2	σ	a	$\sigma_{\text{см}}$	$\sigma_{\text{ср}}$	$\sigma_{\text{изг}}$
	мм		кг/см ²				
$b = 10$ $a_{\text{кан}} = 4$	3,6	4,7	492,2	193,7	1396,5	343,8	748

Анализ результатов расчетов показал возможность применения предлагаемой конструкции снаряда, представленной на рисунке 7, в.

Моделирование процесса проникания снаряда в броню показан на рисунке 8. Анализ результата показал, что предлагаемая конструкция снаряда позволяет пробить 100 мм брони, при этом сердечник обладает запасом энергии для пробития брони большей толщины.

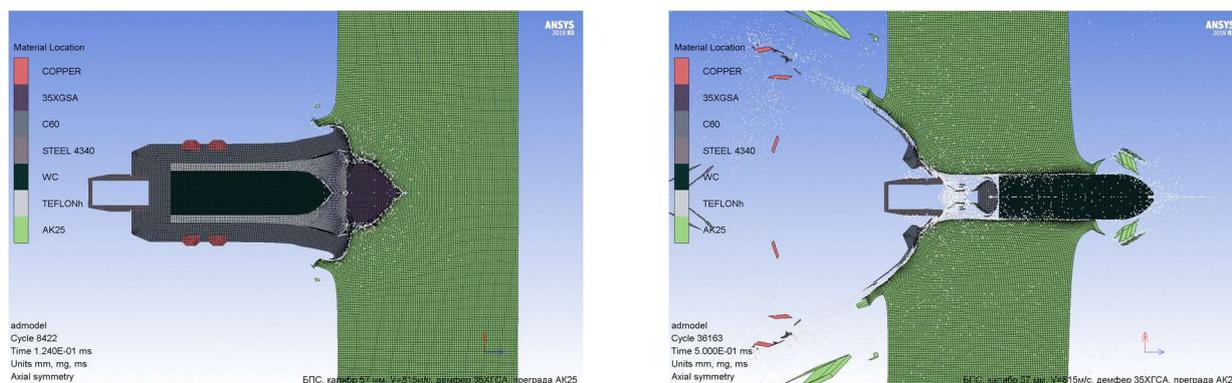


Рис. 8. Процесс пробития 100 мм преграды

Выводы

1. Предложена усовершенствованная конструкция подкалиберного бронебойно-зажигательный снаряд к артиллерийской системе калибра 57 мм.
2. Анализ проведенных расчетов показал удовлетворительные результаты.
3. Результаты расчетов показывают возможность применения предлагаемого боеприпаса в качестве боеприпаса для АЗП С-60. При этом достигаются необходимые тактико-технических характеристики на заданной дистанции выстрела.
4. Предлагаемый снаряд имеет увеличенную бронепробиваемость, при этом дополнительное снаряжение в виде реакционного материала (фторопласт-алюминиевая механоактивированная наносмесь) создает мощное зажигательное действие. Расчеты показывают высокую вероятность

заноса реакционного материала за броневую преграду.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ширяева В.Ю., Хмельников Е.А., Смагин К.В. Разработка конструкции бронебойно-зажигательного снаряда к артиллерийской системе калибра 57 мм. В сб. «Наука. Промышленность. Оборона.» Труды XIX Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018.
2. Ширяева В.Ю., Хмельников Е.А., Смагин К.В., Литус И.Б., Ильин С.С. Разработка бронебойно-зажигательного снаряда повышенного могущества к артиллерийской системе калибра 57 мм. В сб. «Наука. Промышленность. Оборона.» Труды XX Всероссийской научно-технической конференции. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.
3. Таблицы стрельбы 57-мм автоматической зенитной пушки С-60 по наземным целям [Текст]: Осколочно-трассирующая граната бронебойно-трассирующий снаряд. ТС/ГРАУ № 225 / М-во обороны СССР. - 3-е изд. - Москва: Воениздат, 1970. - 45 с.; 20 см.

PERFECTION CONSTRUCTION OF THE ARMOUR-PIERCING INCENDIARY AMMUNITION CALIBER 57 mm

Shiryayeva Veronika Yurievna¹; Doctor of Technical Sciences Khmelnikov Evgeny Alexandrovich¹, Smagin Konstantin Vladimirovich¹, Litus Igor Borisovich²

Shiryayeva Veronika Yurevna¹, student, e-mail ver.schi2011@yandex.ru

Khmelnikov Evgeny Aleksandrovich¹, doctor of technical Sciences, head of Department of Special engineering, e-mail khmelnikov7@gmail.com

Smagin Konstantin Vladimirovich¹, Assistant, e-mail smaginkv@gmail.com

¹Nizhny Tagil Technology Institute (branch) Ural Federal University, Krasnogvardeyskaya st., 59, Nizhny Tagil, 622000, Russian Federation.

Abstract: The article discusses the improvement of the proposed sub-caliber armor-piercing incendiary ammunition of 57 mm. Selection of charge, strength calculation of the driving band and calculation of gyroscopic stability are performed.

Key words: armour-piercing ammunition, armour-piercing incendiary sub-caliber ammunition, hard-alloy core, math modeling, strength of the driving, gyroscopic stability.

**ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА
ВНУТРИБАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ВЫСТРЕЛА
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ ФОРМЫ**

***Ширяева Вероника Юрьевна; д.т.н. Хмельников Евгений Александрович,
Смагин Константин Владимирович***

Нижнетагильский Технологический институт (филиал) Уральского
федерального университета имени первого Президента России Б. Н.
Ельцина, 622031, Россия, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59, тел. (343)
525-65-00

Ширяева В.Ю., e-mail ver.schi2011@yandex.ru
Хмельников Е.А., e-mail khmelnikov7@gmail.com
Смагин К.В., e-mail smaginkv@gmail.ru

Аннотация

В статье рассматривается тип боеприпасов телескопической формы. Описываются возможные конструкции телескопических выстрелов. Приводится решение основной задачи внутренней баллистики аналитическим методом при геометрическом законе горения (методом Н.Ф. Дроздова) для артиллерийских систем с выстрелом телескопической конструкции.

Ключевые слова

Выстрелы телескопической конструкции; внутренняя баллистика; основная задача внутренней баллистики; аналитический метод решения; геометрический закон горения.

Разработка универсального вооружения для боевых бронированных машин выдвинута на передний план растущей потребностью в маневренных силах быстрого развертывания. Использование телескопического выстрела [1] увеличит бронепробитие и облегчит решение проблемы размещения боекомплекта. С появлением таких боеприпасов возникает необходимость расчета внутрибаллистических параметров, для получения необходимой начальной скорости снаряда и заданной дальности.

Телескопический боеприпас отличается от обычного (рис. 1) тем, что при одинаковом калибре он имеет больший объем гильзы, а соответственно большую по длине камеру орудия, однако сам выстрел имеет меньшую общую длину, что сокращает ход затвора, а соответственно увеличивает скорость заряжания.

Процесс выстрела происходит следующим образом: изначально с помощью капсюля воспламенителя (10) воспламеняется основной заряд (9). По мере движения секторного ведущего устройства открываются отверстия в перфорации центрирующей втулки, в которые попадают пороховые газы от основного заряда и происходит воспламенение дополнительных зарядов.

Основная задача внутренней баллистики состоит в решении системы

уравнений, что позволяет установить зависимости изменения давления газов и скорости снаряда от конструктивных данных канала ствола и условий заряжания. Система уравнений имеет классический вид [2, 3, 4].

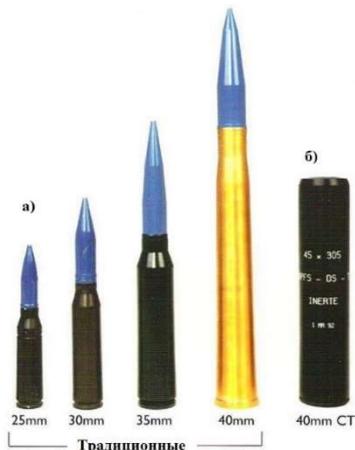


Рис. 1 Сравнение размеров основных типов боеприпасов, используемых в настоящее время для автоматических пушек БМП:
 а) традиционные выстрелы 25x137, 30x173, 35x228, 40x365R,
 б) телескопический 40x255

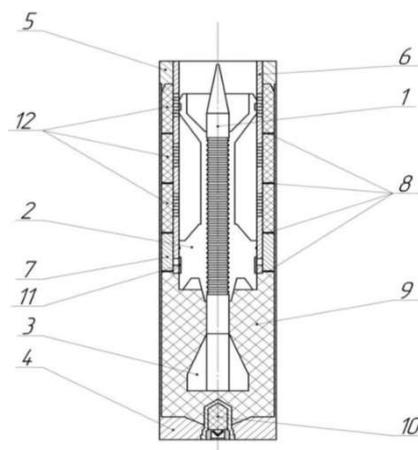


Рис. 2 Конструкция телескопического выстрела:
 1 – сердечник, 2 - секторное ведущее устройство, 3 – стабилизатор, 4 – корпус, 5 - фиксирующая втулка, 6 - центрирующая втулка, 7 - кольцевой сегмент, 8 – прокладки, 9 - основной заряд, 10 - капсулю воспламенитель, 11 - кольцевой obturator, 12 - дополнительные заряды

Основные допущения, принятые при решении задачи внутренней баллистики для стандартных орудий [2], остаются справедливыми и в рассматриваемом случае. Принятые дополнительные допущения:

1. Дополнительный заряд состоит из N числа зарядов, состоящих из одинаковой марки пороха, равных по объему и весу.
2. Возможно три варианта зарядов:
 - и основной и дополнительный заряд – дегрессивно горящие пороха;
 - основной заряд – дегрессивно горящий порох, дополнительный – прогрессивно горящий;
 - основной заряд – прогрессивно горящий порох, дополнительный – дегрессивно горящий.
3. Горение пороха дополнительных зарядов происходит по геометрическому закону.
4. Порох горит при среднем давлении p .
5. Закон скорости горения для каждого пороха выражается зависимостью

$$u = u_1 p^V.$$

Сущность предлагаемого метода состоит в том, что каждый из баллистических элементов выстрела (p , V , l , ψ) выражается в функции относительной толщины пороха, сгоревшей от начала движения снаряда, а за независимую переменную принимаем время протекания процесса t с заданным

шагом. Тогда величина x как:

$$\text{Для основного пороха: } e' = u_{11} \cdot p^{\nu} \cdot t.$$

$$\text{Для дополнительного: } e''_N = u_{12} \cdot p^{\nu} \cdot t,$$

где $u_{11} = \frac{e_{11}}{I_{k1}}$, $u_{12} = \frac{e_{12}}{I_{k2}}$ – единичная скорость горения основного и

дополнительного пороха соответственно, ν – показатель степени давления, в расчетах принято $\nu = 0,53$.

В рассматриваемой задаче первый период делится на $N + 1$ фазу, в зависимости от количества дополнительных зарядов. Следовательно, x будет определяться в каждой фазе отдельно (таблица).

Зависимости для определения величины переменной x

Горение основного заряда	$x = z_{k1} - z_0 = \frac{e'}{e_{11}} - z_0$
Горение основного заряда и первого дополнительного заряда	$x = \alpha' \frac{e'}{e_{11}} + \alpha'' \frac{e''_1}{e_{12}} - z_0$
Горение основного заряда и N дополнительных зарядов	$x = \alpha' \frac{e'}{e_{11}} + \alpha'' \frac{e''_1}{e_{12}} + \alpha'' \frac{e''_2}{e_{12}} + \alpha'' \frac{e''_3}{e_{12}} + \dots + \alpha'' \frac{e''_N}{e_{12}} - z_0$

$$\text{где } \alpha' = \frac{\omega_1}{\omega_1 + \omega_2}, \quad \alpha'' = \frac{\omega_2}{\omega_1 + \omega_2}.$$

Таким образом, задаваясь значениями e_l , можно по предложенной корректировке в формулах, изложенных в [2, 3, 4] можно определить соответствующие значения p , V , l , ψ и построить кривые давления (p , l) и скорости снаряда (V , l).

Учет предложенных изменений в основной задаче внутренней баллистике был реализован в программном комплексе «ВБТБ».

Рассмотрим три варианта выстрела (рис. 3). Общий объем дополнительных зарядов меняться не будет и для N зарядов будет иметь вид, представленный на рисунке ниже.

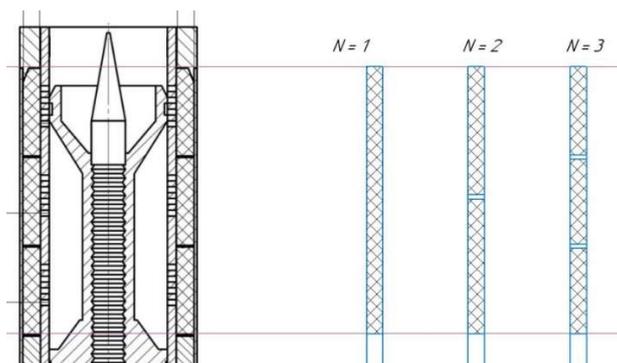


Рис. 3 Схематичное представление патрона с различной конфигурацией дополнительного заряда

Рассмотрим вариант, когда основной и дополнительный заряд состоит из дегрессивно горящих порохов, например, марок 4/1 и 5/1 соответственно (рис. 4).

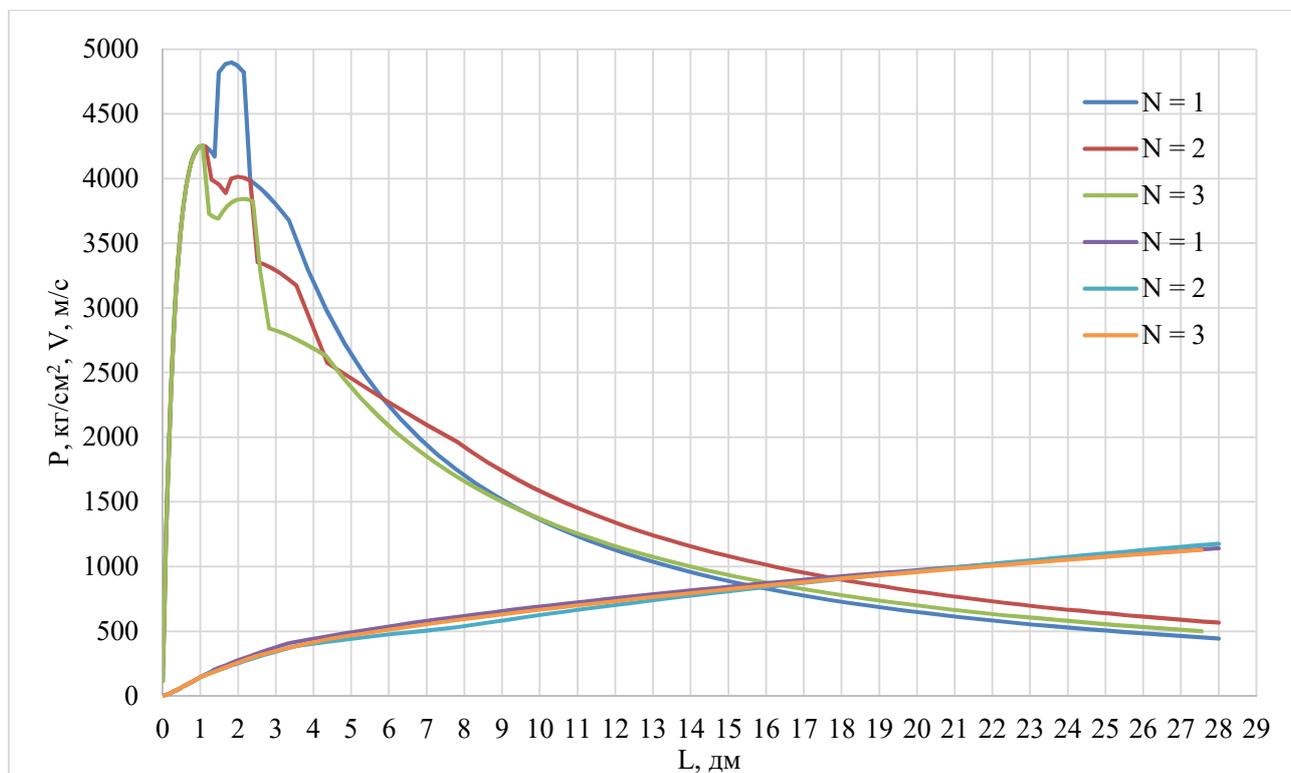


Рис. 4 Кривые давления и скорости в зависимости от положения снаряда в канале ствола (основной заряд – 4/1, дополнительный – 5/1)

Анализ результатов показал, что наличие дополнительных зарядов растягивает максимум давления по длине канала ствола. Во втором периоде наибольшее давление наблюдается для случая $N = 2$ в результате чего дульная скорость получается больше, чем для $N = 1, 3$.

Произведем подбор заряда, при котором основной заряд прогрессивно горящий, дополнительный – дигрессивно горящий. (рис. 5).

Для случая $N = 1$ видно два максимума. Первый соответствует максимальному давлению для первой фазы первого периода, когда горит один основной заряд. Второй – достигается за счет горения дополнительного заряда. В этом случае пороховые газы от дополнительного заряда растягивают кривую давления, увеличивая ее площадь. Аналогичная ситуация для $N = 2, 3$.

Рассмотрим подробно кривую давления для случая, когда дополнительных зарядов 3 ($N=3$). Перегибы давления на положении (L) снаряда в канале ствола равном 0,16, 0,17 и 0,18 м соответствуют началу горения i -ого дополнительного заряда. На $L = (0,28 - 0,323)$ м происходит распад зерна прогрессивно горящего пороха, $L = (0,421 - 0,456)$ м – сгорание распавшихся

(дегрессивно горящих) частей основного пороха и сгорание первого дополнительного заряда, $L = 0,545$ м – сгорание второго дополнительного заряда, $L = 0,798$ м – сгорание третьего дополнительного заряда.

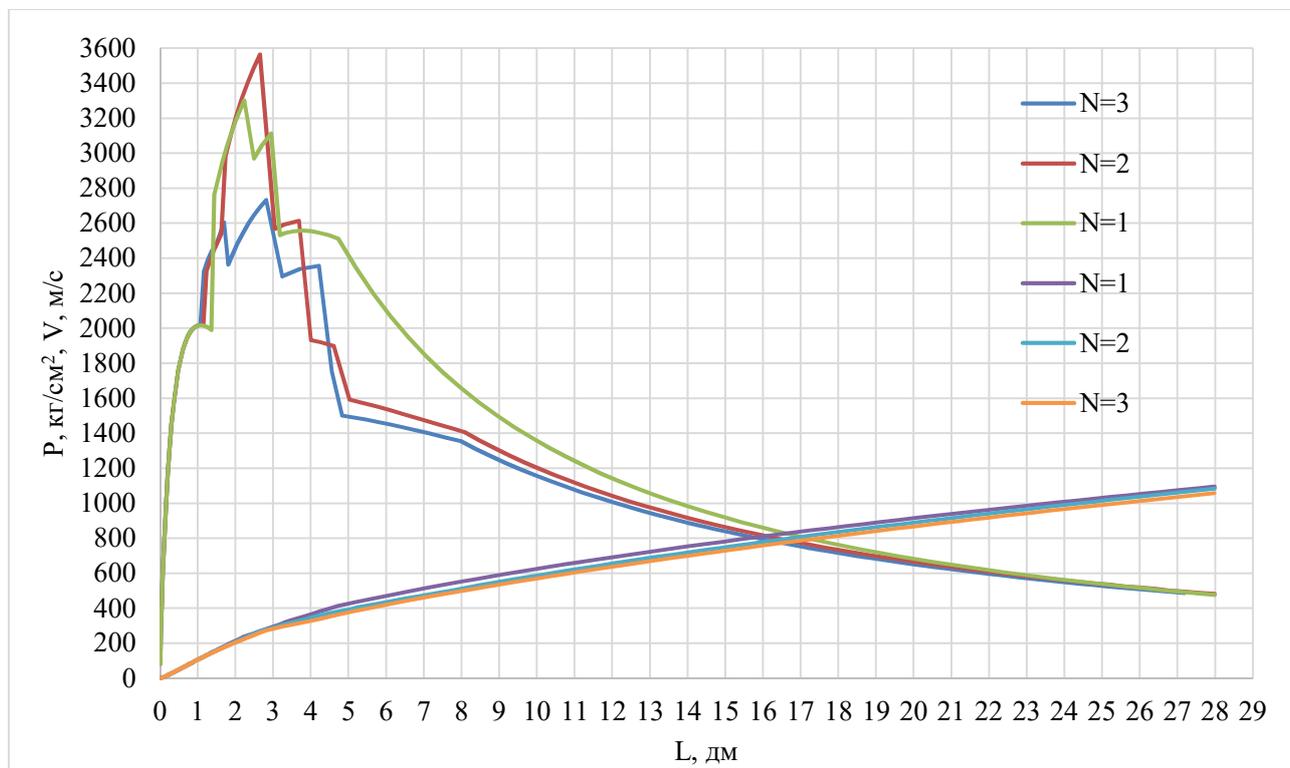


Рис. 5 Кривые давления и скорости в зависимости от положения снаряда в канале ствола (основной заряд – 4/1 фл, дополнительный – 4/1)

Таким образом, введение дополнительных зарядов в случае, когда основной порох прогрессивно горящий, значительно растягивает и изменяет кривую давления, а также позволяет получить заданную скорость при меньшем максимальном давлении.

Выводы:

1. На основе приведенного анализа показано преимущество телескопических выстрелов перед классическими одинакового калибра.
2. Предложена схема решения основной задачи внутренней баллистики, определены основные допущения, необходимые для решения задачи.
3. Приведенное выше решение, при сделанных допущениях, выражает зависимости между конструктивными данными канала ствола, условиями заряжания и баллистическими элементами выстрела как для первого периода, так и для второго.
4. Решение задачи для телескопических выстрелов дает возможность для заданных условий заряжания рассчитать закономерности изменения давления пороховых газов и скорости снаряда в различные моменты движения снаряда по каналу ствола.
5. Представленное решение позволяет учесть влияние как количества дополнительных зарядов, так и их состава на основные баллистические характеристики.

6. Показано, что, введение дополнительных зарядов в случае, когда основной порох прогрессивно горящий, значительно растягивает и изменяет кривую давления, а также позволяет получить заданную скорость при меньшем максимальном давлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руперт Пенгелли [Pengelly R.] «Разработка новых боеприпасов среднего калибра для применения на БМП».
2. М.Е. Серебряков. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. –М: Оборонгиз, 1962. – 703 с.
3. Основы баллистики и аэродинамики: учебное пособие / И.А. Балаганский. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 200 с.
4. Jia-gang Wang, Yong-gang Yu, Liang-liang Zhou, Rui Ye. Numerical simulation and optimized design of cased telescoped ammunition interior ballistic. Journal Defence Technology 14 (2018). – 119-125.

SOFTWARE PACKAGE FOR CALCULATION OF INTERNAL-BALLISTIC PARAMETERS AT SHOT FROM A GUN WITH A TELESCOPIC SHOT

Shiryayeva Veronika Yurievna; Doctor of Technical Sciences Khmelnikov Evgeny Alexandrovich, Smagin Konstantin Vladimirovich

*Shiryayeva Veronika Yurevna*¹, student, e-mail ver.schi2011@yandex.ru

*Khmelnikov Evgeny Aleksandrovich*¹, doctor of technical Sciences, head of Department of Special engineering, e-mail khmelnikov7@gmail.com

*Smagin Konstantin Vladimirovich*¹, Assistant, e-mail smaginkv@gmail.com

¹Nizhny Tagil Technology Institute (branch) Ural Federal University, Krasnogvardeyskaya st., 59, Nizhny Tagil, 622000, Russian Federation.

Abstract: The type of telescopic form ammunition is discussed in the article. Possible design of telescopic shots are described. The solution of the main task of interior ballistics is described by the analytical method for the geometric law of combustion (method of N.F. Drozdov) for artillery systems with a telescopic shot.

Key words: telescopic shot; interior ballistics; analytical solution method; geometric law of combustion.

СЕКЦИЯ: ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 536.46

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛА

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

Собраны и систематизированы данные о истории изучения горения частиц металла. Описаны основные этапы развития исследований горения твердых конденсированных систем, выявлены современные проблемы исследования воспламенения и горения частиц металла, а также факторы, влияющие на температурные и временные характеристики воспламенения и горения. Описаны сегодняшние представления о механизме горения и сформулированы вопросы, требующие ответа для лучшего понимания реализации превращения металла в оксид.

Ключевые слова. Горение; частицы металла; фрагментация; продукты горения.

В настоящее время горение твердых конденсированных систем является основным источником энергии. Отметим, что более 85% потребляемой энергии в мире имеет своим источником горение, большинство современных технологий основано на использовании горения твердого топлива. Приведем краткое изложение истории развития использования горения твердых конденсированных систем.

Интерес к горению конденсированных веществ, содержащих частицы металла, возник с изобретение многокомпонентной твёрдой взрывчатой смеси, способной к горению параллельными слоями без доступа кислорода извне и выделением большого количества тепловой энергии и газообразных продуктов, имя которой – порох. Однако артиллерийские пороха оказались не пригодны для использования в ракетах, так как при выстреле весь пороховой заряд превращается в газ с давлением в сотни МПа и снаряд с высокой скоростью выбрасывается из орудия. Для ракет же требуется большая продолжительность

горения. Поэтому целью исследователей стало изучение и совершенствование энергетических и эксплуатационных характеристик двигательных.

Последний шаг на пути к созданию современных твердотопливных ракетных двигателей (РДТТ) был сделан во второй половине 40-х годов сотрудниками лаборатории реактивных двигателей [1] (США), которые предложили в качестве твердого ракетного топлива кристаллические частицы перхлората калия или аммония как окислитель, вкрапленные в массу полисульфидного синтетического каучука (горючее). В отличие от двухосновного пороха, который представляет собой гомогенную, т. е. однородную, массу, новое топливо по своей структуре было гетерогенным, неоднородным. Поскольку данное топливо является механической смесью различных компонентов, то получило название смесевое. Смесевые топлива могут гореть устойчиво при давлениях всего лишь в несколько мПа, что позволяет значительно снизить массу конструкции турбореактивного двигателя (ТРД). Дополнительный выигрыш здесь получается за счет устранения элементов крепления топливного заряда к корпусу. В результате всего этого стало возможным создать турбореактивный двигатель (ТРД) с высокими характеристиками (удельным импульсом и относительным содержанием топлива), способные надежно работать в течение продолжительного времени (десятки, а затем и сотни секунд).

Дальнейший прогресс в области твердых конденсированных систем связан с разработкой более совершенных составов смесевых топлив. Для повышения их энергетических характеристик стали вводиться металлизированные горючие частицы (Al, Mg или их гидридов) в количестве до 20%. Именно разработка новых составов ракетного топлива послужила основой для исследований горения металлических частиц, которые проводятся и в настоящее время.

Современные смесевые топлива или смесевые твёрдые топлива (СТТ) представляют собой смесь твёрдых горючего и окислителя. Существует большое количество различных смесей пригодных для ракетостроения. Как правило все они создаются вокруг небольшого количества эффективных твёрдых окислителей, которые комбинируют с разнообразными горючими веществами. Наиболее известные окислители:

- перхлораты: аммония (NH_4ClO_4), лития (LiClO_4), калия (KClO_4).
- нитраты (селитры): калия (KNO_3), аммония (NH_4NO_3) динитрамид аммония ($\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$) и др.

В качестве горючего используются:

- металлы или их сплавы (алюминий, магний, литий, бериллий), гидриды металлов.
- полимеры и смолы (полиэтилен, полиуретан, полибутадиен, каучук, битум).
- другие вещества, например, полисульфиды, бор, углерод.

Наиболее популярные металлы, используемые в смесевых твёрдых топливах качестве горючего [2]:

- литий – имеет наиболее высокие температуры плавления и кипения и наибольшую область существования в жидком состоянии, благодаря последнему свойству литий считается особенно ценным металлическим теплоносителем, применяемым при охлаждении, поскольку его удельная теплоемкость также необычно высока;
- бериллий - широко применяется в ядерной технике, поскольку хорошо замедляет нейтроны, а также в металлургии как антиоксидант и как легирующая добавка для меди и медных сплавов;
- цирконий - может найти применение в ракетных топливах благодаря своей высокой плотности, сухой циркониевый порошок весьма реакционноспособен и имеет низкую температуру воспламенения (180—195 °С);
- магний - находит небольшое применение в ракетных топливах, но его широко используют в воспламенителях и других пиротехнических устройствах, а также как легирующую добавку. Более тяжелые щелочноземельные металлы вообще не применяются в ракетных топливах, так как молекулярные веса продуктов сгорания были бы слишком высоки. Магний более реакционноспособен, чем бериллий; тонкий порошок магния огнеопасен, но на воздухе не самовоспламеняется;
- бор (неметалл) - часто применяется в ракетных топливах, но он имеет недостатки, обусловленные низкой эффективностью горения. Помимо ракетных топлив, бор широко применяется в воспламенителях и для защиты от нейтронов;
- алюминий - твердый, прочный металл с высоким окислительным потенциалом, но устойчивый к окислению вследствие образования защитной окисной плёнки. Этот металл неакционноспособен, но в порошкообразном виде образует с воздухом воспламеняющиеся и взрывчатые смеси, поэтому его необходимо изолировать от источника искры. Если порошок алюминия сильно нагреть, то он воспламеняется и сгорает ослепительным белым пламенем, образуя окись алюминия. Горение происходит чрезвычайно быстро.

А так же исследуются возможности использования титана в ракетном топливе [3] и во взрывчатых смесях промышленного или технологического назначения [4].

Проблемы, связанные с горением металлов актуальны и многообразны. Можно выделить три направления исследований – пожаро- и взрывоопасность, энергетическое горение и технологическое горение. Первое направление включает вопросы безопасного конструкционного и технологического применения металлов в газообразных окислительных средах, такие как: условия воспламенения, параметры горения, способы защиты от возгорания (нанесение покрытий, введение легирующих добавок). Заметим, что при повышенном давлении кислорода могут гореть металлы, безопасные при обычных условиях, в частности, сталь [7]. В случае дисперсных материалов, например, металлов в порошкообразном виде [8], к пожароопасности относятся

вопросы, связанные с воспламенением, взрываемостью и горением аэрозвесей. Рассматриваются концентрационные пределы, минимальная энергия зажигания, распространение пламени и огнепреграждение, последствия горения (достигаемые уровни температуры и давления). Энергетическое горение включает вопросы, связанные с реализацией способности металла к экзотермическому взаимодействию с окислителем. Использование металла в качестве специфического энергетического материала – «металлического горючего» – характеризуется следующими особенностями. Во-первых, условия воспламенения, параметры горения, способы защиты от возгорания (нанесение покрытий, введение легирующих добавок). Заметим, что при повышенном давлении кислорода могут гореть металлы, безопасные при обычных условиях, наибольший интерес представляют металлы с высокой (более 8 кДж/г) теплотой сгорания [5], такие как Al, Mg, Be, Ti, Zr, Li, и некоторые их соединения (гидриды, сплавы такие как AlH₃, Al/Mg) [5–6]. Во-вторых, для повышения реакционной поверхности используют металлические микрочастицы с характерным размером порядка единиц-десятков микрометров [5]. В-третьих, цели и способы практического применения чрезвычайно разнообразны, хотя и базируются на одном ключевом свойстве – выделении теплоты в процессе горения. Металлические горючие используются:

- в конденсированных системах – ракетных и плазменных топливах [2]; [6, 9], пиротехнических и взрывчатых составах [2, 10];
- в системах и установках с аэродисперсным горением [6];
- в двигательных установках с водой в качестве окислителя [11].

В технологическом горении металл выступает в качестве реагента для получения целевых продуктов с заданными свойствами (оксидов, нитридов, карбидов и др.) в составе прессованных, свободно-насыпных, гелеобразных, аэрогелированных и аэродисперсных систем [12, 13].

Горение металлов есть совокупность взаимосвязанных физических и химических процессов и явлений, среди которых главные – транспорт окислителя к металлу и химическое реагирование металла и/или промежуточных продуктов окисления с окислителем. Для понимания процессов воспламенения и горения частиц металла необходимо знать критические условия воспламенения; времена воспламенения и горения при различных температурах и давлениях газа; температуру в частице и в её окрестности на разных стадиях процесса; состав, дисперсность и структуру продуктов сгорания. Из-за различий в свойствах металлов и их оксидов универсальных механизмов воспламенения и горения металла не существует. Особенности реализации реагирования индивидуальны, и каждый металл интересен с точки зрения фундаментальной науки. На практике интенсивность исследований определяется важностью и тиражируемостью практических приложений. Так, благодаря использованию в ракетных топливах, воспламенение и горения частиц алюминия более полувека активно исследуется в ряде стран [5, 6].

Заключение

В работе описаны основные этапы развития исследований горения твердых конденсированных систем, выявлены современные проблемы исследования воспламенения и горения частиц металла, а также факторы, влияющие на температурные и временные характеристики воспламенения и горения. Для понимания процессов воспламенения и горения частиц металла необходимо знать критические условия воспламенения; времена воспламенения и горения при различных температурах и давлениях газа; температуру в частице и в её окрестности на разных стадиях процесса; состав, дисперсность и структуру продуктов сгорания. Так же стоит отметить, что имеющейся сегодня информации недостаточно для создания завершённой физической картины горения некоторых металлов, например, частиц Ti [14, 15], Al и Al+B, а также об образовании конденсированных продуктов горения с целью формирования представлений о механизмах указанных процессов необходимо проводить исследования в данном направлении.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (проект № 20-33-90208).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ветров В. В. и др. //Основы устройства и функционирования противотанковых управляемых ракет // под ред. А. Г. Шипунова. — Тула: ТулГУ, 2006 г, 182 с.
2. Сарнер С. Химия ракетных топлив. — М.: Мир, 1969 - 485 с.
3. Weiqiang Pang, Xuezhong Fan, Fengqi Zhao, Huixiang Xu, Wei Zhang, Hongjian Yu, Yonghong Li, Fangli Liu, Wuxi Xie, Ning Yan. Effects of Different Metal Fuels on the Characteristics for HTPB-based Fuel Rich Solid Propellants // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. 2013. V. 38. P. 852-859.
4. Matias T., Duraes L., Andrade-Campos A., Mendes R. Prediction and experimental Al, Mg, Ti and Zr derived oxides and spinel formation by detonation // 41st Int. Annual Conference of ICT. Energetic Materials for High Performance, Insensitive Munitions and Zero Pollution. Germany, Karlsruhe, June 29 - July 2, 2010. P. 95-1–95-16.
5. Похил П.Ф. и др. //Горение порошкообразных металлов в активных средах// М.: Наука, 1972 - 296 с.
6. Ягодников Д.А.// Воспламенение и горение порошкообразных металлов //М.: Издательство МГТУ им. Баумана. 2009 - 432 с.
7. Иванов Б.А. //Безопасность применения материалов в контакте с кислородом// М.: Химия, 1984 - 154 с.
8. Буланов В.Я. и др. //Диагностика металлических порошков// М.: Наука, 1983 - 225 с.
9. Жуков Б.П. //Энергетические конденсированные системы. Краткий Энциклопедический словарь// М.: Янус-К, 2000 - 596 с.
10. Глотов, О. Г. Эволюция 100-микронных алюминиевых агломератов и изначально сплошных алюминиевых частиц в пламени модельного твердого

топлива. I. Экспериментальный подход / О. Г. Глотов, В. А. Жуков // Физика горения и взрыва. - 2008. - Т. 44, № 6. - С. 52-60.

11. Морохов И.Д., Велихов Е.П., Волков Ю.М //Атомная энергия// 1978 - 44 с.

12. Крюков А.Ю. //Адаптация внутрикамерных процессов и элементов конструкции энергоустановок на порошковом горючем к технологиям получения ультра- и нанодисперсных материалов//Пермь: Изд-во ПНИПУ //Пермск. нац. исслед. политех. ун-т, 2012 - 236 с.

13. Мержанов А.Г., Сычев А.Е. //О самораспространяющемся высокотемпературном синтезе // Усп. хим., 73:2 (2004), 157–170 с.

14. Belousova, O. G. Glotov, A. V. Guskov // Study of the free falling particles trajectory at the burning monolithic titanium particles / N. S. // Journal of Physics: Conference Series. - 2019. - Vol. 1214. - Art. 012010 (7 p.). - DOI: 10.1088/1742-6596/1214/1/012010

15. Н.С. Белоусова, О. Г. Глотов, А. В. Гуськов //Исследование горения частиц титана с целью генерации наночастиц TiO₂ = The study of titanium particles combustion with the aim of TiO₂ nanoparticles generation // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. - 2018. – № 11. – С 90–99.

16.

THE HISTORY OF THE METAL PARTICLES COMBUSTION STUDYING

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

The data about the metal particles combustion studying history are Collected and systematized. The main stages of the research development of solid condensed systems combustion are described. Modern problems of the metal particles ignition and combustion studying, as well as the factors which influence the temperature and time characteristics of ignition and combustion are identified. The current concepts of the combustion mechanism are described, and questions required an answer for better understanding of the metal into an oxide transformation realization are formulated.

Keywords: Combustion; metal particles; fragmentation; combustion products.

ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ПРЕДОХРАНЕНИЯ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ

Кирюхина Валерия Александровна, студентка; Нестерова Алена Алексеевна, студентка; Милевский Константин Евгеньевич, к.т.н., доцент
Новосибирский государственный технический Университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Кирюхина В.А., e-mail valeriakiryuxina@gmail.com

Нестерова А.А., e-mail nesterova.2017@stud.nstu.ru

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

Аннотация

Статья посвящена артиллерийским и авиационным взрывателям, содержащим различную систему предохранения взрывателя, предназначенную для обеспечения безопасного действия взрывателя, то есть не взведения и не срабатывания преждевременно. Описываются различные типы механизмов предохранения взрывателя. Исследуются патентные решения, предложенные для усовершенствования системы предохранения взрывателя. Анализируются способы и механизмы обеспечения безопасности взрывателя в производстве, служебном обращении и при выстреле. Рассмотрено повышение надежности функционирования и технологичности изготовления предохранительно-исполнительного механизма, входящего в систему предохранения.

Ключевые слова

Система предохранения взрывателя, предохранительно-исполнительный механизм, взведение взрывателя, безопасность взрывателя, взрывающее устройство.

Введение

Взрыватель является основным элементом артиллерийского выстрела и предназначен для приведения в действие боеприпаса (снаряда, боевого элемента и др.) в требуемой точке траектории. В структурную схему любого современного взрывателя входят: иницилирующая система, огневая цепь (ОЦ) и система предохранения (СП). К взрывающим устройствам (ВУ) предъявляются тактико-технические требования. Одними из важнейших тактико-технических требований является обеспечение безопасности в производстве, в служебном обращении и при выстреле, а также безотказность действия. Так как взведение взрывателя может произойти в канале ствола, блоке орудий или при случайном падении взрывателя на преграду, что способствует возникновению опасности для стрелка, летательного аппарата и др.

Для безопасного действия взрывателя, то есть не взведения и не срабатывания преждевременно, применяется СП, которая исключает случаи преждевременного срабатывания взрывателя и включает в себя предохранительные механизмы, устройства и детали.

СП может иметь одну или несколько ступеней предохранения, которые обеспечивают безопасность взрывателя до момента окончания взведения и взводящихся при действии одного физического фактора или команды, возникающих при нормальном действии боеприпаса.

СП взрывателя от преждевременного срабатывания разделяется на следующие группы механизмов [1]:

- Блокирующий механизм удерживает подвижные детали в безопасном положении в случае неправильной работы элементов взрывателя или нарушений условий эксплуатации.

- Предохранительный механизм предназначен для удержания в исходном состоянии деталей, при перемещении которых происходит взведение взрывателя.

- Механизм походного предохранения (деталь) предохраняет взрыватели от взведения или срабатывания при обращении. Перед выстрелом снимается.

- Противонутационное устройство предназначено для исключения взведения взрывателя во время действия сил нутации.

- Жесткий предохранитель пластически деформируется или разрушается при механическом воздействии.

- Упругий предохранитель восстанавливает первоначальные размеры и сопротивление после снятия нагрузки.

- Контрпредохранитель (деталь или устройство) обеспечивает несрабатывание контактного датчика цели после взведения взрывателя от факторов, действующих на боеприпас во время его движения.

- Инерционный замыкатель (устройство) предназначен для коммутации электрической цепи взрывателя под действием сил инерции, применяют в электрических взрывателях.

Способы усовершенствования СП от преждевременного срабатывания могут быть следующими:

Рассмотрим RU 2439483 С2 предохранительно-воспламенительного механизма (ПВМ) взрывателя [2] (рис. 1).

Задача, которая решается в данном ПВМ состоит в том, чтобы обеспечить надежность взведения взрывателя в широком диапазоне линейных ускорений (при перегрузке от несколько сот единиц до десятков тысяч) с одновременным выполнением требований эксплуатационной безопасности, в том числе и в случае случайного падения на преграду, торможении в канале ствола или в пусковой направляющей за счет использования естественных отличий характеристик ускорений и устройства, заставляющего инерционное тело (шарик) двигаться по зигзагообразной траектории, что в свою очередь обеспечивают выступы, расположенные на противоположных стенках канала по ходу движения шарика. В этом случае кинетическая энергия, запасенная инерционным телом, гасится на указанных выступах, и если нет длительной подпитки этой энергией (служебное обращение), то взрыватель не взведется. Также эксплуатационная безопасность взрывателя обеспечивается жесткостью

пружины накольного механизма, которая посредством рычага удерживает инерционное тело от перемещения.

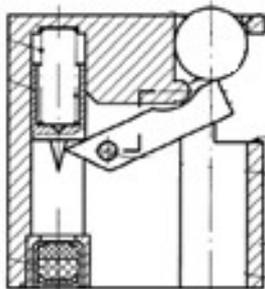


Рис.1. ПБМ в служебном обращении.

В патенте RU 2397436 C1 описан усовершенствованный механизм предохранения снаряда (рис. 2), который исключает случаи преждевременного срабатывания взрывателя и включает в себя предохранительные механизмы с новым элементом, а именно дополнительной предохранительной гильзы с фиксирующими лапками и нижним ограничительным буртом и дополнительной пружиной, обеспечивает увеличение работы, которую необходимо совершить предохранительной гильзе и верхнему ограничительному шариком для деформации основной предохранительной пружины и дополнительной предохранительной пружины на величину перемещения, необходимую для освобождения верхнего ограничительного шарика и взведения ударного механизма [3].

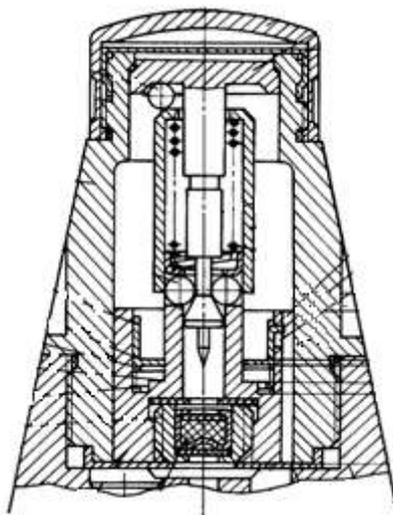


Рис.2. Взрыватель RU 2397436 C1.

Патент RU 134 628 U1, техническим результатом которого является повышение надежности функционирования и технологичности изготовления предохранительно-исполнительного механизма (ПИМ) (рис.3), за счет того, что чашечка выполнена из литейного полиформальдегида либо штампованной из медной фольги с отверстием в

доньшке со вставленным внутрь плоским кружком нужной толщины [4]. При нештатном срабатывании капсюля-воспламенителя (без взведения ПИМ) давление газов воздействует на чашечку, которая запирает канал передачи форса огня, так как давления газов в этом случае недостаточно для прорыва чашечки и ее сгорания, следовательно, взрыватель не срабатывает.

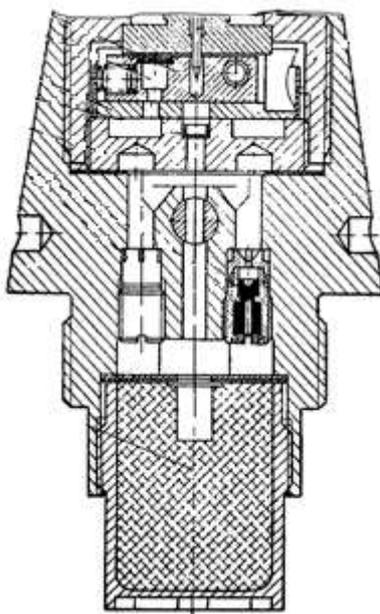


Рис.3. Взрыватель RU 134 628 U1.

Выводы

Основой технических решений для разработки современных взрывателей становится расширение тактико-технического диапазона боевого применения, усложнение конструкции, повышение чувствительности, помехоустойчивости и надежности действия.

Проведя патентный обзор и рассмотрев различные СП взрывателя, можно сделать вывод, что с усложнением конструкций идет запрос на повышение надежности взрывателя в производстве, в служебном обращении и при выстреле, следовательно, улучшаются и разрабатываются новые системы предохранения и механизмы, предотвращающие срабатывание взрывателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Конструкция артиллерийских выстрелов: учебное пособие / [Ю.В.Генкин и др.]: -Балт. Гос. Техн. Ун-т. – СПб., 2012, - 114 с.
2. Патент RU 2439483 С2, МПК F42С 15/34 (2006.01), Российская Федерация. Предохранительно-воспламенительный механизм взрывателя. /Буров В.С., Некрасов В.В, Киселев В.А. - № 2010114595/03, заявл. 14.04.2010; опубл. 10.01.2012 Бюл. № 1.
3. Патент RU 2397436 С1, МПК F42С 1/06 (2006.01) F42С 15/24 (2006.01), РФ. Артиллерийский взрыватель. / Петрунин Г.В., Волчихин В.И., Петрунина Г. К., Кичкидов А.А., Ульянов У.Ф. - № 2009109533/02, заявл. 16.03.2009; опубл. 20.08.2010 Бюл. № 23.

4. Патент RU 134 628 U1, МПК F42C 15/18 (2006.01), РФ. Предохранительно-исполнительный механизм взрывателя. / Пиастро Е.Е., Кекулов Р.Ю., Пиастро А.Е.. - № 2013124576/03, заявл. 28.05.2013; опубл. 20.11.2013 Бюл. № 32.
5. История создания и тенденции развития современных боеприпасов и взрывателей / [Р. Н. Акиншин и др.]; — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. — 204, [4] с.
6. Наука и образование (электронный научно-технический журнал): Особенности конструкций взрывательных устройств для боеприпасов ствольной артиллерии. /Козлов В.И.: - М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 8.08.2012 г. — 28 с.

PROMISING DIRECTION FOR IMPROVING FUSE PROTECTION SYSTEMS

Kiryukhina Valeria Aleksandrovna, student; Nesterova Alena Alekseevna, student

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

Kiryukhina V.A., e-mail valeriakiryuxina@gmail.com

Nesterova A.A., e-mail nesterova.2017@stud.nstu.ru

Annotation

The article is devoted to artillery and aviation fuses that contain a different system of fuse protection designed to ensure the safe operation of the fuse, that is, not starting and not triggering prematurely. The various types of safety mechanisms for the fuse are described. Patent solutions proposed to improve the fuse protection system are investigated. The methods and mechanisms to ensure the safety of the fuse in production, handling and firing are analyzed. Improvement of reliability of functioning and manufacturability of manufacturing of the safety executive mechanism entering into safety system is considered.

Key words

Fuse protection system, safety executive mechanism, fuse firing, fuse safety, fuse device.

ЗАДАЧА О ПЕРЕХОДЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИЗ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА В ИНЕРТНОЕ ПОД УГЛОМ

*Литвинов Василий Леонидович, студент; Потанина Елена Юрьевна,
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: vasiyliitvinov1998@mail.ru

Потанина Е.Ю., email: vasiyliitvinov1998@mail.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: Рассматривается решение задачи о переходе ударной волны из взрывчатого вещества в инертное под углом.

Ключевые слова: косая ударная волна; детонация; физика взрыва.

В самом начале необходимо отметить, что большинство приемов и зависимостей, использованных в данной работе, взяты из известных решений задач о косой ударной волне (УВ) и косом скачке уплотнения, описанных во многих учебниках [1].

Постановка задачи: имеем взрывчатое вещество (ВВ) и инертное вещество (ИВ) и плоскую границу между ними. По ВВ распространяется детонационная волна (ДВ) со скоростью D . Угол между ДВ и границей ВВ-ИВ равен α ($\alpha \in (0; \pi/2)$). Точка O – точка пересечения границы ВВ-ИВ и ударной волны (УВ) (рис 1).

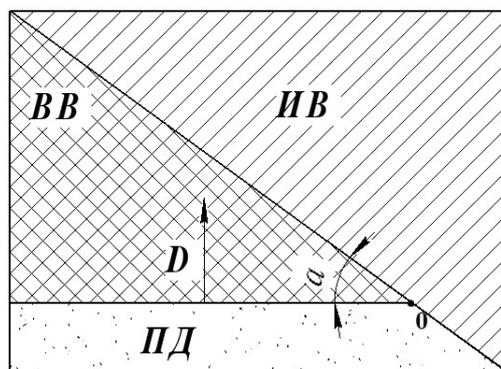


Рис.1-Постановка задачи

Перейдем в систему,двигающуюся со скоростью точки O . В этой системе координат процесс стационарный (рис.2).

Невозмущенная среда набегаёт на точку O со скоростью u_1 .

$$u_1 = \frac{D}{\sin\alpha}; \quad (1)$$

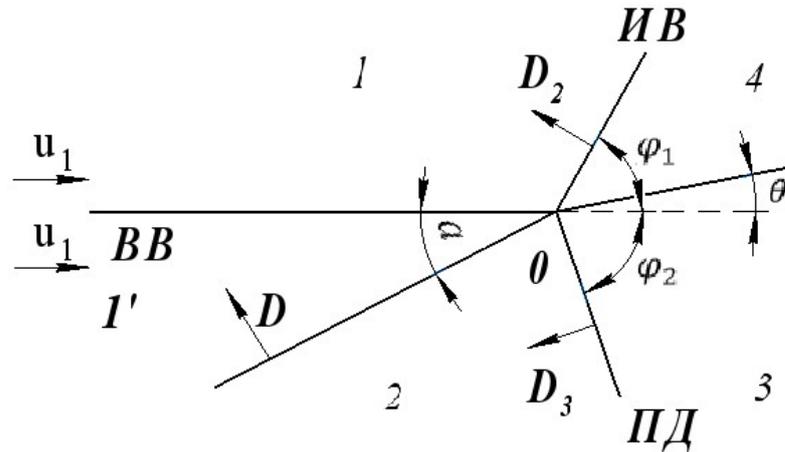


Рис.2- Система, двигающаяся со скоростью точки О

В области 1 находится невозмущенное ИВ, в области 1' – ВВ, в области 2 – продукты детонации (ПД), в области 3 – ПД повторно сжатые отраженной УВ, в области 4 – ударно сжатое ИВ.

Важно заметить, что мы накладываем условие на пару ВВ-ИВ. ИВ более «жесткое», чем ПД. Таким образом, при столкновении ПД с ИВ в ПД отразится УВ сжатия.

Найдем скорость детонации в области 2. В лабораторной системе отсчета скорость ПД \bar{u}_2^a направлена в сторону распространения детонации и равна:

$$\bar{u}_2^a = \frac{D}{k+1} = u_j; \quad (2)$$

где k – показатель адиабаты Пуассона, u_j – массовая скорость в точке Чепмена-Жуге.

Для перехода в систему отсчета, связанную с точкой О, прибавим скорость \bar{u}_1 (рис.3).

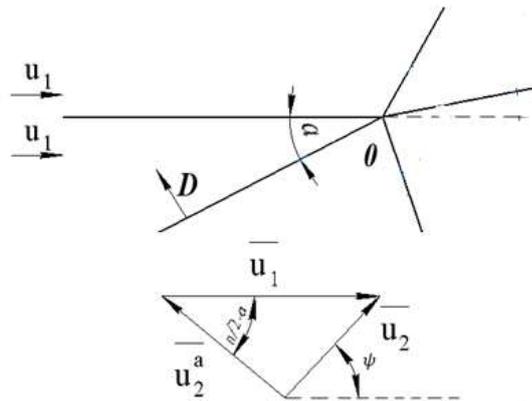


Рис.3

Угол между \bar{u}_2^a и \bar{u}_1 равен $\frac{\pi}{2} - \alpha$.

Найдём модуль u_2 и ψ - угол между \bar{u}_2 и границей ВВ-ИВ.

$$u_2^2 = u_2^a{}^2 + u_1^2 - 2 \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \cdot u_2^a \cdot u_1 \quad (3)$$

$$\psi = \arccos\left(\frac{u_1 - u_2^a \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)}{u_2}\right) \quad (4)$$

Давления в областях 1 и 1' считаем равным 0 ($P_1 = P_{1'} = 0$).

Давление в области 2 равно давлению в точке Чепмена-Жуге для данного ВВ:

$$P_2 = \frac{\rho_{ВВ} \cdot D^2}{k + 1} = P_J; \quad (5)$$

где $\rho_{ВВ}$ - плотность ВВ (область 1')

Плотность ИВ в области 1 равна ρ_1 , плотность ПД в области 2 равна:

$$\rho_2 = \rho_{ВВ} \frac{k + 1}{k}; \quad (6)$$

Считаем известными ударную адиабату (УА) для ПД в области 2 и ИВ в области 1 в виде зависимостей:

$$\rho_3 = \rho_3(P); \quad (7)$$

$$\rho_4 = \rho_4(P); \quad (8)$$

где ρ_3 и ρ_4 – плотности в 3-й и 4-й областях соответственно.

Впишем соотношения, связывающие давление и массовую скорость в области 4 с u_1 , φ_1 и θ , где φ_1 - угол между \bar{u}_1 и скачком уплотнения, θ - угол на который повернется поток.

Разложим u_1 на две составляющие (рис.4):

u_{1n} - направлена по нормали к СУ;

$u_{1\tau}$ - направлена по касательной к СУ;

$$u_{1n} = u_1 \cdot \sin \varphi_1 \quad (9)$$

$$u_{1\tau} = u_1 \cdot \cos \varphi_1 \quad (10)$$

Аналогично с u_4 – скоростью потока за СУ.

$$u_{4n} = u_4 \cdot \sin(\varphi_1 - \theta_4) \quad (11)$$

$$u_{4\tau} = u_4 \cdot \cos(\varphi_1 - \theta_4); \quad (12)$$

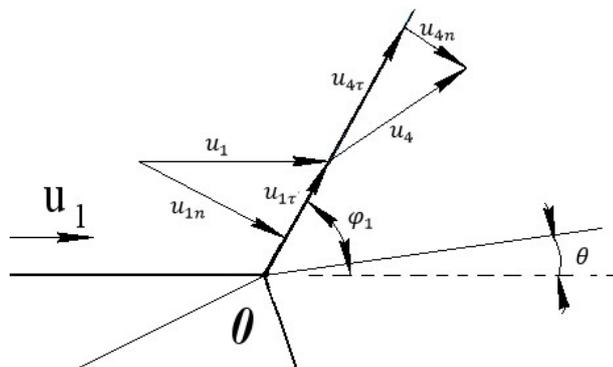


Рис.4- Разложение u_1 и u_4 на составляющие

Уравнения сохранения массы и импульса при переходе из 1 в 4 запишутся так:

$$\rho_4 \cdot u_{4n} = \rho_1 \cdot u_{1n}; \quad (13)$$

$$P_4 + \rho_4 \cdot u_{4n}^2 = P_1 + \rho_1 \cdot u_{1n}^2; \quad (14)$$

$$u_{1\tau} = u_{4\tau}; \quad (15)$$

То же самое для 2-й и 3-й областей (рис. 5):

$$u_{2n} = u_2 \cdot \sin(\varphi_2 + \psi); \quad (16)$$

$$u_{2\tau} = u_2 \cdot \cos(\varphi_2 + \psi); \quad (17)$$

$$u_{3n} = u_3 \cdot \sin(\varphi_2 + \theta_3); \quad (18)$$

$$u_{3\tau} = u_3 \cdot \cos(\varphi_2 + \theta_3); \quad (19)$$

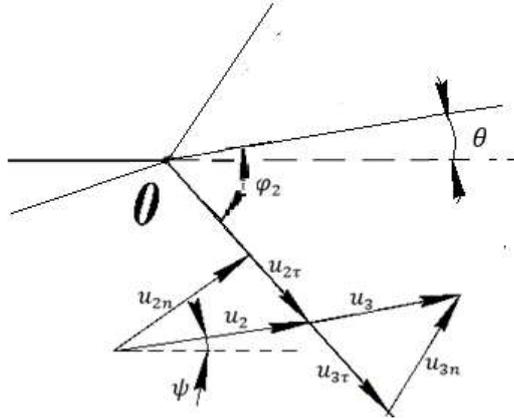


Рис.5- Разложение u_2 и u_3 на составляющие

Из уравнения сохранения:

$$\rho_3 \cdot u_{3n} = \rho_2 \cdot u_{2n}; \quad (20)$$

$$P_3 + \rho_3 \cdot u_{3n}^2 = P_2 + \rho_2 \cdot u_{2n}^2; \quad (21)$$

$$u_{2\tau} = u_{3\tau}; \quad (22)$$

К полученной системе необходимо добавить два уравнения. Эти уравнения – суть связь между давлениями в области 3 и в области 4 и связь между скоростями в этих областях.

$$\text{Связь между } P_3 \text{ и } P_4 \text{ вполне очевидна: } P_3 = P_4; \quad (23)$$

Второе условие – условие «непроникания» на границе 3-4. Или другими словами: $\theta_3 = \theta_4$; (24)

Потоки в областях 3 и 4 направлены под одинаковым углом (параллельны). Отметим, что модули этих скоростей могут быть различны, т.е. имеет место тангенциальный разрыв, описанный в [2]. При помощи уравнений (9)-(13), (15) получим выражение для θ_4 .

$$\theta_4 = \varphi_1 - \text{acct} \left(\frac{\rho_1}{\rho_4} \text{tg}(\varphi_1) \right); \quad (25)$$

При помощи (16)-(20),(22):

$$\theta_3 = \text{acc} \left(\frac{\rho_2}{\rho_3} \text{tg}(\varphi_2 + \psi) \right) - \varphi_2; \quad (26)$$

Свяжем угол φ_1 с давлением P_4 . Для этого используем уравнения (9), (13), (14).

$$P_4 = \rho_1 \cdot u_1^2 \cdot \sin^2 \varphi_1 \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_4} \right); \quad (27)$$

Свяжем угол φ_3 с давлением P_3 . Для этого используем уравнения (16), (20), (21).

$$P_3 = P_2 + \rho_2 \cdot u_2^2 \cdot \sin^2(\varphi_2 + \psi) \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_3} \right); \quad (28)$$

Перепишем их в ином виде:

$$\sin^2 \varphi_1 = \frac{P_4}{\rho_1 \cdot u_1^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_4} \right)}; \quad (29)$$

$$\sin^2(\varphi_2 + \psi) = \frac{P_3 - P_2}{u_2^2 \cdot \rho_2 \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_3}\right)}; \quad (30)$$

Используем формулу преобразования: $tg^2 x = \frac{\sin^2 x}{1 - \sin^2 x}$;

$$tg(\varphi_1) = \left(\frac{P_4}{\rho_1 \cdot u_1^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_4}\right) - P_4} \right)^{0,5} \quad (31)$$

$$tg(\varphi_2 + \psi) = \left(\frac{P_3 - P_2}{\rho_2 \cdot u_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_3}\right) - P_3 + P_2} \right)^{0,5} \quad (32)$$

Воспользуемся правилом: $arctg(x) - arctg(y) = arctg\left(\frac{x-y}{1+xy}\right)$ ($x \cdot y > -1$). И преобразуем уравнения (25), подставив (31).

$$\theta_4 = acctg \left(\frac{\sqrt{P_4 \cdot (\rho_1 \cdot u_1^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_4}\right) - P_4)}}{\rho_1 \cdot u_1^2 - P_4} \right); \quad (33)$$

По аналогии используем уравнения (26) и (32);

$$\theta_3 = -acctg \left(\frac{\sqrt{(P_3 - P_2)(\rho_2 \cdot u_2^2 \cdot \left(1 - \frac{\rho_2}{\rho_3}\right) - (P_3 - P_2))}}{\rho_2 \cdot u_2^2 - P_3 + P_2} \right) + \psi; \quad (34)$$

Учитывая, что $\rho_4 = \rho_4(P)$ и $\rho_3 = \rho_3(P)$, мы имеем две зависимости $\theta_4(P)$ и $\theta_3(P)$. Согласно (23) и (24) точка их пересечения будет являться искомым решением θ и P .

Углы φ_1 и φ_2 можно определить из () и ().

Зная углы $\varphi_1, \varphi_2, \theta, \psi$ можно определить скорости в областях 3,4.

Согласно (10), (12):

$$u_4 = u_1 \cdot \frac{\cos(\varphi_1)}{\cos(\varphi_1 - \theta)}; \quad (35)$$

Согласно (17), (19):

$$u_3 = u_2 \cdot \frac{\cos(\varphi_2 + \psi)}{\cos(\varphi_2 + \theta)}; \quad (36)$$

При переходе в лабораторную систему отсчета нужно от скоростей $\overline{u_4}$ и $\overline{u_3}$ отнять $\overline{u_1}$ (рис.6).

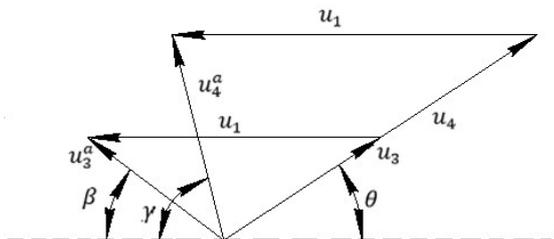


Рис.6

$$u_4^a = u_4^2 - 2 \cdot u_1 \cdot u_4 \cdot \cos \theta + u_1^2; \quad (37)$$

$$u_3^a = u_3^2 - 2 \cdot u_1 \cdot u_3 \cdot \cos \theta + u_1^2; \quad (38)$$

$\overline{u_4^a}$ и $\overline{u_3^a}$ – массовые скорости в областях 3 и 4 в лабораторной системе отсчета. Углы между ними и границей ВВ-ИВ равны γ и β .

$$tg(\gamma) = \frac{\sin \theta}{\frac{u_1}{u_4} - \cos \theta}; \quad (39)$$

Углы φ_1 и φ_2 определяются из уравнений (24) и (25).

$$tg(\beta) = \frac{\sin \theta}{\frac{u_1}{u_3} - \cos \theta}; \quad (40)$$

Скорость УВ в ИВ равна:

$$D_2 = \frac{\sin \varphi_1}{\sin \alpha} \cdot D; \quad (41)$$

Скорость УВ и ПД равна:

$$D_3 = \frac{\sin \varphi_2}{\sin \alpha} \cdot D; \quad (41)$$

Если углы $(\pi/2 - \varphi_1)$ и γ не равны, то УВ и ИВ – косая.

Очевидно, что полученные соотношения, за исключением (2), (5), (6) верны и при прохождении УВ через границу двух инертных материалов.

Таким образом, решение данной задачи в некотором приближении описывает «преломление» УВ на границе сред.

Важно отметить, что решение может существовать не при всех $\alpha \in (0; \pi/2)$. При каких-то α (34) и (35) не пересекают друг друга, что свидетельствует о «нерегулярном» прохождении УВ. Возможно, что при этом может образоваться т.н. ножка Маха, описанная, например, в [3].

Решение данной задачи может быть использовано при проектировании устройств передачи импульса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика взрыва и удара: учеб. пособие / Воронин М. С., Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019.; С - 212
2. Прикладная механика сплошных сред, Том 1, Основы механики сплошных сред, Бабкин А.В., Селиванов В.В., 2004; С – 302.
3. Забабахин Е.И.; Некоторые вопросы газодинамики взрыва, Издательство: Снж.:РФЯЦ-ВНИИТФ, под редакцией Лобойко Б.Г., С-200.

THE PROBLEM OF THE TRANSITION OF A SHOCK WAVE FROM EXPLOSIVE TO INERT AT ANGLE

Litvinov Vasily Leonidovich; Elena Yuryevna Potanina; Milevsky Konstantin Evgenievich

Novosibirsk State Technical University, 20, Karl Marx Prospect, Novosibirsk,

630073, Russia

Abstract: The solution to the problem of the transition of a shock wave from an explosive to an inert one at an angle.

Key words: oblique shock wave; detonation; explosion physics.

УДК 662.215.4

ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЕРТНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ФОКУСИРОВКИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ

Литвинов Василий Леонидович, студент; Потанина Елена Юрьевна, 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: vasilylitvinov1998@mail.ru

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

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: Рассмотрен возможный способ проектирования инертного элемента для фокусировки ударной волны.

Ключевые слова: фокусировка ударной волны, детонационная волна, инертный элемент.

Постановка задачи: рассмотрим систему, состоящую из элемента из инертного вещества (ИВ), находящегося внутри взрывчатого вещества (ВВ) (рис.1). Пусть у системы есть плоскость симметрии, пусть детонационная волна (ДВ) распространяется в ВВ перпендикулярно этой области в направлении к инертному элементу.

Допустим, что ударная волна (УВ) в инертный элемент (ИЭ) распространяется с меньшей скоростью, чем ДВ. Тогда, возможно, что, при некоторой форме поверхности ИЭ, ДВ сфокусируется в одной точке, которая находится в ИЭ (на рис.1 – т.Р).

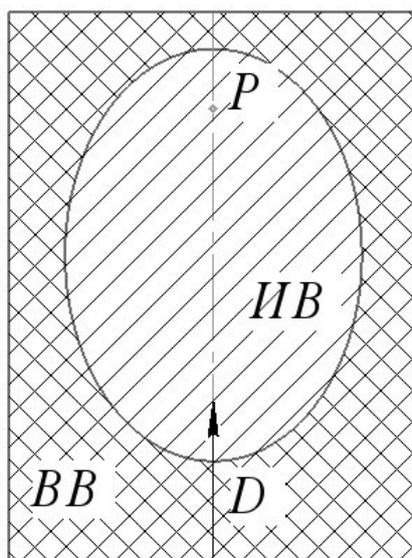


Рис.1-Постановка задачи

Задачей является отыскание формы этой поверхности.

Допущения:

1. Фронт ДВ остается плоским и перпендикулярным оси симметрии.
2. Скорость УВ в ИЭ остается постоянной, по мере продвижения вглубь ИЭ, однако, зависит от угла между границей ИВ-ВВ и ДВ.

Из решения, приведенного в статье «Задача о переходе ударной волны из взрывчатого вещества в инертное под углом», можно определить зависимость скорости УВ от угла между фронтом ДВ и границей ИВ-ВВ $D_2(\alpha)$.

Введем систему координат: начало координат находится на переднем крае ИЭ, ось y – вдоль плоскости симметрии, в направлении распространения детонации, ось x - вправо. Функция $y(x)$ – искомое уравнение поверхности.

Важным параметром для данной задачи является расстояние от переднего края ИЭ до точки фокусировки P . Обозначим это расстояние – $L_{\text{фок}}$.

Составим уравнение поверхности инертного элемента (ИЭ) (рис.2).

Запишем условие одновременного перехода УВ к точке P (условие фокусировки).

$$\frac{y}{D} + \frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{D_2(\alpha)} = T; \quad (1)$$

Где T – время за которое УВ дойдет из т.0 в т.Р.

$$T = \frac{L_{\text{фок}}}{D_2(\alpha_0)}; \quad (2)$$

Где α_0 – угол при переднем крае ИЭ ($\text{arctg} \frac{dy}{dx} |_{x=0}$) (рис.2).

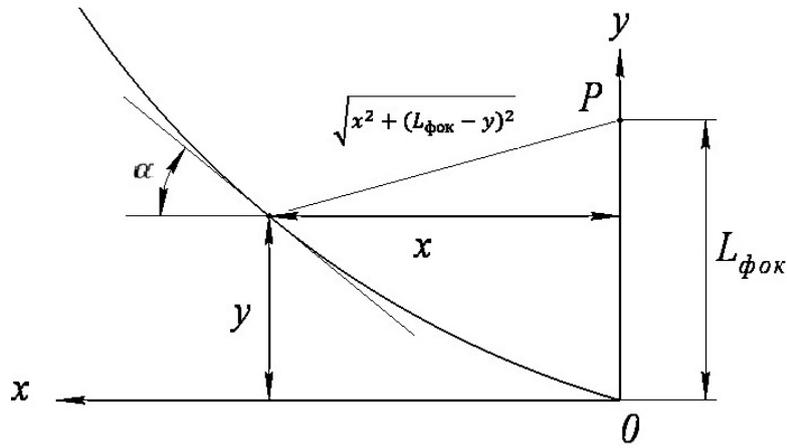


Рис.2-Вспомогательный рисунок для составления поверхности ИЭ

Слагаемое $\frac{y}{D}$ – время за которое ДВ дойдет до т. $(y(x);x)$. Слагаемое $\frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{D_2(\alpha)}$

– время за которое УВ дойдет из т. $(y(x);x)$ до т.Р.

α - угол наклона касательной к $y(x)$

$$\alpha = \arctg \left(\frac{dy}{dx} \right); (3)$$

Таким образом можно записать дифференциальное уравнение:

$$\frac{y}{D} + \frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{D_2(\arctg \frac{dy}{dx})} = T; (4)$$

Если ИЭ имеет горизонтальную касательную в т.0, то граничные условия будут следующие:

$$y(0) = 0; \frac{dy}{dx}(0) = 0; (5)$$

Рассмотрим пример:

ВВ-гексоген, ИВ- сталь. Для продуктов детонации была взята ударная адиабата (УА) идеального газа с $k=3$.

Для ИВ УА была взята в виде: $D = \alpha + \lambda u$.

$$\alpha = 3970 \frac{\text{м}}{\text{с}}; \lambda = 1,54$$

$D_2(\alpha)$ существует на интервале $\alpha \in (0; \alpha_{\text{кр}})$ ($\alpha_{\text{кр}} = 76^\circ$).

На этом интервале сложную зависимость $D_2(\alpha)$ можно аппроксимировать квадратной функцией:

$\alpha = \tan^{-1} \frac{dy}{dx}$ Зависимость $D_1(\alpha)$ можно описать следующей функцией с высокой степенью точности:

$$D_2^*(\alpha) \approx \lim_{\alpha \rightarrow 0} D_2(\alpha) - b \cdot \alpha^2; (6)$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} D_2(\alpha) = D_{20} = 5669 \text{ м/с}$$

В данном случае $b = 178,5 \text{ м/с}$.

Перепишем уравнение (4) подставив вместо $D_2(\alpha)$ - $D_2^*(\alpha)$.

$$\frac{y}{D} + \frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{D_{20} - b(\arctg \frac{dy}{dx})^2} = T;$$

Преобразуем его:

$$\frac{dy}{dx} = \text{tg} \left(\frac{1}{\sqrt{b}} \left(D_{20} - \frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{T - \frac{y}{D_{20}}} \right)^{1/2} \right); \quad (7)$$

Интегрируем (7) с граничными условиями (5) получим уравнение поверхности $y(x)$. Еще раз отметим, что оно действительно при $\alpha \in (0; \alpha_{\text{кр}})$.

Сравним полученное решение с решением, где скорость УВ постоянная, т.е. не зависит от α и равна D_{20} .

Уравнение поверхности:

$$\frac{y}{D} + \frac{\sqrt{x^2 + (L_{\text{фок}} - y)^2}}{D_{20}} = T; \quad (8)$$

Результаты приведены на рис.3. Пунктирной линией – при постоянном D_2 ; сплошной линией – при переменной D_2 .

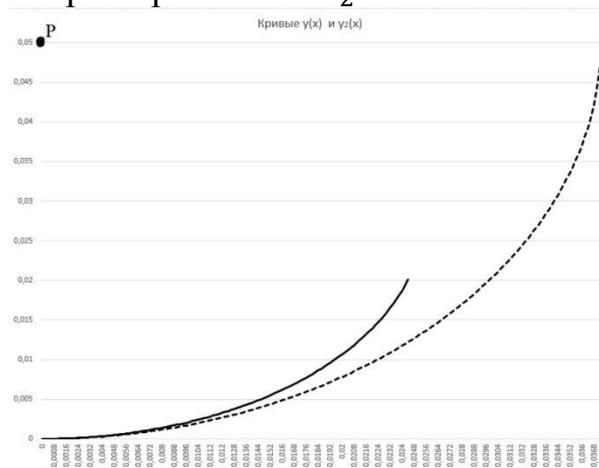


Рис.3

Поверхность $y(x)$ находится «внутри» поверхности $y_2(x)$, что было ожидаемо.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика взрыва и удара: учеб. пособие / Воронин М. С., Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. С - 212
2. Прикладная механика сплошных сред, Том 1, Основы механики сплошных сред, Бабкин А.В., Селиванов В.В., 2004; С – 302
3. Забабахин Е.И.; Некоторые вопросы газодинамики взрыва, Издательство: Снж.:РФЯЦ-ВНИИТФ, под редакцией Лобойко Б.Г. С-200
4. Физика взрыва / Под ред. Л. П. Орленко. – В 2т. М: ФИЗМАТЛИТ, 2004. С -502

A POSSIBLE METHOD OF DESIGNING AN INERT ELEMENT FOR FOCUSING THE SHOCK WAVE

Litvinov Vasily Leonidovich; Elena Yuryevna Potanina; Milevsky Konstantin Evgenievich

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

Abstract: A possible method of designing an inert element for focusing a shock wave is considered.

Key words: focusing shock wave, detonation wave, inert element.

УДК 678.046.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОПЛИВНЫХ МАСС

Ногачева Эльвира Раильевна, студент Максимова Наиля Камилевна
Самарский государственный технический университет, 443100, Россия, г.
Самара, ул. Молодогвардейская, 244, Главный корпус

Ногачева Э.Р., e-mail elv-86@mail.ru

Максимова Н.К., e-mail makcutova1997@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 проведена оценка применимости математических уравнений для предварительного прогнозирования значений вязкости модельных составов топливных масс. Вязкость была определена экспериментально и рассчитана по формулам Муни и Эйлера Ван-Дика. Сравнительный анализ экспериментальных и расчетных значений вязкости показал возможность применения соотношений Муни и Эйлера-Ван Дика, при надлежащем выборе параметра максимальной объемной доли наполнителя.

Ключевые слова: композиционные материалы, топливные массы, реологические свойства, вязкость, прогнозирование,

Одной из важных задач при создании новых композиционных материалов (КМ) (к которым также можно отнести и топливные массы (ТМ)) является прогнозирование поведения их в процессе переработки, которое хорошо описывается с помощью реологических свойств. Для ТМ, которые состоят из связующего компонента (каучук или другие полимеры) и различных наполнителей (окислителей, металлических горючих, добавок), основным реологическим свойством является вязкость. В зависимости от значений

вязкости (η) ТМ могут перерабатываться свободным литьем ($\eta=102 \dots 6-103$ Па·с) или литьем под давлением ($\eta=103 \dots 105$ Па·с).

На реологические свойства ТМ влияют рецептурные особенности (свойства связующего, количество и качество пластификатора; количества, формы, степени дисперсности и фракционного состава частиц наполнителей, количества и качества технологических, отверждающих добавок, поверхностно-активных веществ и т.д.) и температурные и скоростные режимы переработки [1].

Направлению прогнозирования вязкости КМ уделено большое внимание ученых, основные положения работ которых приведены в статьях и монографиях. В качестве примера можно привести работы ученых, приведенных в [2, 3]. Основными параметрами, которые оказывают сильное влияние на вязкость, являются концентрации наполнителя и форма его частиц. Существующие зависимости расчета вязкости имеют ограниченную область применения, связанную в первую очередь с процентным содержанием наполнителя.

В данной работе будет проведена оценка применимости уравнений Муни и Эйлера Ван-Дика для предварительного прогнозирования значений вязкости модельных составов ТМ.

Для оценки реологических свойств ТМ приготовили модельные составы:

- связующий компонент (бутилкаучук, пластифицированный трансформаторным маслом; эпоксидная смола марки ЭД-20) – 30 – 70 %;
- горючий компонент (алюминиевая пудра марки АСД-1) – 7 %;
- окислитель (хлористый калий марки «Химически чистый»).

Связующий компонент предварительно вакуумировали при температуре 100 °С с целью снижения его вязкости, а также удаления из него растворенных газов. Окислитель предварительно сушили при температуре 100 °С в течение 1 часа и просеивали с целью получения двух фракций с размерами частиц 160 – 280 мкм и менее 100 мкм.

Смешение модельных составов ТМ проводили в лопастном планетарном смесителе при температуре 60 °С в течение 1 часа.

Вязкость модельных топлив определяли двумя методами. Экспериментально вязкость определяли на вискозиметре Брукфильда. Методика определения вязкости заключалась в следующем: загрузили модельное топливо в измерительный сосуд, который установили в термоячейку. Перед испытанием выдержали образец при температуре 60 °С в течение 30 минут. Провели измерение вязкости.

Расчетным путем вязкость (η) определяли по формулам Муни

$$\ln \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{k_E \varphi}{1 - \varphi / \varphi_k}$$

и Эйлера Ван-Дика

$$\frac{\eta}{\eta_0} = [1 + 1,25\varphi / (1 - \varphi_k)]^2$$

где η_0 - вязкость жидкой фазы,;

φ - объемная доля наполнителя;

k_E - коэффициент Эйнштейна ($k_E=1,35$ при объемном содержании наполнителя 74,1 %; $k_E=1,91$ при объемном содержании наполнителя 52,4 %).

φ_k - максимальная объемная доля наполнителя (подбиралось экспериментальным путем таким образом, чтобы наиболее точно приблизить расчетные значения вязкости к экспериментальным данным) [4].

Выбор данных формул обоснован в первую очередь проверкой применимости их для модельных топлив с одним наполнителем, в результате чего они показали хорошее совпадение с экспериментальными данными (погрешность составила $\approx 10\%$).

Экспериментальные данные и расчетные значения вязкости модельных топлив приведены на рисунках 1 и 2.

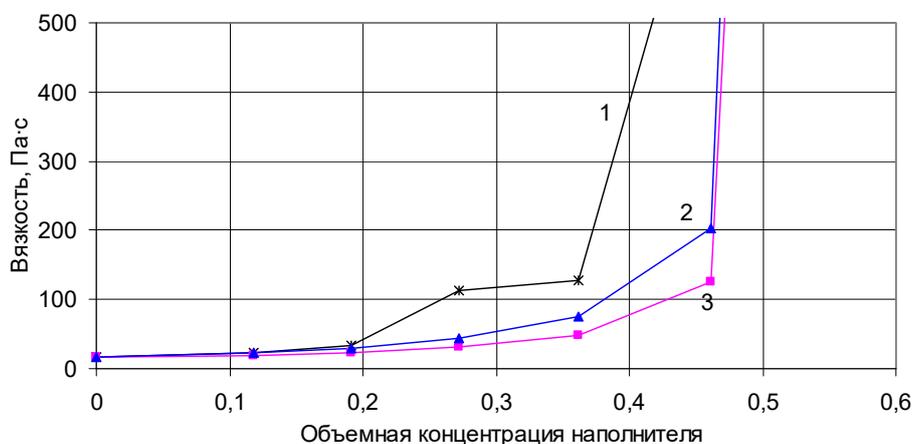


Рис. 1. Зависимость вязкости η модельного топлива ЭД-20 – КС1 – А1 от концентрации наполнителя φ : 1 – экспериментальные данные; 2 – расчет вязкости по формуле Эйлера-Ван Дика ($\varphi_k=0,597$); 3 – расчет вязкости по формуле Муни ($\varphi_k=0,664$)

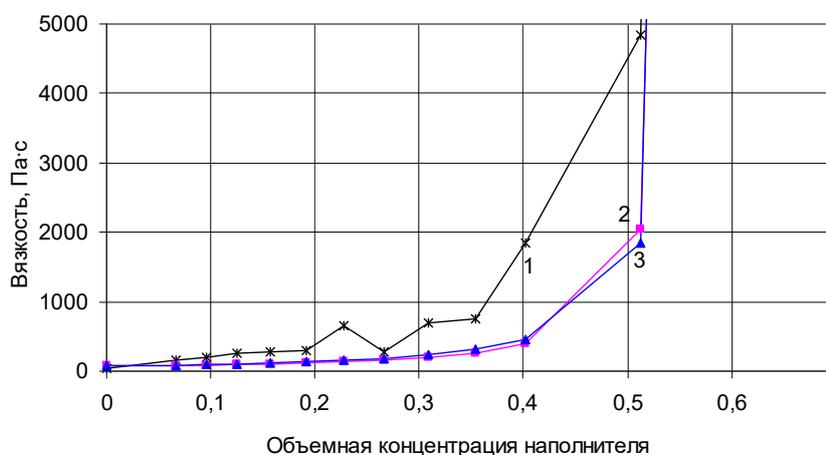


Рис. 2. Зависимость вязкости η модельного топлива БК – КС1 – А1 от концентрации наполнителя φ : 1 – экспериментальные данные; 2 – расчет вязкости по формуле Муни ($\varphi_k=0,71$); 3 – расчет вязкости по формуле Эйлера-Ван Дика ($\varphi_k=0,61$)

Из анализа приведённых рисунков видно, что соотношения Муни иЭйлерса-Ван Дика, при надлежащем выборе параметра, дают физически правильную зависимость вязкости рассмотренных модельных топлив от объёмной концентрации наполнителя, но при средних концентрациях ($0,3 < \phi < 0,55$) дают заниженное значение вязкости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генералов М.Б. Основные процессы и аппараты производства твердого ракетного топлива: учеб. пособие. – М.: Ун-т машиностроения, 2013. – 232 с. - ISBN 978-5-94099-113-7.
2. Arefinia R. On the viscosity of composite suspensions of aluminum and ammonium perchlorate particles dispersed in hydroxyl terminated polybutadiene - New empirical model / R. Arefinia, A. Shojaei // Journal of Colloid and Interface Science. N. 299. 2006.– P. 962 – 971.
3. Глущенко В.С. Прогнозирование реологических свойств микронеоднородных сред [Текст] / В.С. Глущенко, А.С. Люлин, А.В. Мантуленко, А.Л. Сараев, Ю.В. Хохрякова // Обозрение прикладной и промышленной математики. –Т. 14. Вып 5. 2007. – С. 867 – 868.
4. Прогнозирование реологических характеристик модельных топлив: лабораторный практикум / Сост. Э.Р. Ногачева, В.Б. Елифанов, В.С. Глущенко. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. – 98 с

IN FORECASTING OF RHEOLOGICAL PROPERTIES OF FUEL MASSES

Nogacheva Elvira Railievna, student Maksutova Nailya Kamilevna
Nogacheva Elvira Railevna¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor, e-mail
elv-86@mail.ru

Maksutova Naila Kamilevna¹, Student, Undergraduate Student, e-mail
makcutova1997@gmail.com

Samara State Technical University, Russian Federation, 443100, Samara,
Molodogvardeyskaya street, building №244, Main building

Abstract: In this paper, we assess the applicability of mathematical equations for preliminary prediction of viscosity values of model compositions of fuel masses. Viscosity was determined experimentally and calculated according to the formulas of Mooney and Eulers Van Dyck. A comparative analysis of the experimental and calculated viscosity values showed the possibility of using the Mooney and Eulers-Van Dick ratios, with the appropriate choice of the parameter of the maximum volume fraction of the filler.

Keywords: composite materials, fuel masses, rheological properties, viscosity, forecasting

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ К ТЕПЛОВЫМ ИМПУЛЬСАМ

*Тонеев Иван Романович¹, Нурмухаметов Андрей Тагирович¹, аспирант;
Козлов Владислав Валериевич¹, студент; Шангин Алексей Сергеевич¹*

¹Самарский государственный технический университет 443100, Россия г.

Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Тонеев И.Р., email toneeff@yandex.ru

Нурмухаметов А.Т., email FasteX2@yandex.ru

Козлов В.В., email vlad96_1996@inbox.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.

Целью разработки методики является оценка уровня эксплуатационной безопасности разрабатываемых СТРТ на основе АГСВ, а также штатных рецептов на основе ГСВ. Методика позволяет прогнозировать реакцию высокоэнергетических веществ на возникновение чрезвычайных ситуаций в условиях боевых действий, или при хранении изделий, снаряженных данными веществами. В данном случае, чрезвычайными ситуациями является возникновение пожара с действием открытого пламени на изделие и пожар в некотором удалении от места дислокации изделия. Первый тип пожара можно назвать быстрым нагревом и второй тип медленным нагревом. На основании данных предположений разработана методика, а также корпус, заменяющий при испытаниях корпус реального изделия, тем самым снижающий стоимость и испытаний и позволяющий оценить влияние свойств рецептуры, исключая при этом особенности конструкции изделия, влияющие на распространение тепла в массе заряда высокоэнергетического вещества. Таким образом, методика позволяет, в дальнейшем снизить риск для войсковых соединений, эксплуатирующих данные изделия, а также уменьшить экономические потери при эксплуатации боеприпасов.

Ключевые слова: Медленный нагрев; быстрый нагрев; ГСВ; АГСВ; СТРТ; чувствительность; эксплуатационная безопасность.

1. Введение

Проблема безопасности эксплуатации боеприпасов всегда будет актуальна. С целью прогнозирования поведения изделий в различных ЧС проводятся различные исследования. В данной статье рассматривается разработка методики, позволяющая оценить поведение боеприпасов при быстром и медленном нагреве. Данная методика позволяет имитировать пожар с действием открытого пламени на боеприпас, а так пожар в некотором

удалении от места дислокации боеприпаса [1-3].

2. Разработка методики испытаний

Для реализации методики был разработан макет, используемый при испытаниях на быстрый и медленный нагрев. Эскиз макета представлен на рисунке 1.

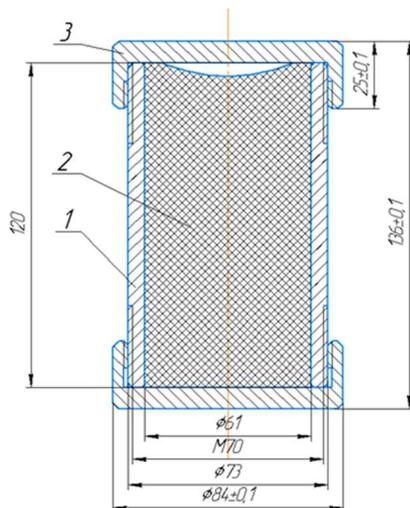


Рис. 1. Испытуемый макет заряда СТРТ на чувствительность к быстрому (медленному) нагреву: 1 – корпус, 2 – заряд СТРТ, 3 - крышка

Конструкция макета для испытаний быстрым и медленным нагревом была разработана при помощи компьютерного моделирования. Для обоих видов испытаний была построена динамика распределения тепловых полей.

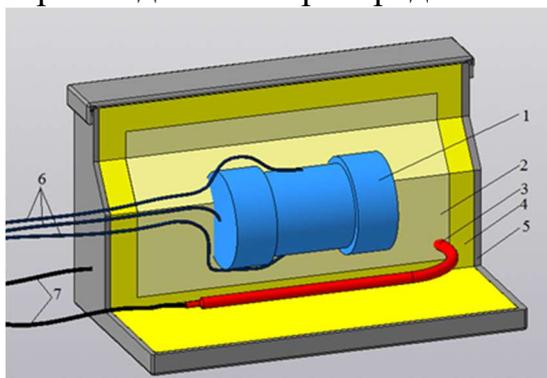


Рис.2. Схема установки медленного нагрева:

1 - макет; 2 - песок; 3 - ТЭН; 4 - теплоизоляция; 5 - корпус; 6 - термопары; 7 - провода питания ТЭНа

Испытания на медленный нагрев заключались в постепенном нагреве макета, снаряжённого СТРТ. Нагрев производился в следующей последовательности: нагрев до 100 °С с шагом 5 °С/ч, после переключался на нагрев с шагом 3,3 °С/ч до возникновения реакции. После возникновения реакции производилась фиксация времени, от начала испытаний до реакции, а также начальной и конечной температуры изделия.

Важным аспектом испытаний на медленный нагрев было отсутствие контакта между макетом и источником тепла, таким образом моделировалась ситуация пожара на некотором удалении от места хранения боеприпаса. На

рисунке 4 изображена схема согласно которой был собран реальный испытательный стенд.

Испытания на быстрый нагрев заключались в помещении макета в открытом пламя температурой 800 °С. Температуру пламени измеряли 4 термопары, закрепленные на ёмкости для формирования пламени. После помещения макета в огонь фиксировалось время от помещения макета в пламя до возникновения реакции. Фиксировалось давление воздушной ударной волны, тротиловый эквивалент срабатывания и время до срабатывания. Так же определялся тип реакции. На рисунке 5 приведён пример макета, снаряженного СТРТ до испытаний на быстрый/медленный нагрев и после возникновения реакции в процессе испытаний.



Макет до испытаний



Макет после возникновения реакции

Рис. 5. – Характерный внешний вид макет до испытаний на быстрый/медленный нагрев и после возникновения реакции

3. Результаты испытаний

На рисунках 6 и 7 изображены характерные виды графиков изменения температуры в зависимости от времени при испытаниях на быстрый и медленный нагрев.

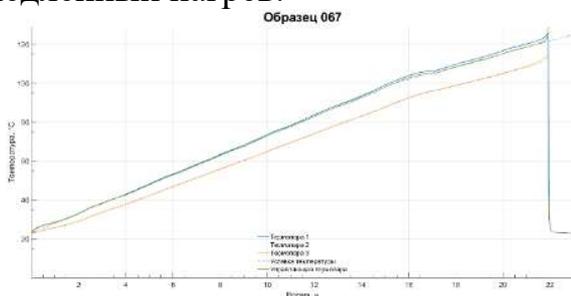


Рис. 6. График изменения температуры при испытаниях на медленный нагрев

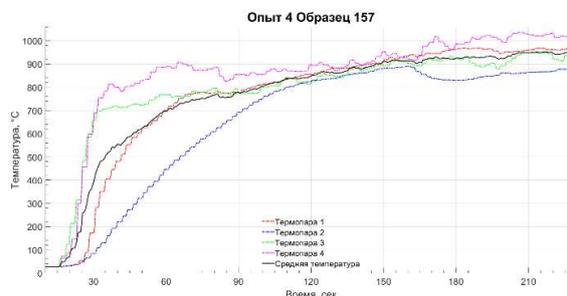


Рис. 7. График изменения температуры при испытаниях на быстрый нагрев

4. Выводы

Разработана методика испытаний позволяющая, с высокой точностью спрогнозировать, поведение изделий, снаряженных высокоэнергетическими веществами в условиях пожара с воздействием открытого пламени на боеприпас (быстрый нагрев), а также, в некотором удалении от боеприпаса (медленный нагрев). Важно отметить, что разработанный, при помощи математического моделирования, макет, позволяет оценить именно свойства рецептуры высокоэнергетического вещества, пренебрегая особенностями конструкции реального изделия. Разработанный макет позволяет обеспечить равномерный нагрев высокоэнергетического вещества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4439, Правила принятия на вооружение и оценки боеприпасов пониженного риска, Издание 3, 2010 г.
2. Соглашение о стандартизации НАТО, STANAG 4123, Определение классов опасности боеприпасов и ВВ, Издание 3, 1995 г.
3. Наставление НАТО по оценке и разработке боеприпасов пониженного риска, АОР-39, Издание 3, 2010 г.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF SEARCHING OF SENSEBILITY OF HIGH ENERGY SUBSTANCES TO HEAT PULSES

Toneev Ivan Romanovich, Nurmuhametov Andrey Tagirovich, graduate student; Kozlov Vladislav Valerievich, student; Shangin Alexey Sergeevich

¹Samara Technical Yniversity 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 244,

Toneev I.R., email toneeff@yandex.ru

Nurmuhametov A.T., email FasteX2@yandex.ru

Kozlov V.V., email vlad96_1966@inbox.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 purpose of development of the method is valuation of operational safety level of SRP being developed based on ABC, and standart recipes based on BC. The method allows to predict the reaction of high energy substances to emergancies in conditions of war or keeping products containing the substances. In this case, emergancies are fire withopen flame on the product or fire in some distance from the product dislocation. The first type of fire may be called as fast heat and the second type as slow one. According to these suppositions, the method and the corps replacing at the experiment the corps of the real product, reducing the cost of the experiment and allowing to value the influence of recipe properties excluding the construction of the product influencing to spread of heat in the charge mass of the high energy substance were developed. Thus, the method allows to reduce the risk for troops using these products and economical losses.

Keywords: slow heating, fast heating, ABC, BC, MSRF, sensitivity, operational safety.

СЕКЦИЯ: РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМ

УДК 004.93.12

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКА СЕРДЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Файб Семён Владимирович, студент

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

Файб С. В., email semyon.fibe@gmail.com

Адрес для корреспонденции: **Файб Семён Владимирович**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. 8 (3822) 528401

Аннотация

В работе рассматривается детектирование и классификация акустических событий, в частности звука сердечного сокращения. Информационная база, предназначенная для обучения и тестирования моделей, сформирована путем записи звука с поверхности кожи человека в первой точки аускультации. В ходе разработки и тестирования интеллектуальной системы использовались различные методы машинного обучения: нейронные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, метод k-ближайших соседей. Разработанные алгоритмы реализованы на языке программирования Python с использованием библиотек scikit-learn, tensorflow и keras. Выполнен качественный и количественный сравнительный анализ результатов работы моделей машинного обучения по распознаванию звука сердечного сокращения в различных звуковых сценах.

Ключевые слова: Машинное обучение, искусственные нейронные сети, классификация аудио, обработка аудио.

Мониторинг сердечного ритма с использованием акустического микрофона – является важным аспектом анализа жизненных показателей организма. Кроме частоты сердечных сокращений звук может нести в себе информацию о событиях, происходящих как внутри организма, так и в окружающей среде. В работе используется мобильное микропроцессорное устройство, которое принимает данные с цифрового микрофона и передает их на сервер. Разрабатываемая интеллектуальная система позволит решать широкий спектр задач – мониторинг частоты сердечных сокращений, детектирование симптомов сердечно-сосудистых заболеваний, физиологические состояния, анализ окружающей среды.

Целью настоящего исследования является разработка алгоритма

детектирования сердцебиения из звукового ряда с использованием методов машинного обучения.

База данных записана с помощью электретного микрофона, закрепленного в стетоскопе. Данные снимались в первой точки аускультации при различных условиях записи. Обучающая и тестовая выборки были разделены на кадры размером 0.54 секунды с шагом 0.02 секунды. Каждому кадру присвоено состояние 1 (если в данное окно полностью входит звук сердцебиения) либо состояние 0 (в любом другом случае). Признаками для обучения моделей были использованы мел-частотные кепстральные коэффициенты [1], которые находились для каждого кадра. В ходе разработки и тестирования интеллектуальной системы использовались различные методы машинного обучения: нейронные сети, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, метод k-ближайших соседей. Разработанные алгоритмы реализованы на языке программирования Python с использованием библиотек scikit-learn, tensorflow и keras.

Выполнен качественный и количественный сравнительный анализ результатов работы моделей машинного обучения по распознаванию звука сердечного сокращения в различных звуковых сценах. В дальнейшем планируется обучить интеллектуальную систему классифицировать физиологические и внешние акустические события.

Научный руководитель: к. ф.-м. н. Фролов О.Ю.

Данное научное исследование выполнено при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ, проект № 8.2.03.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Davis S., Mermelstein P. Comparison of Parametric Representations for Monosyllabic Word Recognition in Continuously Spoken Sentences // IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing. 1980. Vol. 28. Iss. 4. P 357366.

HEARTBEAT SOUND DETECTION USING MACHINE LEARNING METHODS

Faib Semyon Vladimirovich, student

National Research Tomsk State University, 634050, Russia, Tomsk, 36, Lenin Ave.

Faib S. V., email semyon.fibe@gmail.com

Address for correspondence: Faib Semyon Vladimirovich, National Research Tomsk State University, 634050, Russia, Tomsk, 36, Lenin Ave, Tel. 8(3822)528401

Annotation

The paper deals with the detection and classification of acoustic events, in particular, the sound of the heartbeat. The information base intended for training and testing models was formed by recording sound from the surface of human skin at the first point of auscultation. During the development and testing of the intelligent system, various machine learning methods were used: neural networks, convolutional

neural networks, recurrent neural networks, and the k-nearest neighbors method. The developed algorithms are implemented in the Python programming language using the scikit-learn, tensorflow and keras libraries. A qualitative and quantitative comparative analysis of the results of the work of machine learning models for recognizing the sound of heartbeat in various sound scenes has been carried out.

Key words: Machine learning, neural networks, audio classification, audio processing.

УДК 621.396.1

ИМИТАЦИЯ ЭХОСИГНАЛОВ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ОТ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Чан Суан Хай, аспирант

¹Новосибирский государственный технический университет, г Новосибирск,
tranxuanhai2107@gmail.com

Аннотация. В работе рассмотрена имитация сигнала, отраженного от земной поверхности. Определены общие характеристики отражений от земной поверхности. Сформулирован алгоритм моделирования отраженных сигналов.

Ключевые слова: имитация, тренажер, отраженные сигналы, земная поверхность.

Введение

Тренажер является одним из важнейших элементов для обучения операторов, обслуживающих РЛС [1]. При этом воспроизводимая им информация о целях и помехах должна формироваться в реальном времени. Устройство, обеспечивающее эту функцию, называется имитатором. Он должен обеспечивать адекватное моделирование при минимальных требованиях к ресурсам используемых вычислительных средств. Это достижимо за счет использования оригинальных алгоритмов расчета имитируемых эхосигналов и помех.

Целью данной работы является разработка предложений по синтезу алгоритма имитации эхосигналов, отраженных от земной поверхности.

1. Общая характеристика отражения земной поверхности

Как известно, эхосигналы, отраженные от земной поверхности описываются следующими характеристиками: плотность распределения вероятностей амплитуды, мощность флуктуаций отраженного сигнала, а также его спектрально-корреляционные характеристики.

Комплексную огибающую сигнала, отраженного от поверхности земли, можно записать в виде [2,3]:

$$u_{отр}(t) = \sum_{i=1}^N u_i \exp(j(\omega t + \varphi_i)), \quad (1)$$

где u_i, φ_i - амплитуда и фаза сигнала, отраженного от i -го элемента

поверхности.

Плотность распределения вероятностей амплитуды

Если эхосигнал является аддитивной смесью регулярной составляющей и узкополосного нормального шума, то его амплитуда (U) подчиняется закону распределения Райса:

$$p(U) = \frac{U}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{U^2 - a^2}{2\sigma^2}\right) I_0\left(\frac{aU}{\sigma^2}\right), \quad (2)$$

где a - регулярная составляющая отраженного сигнала; $I_0()$ - функция Бесселя нулевого порядка от мнимого аргумента; σ^2 - дисперсия амплитуды.

При отсутствии регулярной составляющей, закон распределения вероятностей амплитуды подчиняется закону Рэлея:

$$p(U) = \frac{U}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{U^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (3)$$

Если отраженный сигнал имеет мощность P и среднюю мощность \bar{P} , то из (3) можно записать плотность вероятностей мощности флуктуаций отраженного сигнала:

$$p(U) = \frac{U}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{U^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (4)$$

Важный момент в процессе рассмотрения характеристик отражения от земной поверхности заключается в том, что отраженная способность поверхности характеризуется средней удельной эффективной поверхностью обратного рассеяния (УЭПР).

Удельная эффективная поверхность рассеяния земной поверхности есть эффективная поверхность рассеяния (ЭПР) участка поверхности, имеющего единичную площадь. При этом:

$$\overline{\sigma}_{уд} = \sigma_{уд} \cdot \delta S, \quad (5)$$

где $\sigma_{уд}$ - УЭПР; δS - разрешаемый элемент поверхности.

Как известно, УЭПР зависит от видов покрова земной поверхности. Для конкретного образца отраженного радиолокационного сигнала она может отличаться от $\overline{\sigma}_{уд}$.

Плотность распределения вероятностей УЭПР подчиняется закону Рэлея (6) или Райса (7):

$$p(\sigma_{уд}) = \frac{\sigma_{уд}}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{\sigma_{уд}^2}{2\sigma^2}\right]; \quad (6)$$

$$p(\sigma_{уд}) = \frac{\sigma_{уд}}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{\sigma_{уд}^2 - a^2}{2\sigma^2}\right] I_0\left[\frac{a\sigma_{уд}}{\sigma^2}\right], \quad (7)$$

где σ^2 - дисперсия амплитуды, $I_0()$ - функция Бесселя нулевого порядка от мнимого аргумента

Спектрально-корреляционная характеристика

Еще одна характеристика эхосигнала - это доплеровский спектр его доплеровских флуктуаций:

$$G(f) = \exp\left[-0,5 \left(\frac{f}{\sigma_{fn}}\right)^2\right]; \quad (8)$$

$$\sigma_{fп} = \frac{2\sigma_v}{\lambda} \approx 0,0258\lambda^{-1}v_B^{\frac{1}{3}};$$

$$\sigma_v \cong 0,0129v_B^{\frac{1}{3}},$$

где σ_v - скорость ветра (метров в секунду).

А корреляционная функция является результатом обратного преобразования Фурье спектральной характеристики.

2. Моделирование отраженных сигналов

Подводя итог, приходим к следующему.

Для того что сократить времени моделирование мы должны сначала формировать отсчетов огибающей флуктуации. Эти отсчеты инвариантен к изменяющим параметрам при имитации сигналов. Эта возможность может реализуется на основе моделирование интенсивности отражённого элемента.

В n -ом элементе разрешения для Tm – ого типа поверхности присутствуют N_m элементов отражения отображены на рис 1.

T1	T2	T4	Tm
T2	T3	T1			T2
T2	T3	T1			T2
T2	T3	T1			T2
...				
T2	T3	T1			T2
T2	T3	T1			T2

Рис. 1. Расположение типов покровов по поверхности.

Отраженные сигналы можно рассчитывать путём суммирования сигналов от всех фрагментов для каждого типа отражающей поверхности:

$$u_{\text{раз}}(t) \sim \sum_{m=1}^M N_m \gamma_m ,$$

где $u_{\text{раз}}(t)$ - сигнал в одном элементе разрешения; γ_m – интенсивность для элемента отражения m – ого типа; M - количество типов.

Случайная величина интенсивности отраженных элементов описывается их плотностью вероятности распределения. Так как плотности распределения имеют схожее математическое описание, предлагается применить следующий алгоритм:

- взять участок однородного типа поверхности в качестве опорного. Закон распределения удельной поверхности которого описывается в пункте 1;
- остальные типы поверхности земли описывается как различие от опорного l -раз интенсивности.

Заключение

Предлагаемый алгоритм формирования сигналов, отраженных от земной поверхности, может быть применен в имитаторах, используемых в

комплексных тренажерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Романов А. Н., Тренажеры для подготовки операторов РЛС с помощью ЭВМ.- М.: Воениздат,1980, 126 с.
2. Бакулев П.А., Степин В.М. 'Методы и устройства селекции движущихся целей' - Москва: Радио и связь, 1986 - с.288.
3. Merrill. I. Skolnik, Radar Handbook, Third Edition, McGraw-Hill Education, 2008.
4. Ч. Кук, М. Бернфельд. Радиолокационные сигналы. Пер. с английского под ред. В. С. Кельзона. – М.: Изд-во «Советское радио», 1971, стр. 568.
5. Тверской Г.Н., Трентьев Г.К., Харченко И.П. Имитаторы эхосигналов судовых радиолокационных станций. - СПб.: Судостроение, 1973, 224 с.

SIMULATION OF ECHO SIGNALS OF RADAR STATION FROM THE EARTH'S SURFACE

Chang Xuan Hai, PhD student

Tran Xuan Hai¹, postgraduate student, e-mail: tranxuanhai2107@gmail.com

¹Novosibirsk State Technical University, 20, prospect Karla Marksa, Novosibirsk,60073, Russian Federation.

Annotation

In a radar system simulator, the echo and interference simulator is an important role. Simulating signals from an extended target requires a large computing resource for the machine. Therefore, it is necessary to reduce this cost. The paper deals with important characteristics of echo signals from the earth's surface, such as the density of the amplitude probability distribution, the spectral-correlation characteristic. From the main characteristics of the echo signal earth's surface, it follows that: as is known, the specific effective scattering surface depends on the types of cover of the earth's surface. On this basis, the formation of echo signals is proposed, the intensity of which is proportional to the specific effective scattering surface of various types of the earth's surface.

Keywords: simulation, simulator, echo signals, earth surface

УДК.625.09

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТНЫМИ ИНВАРИАНТАМ ПРИ СИНТЕЗЕ ТЕПЛОВЫХ ПОРТРЕТОВ С ЗАДАНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Щелгачёв Сергей Алексеевич курсант, Юдин Борис Викторович

к.т.н., доцент
ФГКВОУ НВВКУ

Аннотация

Один из известных способов распознавания изображений - метод моментных инвариантов. Метод заключается в выявлении соответствия инвариантов исследуемого образа и инвариантов образца из базы данных. В настоящей статье предлагается способ управления структурой теплового портрета синтезируемого образа для получения требуемых моментных инвариантов.

Математическая основа метода анализа изображений изложена в [1], [2]. Ставилась задача выработать методику управления моментными инвариантами синтезируемого объекта с целью максимального приближения к требуемым параметрам образца.

При синтезе образов с требуемыми моментными инвариантами, использовались модели, источники излучения в которых представляют собой сочетание окружностей с разными способами распределения яркости в контуре: яркость максимальная в центре, по краям или равномерно. Тепловая картинка представлена на поле размером 128 x 128 пикселей дискретным распределением.

Моменты m_{20} , m_{11} , m_{02} , m_{30} , m_{21} , m_{12} , m_{03} и моментные инварианты М1, М2, М3, М4, М5, М6 и М7 рассчитываются по формулам изложенным в [1, 2].

Моменты второго порядка m_{20} , m_{02} , являются дисперсиями в двух ортогональных направлениях (например, декартовы координаты x , y) и характеризуют распределение статистической величины вдоль осей.

Момент m_{11} , представляет собой ковариацию распределений по осям (отражает различие распределений по осям).

Моменты третьего порядка m_{30} , m_{03} пропорциональны кубу расстояния точки до центра фигуры.

Моменты третьего порядка m_{21} , m_{12} отражают интегральную характеристику распределения по оси у момента взятого относительно оси x (и наоборот).

Связь инвариантов с визуальными характеристиками образа.

Анализ моментного инварианта М1. Рассмотрено поведение инварианта на примере – кругах одинаковыми интенсивностью излучения и диаметрами, но с разным характером распределения яркости. В первом случае яркость

возрастает к периферии по закону $P = x^2 + y^2$, во втором случае уменьшается по закону $P = r^2 - (x^2 + y^2)$

Таблица 1.

Сравнительный анализ моментных инвариантов неоднородных кругов.

Моментные инварианты	Круг с законом возрастания интенсивности $P = x^2 + y^2$	Круг с законом изменения интенсивности $P = r^2 - (x^2 + y^2)$
M1	191096	98756
M2,M3,M4,M5,M6, ,M7	0	0

Метод управления этим моментным инвариантом следующий: для увеличения **M1** необходимо располагать яркую область ближе к краям изображения, и соответственно для уменьшения, необходимо сводить ложную цель к одному сосредоточенному источнику излучения. Крайний случай – точечный источник излучения $M1 = 0$.

Второй моментный инвариант **M2** отражает максимальное различие дисперсий по двум взаимно перпендикулярным осям.

Сравнение инвариантов одинаковой интенсивности и разной формы: эллипса и круга представлено в табл. 2.

Таблица 2.

Сравнительный анализ моментных инвариантов однородных фигур.

Моментные инварианты	Круг радиуса $r=7.5$ пикселей	Эллипс с отношениями сторон 10 на 20 пикселей
M1	$0,995 \times 10^5$	$1,05 \times 10^5$
M2	0	$4,024 \times 10^9$
M3,M4,M5,M6,M7	0	0

Метод управления характеристикой – для увеличения **M2** необходимо увеличивать относительное удлинение пятна, для уменьшения ложная цель должна иметь одинаковые размеры и одинаковую дисперсию интенсивности излучения по любым двум ортогональным осям.

В противовес **M2**, инвариант **M3** имеет минимальное значение при максимальной разнице дисперсий по двум ортогональным осям. Геометрически это соответствует случаю, когда пятна расположены на одной линии. Результаты исследования показывают, что величина инварианта практически не зависит от местоположения пятен на продольной оси, но любое отклонение от оси, приводит к увеличению инварианта **M3**.

Метод управления характеристикой – для уменьшения **M3** необходимо яркие пятна располагать максимально близко вдоль одной прямой линии. Любое отклонение ярких пятен от оси приводит к увеличению **M3**.

В ходе исследований обнаружено что моментные инварианты **M4** и **M5**

отражают степень центральной симметричности образа относительно поворота вокруг центра на фиксированный угол, такой что, в результате поворота она становится тождественна сама себе, исходной.

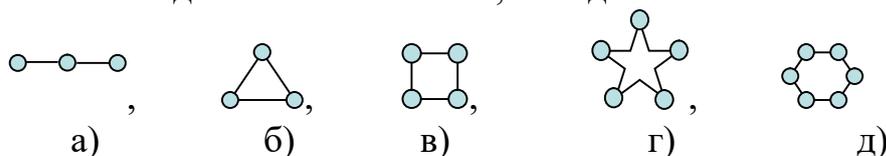


Рис.2. Центральносимметричные фигуры, обладающие нулевыми моментными инвариантами M4 и M5.

Центральносимметричные фигуры имеют $M4=0$ и $M5=0$. В таблице 3 приведены рассчитанные моментные инварианты для двух центральносимметричных фигур

Таблица 3. Моментные инварианты центральносимметричных фигур

Моментные инварианты	Три пятна на одной линии, два крайних равны между собой и равноудалены	Равносторонний треугольник
M1	0,2544160 $\times 10^7$	$0,492 \times 10^7$
M2	$0,617 \times 10^{13}$	0
M3	0	$0,28 \times 10^{17}$
M4,M5,M6,M7	0	0

Метод управления характеристиками: для уменьшения инвариантов M4 и M5 необходимо области яркой светимости располагать в углах правильных геометрических фигур, таких как равносторонний треугольник, квадрат, симметричная звезда и т.д. Соответственно делая фигуру несимметричной относительно поворота, увеличиваем значения инвариантов.

Моментный инвариант M6 представлен комбинацией моментов 2-го и 3-го порядков, и является расширенным случаем инварианта M2, учитывающий кроме него ещё и неравномерность внутренней структуры заполнения контура.

Метод управления характеристикой: для уменьшения инварианта M6 необходимо обеспечить равномерность яркости в контуре. Для увеличения M6 необходимо увеличивать неравномерность, создавая локализованные области с повышенной контрастностью.

Моментный инвариант M7 отражает зеркальную симметричность образа относительно двух взаимно перпендикулярных осей.

Метод управления характеристикой – для уменьшения M7 необходимо форму ложной цели сделать максимально симметричной в двух ортогональных плоскостях. Любое отклонение от симметрии приводит к увеличению M7.

Изложенные зависимости внешнего облика ложной цели и статистического описания сведены на рисунке 2.

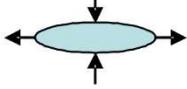
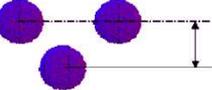
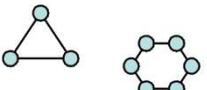
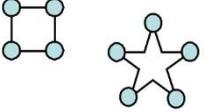
Идеальная фигура	Способ уменьшения	Инвариант	Способ увеличения	Идеальная фигура
	Увеличение яркости в центре ↓ M1	M1	Увеличение яркости на периферии M1 ↑	
	Сфера – фигура вращения 0 ← M2	M2	Увеличение относительного удлинения M2 ↑	
	Все яркие пятна расположены вдоль одной оси 0 ← M3	M3	Яркие пятна смещены относительно оси M3 ↑	
	Центрально-симметричные фигуры 0 ← M4	M4	Неправильная фигура M4 ↑	
	Центрально-симметричные фигуры 0 ← M5	M5	Неправильная фигура M5 ↑	
	Однотонное заполнение контура ↓ M6	M6	Максимально неоднородное заполнение M6 ↑	
	Зеркально-симметричная фигура 0 ← M7	M7	Максимально неоднородное заполнение	

Рис.2. Связь численных значений моментных инвариантов и тепловизионного изображения ложной цели.

СПИСОКЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ну, М.К., “Visual pattern recognition by moment invariants”, IRE Transactions On Information Theory, Vol.8, pp.179-187,1962.
2. Гнеденко Б.В. Курс теории вероятностей, - М.: ГИФМ, 1961.

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СКОТА

Васецкий Андрей Сергеевич, студент;

Павлов Денис Александрович, студент

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36

Васецкий А.С., e-mail andreivasec@mail.ru

Павлов Д.А., e-mail akcel322@gmail.com

Адрес для корреспонденции: **Васецкий Андрей Сергеевич**, Национальный исследовательский Томский государственный университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, тел. 8(3822)528401

Аннотация

В работе рассматривается устройство мониторинга показателей жизнедеятельности скота на базе микроконтроллера STM32, в состав устройства также входит цифровой МЭМС микрофон, внешняя флэш-память и модуль передачи данных по сети Wi-Fi, который базируется на микроконтроллере ESP8266. За прием и обработку цифровых данных отвечает сервер. Обработка данных выполняется с использованием алгоритмов машинного обучения. Результатом является готовое устройство способное передавать акустические данные на сервер посредством беспроводной связи Wi-Fi.

Ключевые слова: Микропроцессорная техника, цифровой микрофон, беспроводные сети Wi-Fi.

Мониторинг различных показателей жизнедеятельности скота является важной и актуальной задачей для повышения эффективности работы животноводческой фермы. Он позволяет автоматизировать процесс наблюдения и позволяет контролировать репродуктивную функцию, выявлять какие-либо заболевания и др. Бурное развитие микропроцессорной техники дает возможность решать представленные выше задачи [1]. Развитие Интернета вещей делает доступными устройства непрерывного мониторинга.

Целью настоящей работы является разработка микропроцессорного устройства мониторинга показателей жизнедеятельности животного на основе данных акустического датчика, закрепленного на его теле. В состав устройства входят микроконтроллер STM32, цифровой МЭМС-микрофон, устройство передачи данных по сети Wi-Fi на базе микроконтроллера ESP8266. Также предусмотрена запись данных в энергонезависимую внешнюю флэш-память.

Цифровой МЭМС-микрофон (микроэлектромеханическая система) состоит из мембраны, аналого-цифрового преобразователя и цифрового интерфейс I2S, реализованных в одном корпусе. На рис. 1 показана общая схема работы системы мониторинга. Акустические данные передаются в микроконтроллер STM32 и сохраняются в памяти для дальнейшей обработки.

Прием информации организован с использованием DMA (прямой доступ к памяти). На данном этапе цифровые данные передаются на сервер по Wi-Fi каналу, где выполняется их обработка с использованием алгоритмов машинного обучения для классификации каких-либо событий. В дальнейшем планируется реализация обработки информации на микроконтроллере, что значительно сократит объем передаваемой информации и, как следствие, снизит электропотребление устройства.

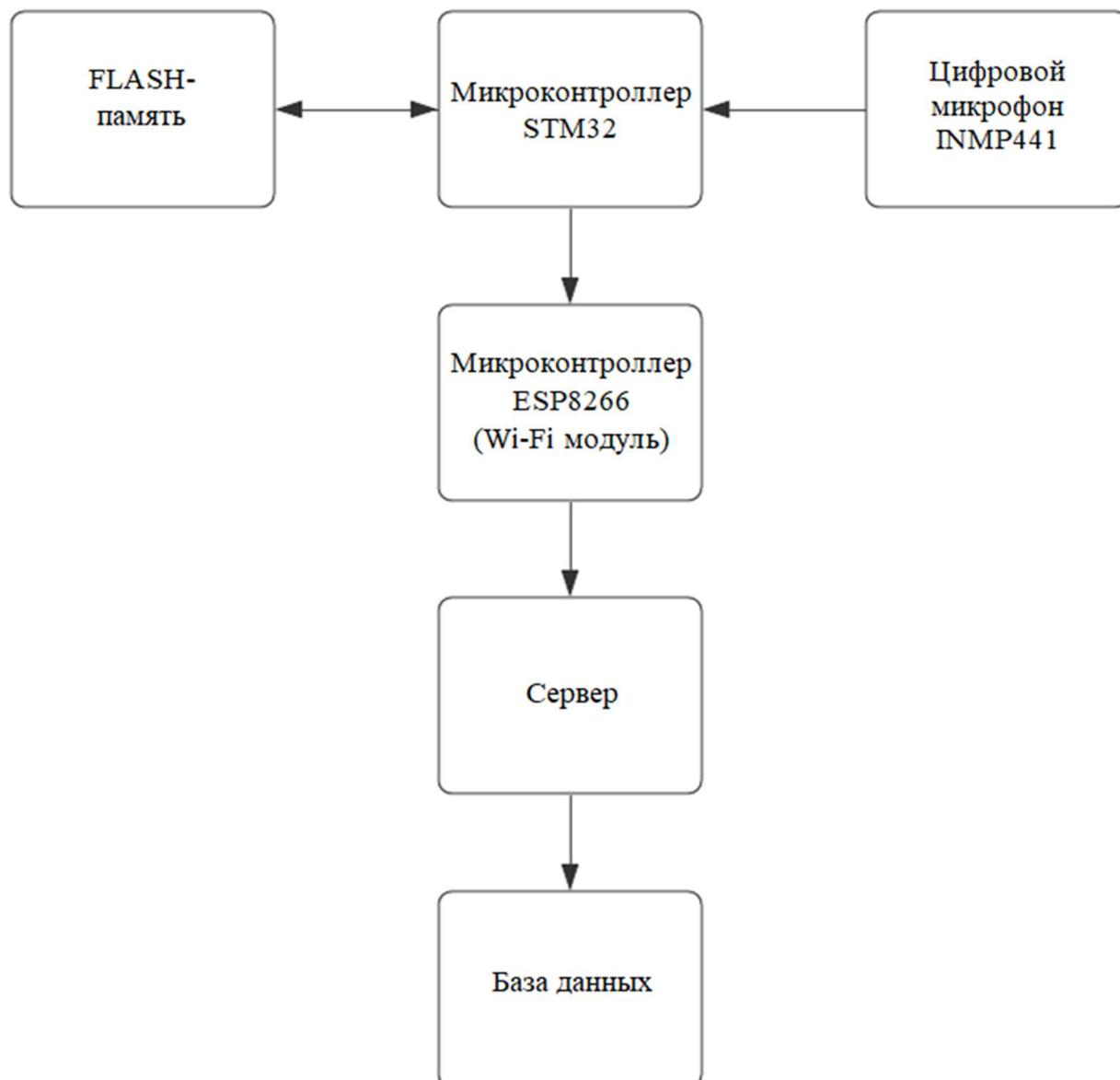


Рис. 1. Общая схема работы системы мониторинга

Данное научное исследование выполнено при поддержке Программы повышения конкурентоспособности ТГУ, проект № 8.2.03.2020.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Давлетов И.И. Тенденции, проблемы и перспективы развития животноводства России // Московский экономический журнал. 2019. №7. С. 189–195.

2. MEMS-микрофоны: как получить оптимальные акустические параметры [Электронный ресурс] // Terra электроника. – Электрон. дан. – 2020. – URL: <https://www.terraelectronica.ru/news/6525/> (дата обращения: 28.08.2020).

УДК 004.3

DEVELOPMENT OF MICROPROCESSOR DEVICE FOR MONITORING LIVESTOCK VITAL INDICATORS

Vassetskiy Andrey Sergeevich, student;

Pavlov Denis Aleksandrovich, student

National Research Tomsk State University,

634050, Russia, Tomsk, 36, Lenina Avenue

Vassetskiy A.S., e-mail andreivasec@mail.ru

Pavlov D.A., e-mail akcel322@gmail.com

Address for correspondence: Vassetskiy Andrey Sergeevich,

National Research Tomsk State University, 634050, Russia, Tomsk, 36, Lenina

Avenue, Tel. 8(3822)528401

Abstract

The work considers a device for monitoring the vital indicators of livestock based on the microcontroller STM32, the device also includes a digital MEMS microphone, external flash memory and a data transmission module over the Wi-Fi network, which is based on the microcontroller ESP8266. The server is responsible for receiving and processing digital data. Data processing is performed using machine learning algorithms. The result is a ready-made device capable of transmitting acoustic data to the server via Wi-Fi wireless communication.

Keywords: Microprocessor technology, digital microphone, Wi-Fi networks.

СИНТЕЗ ИМИТАТОРА ПОМЕХОВЫХ СИГНАЛОВ СИСТЕМАМ GPS И ГЛОНАСС

Дорохов Николай Юрьевич, магистрант; Насибулин Равиль Шамильевич, магистрант; Киселёв Алексей Васильевич, доктор техн. наук, профессор

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Дорохов Н.Ю., kolya.dorokhov98@mail.ru

Насибулин Р.Ш., ravil.nasibulin.98@mail.ru

Киселёв А.В., nil_rtu@ngs.ru

Адрес для корреспонденции: Киселёв Алексей Васильевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

Аннотация

В данной работе рассмотрен синтез имитатора помеховых сигналов навигационным системам. Проанализирована актуальность синтеза имитатора помеховых сигналов на основе рыночных предложений. Исследована структура основных типов помеховых сигналов, среди которых непрерывные шумовые помехи, хаотические импульсные помехи (ХИП) и последовательности детерминированных импульсных сигналов, они же М-последовательности. Разработана программа для формирования последовательности отсчётов помеховых сигналов для различных типов помех, а также выбраны основные элементы имитатора, на которых будет реализовано формирование помехи.

Ключевые слова: Имитатор помех; помеховый сигнал; GPS; ГЛОНАСС, непрерывная шумовая помеха, ХИП, М-последовательность.

1. Введение

На сегодняшний день, как российские, так и зарубежные производители представляют широкий спектр имитаторов сигналов различных глобальных навигационных спутниковых систем таких, как:

- ПриСТ серии GSG;
- Сотем серии GNXI;
- Spirent Communications plc серии GSS и др.

Однако все эти имитаторы объединяет одно: высокая цена и ограниченные возможности имитации помеховых сигналов. Эти ограничения является существенным недостатком при анализе работы аппаратуры пользователя и разработке алгоритмов противодействия помехам. Таким образом, была поставлена задача синтеза имитатора помеховых сигналов.

2. Реализация имитатора помех

Имитатор будет реализован на связке из отладочной платы ZedBoard

Zynq-7000 и аналогового модуля AD-FMCOMMS3-EBZ. Отсчёты помехового сигнала формируются на управляющей машине и записываются в отдельный файл, который после передаётся и записывается в память Zynq'a, далее цифровой сигнал транслируется на SDR модуль и преобразуется в аналоговый ВЧ сигнал.

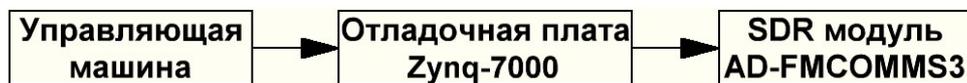


Рис. 1. Структурная схема имитатора помех.

3. Амплитудно-модулированная шумовая помеха

АМ шумовые помехи – это незатухающие гармонические колебания, модулированные по амплитуде ограниченным гауссовским шумом:

$$u_{\Pi}(n) = U_{\Pi} [1 + kU_{\text{мод}}(n)] [\cos(2\pi f_{\Pi} n T_d + \varphi_{\Pi}(n)) - j \sin(2\pi f_{\Pi} n T_d + \varphi_{\Pi}(n))], \quad (1)$$

где k – крутизна модуляционной характеристики передатчика помех, $U_{\text{мод}}(n)$ – модулирующее напряжение, формируемое генератором шума.

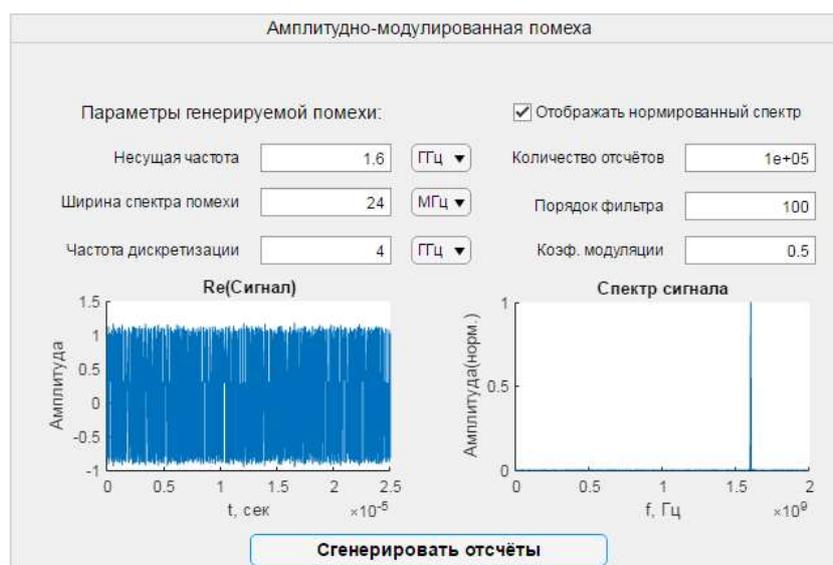


Рис. 2. Редактор амплитудно-модулированной шумовой помехи.

4. Частотно-модулированная шумовая помеха

Частотно-модулированные шумовые помехи создаются при модуляции несущих гармонических колебаний шумовым напряжением с переменной частотой:

$$u_{\Pi}(n) = U_{\Pi} \left[\cos \left(2\pi f_{\Pi} n T_d + \sum_{i=0}^n k U_{\text{мод}}(i) + \varphi_{\Pi}(n) \right) - j \sin \left(2\pi f_{\Pi} n T_d + \sum_{i=0}^n k U_{\text{мод}}(i) + \varphi_{\Pi}(n) \right) \right], \quad (2)$$

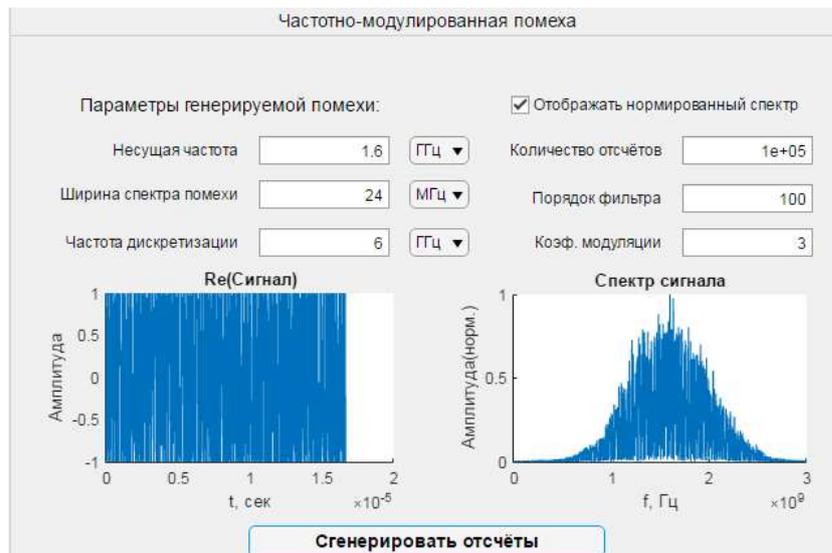


Рис. 3. Редактор частотно-модулированной шумовой помехи.

5. Фазо-модулированная шумовая помеха

Фазо-модулированные шумовые помехи – гармонический сигнал, модулированный по фазе шумом. Они создаются при модуляции гармонических колебаний шумовым напряжением по фазе:

$$u_{\Pi}(n) = U_{\Pi} \left[\cos(2\pi f_{\Pi} n T_d + kU_{\text{мод}}(n)) - j \sin(2\pi f_{\Pi} n T_d + kU_{\text{мод}}(n)) \right], \quad (3)$$

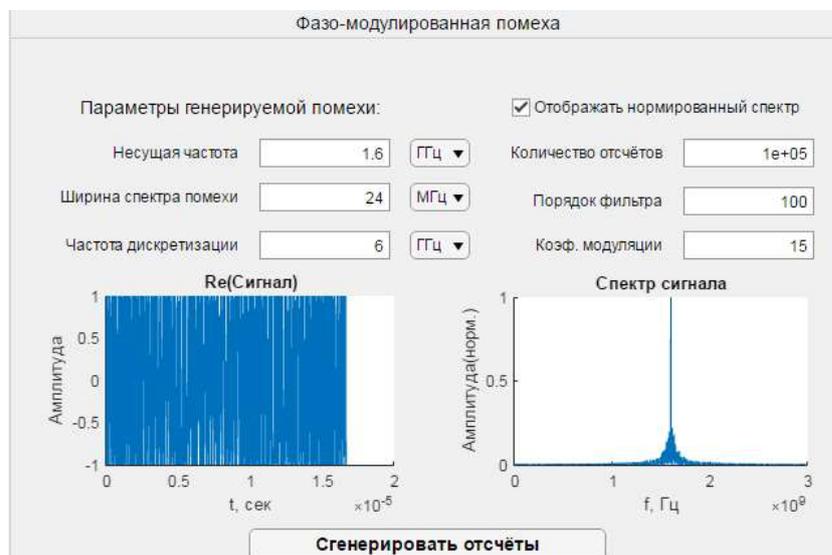


Рис. 4. Редактор фазо-модулированной шумовой помехи.

6. Хаотические импульсные помехи

Генерация высокочастотных колебаний происходит только в те моменты времени, когда амплитуда случайного процесса (СП), поступающего с генератора, превышает заданный порог U_0 .

СП формируется по модели АКФ, а также некоторым её параметрам.

Параметры, необходимые для формирования ХИП:

- Параметр альфа - величина, обратная радиусу корреляции. То есть, чем

больше альфа, тем быстрее отсчёты можно будет считать статистически независимыми.

- Шаг дискретизации СП – данная величина имеет верхнее ограничения: должно выполняться условие $\Delta t < \tau_{кор}$, где $\tau_{кор}$ - величина, для которой выполняется условие $|\rho(\tau)| \leq 0,05$ для всех $\tau \geq \tau_{кор}$.

- Пороговое значение – значение, при превышении которого будет формироваться импульс.

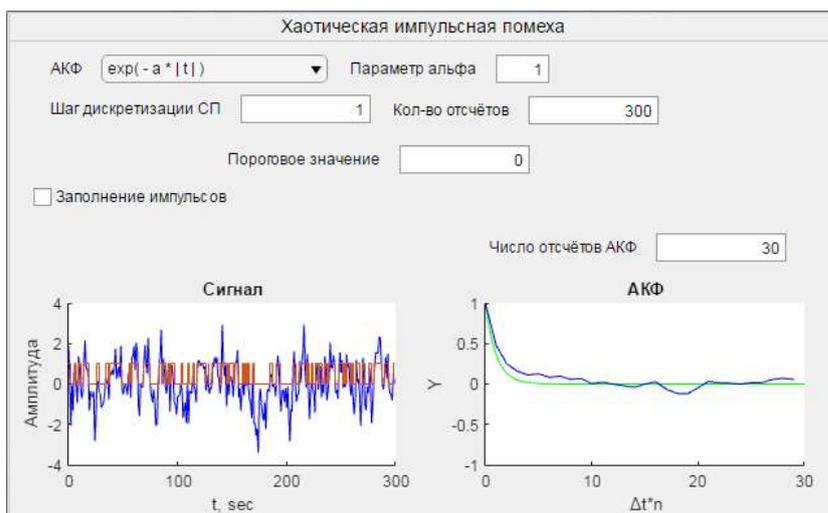


Рис. 5. Редактор ХИП.

7. Имитирующие М-последовательности

ПСП формируются с помощью сдвиговых регистров с обратной связью, которые управляются тактовыми сигналами. В каждом регистре хранится двоичный код: 0 или 1. Генераторы ПСП характеризуются полиномами, где показатель степени соответствует номеру ячейки, участвующей в обратной связи, а также начальным значениям сдвиговых регистров (любая комбинация, кроме всех нулей).

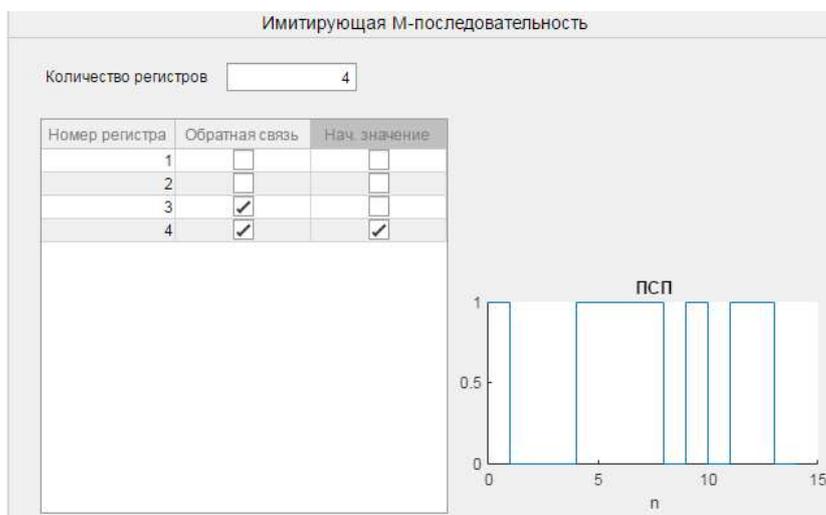


Рис. 6. Редактор ПСП.

8. Вывод

В ходе работы был разработан имитатор помеховых сигналов навигационным системам GPS и ГЛОНАСС для упрощения и удешевления анализа помехоустойчивости данных систем, а также разработано программное обеспечение для формирования различных типов помех для дальнейшего использования в совокупности с имитатором.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серапинас Б.Б. // Глобальные системы позиционирования. Издание 3-е. Москва, 2002
2. М.В. Максимов. // Защита от радиопомех. Москва "Советское радио", 1976
3. В.В. Конин, В.П. Харченко // Системы спутниковой радионавигации. Киев "ХОЛТЕХ", 2010
4. Р.В. Антипенский // Разработка моделей преднамеренных помех системам аналоговой связи. Компоненты и технологии №9, 2007
5. С.А. Прохоров. // Математическое описание и моделирование случайных процессов. Уральск, 2001
6. В.Я. Карташов, М.А. Новосельцева// Цифровое моделирование стационарных случайных процессов с заданной корреляционной функцией на основе непрерывных дробей. Кемеровский государственный университет, 2010.

SYNTHESIS OF A GPS SIGNAL SIMULATOR

Dorokhov Nikolay Yurievich, Master's Degree student;

Nasibulin Ravil Shamilyevich, Master's Degree student;

Kiselev Alexey Vasilievich, D. Sc, Professor

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

Dorokhov N.Y., kolya.dorokhov98@mail.ru

Nasibulin R.S., ravil.nasibulin.98@mail.ru

Kiselev A.V., nil_rtu@ngs.ru

Correspondence address: Aleksey Kiselev, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (913) 005-48-19

Annotation

In this work, the structure of the GPS satellite radio navigation communication system, as well as the signals generated to determine the coordinates, are considered. The relevance of the synthesis of a jamming signal simulator based on market offers was analyzed. The structure of the main types of jamming signals is investigated, including continuous noise jamming, chaotic impulse jamming (CIJ) and sequences of deterministic impulse signals, they are also M-sequences. A program has been developed for generating a sequence of samples of jamming signals for various types of jams, and also selected the main base of elements for the simulator, on which the physical formation of jam will be implemented.

Keywords: Jamming simulator; jamming signal; GPS; GLONASS; continuous noise jam; CIJ; M-sequence.

УДК 621.37

СИНТЕЗ РЕЧИ ДЛЯ ГОЛОСОВОГО ИНТЕРФЕЙСА

Гросс Александр Владимирович¹; Никулин Андрей Викторович¹

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20,

Гросс А.В., email alexnsk9754@gmail.com

Никулин А.В., email 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 статье речь идет о существующих технологиях синтеза речи благодаря которым была реализована программа с последующей интеграцией в настроенный сервер мини АТС на основе Asterisk. Программа позволяет выполнить определенные команды на основе человеческой речи и так же реализовать голосовое меню.

Ключевые слова: Голосовой помощник, синтез речи, IVR, АТС, голосовое меню, extension, AGI сервер, АТС, Speech API

1. Введение

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.

2. Методика

Требовалось создать программу, основанную на синтезе речи и объединить ее с сервером мини АТС [1]. 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.

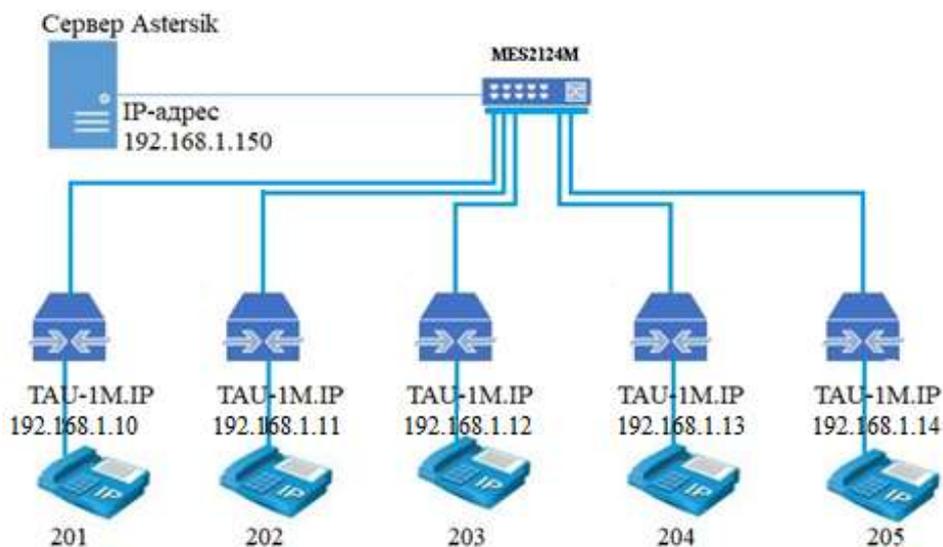


Рис. 1. Сервер Asterisk с подключенными к нему конечными точками

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.

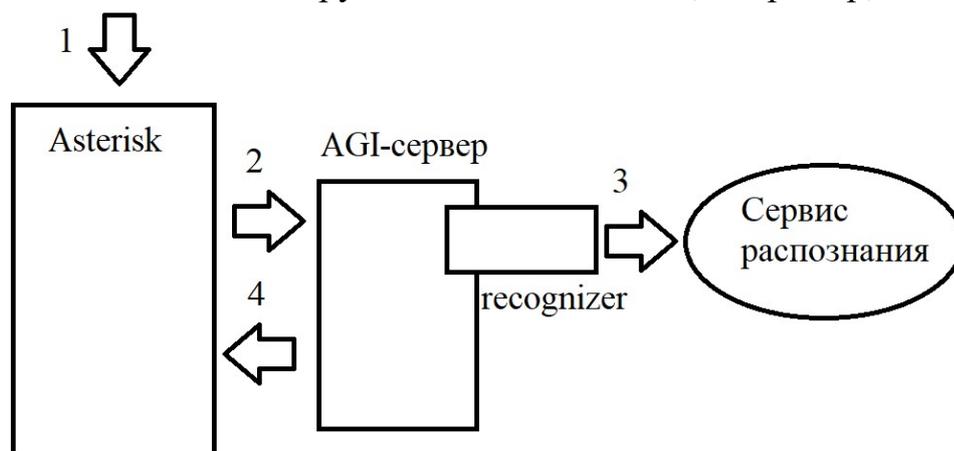


Рис. 2. Функциональная схема реализации голосового набора

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.

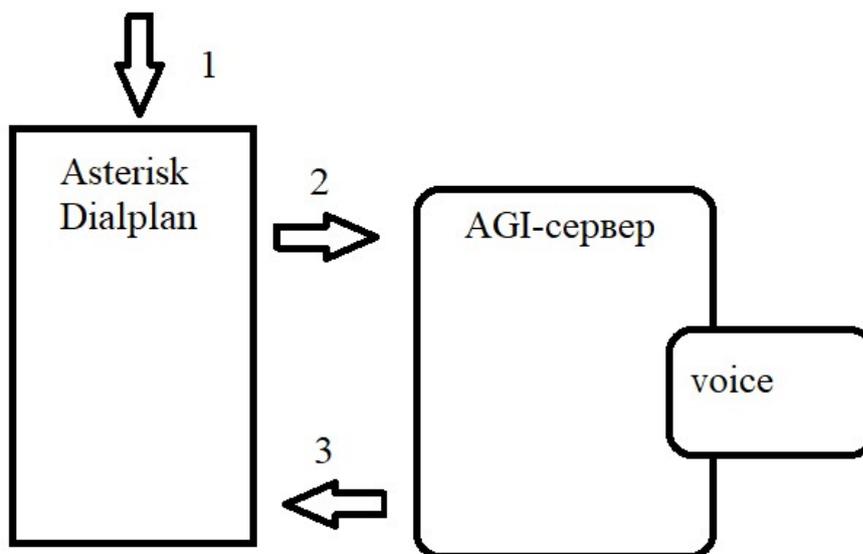


Рис. 3. Функциональная схема реализации синтеза речи

Описание схемы

- 1 Входящий вызов
- 2 Asterisk перенаправляет вызов на AGI-сервер
- 3 При помощи приложения voice происходит озвучивание текста

3. Результаты и обсуждение

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.

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

SPEECH SYNTHESIS FOR VOICE INTERFACE

Gross Alexander Vladimirovich; Nikulin Andrey Viktorovich

Novosibirsk state technical university, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk, 630073, Russia

Gross A.V., email alexnsk9754@gmail.com

Nikulin A.V., email a.nikulin@corp.nstu.ru

Annotation

In this article, we are talking about the existing speech synthesis technologies thanks to which the program was implemented with subsequent integration into a configured PBX server based on Asterisk. The program allows you to execute certain commands based on human speech and also implement a voice menu.

Keywords: Voice assistant, speech synthesis, IVR, ATC, voice menu, extension, AGI server, PBX, Speech API

УДК 53.043: 53.05

ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА НА БАЗЕ ФАПЧ

Иванов Сергей Юрьевич, студент

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

Иванов С.Ю., e-mail 01ivanov2001@gmail.com

Аннотация

В статье рассматривается общий принцип работы трансформатора Тесла, его виды. Отдельное внимание уделяется катушке Тесла, построенной на основе фазовой автоподстройке частоты (ФАПЧ) с возможностью проигрывать музыку.

Ключевые слова: Трансформатор Тесла, фазовая автоподстройка частоты, модуляция звуком.

Введение

Трансформатор Тесла – прекрасная игрушка для тех, кто хочет сделать что-то необычное и удивить окружающих. К тому же сам процесс сборки трансформатора достаточно интересный, ведь в одной относительно несложной конструкции сочетаются много физических явлений.

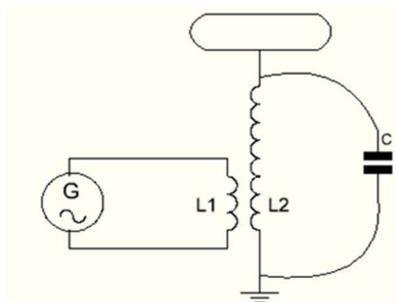


Рис. 1. Общая схема трансформатора Тесла

Трансформатор Тесла состоит из первичной (L1) и вторичной (L2) обмоток. На первичную обмотку подается переменное напряжение, которое создает электромагнитное поле (ЭМП). При помощи ЭМП энергия из первичной обмотки передается во вторичную, как в обычном трансформаторе. Паразитная емкость первичной обмотки пренебрежимо мала.

Вторичная обмотка L2 вместе с паразитной емкостью C образует колебательный контур, в котором некоторую часть времени энергия, полученная от первичной обмотки, хранится в виде напряжения. Таким образом, чем больше энергии мы передадим в контур, тем больше напряжения получим.

Основные типы катушек Тесла

- **SGTC (СГТЦ, Spark Gap Tesla Coil)** – трансформатор Тесла на разряднике. Самая первая и “классическая” конструкция (ее использовал сам Тесла). В качестве ключевого элемента использует разрядник. В маломощных конструкциях разрядник – просто два куска провода, находящихся на некотором расстоянии, а в мощных – сложные вращающиеся разрядники. Трансформаторы этого типа идеальны если вам нужна только большая длина стримера.

- **VTTC (ВТТЦ, Vacuum Tube Tesla Coil)** – трансформатор Тесла на лампе. В качестве ключевого элемента используется мощная радиолампа. Такие трансформаторы могут работать в непрерывном режиме и выдавать толстые, “жирные” стримеры. Этот тип чаще всего используют для высокочастотных тесел, которые из-за характерного вида своих стримеров получили название “факельник”.

- **SSTC (ССТЦ, Solid State Tesla Coil)** – трансформатор Тесла, в котором в качестве ключевого элемента используются полупроводники. Обычно это MOSFET или IGBT транзисторы. Этот тип трансформаторов может работать в непрерывном режиме. Внешний вид стримеров, создаваемых этой катушкой может быть самый различный. Этим типом Тесел проще всего управлять (играть музыку, к примеру).

- **DRSSTC (ДРССТЦ, ДРка, Dual Resonant Solid State Tesla Coil)** – трансформатор с двумя резонансными контурами, в котором в качестве ключей используются полупроводники, в подавляющем большинстве случаев, это IGBT транзисторы. ДРССТЦ – самый сложный в изготовлении и настройке тип трансформаторов Тесла. Характерная длина стримеров трансформатора этого типа немного меньше чем у SGTC, а управляемость немногим хуже, чем у SSTC.

Далее речь пойдет об одной из разновидностей SSTC - PLL SSTC с возможностью модуляции звуком.

Структурная схема PLL SSTC:

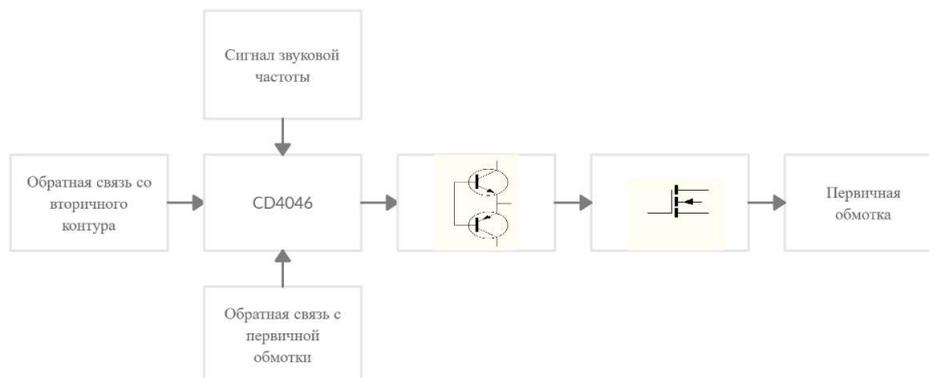


Рис. 2. Структурная схема PLL SSTC

CD4046 по цепям обратной связи получает сигнал от контуров, содержащий данные о текущей частоте и фазе свободных колебаний в них, после чего, с опорой на эти данные, поддерживает работу драйверного каскада синхронно с этими частотой и фазой. Сигнал звуковой частоты подаваемый на ГУН микросхемы ФАПЧ выводит систему из резонанса (в разумных пределах) в такт звуку, из-за чего меняется объем разряда и возникают колебания, которые воспринимаются как звук.

Комплементарная пара биполярных транзисторов открывает и закрывает полевой транзистор, усиливая сигнал с выхода ГУН микросхемы ФАПЧ.

Полевой транзистор работает в ключевом режиме, подавая ток на первичную обмотку с нужной частотой и длительностью импульса.



Рис. 3. Внешний вид



Рис. 4. Свечение инертных газов в ВЧ

поле



Рис. 5. Свечение нити накала под



Рис. 6. Коронный разряд в темноте

действием высокой температуры плазмы

Вывод. Катушка получилась достаточно компактная и энергоэффективная, но звучание PLL SSTC далеко от идеала, т.к. имеет неустранимое шипение (как любой коронный разряд) и завал АЧХ на частотах <100Гц, обусловленный невозможностью изменения объема разряда в больших пределах из-за выхода системы из резонанса, что приводит к срыву генерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Электронный ресурс [<https://bsvi.ru/kak-rabotaet-transformator-tesla-naralcah-chast-1>].
2. Калашников С. Г., Электричество, М., ГИТТЛ, 1956, гл. XII «Электромагнитные волны вдоль проводов», п. 261 «Стоячие волны в катушках», с. 592—593/

TESLA TRANSFORMER BASED ON PLL

Ivanov Sergey Yurievich, student

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

Ivanov S.Yu., e-mail 01ivanov2001@gmail.com

Annotation

The article discusses the general principle of operation of the Tesla transformer, its types. Special attention is paid to the Tesla coil, built on the basis of a phase-locked loop (PLL) with the ability to play music.

Keywords: Tesla transformer, phase-locked loop, sound modulation.

УДК 53.043: 53.05

СИНТЕЗ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ СЛУХА

Мазярова Валентина Александровна; Степанов Максим Андреевич

Новосибирский государственный технический университет, 630073,

Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20,

Мазярова В.А., email v.mazyarova@yandex.ru

Степанов М.А., email m.stepanov@corp.nstu.ru

Аннотация

В данной статье речь пойдёт о разработке лабораторного стенда для курса «Электроакустика и звуковое вещание». В первой лабораторной работе нужно синтезировать звук с определённой частотой и громкостью, а также синтезировать помеху для данного звука.

Ключевые слова: Лабораторный стенд, синтез звука, C++ Builder, порог слышимости, звуковой тон.

1. Введение

Предмет «Электроакустика и звуковое вещание» начинается с изучения свойств слуха человека. К одним из основных свойств относят наличие порога слышимости и эффект маскировки звуковых сигналов.

Порог слышимости – это минимальное звуковое давление, при котором еще существует слуховое ощущение. Наличие порога слышимости определяется строением слуховой системы человека. Этот порог характеризует чувствительность уха к интенсивности звуковой энергии. Величина порога слышимости зависит от характера используемых звуковых колебаний и условий измерений. При одновременном воздействии на слух двух звуков один из них может не прослушиваться на фоне другого звука. Этот эффект называется маскировкой.

2. Методика

Лабораторный стенд выполнен на основе персонального компьютера и программы C++ builder 10.3. Суть первой лабораторной работы состоит в том, чтобы прослушать несколько непрерывных тональных сигналов с разными частотами при разных амплитудах. Полученные данные записываются в таблицу для дальнейшей обработки и получения выводов. Таким образом студенты будут определять свои собственные пороги слышимости. Далее студентам предлагается исследовать эффект маскировки. Для этого используются 2 тональных сигнала звуковой частоты. Интерфейс первой лабораторной работы представлен на рисунке 1.

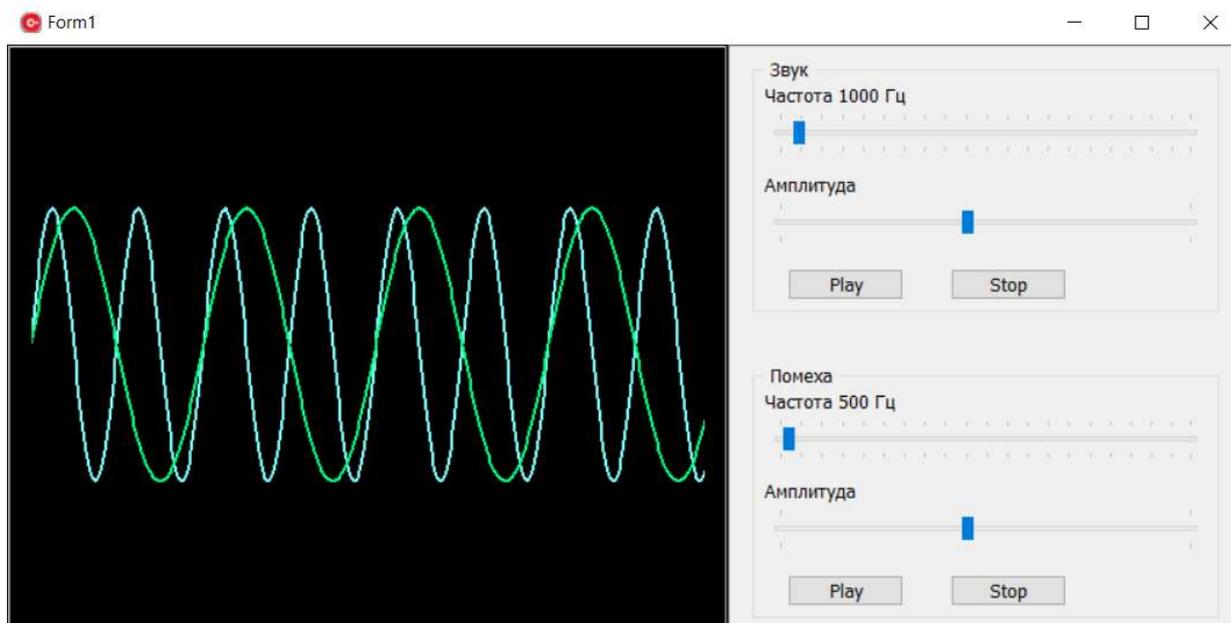


Рис.1. Интерфейс лабораторной работы №1.

Проект состоит из 3х файлов:

1. Unit1.cpp - графический интерфейс.

2. sound.cpp - класс для работы со звуком.

3. playthread - поток, который синтезирует звук и подкидывает его в буфер звуковой карты.

Интерфейс содержит в себе 2 плеера (для чистого тона и для помехи), 4 кнопки, 2 компонента с ползунками и один графический компонент для синусоиды. На графике рисуем то, что лежит в звуковом буфере. Вычисление sin-волны происходит в цикле:

```
for(int i=0; i < samplelength; i++)
{
    float n = (float)A*Sin(((float)i++)*dpi/period);
    Chart->Series[0]->Add(n);
}
```

Значение samplelength устанавливаем 32000, это значение равно размеру буфера. dpi имеет значение 2π , period устанавливаю как значение частоты дискретизации(128000) делённая на значения частоты на ползунке.

Работа со звуком осуществляется за счёт DirectSound – это программный интерфейс (API) в системе Windows для воспроизведения и записи звука. В нём мы задаём формат звука, то есть, прописываем количество каналов(1), частоту дискретизации(128000) и размер семпла(16). Далее создаём первичный буфер, в который будет идти запись основных данных со звуком и вторичный буфер, в котором будут находиться события, оповещающие, что буфер проигран.

В PlayThread вычисляем синусоиду. Задаём переменную DWORD T = 0, это переменная по оси X - сделана глобальной, чтобы не набегала фаза от буфера к буферу. Во время проигрывания звука вычисляем синусоиду и записываем данные в буфер звуковой карты.

3. Результаты и обсуждение

1. Выполнен рабочий интерфейс лабораторной работы №1, который удовлетворяет запросам методического пособия «Электроакустика и звуковое вещание»

2. Написан программный код на языке C++.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.И. ВОЛОГДИН – Слух и восприятие звука. Санкт-Петербург 2012. 243с.
2. А.Я. АРХАНГЕЛЬСКИЙ – Программирование в C++ builder 6. 2006, ISBN 978-5-9518-0396-2.
3. Э. УИЛЬЯМС - Параллельное программирование на C++ в действии. Практика разработки многопоточных программ. ДМК Пресс, 2012, 465с.
4. Е.КОНОВА, Г.ПОЛЛАК - Алгоритмы и программы. Язык C++. ISBN: 978-5-8114-2020-9; 2019, 326с.
5. М.А. САПОЖКОВ – Электроакустика. Москва: Издательство «Радио и связь»: Редакция литературы по радиотехнике, 1989. - Серия «Справочник», 543с.

SYNTHESIS OF A LABORATORY STAND FOR STUDYING THE PROPERTIES OF HEARING

Mazyarova Valentina Aleksandrovna; Stepanov Maxim Andreevich.

Novosibirsk state technical university, 20 Karl Marx Avenue, Novosibirsk,
630073, Russia

Mazyarova V.A., email v.mazyarova@yandex.ru

Stepanov M.A., email m.stepanov@corp.nstu.ru

Annotation

This article will focus on the development of a laboratory stand for the course "Electroacoustics and Sound Broadcasting". In the first laboratory work, you need to synthesize sound with a certain frequency and volume, as well as synthesize noise for this sound.

Keywords: Laboratory stand, sound synthesis, C ++ Builder, audibility threshold, sound tone.

УДК 004.77

ОБЗОР VPN СЕРВИСОВ

Муравьев Андрей Евгеньевич, 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

Муравьев А. Е., email vault95traseg4@mail.ru

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;

Аннотация

В данной статье будет приводиться обзор двух наиболее популярных VPN-сервисах. Будут озвучены их явные плюсы и минусы, выделить те системы, для которых каждый из представленных VPN-сервисов будет иметь максимальную производительность. А также будут приведены скриншоты их сравнения на системе Linux, которые будут демонстрировать преимущества того или иного VPN-сервиса.

Ключевые слова: VPN-технология, OpenVPN, OpenSSL, возможности OpenVPN, WireGuard, преимущества, принцип работы, Cryptokey Routing, Linux.

1. Введение

На основе VPN технологии в дальнейшем планируется разработать защищенный канал связи. Поэтому следует определиться с выбором из уже имеющихся VPN-сервисов, по возможности, выбрать тот, у которого будет самый минимальный “пинг” и минимальный потерей пакетов.

2. Теория или методика экспериментального исследования или материалы и методы и др.

“OpenVPN” это мультиплатформенный, гибко настраиваемый, бесплатный VPN сервер с открытым исходным кодом, являющийся фактически стандартом "defacto" для организации доступа к внутренним корпоративным сетям. Большинство администраторов используют его с настройками по умолчанию или с типовыми конфигурациями, широко описанными в разных мануалах.

“OpenVPN” представляет из себя некий исходный код или, чаще всего, готовые к установке скомпилированные пакеты для большинства ОС. Для шифрования используется библиотека “OpenSSL”[3].

Основные механизмы и возможности “OpenVPN”:

Сертификатная аутентификация

Приватные point-to-point ключи

Внешняя аутентификация пользователей

РАМ

Маршрутизация [2].

Дополнительные возможности OpenVPN:

Безопасность сетей/Packet Filtering

Расширенная РАМ аутентификация

"Отложенная" аутентификация

Плагины OpenVPN [2].

Заменить всеми известные IPsec и OpenVPN собирается, вышедший в январе 2020 года, открытый протокол VPN WireGuard. В этом же месяце WireGuard стал частью ядра Linux. Автором WireGuard является Джейсон Доненфилд (Jason A. Donenfeld). Написанная им программа для VPN имела менее четырех тысяч строк кода.

Преимущества WireGuard:

Простота использования.

Применяет современную криптографию, такие как: Noise protocol framework, ChaCha20, Poly1305, BLAKE2, HKDF...

Из-за малого количества строк кода в нем проще ориентироваться, а следовательно, проще искать уязвимость.

Достаточно высокая производительность.

В WireGuard применяется маршрутизация **Cryptokey Routing** [1].

Как говорилось выше WireGuard на листке занимает менее четырех тысяч строчек кода, а у ближайших конкурентов описание занимает от нескольких десятков до сотни тысяч строк.

По сравнению с OpenVPN и IPsec WireGuard будет показывать максимальную производительность на системах реализованных на Linux.

Конечно же кроме Windows поддерживаются macOS, Android, iOS, FreeBSD и OpenBSD.

WireGuard не предусматривает сложную систему сертификатов короткие ключи шифрования распространяются на подобии SSH ключей.

Следует заметить, что WireGuard не будет работать через HTTP проxy, так как в качестве “транспорта” имеется только протокол UDP.

3. Результаты и обсуждение

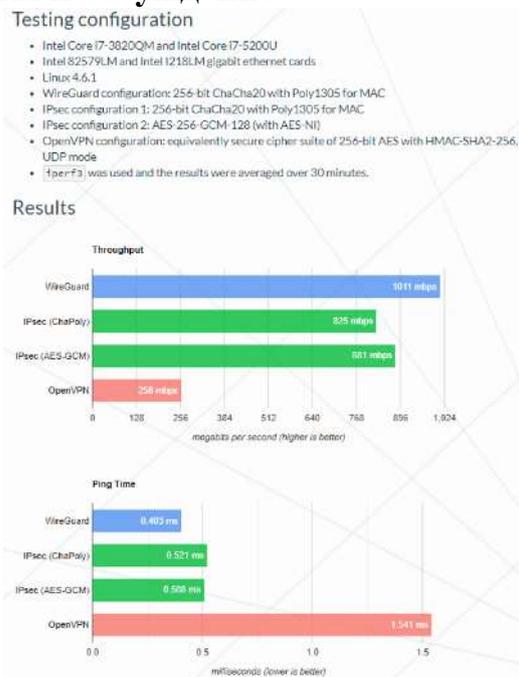


Рис. 2. Результаты бенчмарков с официального сайта WireGuard.

```
root@banshee:~# /etc/init.d/openvpn start trusted ; ping -t -c10 172.29.92.1
[ * ] Starting openvpn (via systemctl): openvpn.service.
PING 172.29.92.1 (172.29.92.1) 56(84) bytes of data:
From 192.168.108.1: icmp_seq=1 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=2 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=3 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=4 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=5 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=6 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=7 Time to live exceeded.
From 192.168.108.1: icmp_seq=8 Time to live exceeded.
64 bytes from 172.29.92.1: icmp_seq=9 ttl=64 time=28.0 ms
64 bytes from 172.29.92.1: icmp_seq=10 ttl=64 time=29.6 ms
--- 172.29.92.1 ping statistics ---
10 packets transmitted, 2 received, +8 errors, 80% packet loss, time 9000ms
rtt min/avg/max/mdev = 28.692/29.084/29.877/0.818 ms
root@banshee:~#

root@banshee:~# time wg-quick up wg0
[ * ] wg setconf wg0 /dev/fd/63
[ * ] ip address add 172.29.128.3/29 dev wg0
[ * ] ip link set mtu 1420 dev wg0
[ * ] ip link set wg0 up
[ * ] route add 172.29.144.0/24 dev wg0
[ * ] route add -net 172.29.144.0/24 gw 172.29.128.1 ; ping -c1 172.29.128.1
PING 172.29.128.1 (172.29.128.1) 56(84) bytes of data:
64 bytes from 172.29.128.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=83.3 ms
--- 172.29.128.1 ping statistics ---
1 packets transmitted, 1 received, 0% packet loss, time 0ms
rtt min/avg/max/mdev = 83.314/83.314/83.314/0.000 ms
real    0m0.127s
user    0m0.000s
sys     0m0.000s
root@banshee:~#
```

4. Выводы

WireGuard это очень перспективный проект, можно уже сейчас использовать его на личных серверах. Его преимущество это - высокая производительность на Linux системах, простота настройки и поддержки, компактная и читабельная кодовая база. Он задумывался как облегченное и быстрое решение ряда проблем у уже существующих решений. К сожалению, ради этих решений он пожертвовал многими функциями, которые будут актуальны для большинства пользователей. Именно поэтому он не может заменить IPsec или OpenVPN.

OpenVPN является открытым исходным кодом VPN протокола, который

использует Secure Socket Layer (SSL) для создания зашифрованного подключения к Интернету с проверкой подлинности устройства. В целом, протокол OpenVPN предлагает одну из лучших комбинаций производительности и безопасности, и его можно использовать, чтобы легко обойти брандмауэры и ограничения ISP.

На данный момент повсеместно используют OpenVPN, так как для большинства задач лучшим будет именно этот протокол.

По итогу, для Linux систем отлично подойдет WireGuard так как на этой системе был замечен наименьший “пинг” и наименьшая потеря пакетов. Вдобавок, наименьшее количество строк кода, а, следовательно, простота поиска уязвимостей, позволяет отдать предпочтение в сторону выбора WireGuard.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. WireGuard – быстрый и безопасный VPN в ядре Linux. Точный адрес статьи:
<https://habr.com/ru/company/globalsign/blog/491034/>
2. Personal OpenVPN. Точный адрес статьи: openvpn.net/what-is-a-vpn/
3. OpenVPN, о котором вы так мало знали. Точный адрес статьи:
habr.com/ru/post/435802/

VPN SERVICES OVERVIEW

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 provide an overview of two of the most popular VPN services. Their obvious pros and cons will be announced, highlighting those systems for which each of the presented VPN services will have maximum performance. And also screenshots of their comparison on a Linux system will be shown, which will demonstrate the advantages of one or another VPN service.

Key words: VPN technology, OpenVPN, OpenSSL, OpenVPN capabilities, WireGuard, benefits, operating principle, Cryptokey Routing, Linux.

КИХ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ГИЛЬБЕРТА С МАКСИМАЛЬНО-ПЛОСКОЙ МНИМОЙ ЧАСТЬЮ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ

Савиных Иван Сергеевич, канд. техн. наук, доцент, **Найчукова Арина Константиновна**¹, магистрант

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел. 346-15-46

Савиных И.С., e-mail isavinykh@mail.ru

Найчукова А.К., e-mail arina545714@yandex.ru

Адрес для корреспонденции: **Савиных Иван Сергеевич**, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 346-15-46

Аннотация: рассмотрена реализация преобразователя Гильберта в виде фильтра с конечной импульсной характеристикой. Предложено использовать полиномы Бернштейна для синтеза преобразователя Гильберта с максимально-плоской мнимой частью передаточной функции. Описан способ получения передаточной функции и импульсной характеристики преобразователя Гильберта с конечной импульсной характеристикой и максимально-плоской мнимой частью передаточной функции.

Ключевые слова: преобразователь Гильберта, полиномы Бернштейна, передаточная функция, импульсная характеристика.

1. Введение

Исходно сигналы, подвергаемые цифровой обработке, являются вещественными. С учетом имеющегося математического аппарата цифровой обработки сигналов зачастую удобнее производить обработку комплексных сигналов. Для формирования комплексного сигнала из вещественного в цифровой обработке сигналов используется преобразователь Гильберта [1].

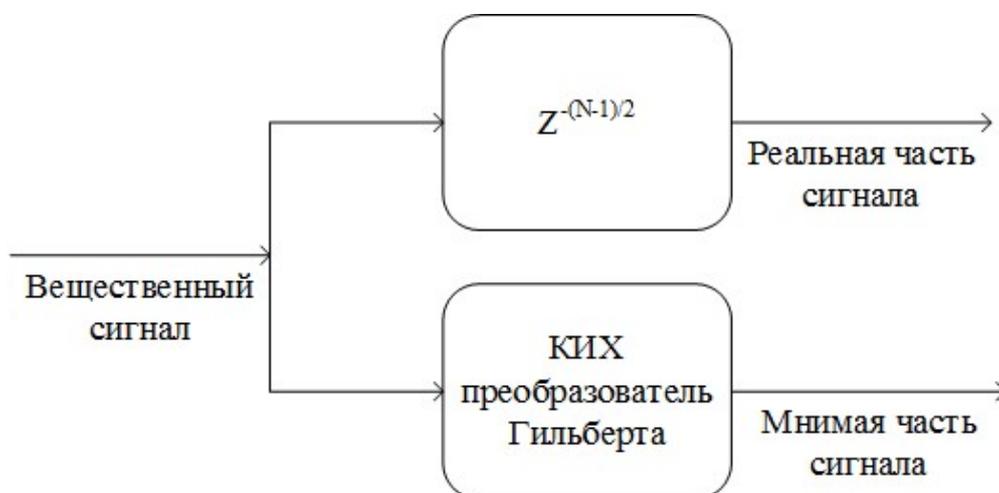


Рис. 1. Структурная схема, реализующая преобразование Гильберта

Типовая структурная схема, реализующая преобразование дискретное Гильберта изображена на рис.1. В ветви реальной части сигнала стоит линия задержки, обеспечивающая задержку сигнала на то же количество сигнала, что и преобразователь Гильберта. Преобразователь Гильберта осуществляет сдвиг фазы вещественного сигнала на $+90^\circ$ ($+\pi/2$) на отрицательных частотах и -90° ($-\pi/2$) на положительных частотах сигнала. Модуль передаточной функции идеального преобразователя Гильберта равен единице на всех частотах, кроме нулевой, где он равен нулю. Следует отметить, что у преобразователя Гильберта реальная часть передаточной функции тождественна равна нулю.

При синтезе фильтров с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтров) обычно рассматривают фильтры с максимально-плоской амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ) [2-4]. Отличие реализации таких КИХ-фильтров по сравнению с трансверсальной формой КИХ-фильтра позволяет в ряде случаев применять структуры без умножителей или с умножителями на фиксированные коэффициенты [4, 5]. Кроме того, КИХ-фильтры с максимально-плоской АЧХ зачастую могут использовать исключительно целочисленную арифметику [5]. Следует отметить, что непосредственная реализация фильтров с максимально-плоской АЧХ менее эффективна с вычислительной точки зрения по сравнению с фильтрами, синтезированным другими способами. Однако указанные ранее свойства структур фильтров с максимально-плоской АЧХ, в ряде случаев, позволяют реализовывать с вычислительной точки зрения более эффективные фильтры [3-5].

При синтезе преобразователей Гильберта требуется фильтр с максимально-плоской мнимой частью передаточной функции, а не максимально-плоской АЧХ. Вследствие этого не представляется возможным непосредственное использование способов синтеза фильтров с максимально-плоской АЧХ для преобразователей Гильберта.

Цель работы – предложить способ синтеза преобразователей Гильберта с максимально-плоской мнимой частью передаточной функции и привести пример такого синтеза.

2. Теория

Исходя из [4] можно записать полином Бернштейна для функции f , аппроксимируемой на интервале $x \in [0;1]$ полиномом степени M

$$\hat{f}(x) = \sum_{m=0}^M f\left(\frac{m}{M}\right) C_m^M x^m (1-x)^{M-m}, \quad C_m^M = \frac{M!}{m!(M-m)!}. \quad (1)$$

Непосредственно использовать это соотношение для получения передаточной функции преобразователя Гильберта нельзя, поскольку его передаточная функция должна иметь отрицательную симметрию, а не положительную, как в (1). Для решения этой проблемы предлагается осуществить переход к симметричному интервалу аппроксимации путем замены переменной $x = (t+1)/2$ при $t \in [-1;1]$.

В результате преобразований получим:

$$\hat{f}(t) = \frac{1}{2^M} \sum_{m=0}^M f\left(\frac{2m}{M} - 1\right) C_m^M (t+1)^m (1-t)^{M-m} \quad (2)$$

Для определения передаточной функции необходимо перейти к определению аппроксимируемой функции в частотной области. Для получения общего результата будем использовать частоту θ , нормированную на частоту дискретизации $\theta = \omega / f_d$. Осуществляя замену переменной t на $\sin(\theta/2)$ получим выражение для мнимой части передаточной функции преобразователя Гильберта

$$\text{Im}(\hat{H}(\theta)) = \frac{1}{2^M} \sum_{m=0}^M H\left(2 \arcsin\left(\frac{2m}{M} - 1\right)\right) C_m^M \left(\sin\left(\frac{\theta}{2}\right) + 1\right)^m \left(1 - \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)^{M-m} \quad (3)$$

Реальная часть передаточной функции преобразователя Гильберта тождественно равна нулю, поэтому ее определять нет необходимости.

В результате определения мнимой части передаточной функции в соответствии с (3) будет получен тригонометрический ряд, содержащий гармоники $\sin(\theta/2)$. Коэффициенты этого ряда – это удвоенное значение коэффициентов правой части импульсной характеристики. Левая часть импульсной характеристики находится из условия ее отрицательной симметрии.

3. Пример синтеза преобразователя Гильберта предлагаемым способом

Рассмотрим случай четвертой степени аппроксимирующего полинома ($M=4$). Исходя из выше сказанного функция, определяющая идеальный преобразователь Гильберта, может быть записана следующим образом

$$f(t) = \begin{cases} -1, & t < 0; \\ 0, & t = 0; \\ 1, & t > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Исходя из (2) и (4) получаем

$$\hat{f}(t) = \frac{t^3 - 3t}{2}.$$

После перехода в частотную область получаем

$$\text{Im}(\hat{H}(\theta)) = \frac{1}{8} \left(9 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) + \sin\left(\frac{3\theta}{2}\right) \right).$$

Таким образом, отсчеты импульсной характеристики (коэффициенты фильтра) преобразователя Гильберта в рассматриваемом случае равны

$$h[n] = \frac{1}{16} \{-1, -9, 9, 1\}.$$

4. Выводы

Рассмотрено назначение и характеристики преобразователя Гильберта, а также достоинства и недостатки КИХ-фильтров с максимально-плоскими характеристиками. Предложено использовать полиномы Бернштейна с

симметричным интервалом аппроксимации для синтеза преобразователя Гильберта с максимально-плоской мнимой частью передаточной функции. Описан способ получения передаточной функции и импульсной характеристики преобразователя Гильберта с конечной импульсной характеристикой и максимально-плоской мнимой частью передаточной функции. Приведен пример синтеза преобразователя Гильберта для четвертого порядка аппроксимирующего полинома.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ifeachor E. C., Jervis B. W. Digital signal processing: a practical approach. - New York, Prentice Hall, 2002. - 933 p.
2. O. Herrmann, "On the approximation problem in nonrecursive digital filter design", IEEE Trans. Circ. Theory, vol. CT-18, pp. 411-413, May 1971.
3. P. P. Vaidyanathan, "On maximally-flat linear-phase FIR filters," IEEE Trans. Circuits Syst., vol. CAS-31, pp. 830-832, Aug. 1984.
4. L. R. Rajagopal and S. C. D. Roy, "Design of maximally-flat FIR filters using the Bernstein polynomial," IEEE Trans. Circuits Syst., vol CAS-34, pp. 1587-1590, Dec. 1987.
5. S. Samadi, T. Cooklev, A. Nishihara, N. Fujii, "Multiplierless structure for maximally flat linear phase FIR digital filters", Electron. Lett., vol. 29, no. 2, pp. 184-185, 1993.

FIR HILBERT TRANSFORMER WITH MAXIMALLY-FLAT IMAGINARY PART OF THE TRANSFER FUNCTION

Savinykh Ivan Sergeevich¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor

e-mail isavinykh@mail.ru,

Naychukova Arina Konstantinovna¹, Master's Degree student

e-mail arina545714@yandex.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract: the implementation of the Hilbert transformer in the form of a filter with a finite impulse response is considered. It is proposed to use Bernstein polynomials for the synthesis of the Hilbert transformer with maximally-flat imaginary part of the transfer function. A method for obtaining the transfer function and impulse response of Hilbert transformer with finite impulse response and maximally-flat imaginary part of the transfer function is described.

Keywords: Hilbert transform, Bernstein polynomials, transfer function, impulse response.

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТЕНДУ ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ Wi-Fi И СОТОВОЙ СВЯЗИ

*Нигматулина Алина Вачитовна, магистрант Киселев Алексей
Васильевич., д.т.н., профессор*

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

Нигматулина А.В., email alina450245@gmail.com

Киселев А.В., email a.kiselev@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Нигматулина Алина Вачитовна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Аннотация:

Представлен обзор основных параметров систем сотовой связи и Wi-Fi и их потенциальной помехозащищенности. Материалы обзора планируется использовать при разработке лабораторного стенда оценки помехозащищенности.

Ключевые слова: Помехоустойчивость, система Wi-Fi, система сотовой связи.

Сегодня трудно представить себе современный мир без электроники, которая имеет модули Wi-Fi и сотовой связи. Насыщенность современного эфира большим количеством радиоизлучающей среды создает дополнительные сложности обеспечению высокой достоверности передачи информации из-за изменчивости и высокого уровня помех. Поэтому исследование помехоустойчивости и ее влияния на качество приема и передачи является актуальным на сегодняшний день.

Цель работы: сформулировать требования к рабочему стенду оценки помехозащищенности на основе обзора основных характеристик современных систем сотовой связи и Wi-Fi.

Wi-Fi - технология беспроводных локальных сетей. Техническое описание данной технологии стандартизировано. Один из основных параметров системы Wi-Fi – частотный диапазон. Сама система работает на диапазонах частот 2.4 ГГц и 5ГГц. На диапазоне 2.4 ГГц выделено 13 радиоканалов, где ширина каждого 22МГц, а общая ширина – 80 МГц. Сдвиг между соседними каналами составляет 5 МГц, следовательно, эти каналы перекрывают друг друга. Что приводит к ухудшению сигнала. На диапазоне 5 ГГц используется два поддиапазона частот: 5150МГц–5350МГц (нижний диапазон) и 5470МГц–5850МГц (верхний диапазон). Ширина нижнего 200 МГц, а верхнего – 380 МГц. Ширина каждого канала 20 МГц.

Что касается сотовой связи, то в России активнее всего используется такой стандарт как LTE 2500, Uplink - 2500-2570 МГц, а downlink 2620 МГц-2690 МГц. Ширина каналов для каждого оператора равна 10 МГц, а у мегафона 40 МГц (так как Yota – дочерняя компания мегафона, поэтому можем сложить их полосы частот). Этот стандарт предпочтительно используется в городах.

Показателем качества и основной характеристикой сигнала для любой системы является отношение сигнал-шум. Зависит он от шумов и помех на используемых частотах, наличия других мешающих беспроводных сетей, работающих на тех же или соседних каналах, наличия помех от промышленного оборудования. Обычно отношение сигнал/шум SINR(Signal Interference + Noise Ratio) можно оценить только на практике соответствующим прибором (анализатором спектра). Измеряется в дБ. Положительное значение SINR означает, что полезного сигнала больше, чем шума и чем выше значение, тем лучше качество сигнала и скорость интернета. При отрицательных или близких к нулю значениях подключение установить невозможно или оно будет очень низким по скорости.

RSSI (received signal strength indicator) – показатель полной мощности принимаемого сигнала. Измеряется в дБм. Если от -100 до -80, то это очень плохой сигнал и хорошей скорости при таком сигнале добиться практически нельзя. -80 - -70 – это слабый сигнал, который требует усиление, но на невысоких скоростях еще можно.

Представленные данные позволяют сформулировать основные требования к стенду оценки помехозащищенности систем сотовой связи и Wi-Fi в следующем виде.

1. Диапазон рабочих частот имитатора полезного сигнала.

В системе Wi-Fi для хорошей работы в диапазоне 2.4 ГГц нужно обеспечить минимальное наложение рабочих каналов друга на друга. Для большей эффективности (отражающаяся в скорости передачи данных) рекомендуется использовать каналы – 1 и 6, 1 и 11, 6 и 11, со средними частотами 2.412 ГГц, 2.437 ГГц и 2.462 ГГц соответственно.

В диапазоне частот 5 ГГц надежно работают только 4 канала: 36, 40, 44 и 48 со средними частотами 5180 МГц, 5200 МГц, 5220 МГц и 5240 МГц, на остальных включен режим сосуществования с радаром (DFS). В итоге, связь может периодически пропадать.

В системах сотовой связи активнее всего используются стандарты LTE2500, где uplink от 2500 МГц до 2570 МГц, а downlink – 2620 – 2690 МГц и 3G2100, в которой uplink 1935-1980 МГц, а downlink – от 2125 МГц до 2170 МГц.

Перечисленные частоты и следует использовать для работы имитатора полезного сигнала.

2. Уровни полезных сигналов.

Уровни полезного сигнала для проектируемого стенда помехоустойчивости системы Wi-Fi должно быть в диапазоне от 40 дБ до 20дБ, а в системе сотовой связи - от 20 дБ до 15 дБ, показатель полной мощности сигнала для хорошего качества обязан варьироваться от -70 дБм до -50 дБм для

сотовой связи и от -70 дБм до -30 дБм – системы Wi-Fi.

3. Требования к стенду моделирования помех.

Диапазоны рабочих частот:

- Wi-Fi частоты в окрестности 2.4 ГГц, со средними значениями 2.412 ГГц 2.437 ГГц и 2.462 ГГц, где ширина каждого из этих поддиапазонов равна 22 МГц;

- в диапазоне частот 5 ГГц участки со средними частотами 5180 МГц, 5200 МГц (нижний поддиапазон), 5220 МГц и 5240 МГц (верхний поддиапазон), где ширина каждого канала на этих поддиапазонах равна 20 МГц.

- в диапазоне частот сотовой связи стандарта LTE 2500, в котором Uplink-диапазон от 2500 МГц до 2570 МГц, ширина которого 20МГц, downlink - диапазон от 2620 МГц до 2690 МГц с шириной 70МГц;

- в диапазоне частот сотовой связи стандарта 3G2100, в котором Uplink-диапазон от 1935 МГц до 1980 МГц, ширина которого 45 МГц, downlink - диапазон - 2125 – 2170 МГц с шириной 45 МГц.

Уровни помеховых сигналов должны начинаться с уровней полезного сигнала, приведенных в пункте два.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джон Росс Беспроводная сеть /Джон Росс; пер.с англ. В. А. Ветлужски -М.Н.Т Пресс, 2007. - 320с.: ил. - (Возьми меня с собой).
2. Технология современных беспроводных систем Wi-Fi: учебное пособие / [Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский и др.]; под общ. ред. А. В. Пролетарского. - Москва: Издательство МГТУ им.Н.Э.Баумана,2017.- 446,[2]с.: ил. - (Компьютерные системы и сети).

Basic requirements FOR the stand FOR assessing the NOISE immunity of Wi-Fi AND CELLULAR COMMUNICATION SYSTEMS

Nigmatulina Alina Vachitovna, Master of Engineering sciences

Kiselev Alexey Vasilyevich, D.Sc. (Engineering), Professor

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karla Marksa Avenue, 20,

Nigmatulina, A.V., email alina450245@gmail.com

Kiselev A.V., email a.kiselev@corp.nstu.ru

Address for correspondence: Nigmatulina Alina Vachitovna, Novosibirsk State Technical University 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia,

Abstract: An overview of the main parameters of cellular and Wi-Fi systems and their potential noise immunity is presented. The review materials are planned to be used in the development of a laboratory stand for assessing noise immunity.

Keywords: Noise immunity, Wi-Fi system, cellular communication system.

ФОРМИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ВОЛНОВОДНО–ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ

Разумихин Анатолий Сергеевич, аспирант; Девятков Геннадий Никифорович, д.т.н., профессор; Лайко Константин Алексеевич, к.т.н., доцент¹; Филимонова Юлия Олеговна, к.т.н., доцент

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20

Разумихин А.С., e-mail at-tel@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 методика формирования диаграммы направленности резонансной волноводно–щелевой антенной решетки X-диапазона с низким уровнем боковых лепестков. Применен конструктивный способ снижения уровня боковых лепестков при использовании двух и более резонансных волноводно-щелевых антенных решеток.

Ключевые слова: антенная решетка; резонансная волноводно-щелевая антенная решетка; диаграмма направленности.

1. Введение

Волноводно-щелевые антенные решетки (ВЩАР) широко используются в антенной технике. К основным достоинствам этих антенн относят их плоскую форму и компактные размеры, которые позволяют использовать ВЩАР в летательных аппаратах без ухудшения их аэродинамических характеристик.

2. Расчеты

При проектировании волноводно-щелевых антенн (ВЩА) важным является выбор амплитудного распределения напряженности поля в волноводе, которое определяет количество щелей в антенне, углы их наклона. Выбирать ту или иную модель амплитудного распределения можно, исходя из ширины главного лепестка ДН, величины уровня боковых лепестков, а также направления плоскости поляризации электромагнитного излучения.

Проведем расчет [2] диаграммы направленности (ДН) (1) ВЩАР для косинусоидального амплитудного распределения $A(x) = \cos(\pi x/2)$, с уровнем боковых лепестков (УБЛ) минус 23 дБ. Для линейной эквидистантной антенной решетки (АР) состоящей из 30 излучателей с шагом $0.66\lambda_0$, где λ_0 – длина волны в вакууме. ДН представлена на (рис 1, а), а на (рис. 1, б), представлено соответствующее амплитудное распределение.

$$F(\theta) = \sum_{n=1}^N A_n \cdot \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} \cdot \frac{d}{2} \cdot (2n-1) \sin(\theta) \right], \quad (1)$$

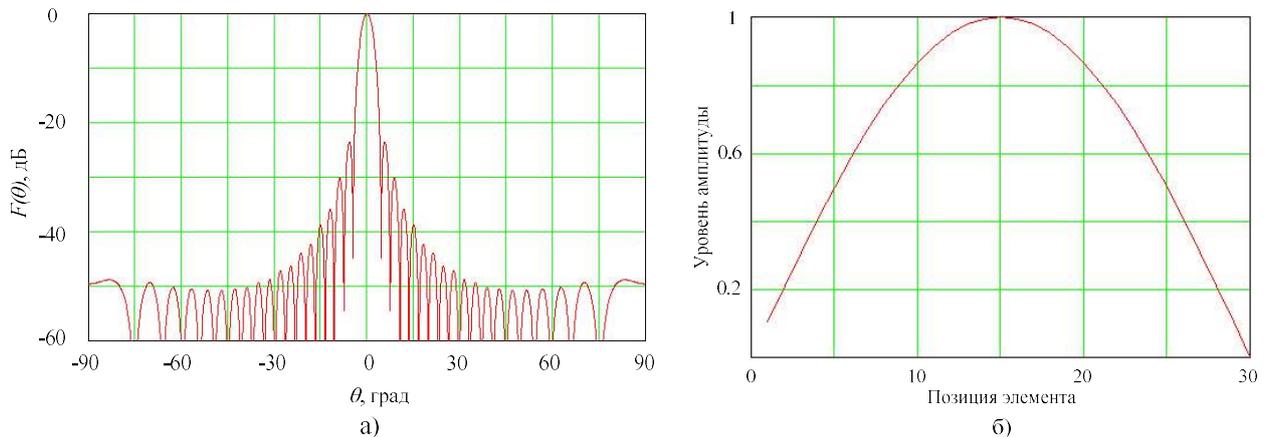


Рис. 3. а) диаграмма направленности, б) амплитудное распределение для линейной АР

Из амплитудного распределения в решетке, находим проводимости щелей (2).

$$g_n = \frac{A_n^2}{\sum_{i=1}^N A_i^2} \quad n=1,2..N, \quad (2)$$

Рассчитываем угол наклона щелей (3), подробно рассмотренный в [3].

$$\theta_n = -900,7 g_n^2 + 237,7 g_n + 2, \quad (3)$$

Глубина прорези щели, рассчитывается из (4).

$$d_n = \left[t + \left\{ L_r - \left(\frac{b}{\cos(\theta_n / 180)} \right) / 0.77 \right\} \right], \quad (4)$$

Где $L_r = 0.66\lambda_0$, t – толщина стенки волновода, $b = 10$ мм.

Геометрические размеры ВЦАР представлены в табл.

Таблица 1

Геометрические размеры ВЦАР

Параметр	Значение
Центральная частота [ГГц]	9,8
Сечение волновода а x b [мм]	23x10
Толщина стенки волновода t [мм]	1
Длина волновода [м]	0,65
Количество пар щелей	15
Угол наклона щели [градус]	1..15

3. Моделирование

На основе проведенных вычислений, спроектирована и промоделирована конструкция ВЦАР в САПР CST Microwave Studio [4] (рис. 2, слева) в

соответствие с рассчитанной геометрией. Для решения проблемы по снижению уровня дифракционных боковых лепестков, воспользуемся методом с использованием двух ВЦАР запитанных синфазно [5]. Таким образом, чтобы соседние щели из смежных этажей двойной решетки, обладали противоположным наклоном (рис. 2, справа).

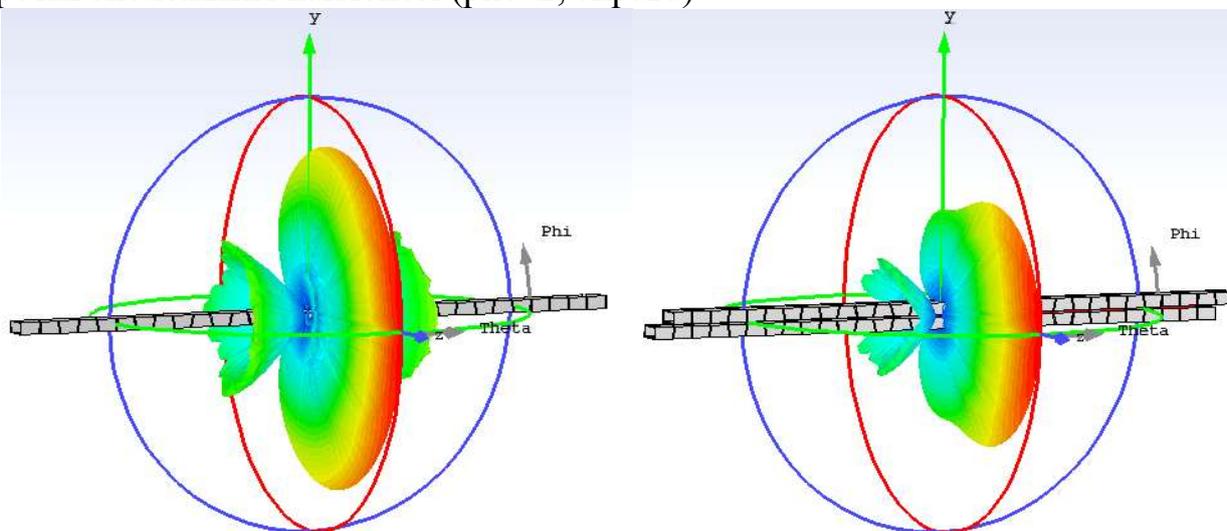


Рис. 2. Слева одномерная ВЦАР, справа двумерная ВЦАР

4. Результаты

Анализируя результаты моделирования антенн, можно заметить, что направление излучение луча антенны составляет 0° относительно нормали к узкой стенке волновода со щелями, ширина главного луча, по уровню половинной мощности составляет 2° . В случае с двумерной АР, УБЛ уменьшился с 2 до минуса 9 дБ. УБЛ составляет минус 27 дБ. ДН в первом приближении соответствует теоретической, представленной на рис. 1 (а).

ДН в плоскости Е на частоте 9,8 ГГц, представлены на рис. 3.

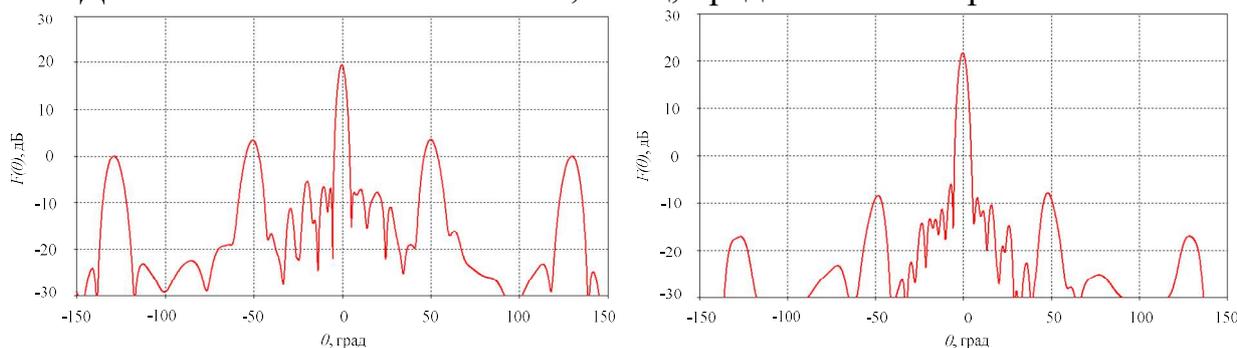


Рис. 3. Слева ДН одномерной ВЦАР, справа ДН двумерной ВЦАР

5. Выводы

Методика расчета волноводно-щелевой антенны, основанная на [1], [2], [3], позволила рассчитать углы наклона щелей антенной решетки для формирования заданной диаграммы направленности антенны. Применен конструктивный способ с использованием двумерной АР для снижения УБЛ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонов Д.М. Антенны и устройства СВЧ. – М.: Высшая школа, 1998. – 427 с.
2. Айзенберг Г.З. Антенны УКВ часть 2. – М.: Связь, 1977. – 288 с.
3. Design and operation of an edge-wall slotted waveguide array antenna with ultralow side lobes for application of off-shore radar / Ke-Ru Chou, Han-Nien Lin, Wei-Hsien Lu, Heng-Wen Chang, Kwong-Kau Tiong // Journal of Marine Science and Technology. – 2015. – Vol. 23, no. 5. – P. 620 – 627.
4. CST Studio Suite [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.3ds.com/products-services/simulia/products/cst-studio-suite/>, свободный (дата обращения: 03.03.2020).
5. Разумихин А.С. Пути снижения уровня боковых лепестков в целевых антенных решетках / А.С. Разумихин, К.А. Лайко, Ю.О. Филимонова // Доклады ТУСУРа. – 2020. – № 1. – С. 15–19.

FORMATION OF THE DIRECTION PATTERN OF THE WAVEGUIDE-SLOT ANTENNA ARRAY WITH THE ADJUSTED SIDE-LOBE LEVEL

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 formation of the radiation pattern of a resonant waveguide-slot antenna array of the X-band with a low level of side lobes is considered. A constructive method was used to reduce the level of side lobes using two or more resonant waveguide-slot antenna arrays.

Keywords: antenna array, resonant waveguide-slot antenna array, radiation pattern.

МАТРИЦА ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, ИМИТИРУЮЩАЯ ЭХОСИГНАЛЫ ТРЕХПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ

**Сабитов Тимур Ильясович¹; Киселев Алексей Васильевич¹, д.т.н.;
Степанов Максим Андреевич¹, 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

Степанов М.А., e-mail m.stepanov@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 возможность построения матрицы излучателей для имитации эхосигналов трехпозиционной радиолокационной системы с произвольным расположением антенн. Получены соотношения для определения местоположения излучателей двухточечной конфигурации при условии, что излучаемые сигналы синфазны во всех точках приема. Разработан алгоритм формирования матрицы. Показано, что с помощью алгоритма может быть сформирована многоточечная конфигурация излучателей требуемых угловых размеров. Для заданных начальных условий синтезирована двухантенная матрица. Её апробация осуществлялась с помощью численного моделирования. Результаты моделирования подтверждают справедливость полученных теоретических результатов.

Ключевые слова: моделирование, имитация, радиолокация, трехпозиционная система.

Введение

Комплексы полунатурного моделирования находят применение на различных этапах разработки современного радиолокационного оборудования. Перемещение имитируемой цели осуществляется либо механическим, либо электронным способом. Наибольшее распространение получили системы имитации, обеспечивающие электронное перемещение цели. Это обосновывается более широким спектром предоставляемых возможностей по моделированию отражений. Электронное перемещение объекта осуществляется за счет использования матрицы неподвижных излучателей [1-4].

Рассмотрим матрицу из двух излучателей. Принцип её работы основан на известной двухточечной модели. Точки модели, излучающие когерентные сигналы и не разрешаемые приемной антенной, наблюдаются как кажущийся

центр излучения (КЦИ). Положение КЦИ зависит от значений амплитуд и фаз сигналов, приведенных в точку приема [5]:

$$\xi = \frac{E_2^2 - E_1^2}{E_2^2 + 2E_2E_1 \cos \Delta\psi + E_1^2}, \quad (1)$$

где ξ – координата КЦИ, нормированная к половине базы модели, E_1 и E_2 – амплитуды принимаемых сигналов, $\Delta\psi$ – разность фаз принимаемых сигналов.

Точки модели располагают эквидистантно от фазового центра антенны. Это относится к однопозиционным системам.

Для многопозиционных систем (например, корреляционные измерители скорости и сноса и т.д.) излучатели необходимо сфокусировать, что обеспечит синфазность сигналов во всех точках приема. В частности, в работах [6,7] изучены вопросы фокусировки излучателей на две антенны. В данной работе рассматриваются вопросы фокусировки излучателей на три антенны.

Цель работы – получить соотношения для расчета положения излучателей матричного имитатора эхосигналов трехпозиционной радиолокационной системы.

Теория

Рассмотрим конфигурацию из пары излучателей. Введем связанную систему координат и ориентируем её так, чтобы точки приема оказались в координатной плоскости XOZ . Тогда их координаты: $A(0,0,0)$, $B(x_b,0,z_b)$, $C(x_c,0,z_c)$ (Рисунок 1).

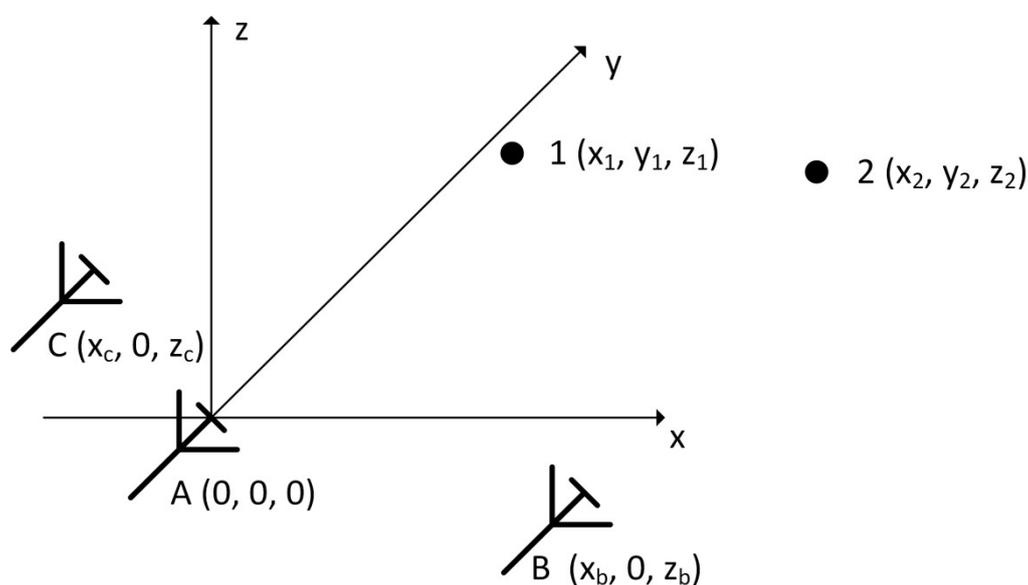


Рисунок 1 – Двухточечная матрица применительно к трехпозиционной системе произвольной конфигурации

Запишем условие синфазности сигналов с учетом введенной системы координат:

$$\begin{cases} \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2} - \sqrt{x_2^2 + y_2^2 + z_2^2} = n\lambda, \\ \sqrt{(x_1 - x_b)^2 + y_1^2 + (z_1 - z_b)^2} - \sqrt{(x_2 - x_b)^2 + y_2^2 + (z_2 - z_b)^2} = k\lambda, \\ \sqrt{(x_1 - x_c)^2 + y_1^2 + (z_1 - z_c)^2} - \sqrt{(x_2 - x_c)^2 + y_2^2 + (z_2 - z_c)^2} = m\lambda, \end{cases} \quad (2)$$

где x_i, y_i и z_i – координаты i -го излучателя, n, k и m – целые числа.

Считая координаты первого излучателя известными, найдем соотношения для расчета координат второго излучателя. Для этого преобразуем уравнения системы (2):

$$\begin{cases} x_2^2 + y_2^2 + z_2^2 = (R_{1A} - n\lambda)^2, \\ x_2^2 - 2x_2x_b + x_b^2 + y_2^2 + z_2^2 - 2z_2z_b + z_b^2 = (R_{1B} - k\lambda)^2, \\ x_2^2 - 2x_2x_c + x_c^2 + y_2^2 + z_2^2 - 2z_2z_c + z_c^2 = (R_{1C} - m\lambda)^2, \end{cases} \quad (3)$$

где $R_{1A} = \sqrt{x_1^2 + y_1^2 + z_1^2}$, $R_{1B} = \sqrt{(x_1 - x_b)^2 + y_1^2 + (z_1 - z_b)^2}$,

$R_{1C} = \sqrt{(x_1 - x_c)^2 + y_1^2 + (z_1 - z_c)^2}$.

Выразим x_2^2 из первого уравнения (3) и подставим во второе и третье:

$$\begin{cases} 2x_2x_b + 2z_2z_b = x_b^2 + z_b^2 + (R_{1A} - n\lambda)^2 - (R_{1B} - k\lambda)^2, \\ 2x_2x_c + 2z_2z_c = x_c^2 + z_c^2 + (R_{1A} - n\lambda)^2 - (R_{1C} - m\lambda)^2. \end{cases} \quad (4)$$

Система (4) имеет решение:

$$x_2 = \frac{1}{2(x_bz_c - x_cz_b)} \left[(x_b^2 + z_b^2)z_c - (x_c^2 + z_c^2)z_b + (z_c - z_b)(R_{1A} - n\lambda)^2 - z_c(R_{1B} - k\lambda)^2 + z_b(R_{1C} - m\lambda)^2 \right], \quad (5)$$

$$z_2 = \frac{1}{2z_b} \left[x_b^2 + z_b^2 - 2x_2x_b + (R_{1A} - n\lambda)^2 - (R_{1B} - k\lambda)^2 \right], \quad (6)$$

Из первого уравнения системы (3):

$$y_2 = \sqrt{(R_{1A} - n\lambda)^2 - x_2^2 - z_2^2}. \quad (7)$$

На основе найденных соотношений (5) – (7) предлагается следующий алгоритм расчета местоположения второго излучателя.

1. Задаются начальные условия: длина волны, координаты точек приема, координаты 1-го излучателя x_1, y_1 и z_1 и ориентировочные координаты 2-го излучателя x_2', y_2' и z_2' . При этом угловые размеры конфигурации в обеих плоскостях не должны превышать ширину ДНА по уровню половинной мощности. С помощью (2) рассчитываются n, k и m .

2. Рассчитанные n, k и m округляются до ближайшего целого. С помощью (5) – (7) уточняется местоположение 2-го излучателя.

3. Если угловые размеры матрицы превышают допустимые пределы, то значения n, k и m корректируются и x_2, y_2 и z_2 пересчитываются.

Полученные в результате алгоритма координаты второго излучателя могут быть заданы в качестве начального условия для поиска точки положения следующего излучателя. Таким образом, алгоритм позволяет итерационно сформировать матрицу расширенных угловых размеров для имитации цели в большем диапазоне.

Апробация полученных результатов

Синтезируем двухточечную матрицу, используя разработанный алгоритм. Исходные данные: $\lambda = 0,03$ м, $x_b = -0,5$ м, $z_b = 1$ м, $x_c = 1$ м, $z_c = 0$ м, $x_1 = -1$ м, $y_1 = 8$ м, и $z_1 = 0,5$ м, $x_2' = 2$ м, $y_2' = 8$ м и $z_2' = 0,5$ м. Результат применения алгоритма – $x_2 = 1,941$ м, $y_2 = 8,012$ м и $z_2 = 0,485$ м.

Апробация матрицы осуществлялась с помощью численного эксперимента. Задавались положения КЦИ $x_{\text{КЦИ}} \in [x_1, x_2]$. Нормированная координата КЦИ рассчитывалась по формуле:

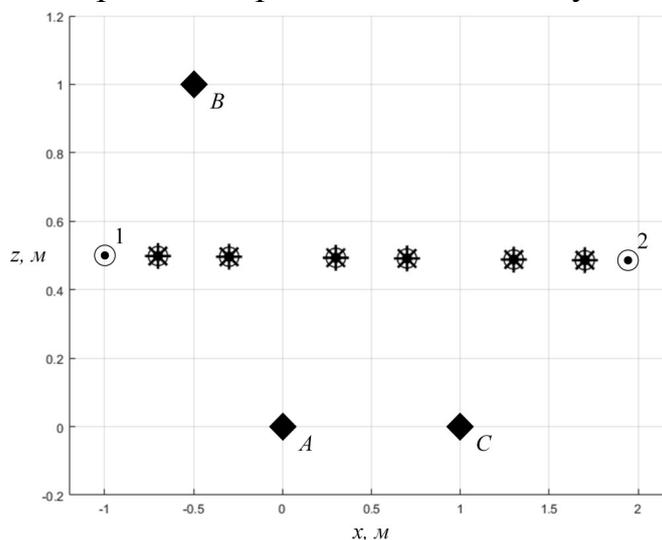
$$\xi = [2x_{\text{КЦИ}} - (x_2 + x_1)] / (x_2 - x_1).$$

Амплитуды сигналов определялись с помощью (1). Предполагалось, что сигналы синфазны ($\Delta\psi = 0$).

Так как разность расстояний от излучателей до точек приема составляет несколько длин волн, возникающая вследствие этого различная степень затухания амплитуд считалась несущественной.

Местоположение имитируемой цели определялось с помощью пеленгационного соотношения [8].

Результаты моделирования представлены на Рисунке 2.



✕ – КЦИ, наблюдаемый антенной A, + – КЦИ, наблюдаемый антенной B,
 ● – КЦИ, наблюдаемый антенной C, ○ – задаваемые положения КЦИ,
 1-2 – номера излучателей

Рисунок 2 – Результаты численного эксперимента

Из результатов численного моделирования видно, что цель наблюдается в одних и тех же положениях для всех антенн. Это подтверждает справедливость полученных соотношений.

Заключение

Полученные в данной работе результаты позволяют рассчитать координаты излучателей, сигналы которых синфазны в трех точках приема. Они могут быть использованы для разработки матричного имитатора эхосигналов трехпозиционной системы с произвольным расположением антенн.

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. Analysis and Correction of Triad Field Angle Error in Array Radio Frequency Simulation / Li Hua, Zhou Jianjiang, Pan Minghai, Zhao Hanwu // *Future Communication, Computing, Control and Management*. – 2012. – Vol. 2. – P. 125–134.
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. Киселев А. В. Малоточечная модель фрагмента неоднородной поверхности Земли / А. В. Киселев, С. В. Тырыкин // *Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеχνическая*. - 2016. – № 4. – С. 32–40.
5. Островитянов Р. В., Басалов Ф. А. Статистическая теория радиолокации протяженных целей. – М.: Радио и связь, 1982. – 232 с.
6. Сабитов Т. И. Имитация эхосигналов двухпозиционных систем с использованием когерентных излучателей / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // *Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеχνическая*. - 2019. – № 4. – С. 42–46.
7. Сабитов Т. И. Матричный имитатор эхосигналов двухпозиционной радиолокационной системы / Т. И. Сабитов, А. В. Киселев // *Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетеχνическая*. - 2019. – № 4. – С. 6–10.
8. Канащенков А.И., Меркулов В.И. Радиолокационные системы многофункциональных самолетов. Т.1. РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолетов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов. М.: «Радиотехника», 2006.—656 с.

MATRIX OF RADIATORS SIMULATING ECHO-SIGNALS OF A THREE-POSITION SYSTEM OF A RANDOM CONFIGURATION

*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

*Stepanov Maxim Andreevich*¹, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of radio receiving and radio transmitting devices,
e-mail: m.stepanov@corp.nstu.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

Abstract

We considered the possibility of constructing a emitter matrix for simulating echo signals of a three-position radar system with a random arrangement of antennas. Relations were obtained for determining the location of the emitters provided that the emitted signals are in phase at all receiving points. The matrix formation algorithm is developed. It is shown that using the algorithm a multi-point configuration of emitters of the required angular dimensions can be formed. For given initial conditions a two-antenna matrix is synthesized. Her testing was carried out using numerical simulation. The simulation results confirm the validity of the theoretical results.

Keywords: modeling, simulation, radiolocation, three-position radar system

УДК 004.4

СИНТЕЗ ПРОГРАММНОГО ИМИТАТОРА МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ

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

В статье рассмотрена модель системы связи с QPSK модуляцией и многолучевым радиоканалом. Актуальность разработки и применения имитационных систем обоснована тем, что иногда дорого или невозможно экспериментировать на реальном объекте, невозможно построить аналитическую модель, или требуется симитировать поведение системы во времени.

Ключевые слова: программные имитаторы, многолучевой канал связи, распространение радиоволн

Введение

Имитационное моделирование при помощи специализированных вычислительных пакетов является мощным современным средством исследования различных физических объектов и проектирования разнообразных технических систем. Моделирование можно рассматривать как замещение исследуемого объекта (оригинала) его условным образом, описанием или другим объектом, именуемым моделью и обеспечивающим адекватное с оригиналом поведение в рамках некоторых допущений и

приемлемых погрешностей.

Имитационное моделирование позволяет понять физическую и математическую сущности моделируемых явлений и обосновать оптимальные подходы к проектированию самых различных изделий и систем.

2. Теория

При передаче импульсных сигналов по каналу связи возникают искажения, связанные с наличием нескольких путей распространения сигнала от передающей антенны к приемной, с изменением во времени характеристик канала.

В результате интерференции радиосигналов, пришедших в точку приёма с разными задержками, некоторые частотные компоненты радиосигнала ослабляются, а некоторые – усиливаются, что приводит к неравномерности частотной характеристики канала.

Многолучевой канал связи, как любая линейная система, описывается своей импульсной характеристикой (ИХ) $h(\tau, t)$ во временной области и передаточной функцией (частотной характеристикой) $H(f, t)$ в частотной области.

Импульсная характеристика канала с многолучевым распространением $h(\tau, t)$ является откликом канала в момент времени τ на сигнал в виде дельта-импульса, поданный на вход канала в момент времени $t - \tau$. Выражение для импульсной характеристики записывается в виде:

$$h(\tau, t) = \sum_{n=0}^{N-1} \alpha_n(t) e^{i\theta_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t)),$$

$\delta(\tau - \tau_n(t))$ - дельта функция, не равная нулю только в момент времени $\tau_n(t)$,

$\alpha_n(t)$ - величина ослабления канала в n -м луче,

$\theta_n(t)$ - величина фазового сдвига в n -м луче,

$\tau_n(t)$ - задержка n -го луча.

В частотной области радиоканал описывается частотной характеристикой, которая также меняется с течением времени.

$$H(f, t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\tau, t) e^{-i2\pi f\tau} d\tau = \sum_{n=0}^N \alpha_n(t) e^{i\theta_n(t)} e^{-i2\pi f \tau_n(t)} .$$

На рисунке 1 показана структурная схема модели, разработанной в системе MATLAB Simulink. В качестве источника удобно использовать псевдослучайный некоррелированный битовый поток.

Модулятор — блок моделирования комплексной огибающей сигнала с QPSK модуляцией.

В блоках Multipath Rayleigh Fading Channel и Multipath Rician Fading Channel реализована модель для имитации многолучевых каналов с замираниями Рэлея и Райса. Данная модель полезна при имитации реальных процессов в беспроводной связи.

Блок визуализации диаграммы рассеяния Time Scatter Plot Score добавлен в модель для возможности просмотра сигнального созвездия.

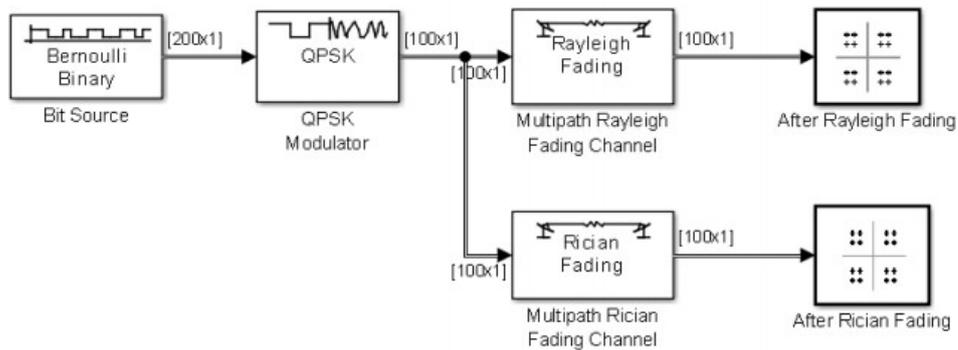


Рисунок 1. Модель системы связи с QPSK модуляцией и многолучевым радиоканалом

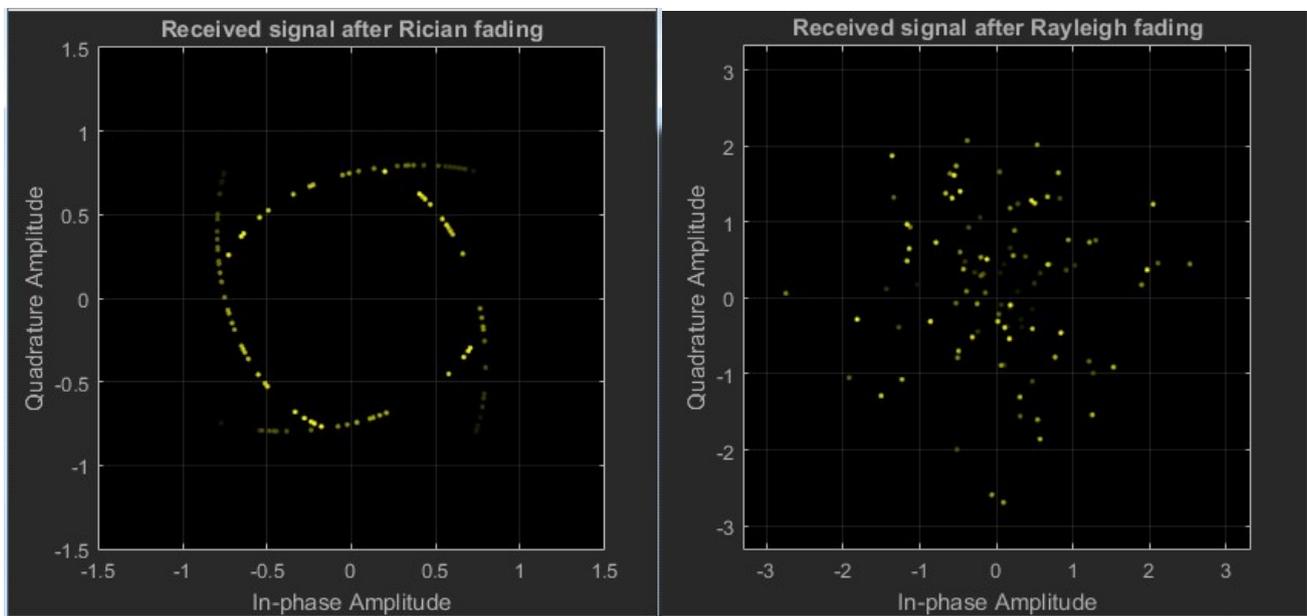


Рисунок 2. Результаты моделирования

3. Результаты экспериментов

С использованием разработанной модели был проведен ряд численных экспериментов. Их результаты представлены на рисунках 3-6. На них изображены:

- Характеристики Релеевского канала при передаче узкополосного сигнала
- Характеристики канала Райса при передаче узкополосного сигнала
- Характеристики Релеевского канала при передаче широкополосного сигнала
- Характеристики канала Райса при передаче широкополосного сигнала

Можно сделать следующие выводы. Райсовский канал характеризуется тем, что существует хотя бы одна траектория распространения сигнала по прямой видимости.

Значит, вместе с рассеянными сигналами в приемник поступает прямой

сигнал с постоянной амплитудой. Таким образом, сигнал на входе приемника складывается из регулярной и случайной компонент.

Релеевский канал - канал с замираниями, в котором прямой сигнал существенно ослаблен, фаза коэффициента передачи равновероятно распределена в пределах, а амплитуда подчиняется релеевскому распределению.

Релеевские замирания, обусловленные интерференцией достаточно большого числа рассеянных сигналов и сильным ослаблением прямого сигнала, являются наиболее глубокими и приводят к значительным ошибкам при передаче информации

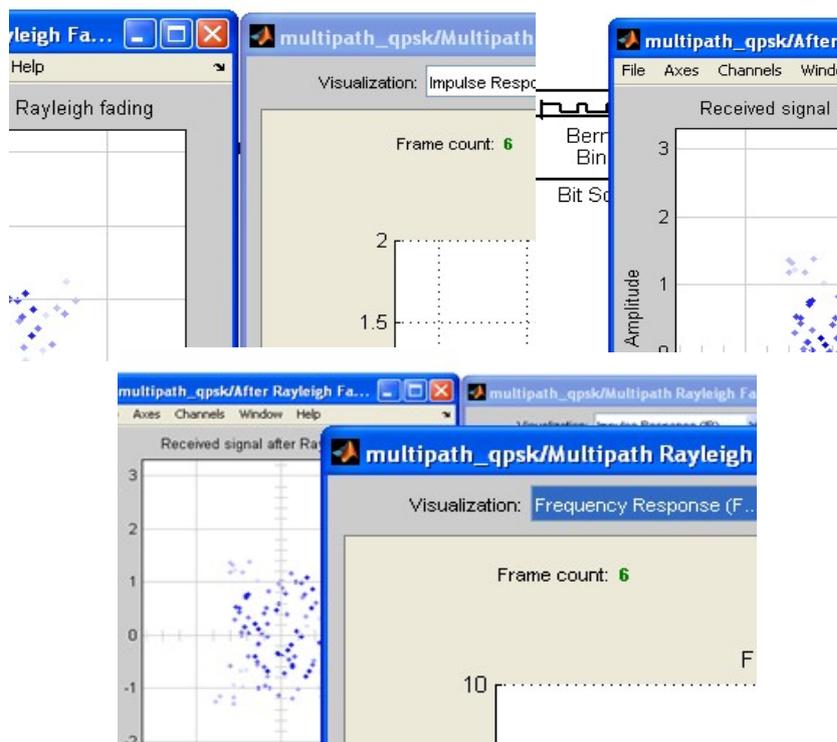


Рисунок 3. Характеристики Релеевского канала при передаче узкополосного сигнала

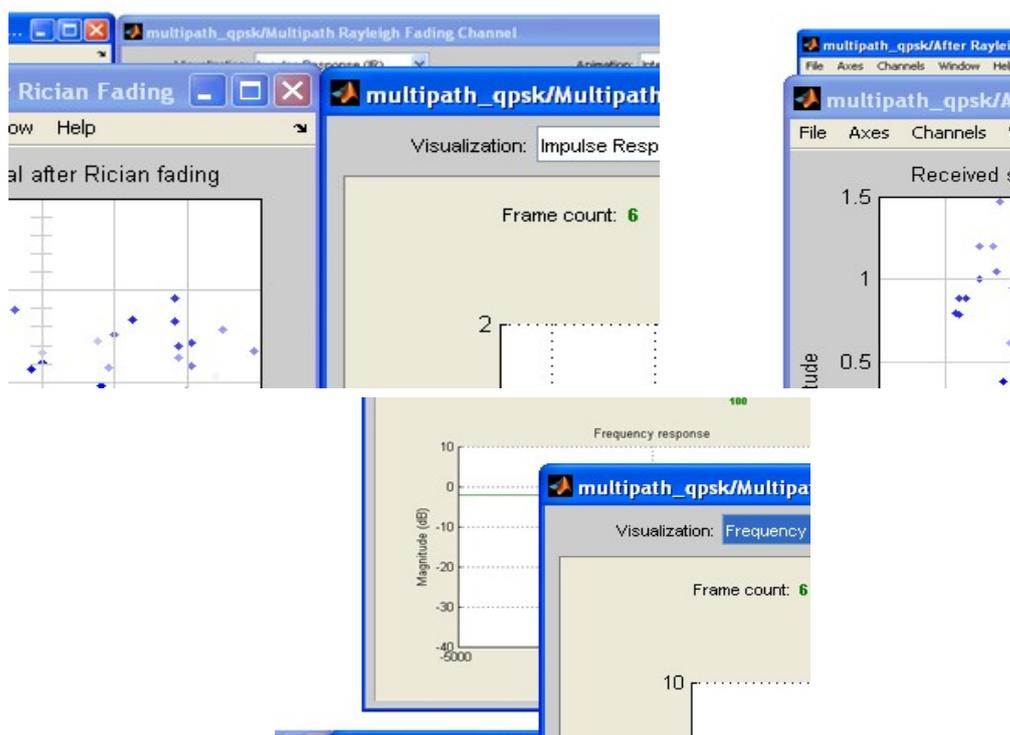


Рисунок 4. Характеристики канала Райса при передаче узкополосного сигнала

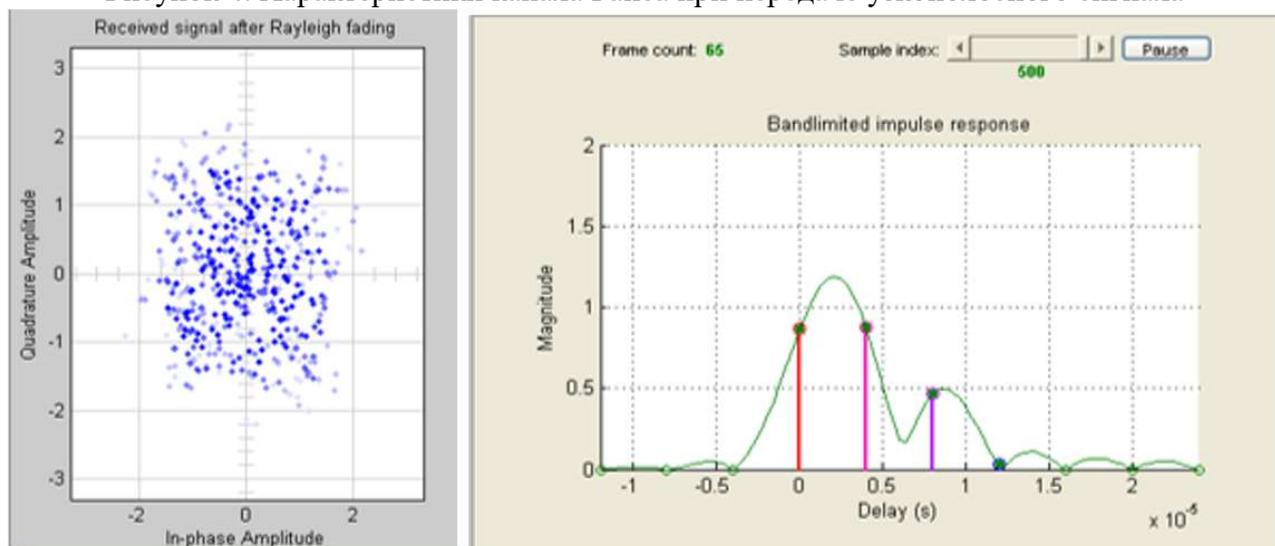


Рисунок 5. Характеристики Релеевского канала при передаче широкополосного сигнала

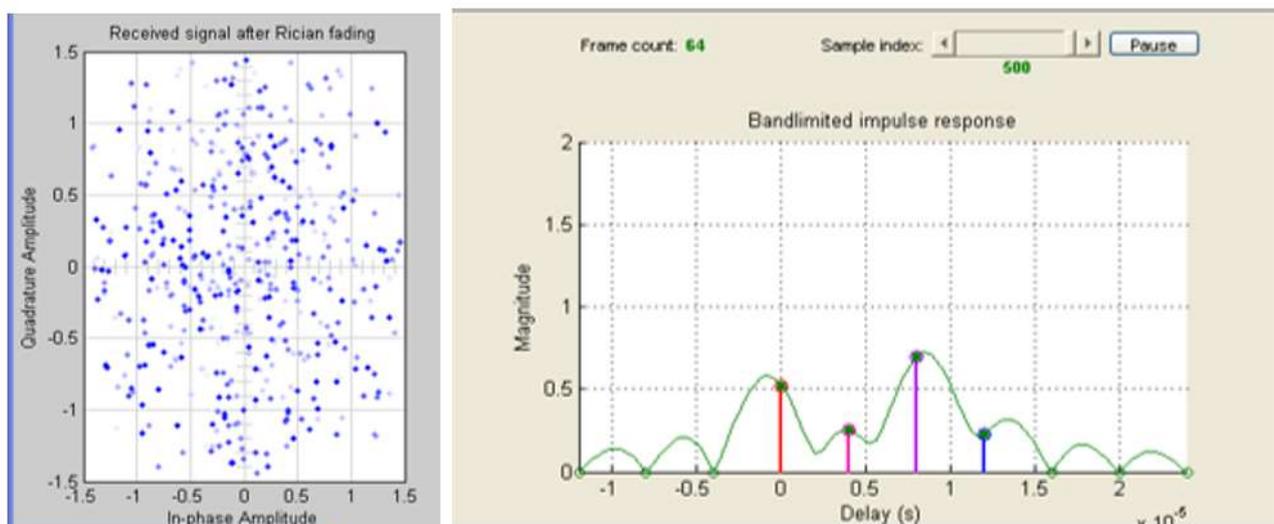


Рисунок 6. Характеристики канала Райса при передаче широкополосного сигнала

4. Выводы

1. В результате проделанной работы составлена модель многолучевого канала связи, позволяющая формировать сигналы на входе радиоприемников телекоммуникационных систем.
2. Экспериментальная апробация показала, что разработанная модель вполне адекватна.
3. Она может быть использована при проектировании, оценке характеристик и при изучении телекоммуникационных систем.

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. Витенберг А. Г., Иоффе Б. В. Газовая экстракция в хроматографическом анализе. – Ленинград: Химия, 1982.

UDC 004.04

SYNTHESIS OF A SOFTWARE SIMULATOR OF A MULTIPATH COMMUNICATION CHANNEL AND ITS RESEARCH

Sumchenko Darya Vasilyevna, master's student; Kiselev Alexey Vasilyevich

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

Sumchenko D. V., email dasha.s.umchenko@mail.ru

Kiselev A. V., email kiselev@corp.nstu.ru

Correspondence address: *Sumchenko Darya Vasilyevna*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, telephone

(913)005-48-19; *Kiselev Alexey Vasilyevich*, Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx ave., 20, telephone (913)005-48-19.

Annotation/ The article considers a model of a communication system with QPSK modulation and a multipath radio channel. The relevance of the development and application of simulation systems is justified by the fact that sometimes it is expensive or impossible to experiment on a real object, it is impossible to build an analytical model, or it is necessary to simulate the behavior of the system over time.

Keywords: Software simulators, multipath communication channel, radio wave propagation

УДК 621.396

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ИНТЕРПОЛИРОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ

Савиных Иван Сергеевич¹, канд. техн. наук, доцент, Шлыкова Ольга Анатольевна², инженер-программист

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр-т К. Маркса, 20, тел. 346-15-46

²Элтекс, 630020, Россия, г. Новосибирск, ул. Окружная, 29в

Савиных И.С., e-mail isavinykh@mail.ru

Шлыкова О.А., e-mail wap.olga@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Савиных Иван Сергеевич, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. 346-15-46

Аннотация: Рассмотрена структурная схема, а также такие параметры широкополосных интерполированных фильтров, как полоса перехода, полоса пропускания и полоса заграждения фильтра подавления побочных составляющих. Получены соотношения для расчета коэффициента вычислительной эффективности и коэффициента увеличения количества регистров широкополосных интерполированных фильтров нижних частот. Определена целесообразность применения широкополосных интерполированных фильтров нижних частот.

Ключевые слова: КИХ-фильтр, интерполированный фильтр, цифровые фильтры, фильтр нижних частот, коэффициент интерполяции.

1. Введение

При разработке современных устройств нельзя обойтись без применения цифровой обработки сигнала, которую в свою очередь нельзя представить без применения цифровых фильтров. Цифровые фильтры реализуются с двумя типами импульсных характеристик: КИХ (конечной импульсной характеристикой) и БИХ (бесконечной импульсной характеристикой), каждая из них имеет свои особенности. БИХ фильтры менее требовательны к вычислительным ресурсам, но требуют проверку на устойчивость и обладают

нелинейной ФЧХ, вследствие чего при прохождении сигнала через них будут возникать фазовые искажения. В отличие от них, КИХ-фильтры могут иметь линейную ФЧХ, но требуют больших вычислительных затрат для вычисления отклика [1]. Исходя из данных различий, при выборе структуры фильтра приходится идти на компромисс между фазовыми искажениями сигнала и объемом вычислительных затрат.

Сложность реализуемости фильтра характеризуется количеством операций сложения и умножения, а также количеством использованных регистров. При применении КИХ-фильтра количество операций, требуемых для его реализации, уменьшается с ростом коэффициента прямоугольности АЧХ фильтра. В [2] было предложено для сокращения количества операций умножения и сложения использовать фильтр нижних частот с интерполированной импульсной характеристикой, однако такой фильтр является узкополосным.

Цель работы – оценить целесообразность применения и возможность реализации интерполированных широкополосных КИХ-фильтров нижних частот.

2. Теория

Интерполяция импульсной характеристики заключается в добавлении в ИХ дополнительных нулевых отсчетов между существующими, с последующим подавлением возникающих дополнительных полос пропускания.

Вследствие добавления дополнительных нулевых отсчетов, произойдет расширение импульсной характеристики в L раз (где $(L-1)$ - количество добавляемых отсчетов (коэффициент интерполяции)), из-за чего происходит сужение АЧХ фильтра и тогда полоса пропускания и полоса перехода соотносятся с исходными полосами в отношении $1/L$. Однако при этом возникают побочные полосы пропускания на частотах кратных f_d/L , где f_d – частота дискретизации, поэтому необходимо устанавливать дополнительный фильтр подавления побочных составляющих (ФППС). Для построения широкополосных фильтров на основе данного метода в [3] было предложено использовать метод маскирования частотной области [4]. Суть данного метода заключается в использовании линии задержки, применение которой позволяет получить АЧХ, комплементарную исходному фильтру. На рисунке 1 приведена структурная схема реализации широкополосного КИХ-фильтра с интерполированной ИХ.

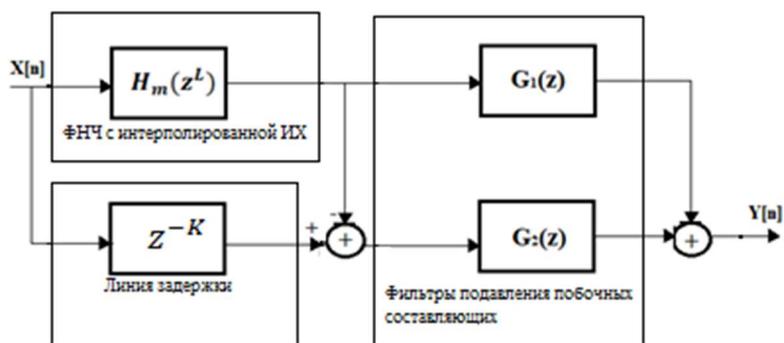


Рис. 1. Структурная схема широкополосного интерполированного фильтра

3. Определение вычислительной эффективности и коэффициента увеличения количества регистров широкополосного интерполированного фильтра

Определим коэффициент вычислительной эффективности как сокращение количества операций умножения. Для интерполированного КИХ-фильтра он определяется следующими величинами: количеством операций умножения, не интерполированного фильтра N , количеством операций умножения интерполированного фильтра N_{LPF} и количеством операций умножения первого и второго ФППС соответственно N_{MF1} и N_{MF2} [5].

Исходя из этого формула для нахождения вычислительной эффективности по коэффициентам умножения примет вид выражения (1), вычислительной эффективности по коэффициентам сложения можно не учитывать, т.к. она приблизительно равна вычислительной эффективности по коэффициентам умножения при больших значениях N .

$$E = \frac{N}{N_{LPF} + N_{MF1} + N_{MF2}}. \quad (1)$$

При использовании интерполированного фильтра количество регистров увеличивается (за счет применения ФППС и линии задержки) [5]. Коэффициент увеличения количества регистров для рассматриваемого широкополосного интерполированного фильтра нижних частот, представленного на рисунке 1, будет определяться соотношением (2).

$$U = \frac{2LN_{LPF} + N_{MF1} + N_{MF2}}{N}. \quad (2)$$

При реализации КИХ-фильтра методами взвешивания, частотной выборки и оптимальным методом [1] количество коэффициентов необходимое для реализации не интерполированного фильтра можно определить по формуле (3).

$$N = \frac{K}{\Delta f_{trans}}, \quad (3)$$

где K - коэффициент, определяемый используемым методом синтеза фильтра; Δf_{trans} – ширина полосы перехода фильтра, нормированная на частоту дискретизации.

Будем считать, что применяется один и тот же метод расчета коэффициентов фильтров. Это позволит устранить влияние метода расчета коэффициентов фильтра на оценку эффективности интерполированных фильтров.

Количество коэффициентов необходимое для реализации интерполированного фильтра будет зависеть от коэффициента интерполяции L , так как при интерполировании импульсной характеристики в L раз производится вставка $L-1$ нулевого отсчета между каждой парой соседних изначальных отсчетов [2]. При этом его амплитудно-частотная характеристика

сжимается в L раз. Исходя из этого, получим формулу (4) для расчета количества коэффициентов умножения фильтра с интерполированной ИХ.

$$N_{LPF} = \frac{K}{L \cdot \Delta f_{trans}}, \quad (4)$$

где Δf_{trans} – ширина полосы перехода фильтра с интерполированной ИХ.

В ходе работы была определена полоса перехода, полоса пропускания и полоса заграждения первого и второго ФППС, исходя из предположения, что $N_{MF1} = N_{MF2}$, было найдено количество коэффициентов необходимых для реализации первого и второго ФППС. С учетом полученных соотношений была выведена формула (5) для определения вычислительной эффективности.

$$E = \frac{L \cdot (1 - 2L\Delta f_{BW} - L\Delta f_{trans})}{1 - L\Delta f_{trans} - 2L\Delta f_{BW} + 2 \cdot L^2 \cdot \Delta f_{trans}}. \quad (5)$$

Вследствие применения ФППС и линии задержки количество регистров увеличивается и в соответствии с соотношением (2), он будет определяться соотношением (6).

$$U = \frac{2(1 - 2L\Delta f_{BW})}{1 - L\Delta f_{trans} - 2L\Delta f_{BW}}. \quad (6)$$

Проанализировав соотношения 5 и 6, были построены зависимости полученных величин от коэффициента интерполяции, показанные на рисунке 2, в данном случае величина полосы перехода и полосы пропускания фиксированы и равны соответственно $\Delta f_{trans}=0,02$ и $\Delta f_{bw}=0,005$. По графикам видно, что целесообразно использовать рассматриваемую структуру фильтра при заданных параметрах только при коэффициенте интерполяции от 5 до 10, а наилучший результат получается при $L=7$.

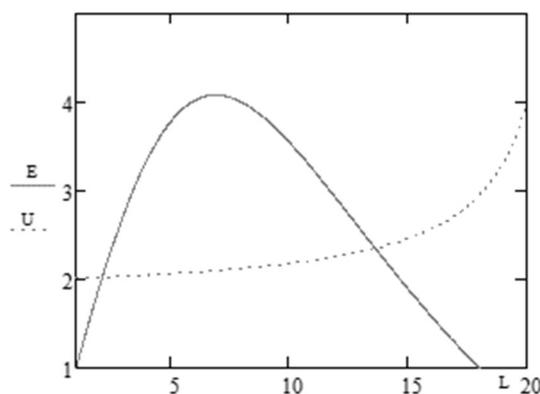


Рис. 2. Зависимость коэффициента вычислительной эффективности и коэффициента увеличения количества регистров от коэффициента интерполяции при $\Delta f_{trans}=0,02$ и $\Delta f_{bw}=0,005$

4. Выводы

Проанализировав полученные соотношения, можно сделать вывод, что коэффициенты вычислительной эффективности и увеличения количества регистров интерполированного фильтра не зависят от коэффициента K , который определяют исходя из используемого метода расчета коэффициентов

фильтра, а также он полностью определяется полосой перехода и полосой пропускания исходного ФНЧ после интерполяции, а также коэффициентом интерполяции, при этом последний параметр задается заранее и может быть выбран из условия минимизации количества вычислений, требуемых для нахождения выходных отсчетов интерполированного фильтра. Таким образом, было получено, что целесообразность применение широкополосных интерполированных фильтров зависит от коэффициента интерполяции и при этом коэффициент вычислительной эффективности не может превышать его значения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ifeachor E. C., Jervis B. W. Digital signal processing: a practical approach. - New York, Prentice Hall, 2002. - 933 p.
2. Гладких М. О., Савиных И. С. Полосовые интерполированные фильтры // Вопросы радиоэлектроники. 2017. № 4, с.16-23.
3. Rajan G., Neuvo Y., Mitra S. K. On the design of sharp cutoff wide-band FIR filters with reduced arithmetic complexity. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 1988, № 11 - 1447 p.
4. Y. C. Lim, Frequency-response masking approach for the synthesis of sharp linear phase digital filters, IEEE Trans. Circuits Syst., 1986. - 364 p.
5. Савиных И. С., Чемасов Д. А. Вычислительная эффективность интерполированного фильтра нижних частот // Радиопромышленность. 2018. № 2. С. 58–62.

WIDE BAND INTERPOLATED LOW PASS FILTERS

Savinykh Ivan Sergeevich¹, Ph.D. (Engineering), Associate Professor

e-mail isavinykh@mail.ru,

Shlykova Olga Anatolievna², Software Engineer

e-mail wap.olga@mail.ru

¹Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia

²Eltex, 29B, Okruzhnaya St., Novosibirsk, 630020, Russia

Abstract: the appropriateness of applying wide band interpolated low pass filters was determined. The block diagram and such parameters of wide band interpolated filters as the transition band, the pass band, and the bandwidth of masking filter are defined. The expression for calculating coefficient of computational efficiency and coefficient of increase in the number of registers of wide band interpolated low pass filters are obtained.

Keywords: FIR-filter, interpolated filter, digital filters, low pass filter, interpolation factor.

УДК 621.372.5

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАТУХАНИЯ В ПЛЁНОЧНОМ АТТЕНУАТОРЕ, ВЫПОЛНЕННОМ НА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ

Юзвик Денис Андреевич, магистрант; Степанов Максим Андреевич, кандидат техн. наук, доцент

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 рассматривается идея плёночного аттенуатора, выполненного на микрополосковой линии, для диапазона частот от 8 до 12 ГГц. Был выполнен поиск аналитического выражения, позволяющее найти величину ослабления аттенуатора.

Ключевые слова

Микрополосковые линии; аттенуаторы; микроволновые абсорберы; линии с потерями; моделирование; согласование; волновое сопротивление.

1. Введение

В современном мире спутниковая радиосвязь и гражданская и военная радиолокация лежит в X-диапазоне, включающий в себя частоты 8-12 ГГц. При разработке и эксплуатации высокоомощных передатчиков, работающих в данном диапазоне частот, может возникать необходимость измерить их параметры. Но современные измерительные приборы, в частности осциллографы и анализаторы спектра, имеют максимальную входную мощность на уровне десятков милливольт. Следовательно, необходимы высокочастотные аттенуаторы, которые позволят снизить мощность сигнала без искажения его формы. Одним из решений данной задачи могут являться плёночные аттенуаторы, выполненные на подложке из поликора, где на проводящий слой был бы нанесен материал, имеющий высокие значения тангенса угла потерь.

2. Определение аналитического выражения, для нахождения затухания в плёночном аттенуаторе

Целью данного раздела является поиск аналитического выражения, позволяющее найти величину ослабления аттенуатора, при заданных характеристиках поглощающего материала и подложки микрополосковой линии и длине линии с поглощающим материалом.

При решении задачи была произведена симуляция в CST Microwave Studio. Пример топологии плёночного аттенюатора показан на рисунке 1.

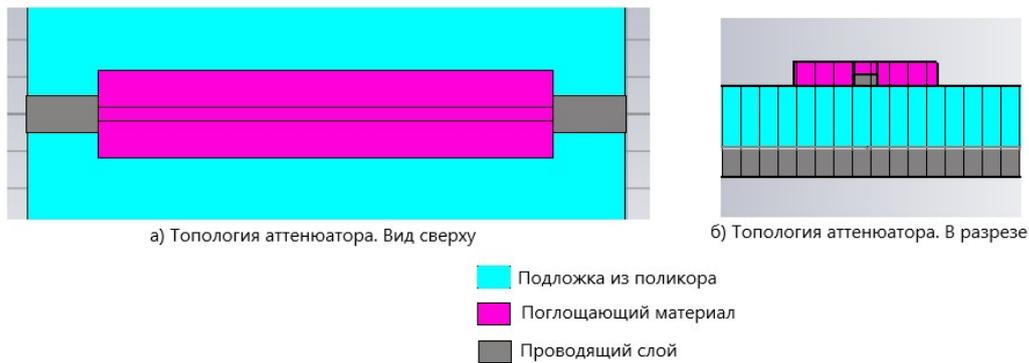


Рис. 1. Пример топологии плёночного аттенюатора

Известно выражение, при помощи которого можно определить потери в диэлектрике микрополосковой линии [2]:

$$a_{\partial} = \frac{27.3}{1000} \cdot \frac{\epsilon_r}{\epsilon_r - 1} + \frac{\epsilon_{\text{эф}} - 1}{\sqrt{\epsilon_{\text{эф}}}} \cdot \frac{\text{tg}\delta}{\lambda_0} \left[\frac{\partial\text{Б}}{\text{мм}} \right] \quad (7)$$

Где ϵ_r – относительная диэлектрическая проницаемость,
 $\epsilon_{\text{эф}}$ – эффективная диэлектрическая проницаемость,
 $\text{tg}\delta$ – тангенс угла потерь диэлектрика,
 λ_0 – длина волны в свободном пространстве

Произведя расчет затухания в диэлектрике по выражению (1) и произведя несколько симуляций в системе автоматизированного проектирования CST Microwave Studio, была обнаружена закономерность, что расчетное значение по выражению (1) и результаты, полученные в результате симуляций, постоянно отличаются на некоторый коэффициент. Была поставлена задача связать постоянно возникающий коэффициент с характеристиками материалов из которых синтезирован аттенюатор. В результате было получено следующее выражение, с помощью которого можно оценить ослабление аттенюатора.

$$A_{\text{общ}} = \frac{1+b}{\frac{\epsilon_{\text{эф/подложки}} + \epsilon_{\text{эф/поглотителя}}}{2} + \frac{\epsilon_{r/\text{поглотителя}} + 1}{2}} \cdot L \cdot a_{\partial} \quad (8)$$

где

$$b = \begin{cases} \frac{1}{\epsilon_{r/\text{поглотителя}}}, \epsilon_{r/\text{поглотителя}} > 2 \\ 0, \epsilon_{r/\text{поглотителя}} \leq 2 \end{cases} \quad (9)$$

L – длина аттенюатора в мм,

a_{∂} – потери в диэлектрике, найденные по выражению (1)

Проверим состоятельность нашего выражения для поглощающих материалов с различными характеристиками на частоте 10 ГГц:

Для поглощающего материала с характеристиками: $\epsilon_r = 1.1$; $\text{tg}\delta = 1.5$.

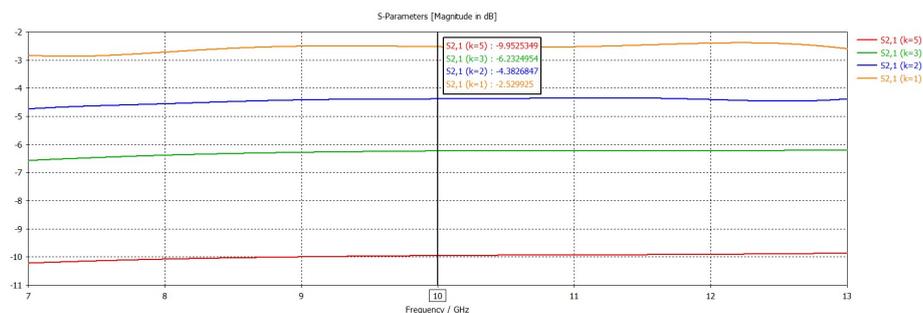


Рис. 2. S2.1 при различных длинах attenuатора
 $k = 12$ мм, $2k = 24$ мм, $3k = 36$ мм, $5k = 60$ мм.

Таблица 1

Сравнение результатов моделирования и теоретических расчетов

L, мм	Теоретические результаты, дБ	Результаты моделирования, дБ	Абсолютная погрешность
k	2.27	2.52	0.099
2k	4.53	4.38	0.033
3k	6.809	6.23	0.085
5k	11.348	9.95	0.12

В ходе решения данной задачи было выведено аналитическое выражение для оценки затухания в плёночном attenuаторе. В результате моделирования в CST Microwave Studio была обнаружена связь между значением затухания, полученного в выражении (1) и результатами моделирования.

3. Выводы

В ходе выполнения данной работы было выведено аналитическое выражение для оценки затухания в плёночном attenuаторе. Выражение (1) описывает затухание в подложке, из которой выполнена микрополосковая линия. В результате моделирования в CST Microwave Studio была обнаружена связь между значением затухания, полученного в выражении 1 и результатами моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Michael Steer. Microwave and RF design a system approach. – North Carolina State University, Raleigh, NC: Scittech Publishing, 2010.
2. Проектирование полосковых устройств СВЧ. - Ульяновск: УлГТУ, 2001.
3. Ким В.Ф. Устройства СВЧ и антенны. - Новосибирск: НГТУ, 2002.
4. Бахарев С.И., Вольман В.И., Либ Ю.Н., Мамонтов Н.М., Саркисянц А.Г., Силин Р.А., Славинский О.К., Ширяев Д.Д. Справочник по расчету и конструированию СВЧ полосковых устройств. - М.: Радио и связь, 1982.
5. James J.R., Hall P.S., Wood C. Microstrip antenna theory and design. – London: Peter peregrinus Ltd, 1981.

DETERMINATION OF ANALYTICAL EXPRESSION FOR FINDING ATTENUATION IN A FILM ATTENUATOR, PERFORMED ON A MICROSTRIP LINE WITH LOSSES

Iuzvik Denis Andreevich, Master's Degree student, e-mail
zetanicestar@gmail.com

Stepanov Maksim Andreevich, Ph.Sc. (Engineering), e-mail

m.stepanov@corp.nstu.ru

Novosibirsk state technical university, pr. Karla Marksa, Novosibirsk, 630073,
Russia

Abstract

In this article we considering microstrip attenuator for X band. We search expression for evaluation loss in attenuator. Knowing the attenuation expression in the microstrip line, we found the coefficient that corrects the expression and gives the attenuation for the developed device topology.

Keywords: Microstrip lines; attenuators; microwave absorbers; lines with losses; microwave simulation; matching loads; wave impedance.

СЕКЦИЯ: РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

УДК 623.465.54

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Денисова Ольга Владимировна; Коршунов Михаил Алексеевич

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

Денисова О.В., email olia_98-1998@mail.ru

Коршунов М.А., email mahas_95@mail.ru

*Адрес для корреспонденции: Денисова Ольга Владимировна, Новосибирский
государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр.
Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19*

Аннотация

Одним из ведущих направлений современной прикладной науки является робототехника, которая занимается созданием и внедрением в жизнь человека автоматических машин. В связи с роботизацией в военной сфере, помимо рассмотрения вопроса об эффективности и актуальности применения робототехники в военной сфере, в работе будут рассмотрены сопутствующие проблемы и их возможные последствия.

Ключевые слова

Робототехника, робототехнические комплексы, оптико-электронные системы, лазерный дальномер.

Научно-технический прогресс последних десятилетий неразрывно связан с интеллектуальным продуктом, открытиями и изобретениями, получаемыми в результате инновационной деятельности. Одним из ведущих направлений современной прикладной науки является робототехника.

Стоит отменить актуальность развития и процесс исследование в области интеллектуальных систем. Так как развитие этих систем дает возможность ускорить исследования в области робототехники.

Основными целями роботизации Вооруженных сил РФ являются достижение нового качества средств вооруженной борьбы для повышения эффективности выполнения боевых задач и снижения потерь военнослужащих [1].

Современные робототехнические комплексы сегодня – сложные системы, зачастую состоящие из нескольких роботов, выполняющих общую задачу. Сегодня наиболее распространены боевые роботы первого поколения (управляемые устройства) и быстро совершенствуются системы второго

поколения (полуавтономные устройства). Для перехода к использованию боевых роботов третьего поколения (автономных устройств) ученые разрабатывают самообучающуюся систему с искусственным интеллектом.

Необходимо понимать, что средства, такие как самонаводящиеся ракеты и управляемые боеприпасы, являются одноразовыми изделиями с ограниченными возможностями самостоятельного выбора цели удара. Это относится, например, к крылатым ракетам, оснащаемым системами управления с возможностью перенацеливания на конечном участке траектории. По определению, все они относятся к боеприпасам, а не к оружию. А боевые роботы – это оружие, само выбирающее цель и поражающее её дистанционно, без самоуничтожения и с алгоритмом «поразить противника и уцелеть». В этом заключается существенная разница.

Разберемся, как же происходит выбор цели и ее поражение. Преимущественно используют роботы, обладающие некоторым уровнем автономии, которая относится к способности машины работать без человеческого наблюдения. Роботы поля боя проводят разведку и обнаруживают цели, а оператор идентифицирует цель, принимает решение и подаёт дрону команду на применение оружия, что соответствует степени автономности IN (Человек В системе управления оружием). Либо по ранее заданным параметрам цели, робот самостоятельно идентифицирует и принимает решение об уничтожении цели.

При интеграции в систему высокоинформативного распознающего дальномера, можно производить селекцию определенных целей по заранее заданным параметрам, что повысит эффективность боевого применения по точечным объектам.

В робототехнических комплексах для решения задач обнаружения целей можно использовать лазерный дальномер на основе дальномера, рассмотренного в работе см. патент RU 2 254 557 C1, G01C 3/00, G01C 3/08.

Высокоинформативный распознающий дальномер состоит из последовательно соединенных элементов: излучающей оптической системы, излучателя, синхронизирующего генератора, а так же приемной оптической системы, фотоприемного устройства, блока измерения времени запаздывания и индикатора дальности. Устройство отличается тем, что в него дополнительно введены: устройство трехмерной обработки, блок управления признаками объекта, индикатор скорости и габаритов объекта, фотоприемное устройство и блок измерения времени запаздывания[6].

Вывод

Подводя итоги, можно сделать следующее заключение, что роботизация боевых действий приобретает характер одного из доминирующих направлений в совершенствовании систем вооружения ведущих стран мира. Развитие nano-, био-, информационных и когнитивных технологий будет способствовать появлению все более совершенных роботов, в том числе с высоким искусственным интеллектом, биомеханических, антропоморфных, роботов-аватаров, микро-, нанороботов различного назначения. Массовое применение роботов способно изменить не только характер боевых действий, но и саму суть

войны, превратив ее в состязание искусственных интеллектов.

К сожалению, в России существует отставание в сфере робототехники от ведущих держав, что может негативно сказаться в будущем на обороноспособности страны. Для ликвидации отставания необходимо направить дополнительные ресурсы на изучение возможности создания автономных боевых роботов и искусственного интеллекта, способного самостоятельно принять решение, так же организовать подготовку конструкторов в данной сфере, разобраться с нормативно-правовыми актами, регламентирующими использование роботов в военных целях. В свою очередь военные исследования дадут толчок для развития роботов гражданского назначения и возможность автоматизации некоторых процессов, где сейчас необходимо присутствие человека.

Следует обратить внимание, что от распознающих оптических систем зависит успешная и безошибочная реализация одной из важнейших технических и тактических задач, а именно обнаружение и поражение целей робототехническим средством.

Перспективное направление НИОКР в данной области – разработка бортовой аппаратуры обнаружения объектов техники, определение их координат и классификация по заданным геометрическим признакам[6].

Прогресс в области робототехники – закономерный процесс, остановить который никто не в силах. Другое дело, что уже сейчас надо предпринимать шаги по международному контролю над работами в области искусственного интеллекта и боевой робототехники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боевые роботы в будущих войнах: выводы экспертов// Независимое военное обозрение. -2016.[Электронный ресурс]. URL: http://nvo.ng.ru/armament/2016-03-04/5_robots2.html?print=Y
2. Выпасняк В.И., Тиханычев О.В. О повышении эффективности применения высокоточного оружия в военных конфликтах локального и регионального масштаба // [Вестник академии военных наук](#). 2008. № 4. С. 43.
3. Симулин А.А., Глотов Д.А., Ещенко В.И., Тиханычев О.В. Некоторые аспекты использования робототехники в военном деле // [Сборники конференций НИЦ Социосфера](#). 2015. № 27. С. 67-71.
4. Рубцов И.В. Вопросы состояния и перспективы развития отечественной наземной робототехники военного и специального назначения [Электронный ресурс] // Известия ЮФУ Технические науки. Рубрика Раздел I. Робототехника – 2013. – № 3. – С. 14–21. [Электронный ресурс]. URL: <http://izv-tn.tti.sfedu.ru/?p=2610> .
5. Последние новости науки и техники. Александр Хроленко. Солдаты будущего. Перспективы роботизации российских вооружений. [Электронный ресурс]. URL: <https://ria.ru/analytics/20160209/1371988520.html>
6. Высокоинформативный распознающий дальномер Патент РФ № 22545457 приоритет от 20.06.2005 г. Легкий В.Н., Плешакова Е.В. 15 с.

INFORMATION SYSTEM FOR CONTROLLING THE MEANS OF DESTRUCTION OF ROBOTIC COMPLEXES

Denisova Olga Vladimirovna; Korshunov Mikhail Alekseevich

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

Denisova O.V., email olia_98-1998@mail.ru

Korshunov M. A., email mihhas_95@mail.ru

Address for correspondence: Denisova Olga Vladimirovna, Novosibirsk State
Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel.
(913) 005-48-19

Annotation

One of the leading areas of modern applied science is robotics, which is engaged in the creation and implementation of automatic machines in human life. In connection with robotics in the military sphere, in addition to addressing the issue of the effectiveness and relevance of the use of robotics in the military sphere, the article will study the problems and their possible consequences in view of the use of robotics.

Keywords: Robotics, robotic complexes, opto-electronic systems, laser range-finder.

УДК 629.78

АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАЗМЕЩЕНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТСЕКАХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

*Железнов Илья Вячеславович; Рогачева Юлия Александровна; Шулепов
Александр Иванович, доцент кафедры космического машиностроения*

Самарский национальный исследовательский университет имени академика
С. П. Королева (Самарский университет), Российская Федерация, 443086, г.

Самара, ул. Московское шоссе, 34, тел. (846) 335-18-26

Железнов И. В., e-mail zheleznov.ilia2016@yandex.ru

Рогачева Ю. А., e-mail julia37_00@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Шулепов Александр Иванович, Самарский
национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева
(Самарский университет), Российская Федерация, 443086, г. Самара, ул.
Московское шоссе, 34, тел. (846) 335-18-26

Аннотация. На изделия ракетно-космической отрасли на стадии проектирования накладываются высокие требования по техническому заданию заказчика. Для обеспечения высокого качества изделия и его конкурентоспособности в настоящее время применяются программные пакеты с большим функционалом. Разработка такого рода программного обеспечения актуальна в настоящее время. В процессе автоматизированного проектирования

моделей космических аппаратов в первом приближении одной из главных задач является оптимизация массо-центровочных характеристик отсеков путем применение высокоэффективных алгоритмов размещения бортового оборудования. Из преимуществ данного решения можно выделить значительное сокращение времени проектирования и повышение точности получаемых моделей. В данной работе представлен анализ различных способов размещения бортового оборудования, результат представлен в виде диаграммы. На основе полученного результата в зависимости от требования технического задания проектант выбирает наиболее подходящий.

Ключевые слова: проектирование; алгоритм; бортовое оборудование; космический аппарат; методика исследования.

1. Введение

В настоящее время многие операции проектирования космического аппарата (КА) осуществляются непосредственно проектантом. Размещение бортового оборудования в отсеке КА является трудоёмким процессом и требует больших умственных затрат от проектанта. В связи с этим возникает необходимость в автоматизации процессов проектирования [1-3].

Использование различных программ и пакетов в процессе работы позволит существенно сократить время проектирования и свести проявление проблем, связанных с человеческим фактором, к минимуму. Целью исследования является сравнение различных алгоритмов по размещению бортового оборудования в отсеках космических аппаратов. В качестве зоны размещения в отсеке взят многогранник в виде прямоугольного параллелепипеда. Приборы также описываются в виде прямоугольных параллелепипедов.

Основные задачи исследования:

1. Выбор наиболее подходящих для решения задачи алгоритмов.
2. Применение алгоритмов при решении задачи размещения 14 приборов в отсеке КА.
3. Определение зависимости отклонения центра масс отсека КА от применяемого алгоритма размещения бортового оборудования.

2. Методика исследования

Задача размещения бортового оборудования в отсеке КА является трудной комбинаторной задачей. В качестве наиболее подходящих были выбраны следующие алгоритмы, применяемые для решения задач об упаковке в контейнеры:

1. «Первый подходящий»
2. «Следующий подходящий»
3. «Наилучший подходящий»

Алгоритмы работают до полного размещения всех предметов в контейнеры. В данном случае в качестве контейнеров выбираются боковые стенки КА. Число контейнеров не должно быть больше четырех.

Методика исследования заключается в следующем:

1. Вычисление суммарной массы всех приборов, которые необходимо разместить в отсеке КА.

2. Размещение оборудования проводится по четырем боковым стенкам аппарата. На каждой стенке размещаются приборы, чья масса не превышает в первом приближении значения z , вычисленного по следующей формуле (1):

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{4}, \quad (1)$$

где m_i – масса приборов, кг;

n – количество приборов.

3. Применение выбранных алгоритмов. Если некоторые приборы размещены в пятом и более контейнерах, т.е. вне боковых стенок, то к ним снова применяются данные алгоритмы, при этом повышается вместимость боковых стенок.

4. Вычисление суммарной массы размещенных приборов на каждой стенке.

5. Вычисление разности между полученными в предыдущем пункте значениями. Стенки, имеющие минимальное расхождение в суммарной массе размещенных приборов, в отсеке КА ставятся напротив друг друга.

6. Вычисление отклонений массы приборов по результатам работы алгоритмов δ по следующей формуле (2):

$$\delta = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}, \quad (2)$$

где δ_1 – отклонение суммарной массы приборов, размещенных на первой группе противоположных стенок

δ_2 – отклонение суммарной массы приборов, размещенных на второй группе противоположных стенок

Для сравнения результатов работы алгоритмов предполагается, что в дальнейшем процесс выравнивания центра масс отсека КА по высоте происходит следующим образом:

1. На одной стенке выбирается максимальный по массе прибор, а на противоположной стенке – группа приборов, разность в суммарной массе которых с выбранным будет минимальной. Определение оптимальных групп приборов осуществляется для каждой пары противоположных стенок до тех пор, пока все приборы не будут распределены в группы.

2. Поиск пар оптимальных групп приборов с минимальным расхождением в суммарной массе.

3. Размещение пар оптимальных групп приборов относительно центральной горизонтальной плоскости отсека КА.

3. Результаты

В ходе исследования был получен график зависимости отклонения центра

масс отсека КА от применяемого алгоритма размещения.

Список размещаемых приборов и график полученных результатов изображены на рис. 1.

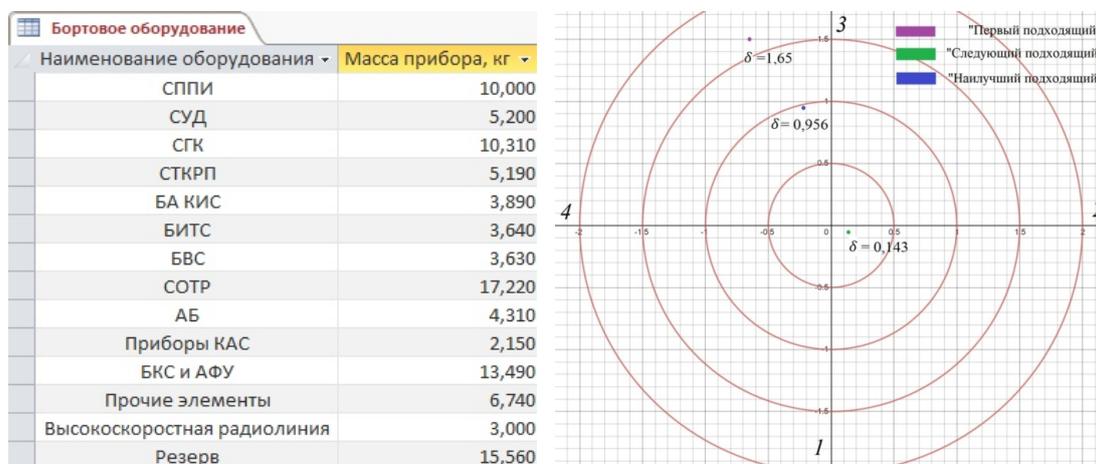


Рис.1. Список размещаемых прибор и график полученных результатов

4. Выводы

Разработанная методика позволяет сравнивать различные алгоритмы размещения любого количества приборов и определять отклонение центра масс отсека при создании первоначального облика КА. В ходе сравнения полученных результатов проектант может выбрать наиболее подходящий техническому заданию алгоритм размещения бортового оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гаврилов В. Н. Автоматизированная компоновка приборных отсеков летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1988. 136 с.
2. Туманов А. В., Зеленцов В. В., Щеглов Г. А. Основы компоновки бортового оборудования космических аппаратов: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2010. 344 с.
3. Гущин В. И. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов. М.: Машиностроение, 2003. 272 с.

ANALYSIS OF WAYS OF PLACING ON-BOARD EQUIPMENT IN THE COMPARTMENTS OF THE SPACECRAFT

I. V. Zheleznov; Yu. A. Rogacheva; A. I. Shulepov, docent

Samara National Research University, Russian Federation, 443086, Samara,
Moskovskoye shosse 34

I. V. Zheleznov, e-mail: zheleznov.ilia2016@yandex.ru

Yu. A. Rogacheva, e-mail: julia37_00@mail.ru

Annotation

At the design stage, the products of the rocket and space industry are subject to high requirements for the customer's technical task. To ensure the high quality of the product and its competitiveness, software packages with large functionality are currently used. The development of this kind of software is currently relevant. In the process of computer-aided design of spacecraft models in the first approximation, one of the main tasks is to optimize the mass-centering characteristics of compartments by applying highly efficient algorithms for placing on-board equipment. The advantages of this solution include a significant reduction in design time and an increase in the accuracy of the resulting models.

Keywords: design; algorithm; on-board equipment; spacecraft; research methodology.

УДК621.372.8

SIW АНТЕННЫ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА БОРТОВЫХ ДАТЧИКОВ

Запорожан Екатерина Вячеславовна, студентка;

Сапунова Ангелина Васильевна, студентка;

Шебалкова Любовь Васильевна, старший преподаватель

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913) 005-48-319

Запорожан Е.В., e-mail: zekaterina2017@mail

Сапунова А.В., e-mail: gelyasapunova@yandex.ru

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Аннотация

В статье рассмотрены антенны, изготовленные на основе SIW-технологии в миллиметровом диапазоне частот (60ГГц). Ключевыми особенностями данной технологии являются простота построения, эффективность конструкции антенны, низкая стоимость и широкий диапазон применения антенн.

Ключевые слова: SIW-технологии; антенны; миллиметровый диапазон

1. Введение

Зачастую перед разработчиками радиотехнического оборудования ставится задача перехода в более высокий диапазон частот, где устройства могут работать в менее заполненной части электромагнитного спектра. Однако в СВЧ-диапазоне с увеличением частоты антенны, построенные на широко используемых микрополосковых линиях, характеризуются высокими потерями в цепях питания, которые, в конечном счете, ведут к снижению эффективности излучения. Альтернативной технологией построения СВЧ-устройств выступает недавно появившаяся технология встроенного в подложку волновода (SIW-технология). Обладая преимуществами микрополосковых линий, такими, как компактность, малый вес, низкая

стоимость производства, она перенимает от классических волноводов малые потери и большую передаваемую мощность. Выбор формы антенны определяется требуемыми от нее характеристиками излучения, а размеры уменьшаются с ростом частоты.

В статье рассматриваются основы SIW-технологии, работающей в СВЧ-диапазоне. Проведены исследования зависимости излучательных характеристик антенны от геометрических размеров и формы диэлектрической подложки.

2. SIW- технологии

Интегрированный в подложку волновод – Substrate Integrated Waveguide (SIW) представляет собой волноводно подобную структуру, в которой две параллельные металлические пластины, окаймляющие подложку из диэлектрика, соединены при помощи двух рядов металлических цилиндров (рис. 1).

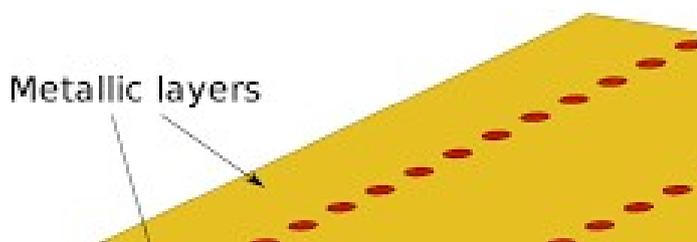
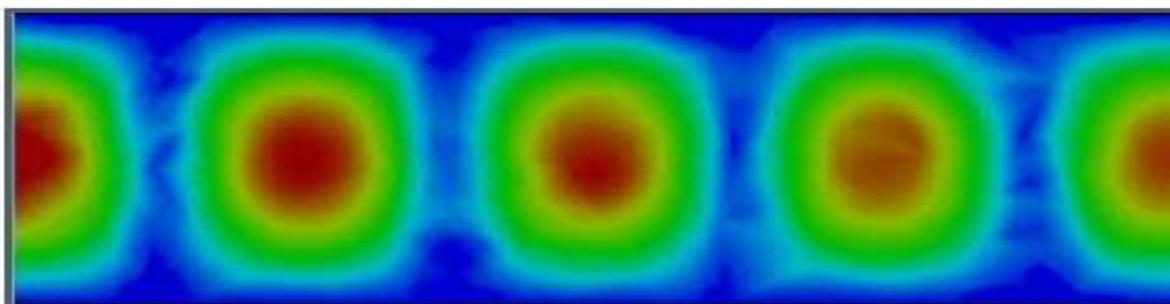
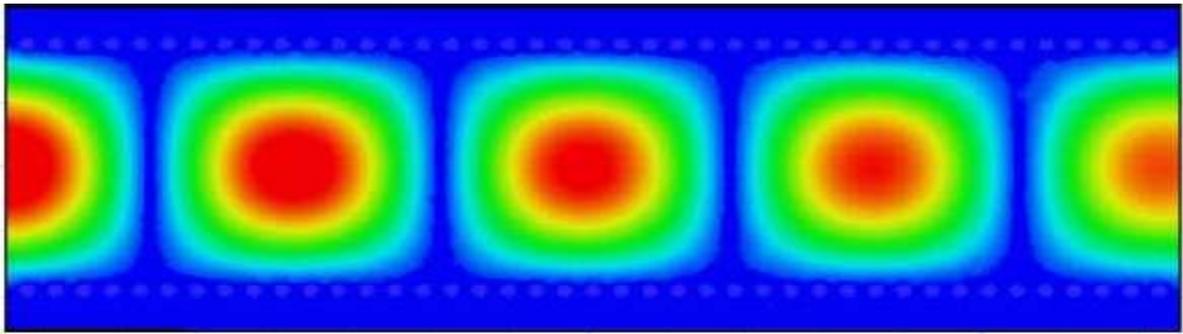


Рис.1. SIW- структура

Таким образом, используя современные технологии производства можно изготовить непланарный прямоугольный волновод в планарной форме, к примеру, в виде печатных плат или керамики с низкой температурой обжига. Важно отметить, что для SIW структур электродинамические характеристики распространения, такие как дисперсионные характеристики и распределение поля, близких соответствующим характеристикам металлических прямоугольных волноводов (рис.2).



(a)



(б)

Рис.2.Распределение поля в прямоугольном волноводе (а) и в соответствующей структуре SIW (б)

Типичным применением SIW для создания излучателей является формирование резонатора, возбуждаемого микрополоском и излучающего через щель. Результаты моделирования показали полосу частот 20,9 % (54,3-67 ГГц). Концепция SIW позволяет в едином технологическом цикле изготавливать квазिवолноводные резонаторы, волноводы, рупорные, щелевые излучатели и схемы питания, а также диаграммо-образующие схемы (матрицы Батлера, делители, сумматоры, ответвители). Преимущества данной технологии существенны в миллиметровом и квазимиллиметровом диапазонах, в которых целесообразно применение рупорных антенн.

В конструкции SIW рупорных антенн используется девять слоев диэлектрика с различными ϵ (рис. 3). Получена рабочая полоса частот 5 ГГц для центральной частоты 60 ГГц.

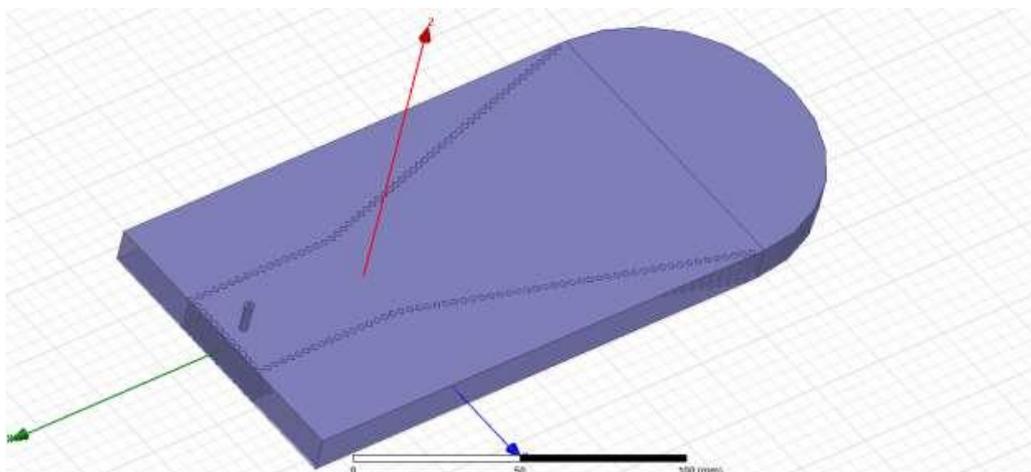


Рис.3.1. SIW- рупорный излучатель

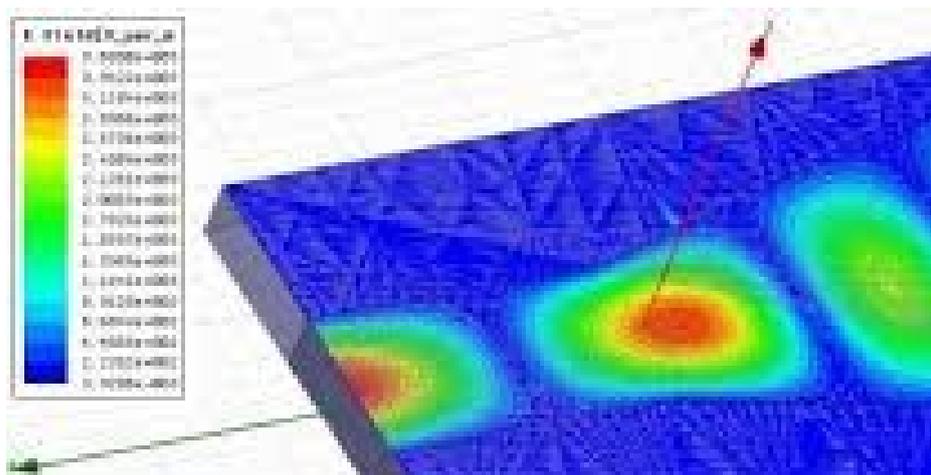


Рис.3.2. Модель антенны и распределение поля в ней

В диапазоне 60 ГГц приемлемые размеры имеет фокусирующий отражатель, построенный из проводящих колец, расположенных в различных слоях. Однако применение данной технологии ограничено нижним краем миллиметрового диапазона в виду технологических трудностей и возрастающего уровня потерь на излучение, обусловленных достаточно большими размерами и расстояниями между металлическими штырями.

Активное использование диапазона частот 60-90 ГГц характерно для таких систем, как автомобильные радары, медицинские устройства, беспроводные сети. Для этих устройств часто применяется многослойная толсто пленочная технология, которая дает возможность производить интегрированные в подложку волноводы с цельнометаллическими стенками и малыми потерями вплоть до частоты 100 ГГц.

4. Выводы

В данной статье представлены антенны миллиметрового диапазона, изготовленные по SIW-технологии. Для SIW структур характерны большинство преимуществ, как классических волноводов, таких как, большая передаваемая мощность, малые потери, полностью экранированная структура, высокая добротность резонаторов; так и достоинства планарных структур – небольшие габариты и масса, низкая стоимость производства. Пожалуй, главным преимуществом SIW-технологий можно назвать возможность интегрирования всех компонентов на одну подложку: пассивные компоненты, активные элементы и даже антенны; а также изготавливать многослойные интегральные схемы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сазонов, Д.М. Антенны устройства СВЧ: Учеб. для радиотехнич. спец. вузов. М: Высш.шк., 1988. стр. 362-365.
2. А.А.Гадзиева, Г.Ф.Заргано, В.В.Земляков, С.В.Крутиев /SIW-технологии, история создания, современное состояние и перспективы развития // Физические основы приборостроения. -2012. -Т. 1. -№4. -

MM-WAVE SIW ANTENNAS ONBOARD SENSORS

Ekaterina V. Zaporozhan, student, e-mail: zekaterina2017@mail

Angelina V. Sapunova, student, e-mail: gelyasapunova@yandex.ru

Shebalkova Lyubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department, e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract

The article considers antennas fabricated by SIW technology in the millimeter frequency range (60 GHz). The key features of this technology are simplicity of construction, efficiency of antenna design, low cost and wide range of antenna applications

Keywords

SIW antenna; SIW technology; mm-waves

УДК 621.372.8

СПОСОБЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ SIW-ВОЛНОВОДОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ

Иванайская Галина Евгеньевна, студентка;

Лазарева Ольга Валерьевна, студентка;

Шебалкова Любовь Васильевна, старший преподаватель;

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

Иванайская Г. Е., e-mail ivanajskaya00@mail.ru

Лазарева О.В., e-mail Olga12-la@mail.ru

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Шебалкова Любовь Васильевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23

Аннотация

Волноводы, интегрированные в диэлектрическую подложку, или SIW волноводы стали широко применяться несколько лет тому назад для изготовления малогабаритных антенн СВЧ и КВЧ диапазона и СВЧ-устройств. Данные волноводы изготавливаются по технологии печатных плат из СВЧ-диэлектриков, боковые стенки волновода формируются с помощью металлизации отверстий. SIW является диэлектрически заполненным прямоугольным волноводом с уменьшенной высотой

Ключевые слова: SIW-структура, возбуждение, диэлектрический слой

1. Возбуждение волновода с помощью микрополосковой линии

На рисунке 1 показан переход от микрополосковой линии к SIW в пределах одной диэлектрической подложки. Структура состоит из конической

микрополосковой линии, которая соединяет микрополосковую линию 50 Ом и интегрированный SIW волновод. Конусность используется для преобразования моды квази-ТЕМ в микрополосковой линии в моду TE_{10} в SIW волноводе. Поскольку электрические поля двух разнородных структур приблизительно ориентированы в одном направлении, микрополосковая линия хорошо подходит для возбуждения SIW, и они также имеют один и тот же профиль.

Размер SIW может быть определен с учетом диэлектрической проницаемости. Ширина и длина конического сечения затем проектируются и оптимизируются для достижения только одной цели: минимизировать коэффициент отражения S_{11} на входном порту.

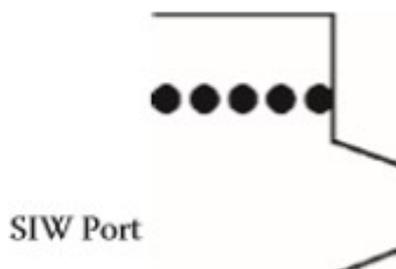


Рис.1. Конфигурация перехода SIW– микрополосковая линия

2. Возбуждение волновода с помощью копланарной линии

На рисунке 2 показана переходная структура от SIW к копланарной линии (CPW), интегрированной на одном и том же слое подложки. Он состоит из CPW с изгибом 90° на каждом пазе. Нагрузка добавляется в проводник CPW, чтобы согласовать переход. Может существовать ТЕМ мода между CPW и задней плоскостью перед SIW. Для подавления такого режима добавляются два металлических отверстия. Длина сгиба каждого паза на CPW составляет примерно $\lambda/4$ и заканчивается коротким замыкателем. Электрические поля на этих пазах соответствуют полю TE_{10} и распределяются в пределах SIW. Длина нагрузки, ширина нагрузки, длина паза и ширина паза должны быть оптимизированы для минимизации вносимых потерь в широкой полосе пропускания.

Еще один переход между заземленным копланарным волноводом (GCPW) и SIW был исследован, и его конфигурация показана на рисунке 3. В данном случае соединительные щели, которые имеют разрыв на верхней поверхности SIW, помещаются для предотвращения короткого замыкания на SIW и действуют как магнитный диполь с сильным E-полем через щель в центре, но слабее на ее конце. Такое распределение соответствует распределению E-поля моды TE_{10} в SIW-структуре. Путем сопряжения SIW с GCPW, отличным от микрополосковой линии, толщина подложки может быть увеличена без потерь передачи. Таким образом, можно добиться более качественных комплектующих.

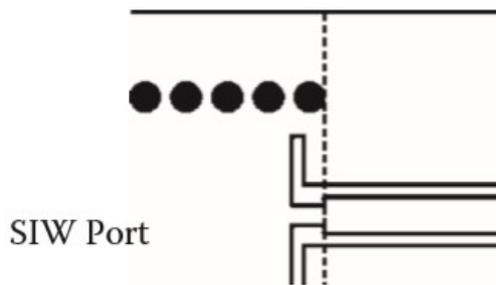


Рис.2. Конфигурация перехода SIW-CPW

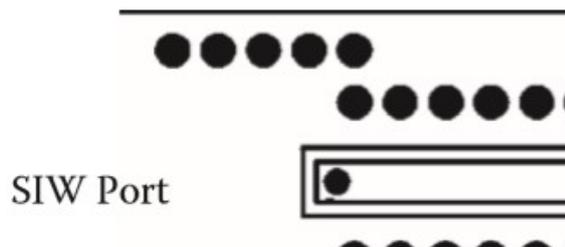


Рис 3. Конфигурация перехода SIW-GCPW

3. Возбуждение SIW-волновода с помощью заполненного воздухом стандартного волновода

Простейшая конфигурация перехода между SIW и заполненным воздухом стандартным волноводом показана на рисунке 4. Прямоугольное сопряженное отверстие вытравлено на верхней оболочке проводника. С этой структурой используется ступенчатый SIW, т.к. он менее чувствителен к механическому допуску, чем тот, который не является ступенчатым.

Был разработан еще один пример перехода на SIW-волновод. На верхней оболочке проводника SIW имеются две прорези, выгравированные на ней.

Энергия подается в волновод через эти щели. Два металлизированных переходных отверстия помещены в центр пазов для улучшения производительности перехода.

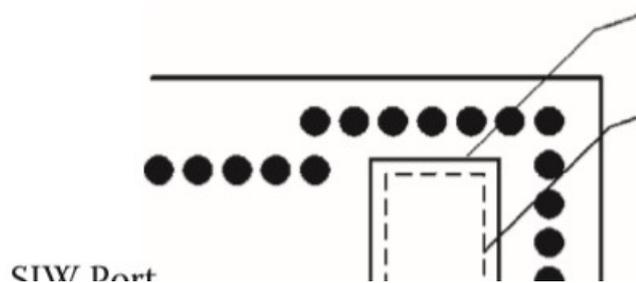


Рис. 4. Конфигурация перехода SIW- волновод

4. Возбуждение волновода с помощью интегрированного в подложку зеркального диэлектрического волновода

Диэлектрическая структура SIIG имеет семь сложенных керамических лент, в то время как изолирующая пленка имеет одну дополнительную керамическую ленту. Каждая керамическая лента имеет толщину 0,1 мм.

Ширина полосы SIIG составляет 1,25 мм. Толщина питающей линии 50 Ом GCPW составляет 0,1 мм.

Такой переход можно разделить на две части. Одна часть представляет собой интегрированный плоский SIW-рупор для возбуждения SIIG. Поле внутри рупора SIW соответствует моде TE_{10} , которая согласована с основной модой в SIIG, E_{11z} . Чтобы соответствовать широкой полосе, расстояние между двумя рядами металлизированных отверстий, образующих боковую стенку рупора, постепенно расширяется. Чтобы уменьшить утечку излучения из-за разрыва, на верхней оболочке проводника вытравлена коническая V-образная щель. Кроме того, существуют два ряда отражающих металлизированных отверстий на открытом конце рупора для дальнейшей минимизации утечки излучения. Другая часть - это сигнал SIW, возбуждаемый GCPW. Линия GCPW возбуждает рупор SIW через металлизированный штырь с правильной глубиной ввода. Несколько металлизированных переходных отверстий располагаются вокруг каналов для достижения лучшего удержания поля. Для улучшения отражения на конце штыря помещается круглая металлизированная пластина.

5. Зондовое возбуждение волновода

В качестве возбудителя колебаний основного типа H_{10} в волноводе часто используются компланарные или микрополосковые линии, как предложено на рис. 5, что актуально для двумерных решеток, для линейной решетки целесообразно использовать зондовое возбуждение, при этом будет отсутствовать излучение с возбудителя и уменьшится длина самой антенны.

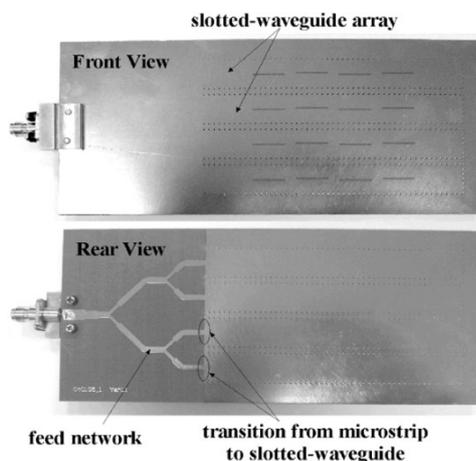


Рис. 5. Волноводно-щелевая решетка, возбуждаемая микрополосковой линией

Модель системы возбуждения для SIW структуры показана на рисунке 6, использован материал подложки Rogers TMM 4, имеющий диэлектрическую проницаемость 4,5, тангенс диэлектрических потерь 0,002, толщину диэлектрического слоя 3,81 мм; ширина волновода а составляет 10 мм и определяется как расстояние между образующими цилиндрами (рисунок 6), длина волновода 48,5 мм.

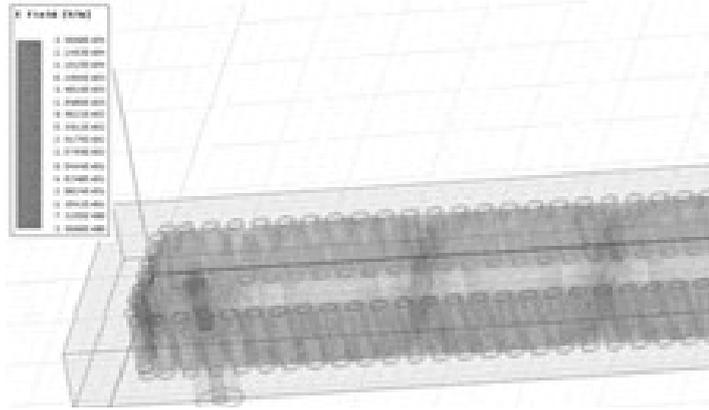


Рис. 6. Электродинамическая модель перехода

Цилиндры в данном случае имитируют металлизированные отверстия. Сам волновод возбуждается цилиндром высотой h и диаметром d_p , расстояние до задней стенки волновода D . Волновое сопротивление на входном порту составляет 50 Ом.

Диаметр цилиндров d составляет 1 мм, шаг между ними p – 1,5 мм, соответственно расстояние между соседними элементами 0,5 мм. Диаметр d влияет на потери из-за отражения от стенок волновода.

6. Вывод

Возбуждением волновода называется создание в нем высокочастотного электромагнитного поля. Для этого необходимо каким-либо способом ввести в него электромагнитную энергию.

В данной работе мы рассмотрели, какие существуют способы возбуждения SIW-волноводов и подробно разобрали каждый из них по отдельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yu Jian Cheng Substrate integrated antennas and arrays [Text]. – China: Yu Jian Cheng, 2016.
2. Шебалкова Л.В. Зондовое возбуждение SIW-волновода. Интерэкспо ГЕО-Сибирь – 2018: 14 междунар. науч. конгр. и выставка. Наука. Оборона. Безопасность – 2018: Всерос. науч. конф., Новосибирск, 17–21 апр. 2018 г.: сб. материалов. – Новосибирск: СГУГиТ, 2018. – С. 81-85.

SUBTRACT INTEGRATED WAVEGUIDE EXCITATION MODES ONBOARD NEAR LOCATING SYSTEMS

Ivaniyskaya Galina Evgenievna, student, e-mail ivanajskaya00@mail.ru

Lazareva Olga Valerievna, student, e-mail Olga12-la@mail.ru

Shebalkova Lyubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department, e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Abstract

Waveguides integrated into a dielectric substrate, or SIW waveguides, became widely used several years ago for the manufacture of small - sized microwave and UHF antennas and microwave devices. These waveguides are fabricated by printed circuit board technology from microwave dielectrics, the side walls of the waveguide are formed by metallizing via holes. SIW is a dielectrically filled rectangular waveguide with reduced height. A few SIW excitation modes are described in this article.

Keywords: SIW waveguide, SIW structure, excitation

УДК 621.372.8

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ

Иванов Никита Вячеславович, студент;

Шебалкова Любовь Васильевна, старший преподаватель;

Ющенко Валерий Павлович, профессор, д.т.н.;

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(383)3462623

Иванов Н.В. e-mail: nikiz2017@mail.ru

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Ющенко В. П., e-mail: yushhenko@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

В статье рассмотрен радар с микрополосковой антенной решеткой, который использован для определения скорости движения транспортных средств с целью снижения количества нарушений правил дорожного движения и дорожно-транспортных происшествий

Ключевые слова: Радар; измерение скорости; микрополосковая антенна; безопасность движения

1. Введение

Одно из основных свойств радара – это способность определять дальность до цели. Термин «радар» является аббревиатурой от RadioDetectionAndRanging. Таким образом, в само название радара входят функции обнаружения присутствия объекта (цели) и определения дальности до этой цели. Дальность до отражающего объекта может быть измерена путем определения времени задержки между передачей импульса радиочастотной (РЧ) энергии и приемом его последующего эхо – сигнала от цели, поскольку известно, что РЧ – сигнал, как и все сигналы электромагнитного спектра, распространяется со скоростью, равной скорости света. Импульсные радары

стали основными устройствами для измерения дальности до удаленных объектов. Использование частотной модуляции непрерывно излучаемого сигнала позволяет измерять с высокой точностью малые расстояния: сотни – тысячи метров [1].

2. Краткое описание проблемы

Аспект безопасности движения связан с контролем скорости движения транспортных средств. Для этого совершенствуются принципы построения радаров, их архитектура и методы обработки сигналов. Радар должен определять скорость движения объектов круглосуточно и при любых погодных условиях.

Антенна является основным компонентом радиолокационной системы и технические характеристики антенны должны быть оптимизированы для конкретного применения. Микрополосковую антенную решетку целесообразно использовать в данном исследовании из-за ее направленных свойств и относительно узкой ширины диаграммы [2].

Антенна должна иметь наклонную диаграмму направленности излучения, поскольку она располагается на высоте дорожного знака, в направлении наблюдения транспортного средства.

В данной статье представлена конструкция микрополосковой антенны, а также результаты ее математического моделирования.

3. Принцип работы микрополосковой антенны

Когда микрополосковый излучатель (патч) возбуждается в точке питания, распределение заряда устанавливается между плоскостью заземления и нижней частью патча. Под ним имеется положительный заряд, а плоскость заземления заряжена до отрицательного, и из-за этого между патчем и плоскостью заземления создаются силы притяжения. Общий анализ патча рассматривает его как резонансную полость с металлическими (электрическими) стенками и плоскостью заземления и магнитными или импедансными стенками по краям. Совпадение импеданса происходит, когда патч находится в резонансе. Антенна может достигать максимальной эффективности при идеальном согласовании ее импеданса с подводящим трактом. Линии поля однородны по ширине, а синусоидально изменяются по длине (Рис.1). Ток максимален в центре патча, в то время как электрическое поле максимально на двух излучающих краях. В отличие от патча, обычная линия передачи излучает меньше энергии, потому что поля на краях совпадают с соседними противодействующими полями [3].

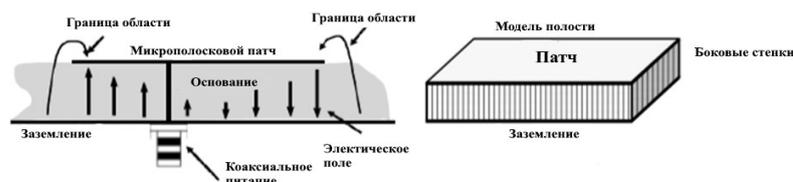


Рис. 1. Микрополосковый патч: механизм излучения и модель резонатора

4. Конструкция излучающего элемента

Для исследования использована микрополосковая антенна с параметрами:

W (ширина излучателя) = 40 мм, L (длина излучателя) = 35 мм, d (глубина (длина) врезки) = 3 мм, L_f (длина микрополосковой линии передачи), W_f (ширина микрополосковой линии подачи) – произвольное, W_e (расстояние от угла патча до зазора с линией передачи) – произвольное (Рис.2). Материал подложки Rogers ТММ3 выдерживает требуемую высокую температуру.

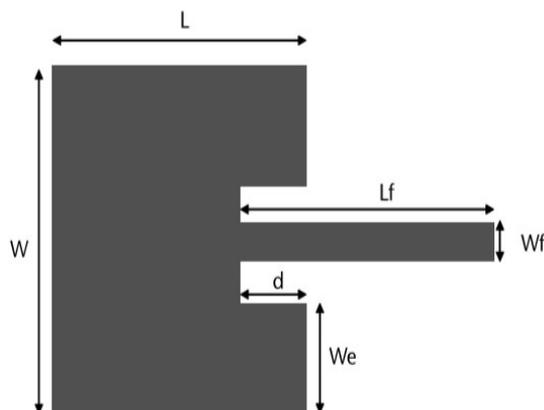


Рис. 2. Конструкция излучающего элемента

Для исследования выбрана плоская микрополосковая антенная решетка 3×8 элементов, в которой формируется достаточно узкая диаграмма направленности в обеих плоскостях с более узким лучом в плоскости Н (8 элементов).

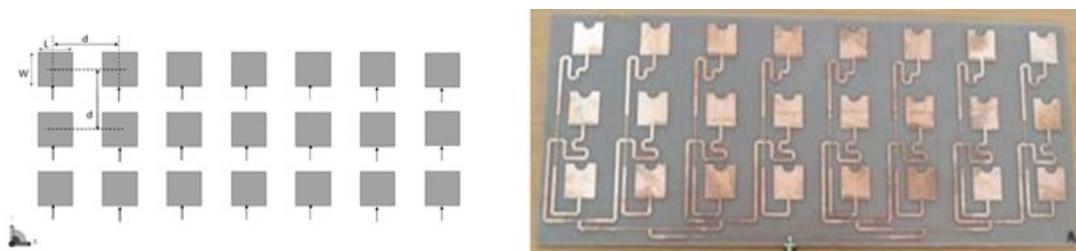


Рис. 3. Микрополосковая антенная решетка 3×8 элементов

Одиночный элемент антенны представляет собой прямоугольный излучатель с полукруглой прорезью и врезкой. Формирование направления главного луча может быть получено путем обеспечения питания решетки с разностью фаз, которая представлена разностью длин питающих линий между рядами. Одно из требований к антенной системе является смещение главного максимума излучающего раскрыва относительно нормали, это достигается путем введения специального фазового распределения между линейками излучателей.

Технически это реализуется с помощью изменения длины питающей микрополосковой линии. Каждый участок длиной четверть длины волны в линии дает дополнительный фазовый сдвиг на 90 градусов. Специальные программы могут рассчитать длину волны микрополосковой линии для разной подложки. С помощью подбора длины микрополосковой линии можно реализовать различный фазовый сдвиг.

5. Результаты

В результате моделирования рассчитана диаграмма направленности решетки. На рис. 4 представлены главные сечения диаграммы направленности решетки в размах и в децибелах. Угол наклона относительно нормали составляет 16 градусов. Ширина главного максимума в горизонтальной плоскости 15 градусов, а в вертикальной плоскости 25 градусов. Коэффициент усиления составляет 77 раз или 19 децибел на частоте 2.45 ГГц.

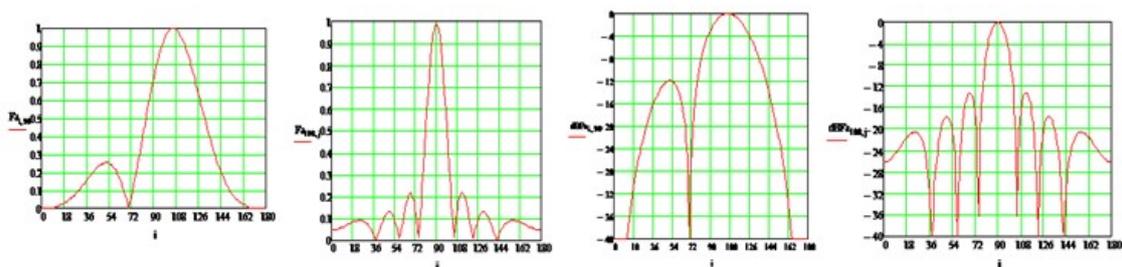


Рис. 4. Главные сечения ДН

Второй график (рис.5) представлен в контурном виде. Красная зона в центре – это область пространства в которой излучается половинная мощность.

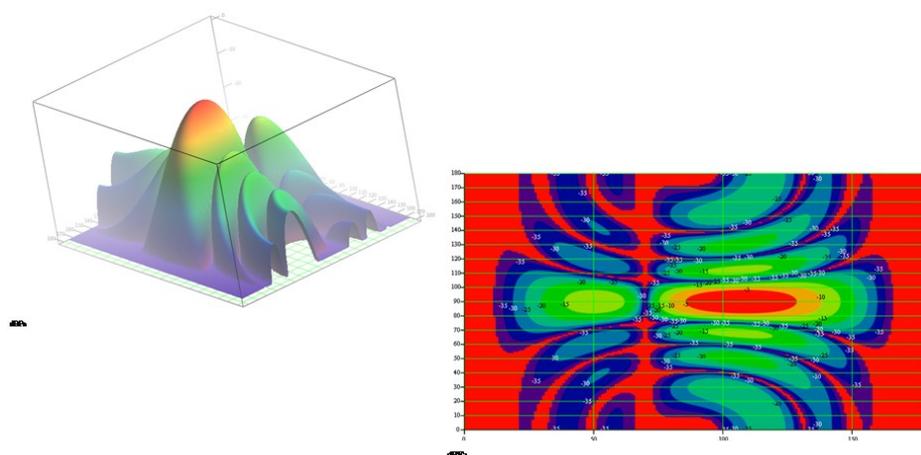


Рис. 5. Трехмерная ДН

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Clive Alabaster. Pulse Doppler Radar / Principles, Technology, Application //2012. – С. 43 – 52.
2. С.А. Balanis. Antenna Theory, Analysis and Design. Wiley Interscience // A John Wiley & Sons Inc. Publication, 2005.
3. Anil Pandey. Practical Microstrip and Printed Antenna Design // 2019. – С. 2 – 9, 27 – 48, 122 – 125.

УДК 621.372.8

THE MICROSTRIP ANTENNA ARRAY INVESTIGATION OF THE SPEED DETECTION RADAR

Ivanov Nikita Vyacheslavovich, student, e-mail nikiz2017@mail.ru

Shebalkova Lubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department,

Yushchenko Valeriy Pavlovich, full prof. of AICS Dep., e-mail

yushhenko@corp.nstu.ru

*Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623*

Abstract

The article considers a radar based on a microstrip antenna array, which is used to determine the speed of vehicles in order to reduce the number of violations of traffic rules and road vehicles

Keywords

Radar; измерение скорости; microstrip antenna; microstriparray; traffic safety

УДК 621.396.96

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОКИ ИНФОРМАЦИИ

Казанцев Денис Сергеевич, магистрант

Орлова Мария Владимировна, доцент, канд. техн. наук, доцент,

Гибин Игорь Сергеевич, доктор техн. наук, профессор

*Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23,*

Казанцев Д. С. e-mail denis-kazanchev@yandex.ru

Орлова М. В., e-mail onp_aius@mail.ru

Гибин И.С., e-mail gibin@corp.nstu.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 – В работе рассматриваются различные способы совместной обработки информации в комплексированных системах. При помощи разработанной программы исследуются характеристики обнаружения двухканальной и трехканальной комплексированных систем при различных характеристиках каналов и различных схемах вторичной обработки информации.

Ключевые слова – комплексированная система, характеристики

локационного обнаружения, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги, алгоритм обнаружения.

В настоящее время все большую актуальность приобретает проблема обнаружения объектов на фоне помех и измерения их пространственно-временных характеристик. Одним из наиболее перспективных решений является создание комплексированных систем [1], [2].

Улучшение характеристик обнаружения объектов в условиях воздействия помех возможно за счет оптимизации алгоритмов совместной обработки информации, то есть нахождения оптимальных алгоритмов, учитывающих характеристики отдельных каналов, а также все возможные условия работы системы.

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.

Алгоритм, удобный для технической реализации, приведен в [1]. Порог определяется исходя из заданного критерия оптимальности.

$$\sum_{i=1}^N \delta_i \ln \left(\frac{D_i(1-F_i)}{F_i(1-D_i)} \right) \geq \Lambda_0 \quad (1)$$

Здесь 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.

Структурная схема обнаружителя полезного локационного сигнала на фоне помех, реализующая алгоритм (1) приведена на рисунке 1 [1]. Здесь μ_1, \dots, μ_N – весовые коэффициенты, которые зависят от характеристик обнаружения каждого канала.

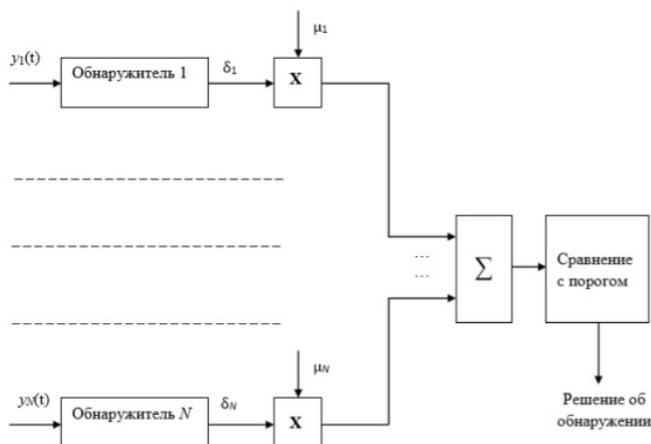


Рис. 1. Структурная схема многоканального обнаружителя с обработкой решений об обнаружении

При условии, что вероятности ложной тревоги (F) и правильного обнаружения (D) всех каналов одинаковы, характеристики обнаружения комплексированной системы можно определить по формулам (2) и (3). Результирующая вероятность правильного обнаружения для N -канальной системы определяется по формуле (2); а результирующая вероятность ложной тревоги для N -канальной системы – по формуле (3).

$$D_{рез} = \sum_{m=\Lambda_0}^N C_N^m D^m (1-D)^{N-m}, \quad (2)$$

$$F_{рез} = \sum_{m=\Lambda_0}^N C_N^m F^m (1-F)^{N-m}, \quad (3)$$

где $C_N^m = \frac{N!}{m!(N-m)!}$ - число сочетаний из N элементов по m .

Результирующая характеристика «вероятность обнаружения» определяется по формуле

$$W_{рез} = D_{рез} (1 - F_{рез}). \quad (4)$$

Для определения выигрыша в характеристиках обнаружения при применении дополнительных каналов проведены расчёты для двухканальной и трёхканальной комплексированных систем (рисунок 2) для алгоритмов принятия решения по схеме «И», по схеме «ИЛИ» и по схеме «2 канала из 3-х».

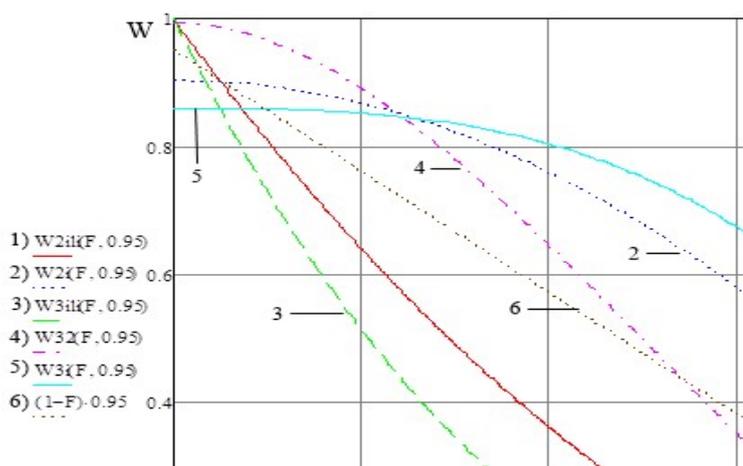


Рис. 2. Зависимость вероятности обнаружения от вероятности ложной тревоги одного канала при вероятности правильного обнаружения $D = 0.95$: 1 – обработка двухканальной системой по схеме «ИЛИ»; 2 – обработка двухканальной системой по схеме «И»; 3 – обработка трехканальной системой по схеме «ИЛИ»; 4 – обработка трехканальной системой по схеме «2 из 3-х»; 5 – обработка трехканальной системой по схеме «И»; 6 – вероятность обнаружения одним каналом

На рисунке 3 приведены зависимости результирующей вероятности обнаружения для двухканальной и трехканальной систем от вероятности

ложной тревоги при различных значениях вероятности правильного обнаружения одного канала. Используя эти графики, можно оценить качество работы системы при различных условиях. На рисунке 4 приведены графики зависимости вероятности пропуска полезного сигнала от объекта (4 а)) и вероятности ложной тревоги (4 б)) для трехканальной комплексированной системы. Из рисунка видны преимущества систем с обработкой по схеме «ИЛИ» (а) и с обработкой по схеме «И» (б).

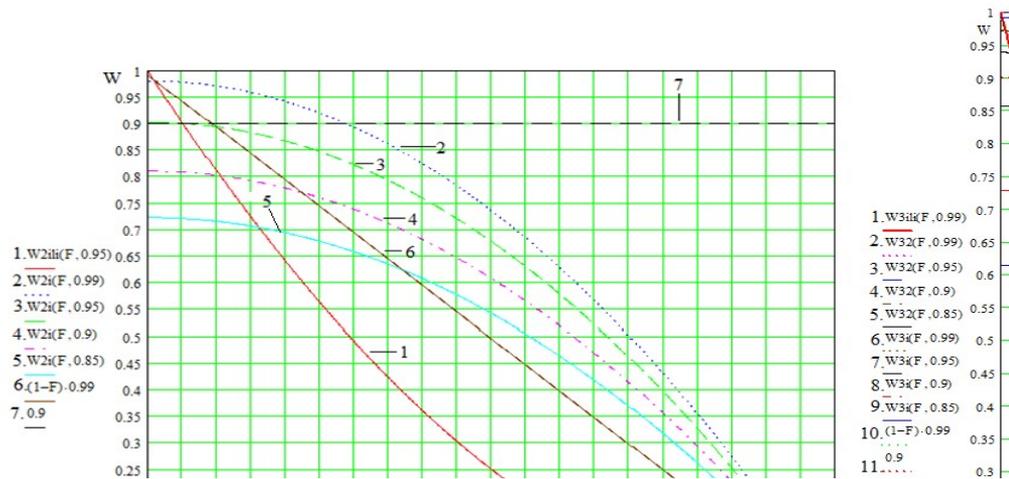


Рис. 3: а) Зависимости вероятности обнаружения двухканальной системы от вероятности ложной тревоги одного канала: 1 – обработка двухканальной системой по схеме «ИЛИ»; 2, 3, 4, 5 – обработка двухканальной системой по схеме «И» при значениях вероятности правильного обнаружения (D) одного канала 0,99, 0,95, 0,9 и 0,85 соответственно; 6 – вероятность обнаружения одного канала при $D = 0,99$; б) Зависимости вероятности обнаружения трехканальной системы от вероятности ложной тревоги одного канала: 1 – обработка трехканальной системой по схеме «ИЛИ»; 2, 3, 4, 5 – обработка трехканальной системой по схеме «2 из 3-х» при значениях вероятности правильного обнаружения (D) одного канала 0,99, 0,95, 0,9 и 0,85; 6, 7, 8, 9 – обработка трехканальной системой по схеме «И» при значениях вероятности правильного обнаружения одного канала 0,99, 0,95, 0,9 и 0,85 соответственно; 10 – вероятность обнаружения одного канала при $D = 0,99$

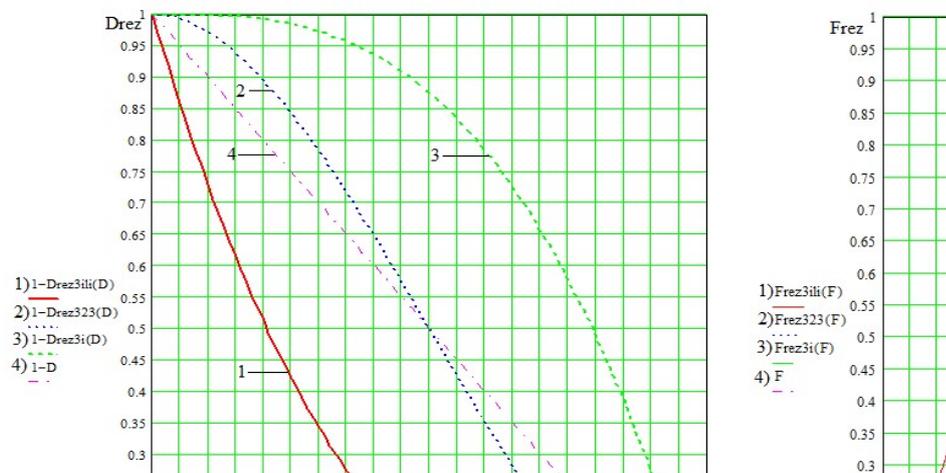


Рис. 4. а) Результирующая вероятность пропуска полезного сигнала трехканальной комплексированной системой в зависимости от значений вероятности правильного

обнаружения одного канала: 1 – принятие решения по схеме «ИЛИ»; », 2 – по схеме «2 из 3-х»; 3 – по схеме «И»; 4 – для одноканальной системы; б) Результирующая вероятность ложной тревоги для трехканальной комплексированной системы в зависимости от значений вероятности ложной тревоги одного канала: 1 – принятие решения по схеме «ИЛИ»; », 2 – по схеме «2 из 3-х»; 3 – по схеме «И»; 4 – для одноканальной системы.

Разработанная программа оценки характеристик обнаружения позволяет определить оптимальное правило обработки решений для различных условий работы системы. Результаты оценки характеристик алгоритмов обнаружения для многоканальных систем показали, что применение комплексирования обеспечивает значительный выигрыш в характеристиках обнаружения. Применение дополнительного канала (и тем более, нескольких) увеличивает стоимость системы, усложняет алгоритм принятия решения и техническую реализацию системы, однако это оправдано в тех случаях, когда одноканальная система не обеспечивает необходимые показатели локационного обнаружения. Целесообразность применения дополнительных каналов необходимо оценивать для каждой конкретной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сосулин Ю.Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992. – 304 с.
2. Черняк В.С. Многопозиционная радиолокация. – М.: Радио и связь, 1993.
3. Орлова М.В. Обработка сигналов в комплексированных системах ближней локации: Учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2007. – 76 с.

INVESTIGATION OF THE SECONDARY INFORMATION PROCESSING COMPLEX LOCATION SYSTEM DETECTION CHARACTERISTICS

*Denis S. Kazantsev, Master's Degree student, denis-kazanchev@yandex.ru
Maria V. Orlova, Associate Professor, Ph.D., Associate Professor, e-mail
onp_aius@mail.ru,*

*Igor S. Gibin, Professor, Ph.D., e-mail gibin@corp.nstu.ru
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (383)346-26-23*

Abstract – Different ways of joint signal processing in complex location systems are considered, that provide detection characteristics increasing. Complex system performance evaluation procedures are proposed to estimate detection probability gain and investigate complex system probability characteristics for various characteristics of the channels-components and for various ways of complex processing.

Keywords: complex location system, multi-channel system, detection characteristics, probability of correct detection, false alarm probability, complex location system advantages, detection probability gain.

К ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Калашников Павел Викторович

Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия,
Владивосток, ул. Радио, д. 5

Калашников П. В., email pkalash_89@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Калашников Павел Викторович, Институт
автоматики и процессов управления ДВО РАН, 690041, Россия, Владивосток,
ул. Радио, д. 5, тел. 8(924)2476253

Аннотация. В работе описывается математическая модель управления рисками, возникающими в процессе функционирования сложных технических систем ответственного назначения в условиях неполноты и неопределенности информации о параметрах и фазовом состоянии. Целью исследования является разработка индивидуальной оптимальной стратегии управления рисковыми событиями, возникающих в ходе работы сложных технических систем, предполагающей минимизацию величины ущерба, связанного с рисками, а также наименьший размер затрат, возникающих в связи с профилактическими и контрольно-измерительными работами в течение всего периода эксплуатации. Научная новизна предлагаемого подхода заключается в применении статистики интервальных данных, позволяющих наиболее точно учитывать возможные погрешности, связанные с замерами значений параметров изучаемых технических систем на всех этапах контроля.

Ключевые слова: управление рисками; статистика интервальных данных; сложная техническая система ответственного назначения

Введение

Функционирование сложных динамических систем в различных областях техники и экономики связано с наличием нештатных ситуаций, аварий, отказов, а также нарушением нормальной работы отдельных организационных структур, отраслей производства, что в свою очередь причиняет ущерб народному хозяйству и населению. Основные подходы к теории риска в технических системах описаны в работах [1-5].

Величина риска, возникающего в ходе функционирования технических систем, задается соотношением

$$R = P_r \cdot B, \quad (1)$$

где

R- величина риска, возникающего в ходе функционирования технической системы

P_r — вероятность наступления рисковогo события

V — величина ущерба, при возникновении рисковогo события.

Рассматриваемые величины размера ущерба и вероятности наступления рисковогo события являются функциями времени t . Под риском, как правило, понимается случайная величина вида (T_R, V) , где T_R - момент времени, в который происходит рисковогое событие (отказ в работе оборудования, авария, катастрофа). Подход, основанный на применении стандартного аппарата теории вероятности и математической статистики при управлении рисками, возникающими в ходе функционирования сложных уникальных систем ответственного назначения, является неэффективным, так как не учитывает индивидуальные особенности каждой конкретной системы, а также не дает надежных результатов и статистических оценок в условиях недостатка, неполноты и нечеткости информации о параметрах и фазовом состоянии рассматриваемых объектов.

Для решения вышеозначенных проблем применяется концепция функционально-параметрического подхода к управлению надежностью сложных систем, описанная в работах [6-10]..

Функционально-параметрический подход в контексте теории техногенных рисков ориентирован на решение задачи прогнозирования изменения значений параметров рассматриваемой системы, а также определение оптимальной стратегии профилактических мероприятий, которая позволяет с минимальными затратами реализовать комплекс мер по оценке состояния и корректировке работы узлов и агрегатов, обеспечивающих безотказное функционирование объекта в течение всего периода его эксплуатации.

Задача управления рисками при эксплуатации технических систем в общем случае заключается в определении комплекса профилактических мероприятий и поиске оптимальных управляющих воздействий на параметры системы, позволяющих минимизировать ущерб, связанный с реализацией рисковогo события.

Математическая модель управления рисками при функционировании сложных технических систем в условиях интервальной неопределенности

Предположим, что состояние рассматриваемой технической системы S задается набором параметров $s=(s_1, \dots, s_m)$ в течение периода эксплуатации $[0, T]$. Рассмотрим задачу управления рисками для случая дискретного контроля, проводимого в моменты времени $t_k, k=0, \dots, n$, $T = t_n - t_0$. Область работоспособности для параметра номер j рассматриваемого объекта в момент времени t_k задается соотношением

$$\underline{s_{jk}} \leq s_{jk} \leq \overline{s_{jk}} \quad (2)$$

Данные значения параметров определяют возможное отклонение от расчетных номинальных значений, при котором система продолжает

функционировать в штатном режиме.

Вектор состояния системы в момент времени t_k , $k=0, \dots, n$ имеет вид

$$s(t_k) = (s_1(t_k) \dots s_m(t_k)) \quad (3)$$

Если значение параметра системы номер j в момент времени t_k выходит за пределы области заданной соотношением (3), то имеет место реализация рискованного события, связанного с наличием отказа.

Затраты c_k на проведение технического обслуживания системы в момент времени $t_k \in T$ задаются соотношением

$$\underline{c}_{jk} \leq c_{jk} \leq \overline{c}_{jk} \quad (4)$$

Общая величина затрат C , связанная с проведением контрольно-измерительных и профилактических мероприятий, рассчитывается на основе соотношения

$$C = \sum_{i=0}^n c_k = [\underline{c}, \bar{c}] \quad (5)$$

$$\underline{c}_j \leq C \leq \bar{c}$$

Стратегия управления рисками предполагает разработку комплекса управляющих воздействий на параметры системы, применяемого на основе результатов контрольно-измерительных мероприятий и прогноза изменения состояния системы, который минимизирует величину затрат на техническое обслуживание системы а также обеспечивает минимальный ущерб, связанный с отклонением значений параметров системы от номинальных значений.

Вектор управляющих воздействий на параметры системы в течение периода эксплуатации $[0, T]$ имеет вид

$$u = (u_1, \dots, u_r) \quad (6)$$

Множество значений управляющего корректирующего воздействия номер j на параметры системы в момент времени t_k , $k=0 \dots n$ задается соотношением

$$\underline{u}_{jk} \leq u_{jk} \leq \overline{u}_{jk} \quad (7)$$

Данные значения управляющих воздействий определяют возможные варианты выбора стратегии управления рисками. при соответствующем отклонении параметров технической системы от расчетных номинальных значений для обеспечения минимизации величины ущерба и затрат на эксплуатацию при прохождении всех окон контроля.

Вектор управляющих воздействий в момент времени t_k , $k=0, \dots, n$ имеет

вид

$$u(t_k) = (u_1(t_k) \dots u_r(t_k)) \quad (8)$$

Обозначим через $B_k = B_k(s(t_k), s(t_{k+1}), u(t_k), t_k)$ величину потерь, связанную с выбранной стратегией управления рисками в момент времени t_k . Тогда оптимальное управление $u^*(t_k)$, приводящее к минимальным потерям в ходе эксплуатации технической системы определяется для момента времени t_k на основе соотношения

$$B_k(s(t_k), s(t_{k+1}), u^*(t_k), t_k) \leq B_k(s(t_k), s(t_{k+1}), u(t_k), t_k) \quad (9)$$

Оптимальная стратегия управления рисками состоящая в выборе последовательности управляющих воздействий на параметры системы, которые минимизируют размер ущерба при реализации рискованного события, а также величину затрат на профилактические и контрольно-измерительные работы может быть найдена как решение задачи

$$J = \sum_{k=0}^{n-1} B_k(s(t_k), s(t_{k+1}), u(t_k), t_k) \rightarrow \min \quad (10)$$

$$\sum_{k=0}^n c_k = C \rightarrow \min \quad (11)$$

Выводы

В ходе проведенной работы рассмотрены основные подходы к управлению рисками при эксплуатации сложных технических систем ответственного назначения, а также разработана математическая модель, позволяющая осуществлять выбор оптимальной стратегии контроля и корректировки значений параметров такого вида систем в условиях интервальной неопределенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский, В. А. Теория техногенного риска: математические методы и модели: моногр. / В. А. Острейковский ; Сургут. гос. ун-т ХМАО-Югр. – Сургут : КЦ СурГУ, 2013. – 320 с.
2. Острейковский, В. А. Количественная оценка риска в теории техногенной безопасности сложных динамических систем / В. А. Острейковский, // Итоги науки. Т.1. Избранные труды международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. – М. : РАН, 2013. – Гл. 2. – С. 12–31.
3. Муравьев, И. И. Модели оценки фактора времени в теории техногенного риска динамических систем / И. И. Муравьев, В. А. Острейковский, Е. Н. Шевченко // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 24–27.
4. Королев В.Ю. Математические основы теории риска: Учеб. Пособ. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 544 с.

5. Острейковский В.А. О некоторых классах моделей риска в теории техногенной безопасности // Надежность и качество. Тр. Междунар. Симпозиума: в 2 т. / под ред. Н.К.Юркова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – 1 т. – с.46 – 49.
6. Абрамов О.В. Анализ и прогнозирование техногенных рисков // Информатика и системы управления. - 2012. - № 3. - С 97---105.
7. Абрамов О.В. К проблеме предотвращения аварий технических объектов ответственного назначения // Надежность и качество сложных систем. - 2013. - № 1. - С 11---16.
8. Абрамов О.В. Об оценке вероятности наступления рисковогого события: функционально-параметрический подход // Надежность и качество сложных систем. - 2016. - № 1. - С 24---31.
9. Абрамов О.В. Функционально-параметрическое направление теории рисков:возможности и перспективы // Вестник ДВО РАН. - 2016. - № 4. - С 96--101.
10. Абрамов О.В. Мониторинг и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения // Информатика и системы управления. - 2011. - № 2. - С 4---15.
11. Тихонов В.И., Хименко В.И. Выбросы траекторий случайных процессов. М.: Наука, 1987. 304 с.
12. Переверзев Е.С. Модели накопления повреждений в задачах долговечности. Киев, Наукова Думка, 1995. 354 с.
13. Пузикова Д.А. Об интервальных методах статистической классификации // Наука и технология в России. 1995. № 2(8). С. 12–13.
14. Орлов А.И. Пути развития статистических методов: непараметрика, робастность, бутстреп и реалистическая статистика // Надежность и контроль качества, 1991. № 8. С. 3–8.
15. Воцинин А.П. Метод оптимизации объектов по интервальным моделям целевой функции. — М.: МЭИ, 1987. —109 с.

THE PROBLEM OF RISK CONTROL IN THE OPERATION OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS OF RESPONSIBLE PURPOSE

Kalashnikov P.V., email pkalash_89@mail.ru

Institute for Automation and Control processes, Far Eastern Branch of Russian
Academy of Sciences, 690041, Russia, Vladivostok, 5 Radio Street

Abstract. The paper describes a mathematical model for control risks arising in the course of the operation of complex technical systems of responsible purpose in the context of incompleteness and uncertainty of information about parameters and phase state. The aim of the study is to develop an individual optimal strategy for control risk events arising during the operation of complex technical systems, involving minimization of the magnitude of damage associated with risks, as well as the smallest amount of costs arising from preventive and control and measurement work during the entire period of operation. The objectives of the study are to build a

mathematical model of risk management in the operation of complex dynamic technical systems of critical purpose in the conditions of interval uncertainty about parameters and phase state, as well as the development of methods for individual forecast of the state change of the considered class of systems. The scientific novelty of the proposed approach consists in the application of statistics of interval data, which make it possible to most accurately take into account possible errors associated with measuring the values of parameters of the technical systems under study at all stages of control.

Key words: risk management, interval data statistics, complex technical responsibility system

УДК 621.396.677.3

МИКРОПОЛОСКОВЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ ДЛЯ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ

Коваленко Александр Сергеевич¹, аспирант; Заречнева Валентина Андреевна¹, аспирант; Канцырев Антон Иванович, аспирант¹

¹Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (913)005-48-19

^{1,2}Акционерное общество «Научно-исследовательский институт электронных приборов», 630005, г. Новосибирск, ул. Писарева, 53
научный руководитель: руководитель группы Отдела НИР АО «НИИЭП», старший преподаватель НГТУ Шебалкова Любовь Васильевна^{1,2}

Коваленко А.С., email: rockstaaaz@yandex.ru

Канцырев А.И., e-mail: kak6ekonoos@gmail.com

Заречнева В.А., e-mail: fand9v@gmail.com

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Адрес для корреспонденции: Шебалкова Любовь Васильевна, Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23

Аннотация

В данной работе рассматриваются моделирование и перспектива применения линейно-поляризованной микрополосковой антенной решетки (МΠΑР), работающей в К-диапазоне, для применения в автомобильном радиолокаторе. Решётка была смоделирована и оптимизирована с помощью электродинамического моделирования. Полоса пропускания составила 500 МГц с центральной частотой 24 ГГц. Максимальный коэффициент усиления 35.62 дБ, ширина диаграммы направленности по уровню половинной мощности составляет 12.9°, уровень боковых лепестков не превышает минус 11.6 дБ

Ключевые слова: Микрополосковая антенная решетка, автомобильный радар, направленная антенна

МПАР широко используются в системах коммуникации и микроволновых датчиках. Основной задачей при проектировании бортовой и встроенной аппаратуры является снижение массогабаритных характеристик, поэтому целесообразно применение микрополосковой антенной системы.

Автомобильные радиолокаторы классифицируются на 3 типа: локаторы дальнего, среднего и малого радиуса действия (LRR, MRR, SRR, соответственно).

Системы дальнего радиуса действия как правило устанавливаются на передней части автомобиля для обнаружения объектов на расстоянии до 250м впереди, в то время, как системы малого радиуса действия используются для обнаружения объектов на расстоянии до 30м. Системы дальнего радиуса проектируются таким образом, чтобы диаграмма направленности (ДН) была более узкой, в то время, как системы ближнего действия используют широкий луч ДН.

Представленная в работе антенная решётка обладает высоким коэффициентом усиления и узкой полосовой пропускания, что делает возможным её использования в системах дальнего и среднего действия. Последовательная подача питания на излучатели постепенно уравнивает небольшие порции энергии к отдельным излучателям, расположенным вдоль центральной линии передачи. Так как антенна находится в разомкнутом контуре, структура представляет собой резонансную антенную решетку. Структура решетки имеет присущий её типу фазовый сдвиг на 180° в излучаемых полях между соседними элементами, следовательно, расстояние между ними в половину длины волны создает луч антенны [3]. Форму ДН представленной антенны можно изменять путем регулировки угла между линией питания и излучателем в диапазоне от 45° до 90° [4]. Расстояние между излучателями составляет примерно половину длины волны.

Преимуществами МПАР являются чрезвычайно малые габариты (размер одного излучателя $\approx \lambda/2$), возможность монтирования на изогнутые поверхности[1] и помещения антенны в корпус устройства. МПАР могут быть изготовлены процессом травления, что значительно снижает стоимость производства.

Недостатками МПА являются относительно узкая полоса пропускания, а также большие вносимые омические потери, по сравнению с другими типами антенн. Эти потери в основном происходят в подложке и металлическом напылении микрополосковой линии (МПЛ). Потери мощности могут быть минимизированы с помощью применения подложек с низким уровнем потерь[2].

Материалом для изготовления МПА является диэлектрическая подложка с металлическим напылением. Модель подложки следует выбирать исходя из рабочей частоты МПА. Основной сложностью при изготовлении МПА КВЧ диапазона является требование к высокой точности изготовления, т.к. ширина МПЛ лежит в диапазоне десятых долей миллиметра.

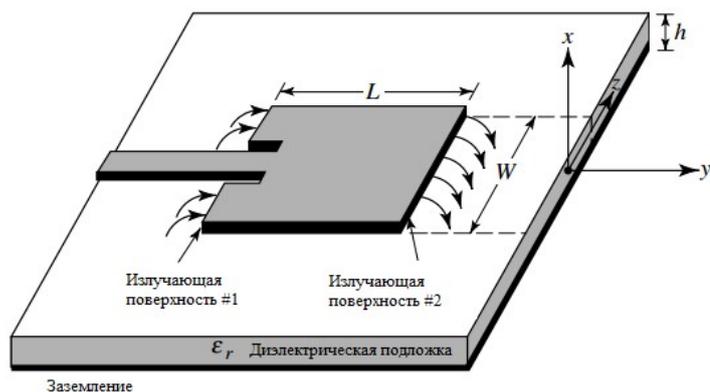


Рис.1. Пример строения одиночного полоскового излучателя

В качестве технического решения предлагается МПАР, полученная с помощью электродинамического моделирования. Использована подложка Rogers5870/Duroid ($\epsilon_r = 2.33$, $\delta = 0.00085$). Коэффициент стоячей волны по напряжению составляетне более 2 в полосе частот ± 500 МГц, ширинадиаграммы направленности (ДН) 12.9° , уровнем боковых лепестков - 11.6 дБ.

На рис. 2 представлена топология МПАР, габаритные размеры платы 6.9x60x0.508 мм.

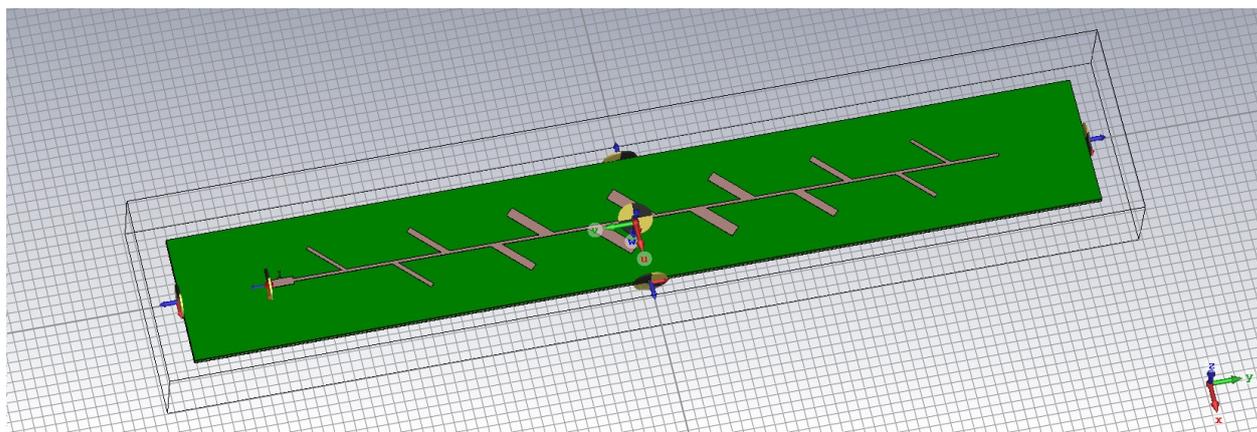


Рис.2. Модель МПАР

На рис. 3 показан график коэффициента стоячей волны по напряжению. Коэффициент стоячей волны по напряжению на частоте 24 ГГц равен 1.06.

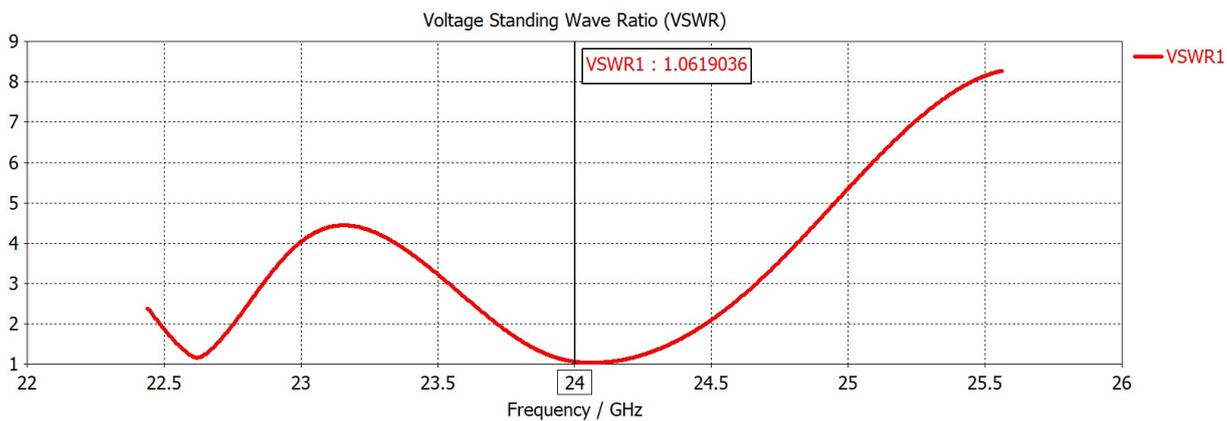


Рис.3. Коэффициент стоячей волны по напряжению

На рисунках 4 и 5 показаны главное сечение ДН и ее трехмерное представление. На рис. 6 можно увидеть значения КПД антенны в полосе частот, которое достигает 89% (-0.502 дБ)

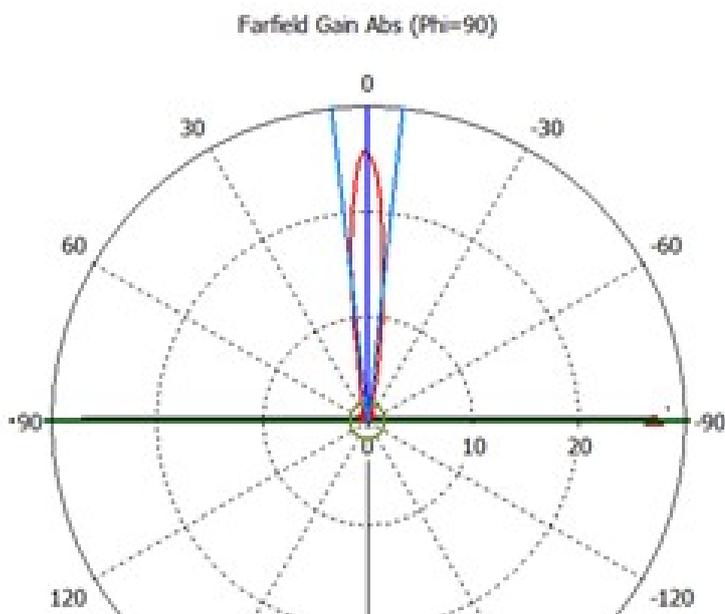


Рис. 4. Главное сечение ДН МПАР.

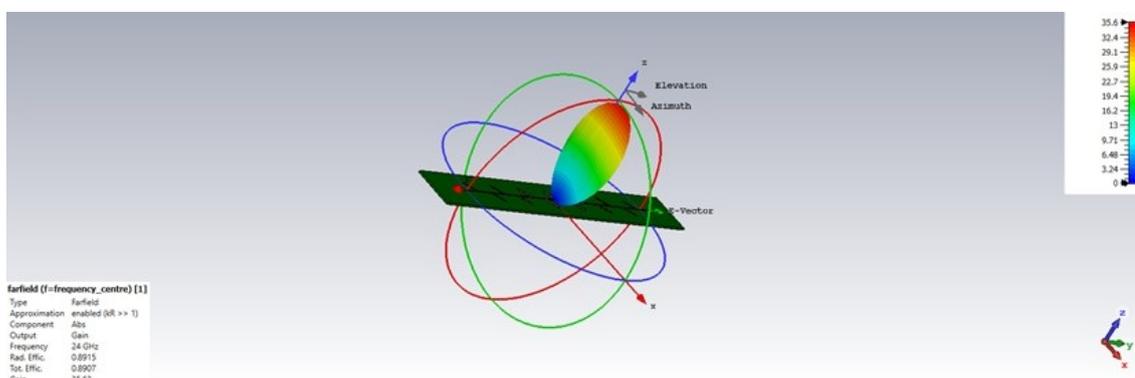


Рис. 5. Трехмерное представление ДН

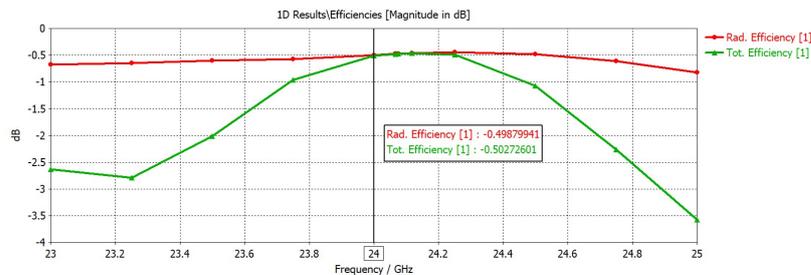


Рис.6. КПД антенны.

Полученная в результате моделирования антенная решётка удовлетворяет необходимым параметрам для эффективной работы и может быть использована в системах предупреждения лобовых столкновений, автоматического экстренного торможения и адаптивного круиз-контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Constantine A. Balanis *Antenna Theory: Analysis and Design*, 3rd Edition. – Hoboken, New Jersey: Wiley, 2005.
2. A. G. Derneryd, Linearly Polarized Microstrip Antennas, *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-24, No. 6, pp. 846–851, November 1976
3. D. Wu, "76-81 GHz Planar Antenna Development and Utilization for Automotive Radar Applications," M.S. thesis, Dept. of Microtechnology and Nanoscience, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, 2016.
4. R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip antenna design handbook*. Boston, MA: Artech House, 2001.

MICROSTRIP ANTENNA ARRAYS FOR MACHINE VISION RADAR

Kovalenko Alexander Sergeevich, postgraduate student, e-mail: rockstaaaz@yandex.ru

Zarechneva Valentina Andreevna, postgraduate student, e-mail: fand9v@gmail.com

Kantsirev Anton Ivanovich, postgraduate student, e-mail: kak6ekonoos@gmail.com

Scientific adviser: Shebalkova Lyubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department, e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)346-26-23

Abstract

This thesis deals with simulation and prospects of application of linearly polarized microstrip antenna array, operating in K-band, for use in automotive radar. Patch array has been simulated and optimized by electrodynamic modeling. The bandwidth amounted to 500 MHz with a central frequency of 24 GHz. The maximum gain is 35.62 dB, width of the main lobe of the radiation pattern is 12.9°, and the side lobes level does not exceed -11.6 dB

Keywords: Patch antenna array, stub antenna, automotive radar, directed antenna

УДК 621.372.8

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ SIW АНТЕНН В СИСТЕМАХ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ

*Леонтьева Виктория Александровна студент; Щербаков Дмитрий
Игоревич студент; Шебалкова Любовь Васильевна старший
преподаватель*

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

Леонтьева В.А., e-mail vi.leonteva@icloud.com

Щербаков Д.И., e-mail dimitrius.shcherbacov2017stud@gmail.com

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

*Адрес для корреспонденции: Шебалкова Любовь Васильевна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23*

Аннотация

В работе представлено описание перспектив развития SIW технологий в системах ближней локации на примере уже существующих антенн. Благодаря своим компактным размерам и малому весу SIW-антенны можно применять в борту летательных аппаратов и в переносных системах локации.

Ключевые слова: Интегрированный волновод, Substrate Integrated Waveguide, ближняя локация.

1. Введение

Стандартные антенные решетки могут быть очень дорогими из-за высокой точности, требуемой при их производстве. Кроме того, из-за использования стандартного прямоугольного волновода, антенная решетка получается громоздкой и объемной и не подходит для монолитной интеграции с двухслойными микроволновыми схемами. Поэтому в последние годы активно развивается направление по разработке антенн на основе SIW структур.

Волновод, интегрированный в подложку – Substrate Integrated Waveguide (SIW) представляет собой линию передачи, созданную двумя рядами металлических межслойных переходов, которые обеспечивают электрическое соединение двух параллельных металлических пластин, ограничивающих диэлектрическую подложку.

2. Описание перспектив применения

Для более подробного описания данной темы будет рассмотрено несколько видов антенн, выполненных по технологии SIW.

Первая антенна SIW основана на совмещении 16-ти и 36-ти щелевых больших интегральных схем. Обе решетки имеют равномерное амплитудное распределение на щелях и работают на частоте 60 ГГц. RT Duroid 5880 с диэлектрической проницаемостью 2,2 использовали для всех слоев подложки.

Данные антенны компактны и перспективны для различных приложений с частотой 60 ГГц, в частности, для сверхскоростных беспроводных сетей и радаров малого радиуса действия миллиметрового диапазона (рис.1) [5].

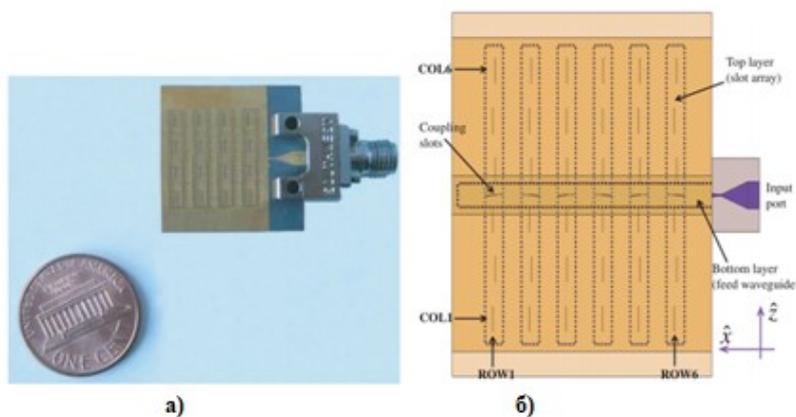


Рис.1. Конструкция антенн щелевых антенн: а) 16-ти щелевая антенна (размерность - 4x4); б) 36-ти щелевая антенна (размерность - 6x6).

Второй вид – это антенна бегущей волны. Она позволяет использовать одно из основных свойств интегрированного волновода – излучение части проходящей СВЧ мощности в момент, когда продольное расстояние между металлизированными отверстиями достаточно велико. Существует модифицированный излучатель Вивальди, который состоит из двойной V-образной щелевой антенны с линейным плавным волноводным переходом, с центральной частотой в 36 ГГц (рис.2) [1,2].

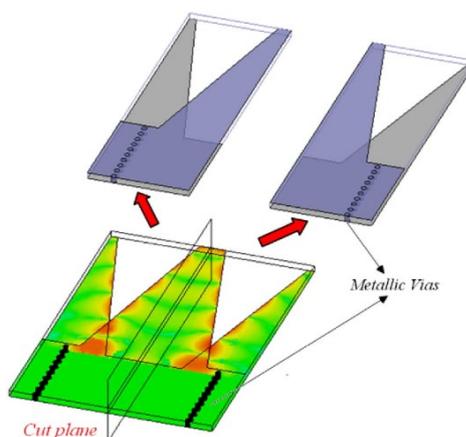


Рис.2. Конструкция двойной V-образной щелевой антенны с линейным плавным волноводным переходом

Существует антенны вытекающей волны, которые представляют собой решётку из нерезонансных поперечных щелей, которые близко расположены друг к другу и имеют малое сопротивление основной волне и, как следствие, малый уровень излучаемой мощности на отдельном элементе (рис. 3).

Рис. 2. Функции распределения амплитуды и фазы вытекающей волны

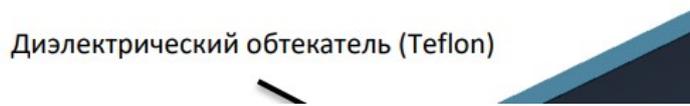


Рис.3. Конструкция антенны вытекающей волны с диэлектрическим обтекателем

Принцип работы антенн вытекающей волны базируется на излучении быстрых (вытекающих) волн, фазовая скорость которых выше скорости света. Отличительной особенностью таких антенн является то, что направление главного лепестка отклонено от нормали и зависит от постоянной распространения, частоты и длины излучающей структуры, поэтому возможно осуществление частотного сканирования луча в определенном секторе пространства. Главное преимущество антенн вытекающей волны – это отсутствие дифракционных максимумов, малый уровень боковых лепестков, возможное обеспечение широкой полосы и относительная простота достижения высоких показателей коэффициента усиления. Они применимы в системах с наклонным излучением, предъявляющих требования к аэродинамике и конформности антенн, например: радиолокационных системах безопасности транспорта, системах навигации [4].

Поэтому, обладая относительно небольшими габаритными размерами и малым весом, антенны на основе SIW могут применяться для решения радиолокационных задач.

3. Описание перспектив применения

Основное направление разработок – это применение новых материалов и различных технологий для изготовления SIW компонентов. Освоение LTCC (низкотемпературная совместно обжигаемая керамика) или HTCC (высокотемпературная совместно обжигаемая керамика) откроет совершенно новые варианты применения SIW структур. Использование этих технологий позволит изготавливать 3D-компоненты SIW, которые могут добавить дополнительную гибкость при проектировании и привести к новым решениям с более высокой производительностью. Дополнительные материалы, такие как смарт-материалы, оптико-электронные материалы, а также наноструктурированные материалы будут играть важную роль в разработке и развитии инновационных схем и систем SIW.

Наиболее перспективные направления исследований связаны с методом System-on-Substrate (система на подложке). В настоящее время производство микроволновых схем основывается на системах System-in-Package (системы в пакете). Часть цепи интегрируется в комплект микросхем, который может содержать генераторы, смесители, усилитель с низким уровнем шума. Другая часть цепи, как правило, встраивается в печатные планарные структуры (микрорешетчатые или компланарные линии передачи) и включает в себя

усилители мощности, селективные фильтры, антенны. В итоге, все компоненты устанавливаются на одной плате. Использование микрополосковых или компланарных линий передачи удобно в диапазоне ниже 30 ГГц, но при более высоких частотах растут потери и помехи между соседними цепями. В связи с этим для систем миллиметрового диапазона волн необходимы альтернативные технологии изготовления[3].

4. Вывод

Особенностью SIW волноводов является то, что они сохраняют большинство преимуществ классических волноводов при малых габаритных размерах – большая передаваемая мощность, малые потери, полностью экранированная структура, высокая добротность резонаторов; приобретая при этом особенности планарных структур – малые размеры и вес, низкая стоимость производства. Одно из главных преимуществ этой технологии – это возможность интегрировать все компоненты на одной подложке, включая пассивные компоненты, активные элементы и даже антенны. Такие антенны можно с легкостью установить в корпуса летательных аппаратов, ракет, автомобилей и других объектов, фактически не влияя на их масса-габаритные, аэродинамические, радиолокационные и другие характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yan L., Hong W., Hua G., Chen J., Wu K., Cui T. J., "Simulation and experiment on SIW slot array antennas", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, 2004, vol. 14, no. 9, pp. 446-448
2. Cheng Y. J., Hong W., Wu K. "Design of a monopulse antenna using a Dual V-Type Linearly Tapered Slot Antenna (DVL TSA)", IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 2008, vol. 56, no. 9, pp. 2903–2909
3. Bozzi M., Perregrini, Wu K., Arcioni P., "Current and future research trends in SIW technology", Radioengineering . – 2009. – №2, том 18. – с.201–209
4. Дементьев А.Н., Козловский И.Б., Колесников С.М., Абышев С.В., Романов А.А. Антенна вытекающей волны на основе интегрированного волновода на подложке с поперечными щелями; Материалы международной научно-технической конференции. Москва. 2015. С.250-255.
5. A. Bakhtafrooz, A. Borji, D. Busuioc, and S. Safavi-Naeini, "Novel Two-Layer Millimeter-Wave Slot Array Antennas Based on Substrate Integrated Waveguides", Progress In Electromagnetics Research, Vol. 109, 475-491, 2010.

PROSPECTS FOR USING SIW ANTENNAS IN NEAR-FIELD SYSTEMS

Leontieva Viktoria Alexandrovna, student, e-mail: vi.leonteva@icloud.com

Shcherbakov Dmytriy Igorevich, student, e-mail:

dimitrius.shcherbacov2017stud@gmail.com

Shebalkova Lyubov Vasilevna, assist. prof. of AICS Department, e-mail:

shebalkova@corp.nstu.ru

*Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623*

Abstract

This article describes the SIW technologies development prospects in near-field systems by existing antennas example. Due to its compact size and low weight, SIW antennas can be used on Board aircraft and in near range location systems

Keywords: SIW waveguide, SIW structure, near range location

УДК 621.372.8

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ SIW АНТЕНН

Мельников Александр Николаевич, студент; Теслина Яна Александровна, студентка; Эдавник Валерий Григорьевич, канд. техн. наук, чл.-корр. РАРАН, зав. кафедрой АИУС

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

Мельников А.Н., e-mail amelnikov99@mail.ru

Теслина Я.А., e-mail teslina.yana@mail.ru

Эдавник В.Г., e-mail niiep2@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Мельников Александр Николаевич,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23

Аннотация

В работе представлено описание технологии SIW и методов изготовления SIW антенн, имеющих экономическую целесообразность для массового производства

Ключевые слова: Диэлектрический волновод; Substrate Integrated Waveguide; PrintedCircuitBoard технология; LTCC технология; толсто пленочная технология

1. Введение

Разработка современных радиотехнических систем, используемых в технике радиосвязи, радиолокации, оборонных областях радиоэлектроники, требует новых принципов построения устройств и антенн, уменьшения их массогабаритных параметров, обеспечивая широкополосность, надежность и многофункциональность. В последние годы разработчиков СВЧ устройств и антенн всё больше привлекает технология, получившая название SIW–технология. Технология SIW позволила инженерам использовать передачу с низким уровнем потерь в прямоугольном волноводе в пределах подложки. Таким образом, непланарный прямоугольный волновод может быть изготовлен в планарной форме с применением существующих технологий производства, например, в виде печатных плат или керамики с низкой температурой обжига (LTCC).

2. Сущность технологии SIW

Технология интегрирования волновода в подложку - Substrate Integrated Waveguide (SIW) является наиболее перспективной для реализации интегральных схем и систем в сантиметровом и миллиметровом диапазоне длин волн в ближайшем будущем. Данная технология подходит для беспроводных сетей, датчиков изображения, автомобильных радаров и биомедицинских устройств. Работоспособность и производительность этих систем во многом зависят от наличия в них экономически эффективных технологий, делающих пригодными эти системы для массового производства.

В основу SIW положена плоская диэлектрическая подложка с верхним и нижним слоями металла и с металлизированными отверстиями или металлическими штырями на боковых стенках волновода. В связи с этим, SIW структура обеспечивает компактность устройства, низкие потери и является экономически выгодной для объединения активных схем, пассивных компонентов и излучающих элементов на одной подложке.

2. Технология SIW

Интегрированный в подложку волновод изготавливается из фольгированного СВЧ диэлектрика с периодической структурой сквозных отверстий. Прямоугольный волновод создается в пределах подложки, благодаря двум металлическим пластинам и рядам металлизированных сквозных отверстий или металлических штырей, соединяющих пластины. Другими словами, SIW является диэлектрически заполненным прямоугольным волноводом с уменьшенной высотой (по сравнению с общепринятым соотношением ширины к высоте 2:1). Уменьшение высоты не является проблемой, так как она только уменьшает волновое сопротивление (за счет увеличения соотношения емкость/длина) [1].

На рисунке 1 показан интегрированный в подложку волновод с периодическими металлизированными сквозными отверстиями. Интегрированный в подложку волновод может в значительной степени сохранить преимущества стандартного прямоугольного волновода, такие как высокая добротность и высокая передаваемая мощность [2].

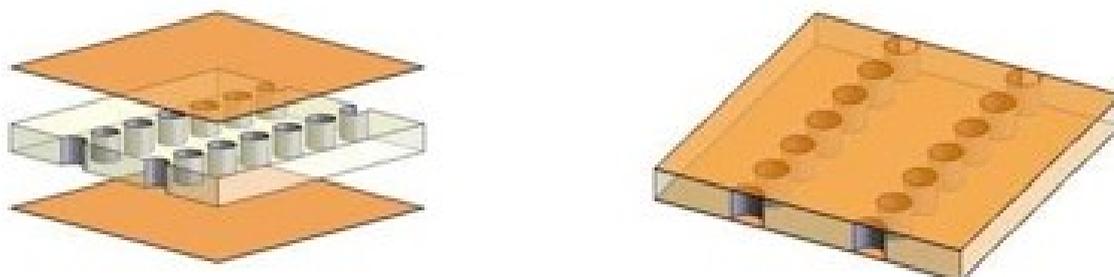


Рис.1. Интегрированный в подложку волновод

Интегрированный планарный метод является надежным вариантом для массового производства схем и систем миллиметровых волн. Интегрирование планарных и непланарных схем на подложке может значительно уменьшить

размер, вес, и стоимость, и значительно улучшить надежность.

3. Методика проектирования SIW

Щелевая антенная решетка проектируется на основе диэлектрически заполненного прямоугольного волновода со стенками. Затем весь волновод будет заменен эквивалентным SIW-волноводом. Если размеры SIW-волновода будут выбраны точно, то корректировка расположения или размеров щелей не потребуется.

Типичные схемы интеграции прямоугольного волновода с планарной структурой, например, в плоской антенной решетке, являются большими и обычно требуют процесса точной механической обработки, которого трудно достигнуть на частотах миллиметрового диапазона при массовом производстве.

Применение SIW - структуры позволяет уменьшить добротность волновода из-за диэлектрического заполнения и сокращения объема, а вся конструкция, включая планарную схему, переход и волновод, могут быть созданы, используя стандартную технологию PCB (PrintedCircuitBoard) или другие планарные методы обработки.

В антенной решетке диэлектрическая проницаемость и толщина подложки должна быть небольшой, чтобы избежать возбуждения нежелательных поверхностных волн в подложке, которые могут привести к потерям. Прямоугольные волноводы имеют закрытую структуру, благодаря чему нет никакой связи с модами подложки независимо от диэлектрической постоянной или толщины. Кроме того, щель легко встраивается в интегрированный волновод, что значительно уменьшает размеры по сравнению с другими плоскими структурами. Так как интегрированные волноводы дешевы в изготовлении и методы изготовления их различны, они являются очень привлекательной альтернативой при проектировании высоко интегрированных антенных решеток [1].

4. Описание методов изготовления SIW

Обобщая, указанное выше, антенны по SIW технологии могут быть изготовлены в виде печатных плат (PCB) или керамики с низкой температурой обжига (LTCC—LowTemperatureCo-FiredCeramic). Для изготовления SIW также могут использоваться технология толсто пленочной печати (photoimageable thick-film technology), интегрированный планарный метод. Ниже опишем указанные технологии производства.

Процесс изготовления SIW по технологии печатных плат (PCB) начинается с приготовления материала диэлектрика. Нужное количество слоев диэлектрика вместе с медной фольгой собирается на специальном аппарате и далее прессуется. Прессование происходит с нагревом и при сильно пониженном давлении для исключения появления воздушных пузырей внутри диэлектрика. Далее выполняется сверление отверстий. При этом предъявляются высокие требования к чистоте обработки станка для недопущения появлений микротрещин в диэлектрике в процессе сверления. Далее на плату наносится фоторезист по заготовленным фотошаблонам. После проходит несколько операций гальванической металлизации. Также в процессе проводится очистка, активация и металлизация отверстий как наиболее дешевый вариант

изготовления SIW антенн. Внедрение металлических штырей в плату и их плотный контакт со стенками волновода задача более затратная [3].

LTCC технология предусматривает изготовление многослойных печатных плат на керамической основе из отдельных гибких стеклокерамических листов, на которых предварительно сформированы металлизированные межслойные и теплоотводящие отверстия. Одиночные листы собираются в пакет, который подвергается опрессовке при определенных значениях температуры и давления. LTCC технология позволяет изготавливать внутренние пассивные элементы в объеме модуля. При этом обжиг осуществляется при температурах ниже 1000°C и возможно использование недорогих компонентов из металлов (из молибдена, вольфрама, меди). Внешне LTCC устройство представляет из себя тонкую стеклокерамическую панель, в которой внутри в результате обжига появились металлические проводники, играющие роль, в том числе, различных антенн приема и излучения сигнала, в том числе сложной формы. LTCC технология является дальнейшим совершенствованием технология высокотемпературной совместно обжигаемой керамики (HTCC – High Temperature Cofired Ceramic), но с использованием более дешевых материалов и более простого низкотемпературного процесса [4].

Принципы планарной технологии изготовления SIW заключаются в следующем. Для начала подготавливается материал. В ходе технологического процесса в приповерхностном слое полупроводникового материала, являющегося подложкой или нанесенного на подложку, создают области с различным типом или величиной проводимости, определяемой в конечном счете различной концентрацией донорных и акцепторных примесей, а также материалом слоя. Поверх слоя полупроводникового материала, с использованием в нужных местах прослоек диэлектрического материала, наносятся слои проводящего материала, образующего контактные площадки и необходимые соединения между областями. Области и слои проводника, полупроводника и диэлектрика в совокупности образуют структуру полупроводникового прибора или интегральной микросхемы. Особенность планарной технологии состоит в том, что после завершения каждой технологической операции восстанавливается планарная форма поверхности пластины, что позволяет создавать достаточно сложную структуру, используя конечный набор технологических операций. Планарная технология обеспечивает возможность одновременного изготовления в едином технологическом процессе огромного числа приборов или интегральных микросхем на одной подложке, что позволяет существенно снизить их стоимость. Также в случае изготовления на одной пластине идентичных приборов параметры всех приборов оказываются близкими. Ограничителем является только площадь подложки, поэтому диаметр подложек по мере развития технологий производства подложек стремятся увеличивать [5].

Технология толсто пленочной печати (photoimageable thick-film technology) представляет собой модернизацию обычной технологии толстых пленок и обеспечивает дешевое решение для производства SIW. Возможность непосредственной печати слоев означает, что технология толсто пленочной

печати может обеспечить крайне малые зазоры между элементами. Это делает возможным процесс изготовления антенн, работающих в микроволновых и миллиметровых диапазонах частот. Эта технология может комбинироваться с ЛТСС для достижения необходимых параметров. Технология толсто пленочной печати позволяет изготавливать чрезвычайно точные структуры с минимальными затратами на процесс [6].

5. Вывод

Наиболее распространенная форма SIW-волновода – это интегрированный в подложку волновод с периодическими металлизированными сквозными отверстиями. Наибольшим экономическим потенциалом при производстве такого типа волноводов обладают методы РСВ, ЛТСС, метод толсто пленочной печати, интегрированный планарный метод. К наиболее современным относят три последних метода. Методы толсто пленочной печати и ЛТСС могут комбинироваться для достижения более высоких показателей изделия. Данные методы производства развиваются в настоящее время, однако вся инфраструктура для их внедрения уже существует, так как основывается на старых производствах, что делает их наиболее перспективными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cheng Y.J., "Substrate integrated antennas and arrays", University of electronic science and technology of China Chengdu, 2015 – pp.1-6
2. M. Bozzi, A. Georgiadis, and K. Wu, "Review of Substrate Integrated Waveguide (SIW) Circuits and Antennas," IET Microwaves, Antennas and Propagation, Vol. 5, No. 8, pp. 909–920, June 2011 Bozzi M., Perregrini L., Wu K., Arcioni P., "Current and future research trends in SIW technology", Radioengineering. – 2009. – No. 2, Vol. 18. – pp.201–209.
3. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. — М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. — 560 с.
4. The word's microwave information resource since 2001 «Microwaves101.com». Low Temperature Cofired Ceramics. – Режим доступа: <https://www.microwaves101.com/encyclopedias/low-temperature-co-fired-ceramics>
5. Николаев И.М. Интегральные микросхемы и основы их проектирования / И.М. Николаев, Н.А. Филинюк — М.: Радио и связь, 1992. — 424 с.
6. D. Stephens, P. R. Young, and I. D. Robertson, "Design and characterization of 180 GHz filters in photoimageable thick-film technology", IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., 2005 – pp. 451–454.

SIW ANTENNA MANUFACTURING TECHNOLOGY

Melnikov Alexander Nikolaevich, student, e-mail amelnikov99@mail.ru

Teslina Yana Alexandrovna, student, e-mail teslina.yana@mail.ru

Edvabnik Valerii Grigorevich, Ph.D., head of department AICS, e-mail niiep2@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (383)346-26-23

Abstract

This article describes the SIW technology and SIW antennas manufacturing methods that are economically feasible for series fabrication

Keywords: Dielectric waveguide; SIW technology; Printed Circuit Board technology; LTCC technology; photoimageable thick-film technology

УДК 621.396.96

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОТЕПЛОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Орлова Мария Владимировна, доцент, канд. техн. наук, доцент,
Кропачева Ирина Петровна, старший преподаватель
Глазырина Елизавета Валерьевна, магистрант*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383)346-26-23,

Орлова М. В., e-mail onp_aius@mail.ru

Кропачева И.П., e-mail kropacheva@corp.nstu.ru

Глазырина Е.В., e-mail elizavetagl@icloud.com

*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. Проведен расчет характеристик обнаружения в зависимости от отношения сигнал-шум для различных условий обнаружения объектов на фоне шумов.

Ключевые слова: радиотеплолокация, пассивная радиолокация, радиометрия, характеристики локационного обнаружения, вероятность правильного обнаружения, вероятность ложной тревоги, алгоритм обнаружения.

Радиотеплолокация – одно из перспективных направлений в радиолокации. Любое физическое тело создает естественное тепловое радиоизлучение, обусловленное электродинамическими процессами в атомах и молекулах вещества. Интенсивность этого излучения зависит от температуры объекта, а также от других характеристик объекта. Радиотепловые сигналы очень широкополосны, имеют очень малую спектральную плотность, и для их приема приходится применять специальные широкополосные радиоприемные устройства (радиометры) [1]. Методы обработки сигналов в радиотеплолокации опираются на теорию теплового излучения, а также на теорию обнаружения сигналов и оценки их параметров [2].

В радиотеплолокации подвергаются обработке случайные процессы. В случае наличия полезного сигнала на входе приемника – это смесь полезного сигнала от объекта и шума; в случае отсутствия полезного сигнала – это только шум (помеховый сигнал). 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]. Из теории вероятностей известно, что сумма квадратов независимых нормально распределенных случайных величин с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной единице, подчиняется закону распределения вероятностей вида хи-квадрат с n степенями свободы. В данном случае n – это количество отсчетов принятой реализации (выборочных значений) сигнала на входе приемника. При этом основные характеристики локационного обнаружения – вероятность правильного обнаружения и вероятность ложной тревоги могут быть вычислены с использованием неполной гамма-функции. При количестве отсчетов принятой реализации $n \gg 1$ 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 рисунках 1 и 2 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 $n = 15$ (рис. 1) и $n = 40$ (рис.2).

Как видно из графиков, с уменьшением допустимого значения вероятности ложной тревоги вероятность правильного обнаружения также уменьшается. Например, как показали расчеты, (рисунок 1), при отношении

сигнал-шум, равном 3, при уменьшении допустимого значения вероятности ложной тревоги с 0,1 до 0,01, 0,001 и 0,0001 вероятность правильного обнаружения локатором полезного сигнала также уменьшается с 0,96, до 0,93, 0,9 и 0,87, соответственно. На рисунке 2 приведена зависимость вероятности правильного обнаружения от отношения сигнал-шум при значениях вероятности ложной тревоги равных 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; при количестве отсчетов принятой реализации $n = 40$. Как видно из графиков, при $n = 40$ вероятность правильного обнаружения имеет достаточно высокие значения при всех заданных значениях вероятности ложной тревоги. Однако если такое количество отсчетов принятой реализации сигнала на входе приемника локационной системы может быть обеспечено не во всех условиях работы системы, характеристики обнаружения ухудшатся.

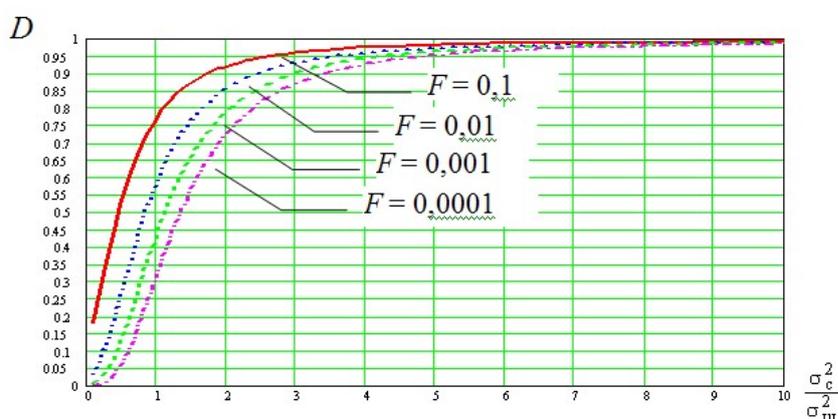


Рис. 1. Зависимость вероятности правильного обнаружения (D) от отношения сигнал-шум при значениях вероятности ложной тревоги (F): 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; при количестве отсчетов принятой реализации $n = 15$

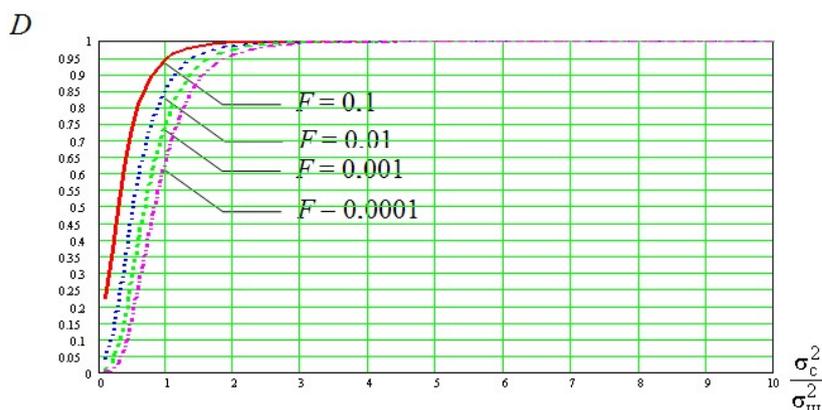


Рис. 2. Зависимость вероятности правильного обнаружения (D) от отношения сигнал-шум при значениях вероятности ложной тревоги (F): 0,1; 0,01; 0,001; 0,0001; при количестве отсчетов принятой реализации $n = 40$

На рисунках 3 и 4 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 разным количестве отсчетов принятой реализации. Как показали расчеты (рисунок 3), при $n = 15$ и отношении сигнал-шум, равном 3, при увеличении значения вероятности правильного обнаружения с 0,9 до 0,95, 0,98 и 0,99 (то есть, при уменьшении допустимого значения вероятности пропуска с 0,1 до 0,05, 0,02, 0,01) вероятность ложной тревоги увеличивается с 0,001, до 0,051, 0,5 и 0,86. На рисунке 4 приведены графики зависимость вероятности ложной тревоги от отношения сигнал-шум при значениях вероятности правильного обнаружения: 0,9; 0,95; 0,98; 0,99 при количестве отсчетов принятой реализации $n = 25$. Как показали расчеты (рисунок 4), при отношении сигнал-шум, равном 2, при уменьшении допустимого значения вероятности пропуска с 0,1 до 0,05, 0,02 и 0,01 вероятность ложной тревоги увеличивается с 0,001, до 0,016, 0,18 и 0,46, соответственно. Таким образом, могут быть достигнуты более высокие показатели обнаружения при меньшем отношении сигнал-шум, если количество отсчетов принятой реализации n увеличивается с 15 до 25. При увеличении n до 40 характеристики обнаружения значительно улучшаются.

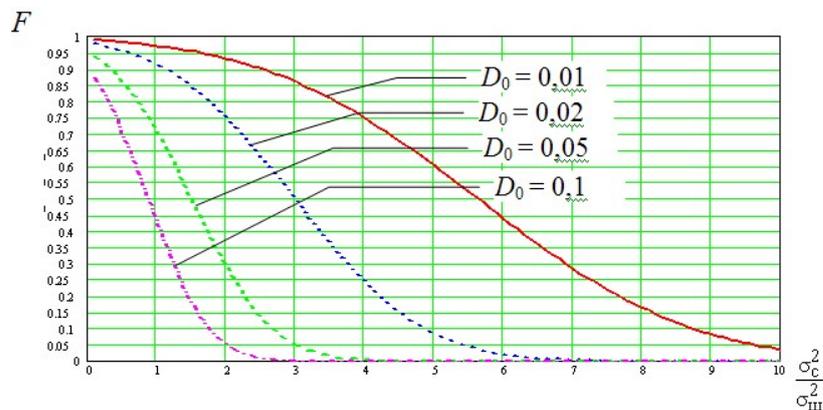


Рис. 3. Зависимость вероятности ложной тревоги F от отношения сигнал-шум при значениях вероятности пропуска полезного сигнала (D_0): 0,1; 0,05; 0,02; 0,01; при $n = 15$

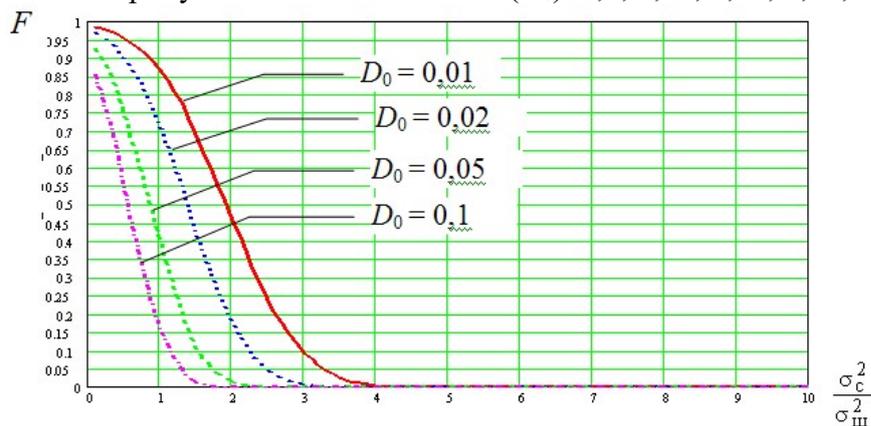


Рис. 4. Зависимость вероятности ложной тревоги F от отношения сигнал-шум при значениях вероятности пропуска полезного сигнала (D_0): 0,1; 0,05; 0,02; 0,01; при $n = 25$

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.

Разработанная программа оценки характеристик обнаружения может быть использована при проектировании радиотеплолокационных систем для выбора параметров системы, для оценки ее работы в различных условиях, а также при проектировании многоканальных (комплексированных) локационных систем, в состав которых входит радиотеплолокатор, для оценки качества работы системы в целом.

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.

MICROWAVE RADIOMETER DETECTION CHARACTERISTICS ANALYSIS

M. V. Orlova, Associate Professor, Ph.D., Associate Professor, e-mail
onp_aius@mail.ru,

I. P. Kropacheva, Senior Lecturer; e-mail kropacheva@corp.nstu.ru

E. V. Glazyrina, Master's Degree student; e-mail elizavetagl@icloud.com
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, tel. (383)346-26-23

Abstract. A method and procedure for detection characteristics evaluation were developed. Microwave thermal radiometer characteristics were estimated using this program - probability of correct detection and false alarm probability as function of signal-to noise ratio. Microwave radiometer performance evaluation procedures are proposed to estimate detection probability gain and investigate probability characteristics for various conditions.

Keywords: microwave radiometer, thermal radio radiation, thermo-microwave imager, detection characteristics, probability of correct detection, false alarm probability, detection probability gain.

СРЕДСТВА РЕГУЛИРУЕМОГО ПОДРЫВА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СЛЭППЕР-ДЕТОНАТОРОВ

*Петрова Анастасия Александровна, студентка,
Щемелинина Александра Олеговна, студентка,
Трегубова Дарья Константиновна, студентка*

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (996)3765083

Петрова А. А., e-mail: fl41petrova@gmail.com

Щемелинина А. О., e-mail: sh_alexandra@bk.ru

Трегубова Д. К., e-mail: da180197@yandex.ru

*Адрес для корреспонденции: Петрова Анастасия Александровна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (996)3765083
Научный руководитель д.т.н., с.н.с. Ющенко В.П.*

Аннотация

Слэппер-детонаторы являются надёжными устройствами, обеспечивающими безопасное и виртуозное проведение взрывных работ. Благодаря им можно устранять проблемные строения, не повредив соседние здания, заложить много зарядов и для эффективного и филигранного взрыва детонировать заложенные заряды по заранее разработанной программе..

Для этого лучше всего прибегнуть к помощи Слэппер-детонаторов.

Ключевые слова: Слэппер-детонатор, высоковольтный источник питания, блокинг-генератор, умножитель напряжения

1. Теория, материалы и методы

Слэппер - детонатор является дальнейшим развитием детонатора с взрывающимся мостиком из фольги. Принципиальным в устройстве детонатора является перегорание фольгированного мостика под действием приложенного высоковольтного напряжения[1,2] Другим принципиальным обстоятельством является выбор инициирующего взрывчатого вещества (ВВ) пониженной чувствительности. Тем самым исключается непреднамеренное инициирование детонатора в силу различных причин. Практически единственным способом инициирования ВВ детонатора является воздействие на него ударной волны. И, вместе с тем, относительно простым способом инициирования ВВ является генерирование ударной волны при помощи метаемой пластины — слэппера, под действием приложенного высоковольтного напряжения[2.]

Источником кинетической энергии слэппера является нагревание (следовательно, расширение) плазмы (бывшей фольги) в результате прохождения по ней разряда электрического тока. Такое устройство оказывается достаточно эффективным, до 30 % электрической энергии

преобразуется в кинетическую энергию слэппера.

В общем случае устройство состоит из шашки промежуточного заряда (бустера), на котором установлен диск с центральным отверстием Рис.1.

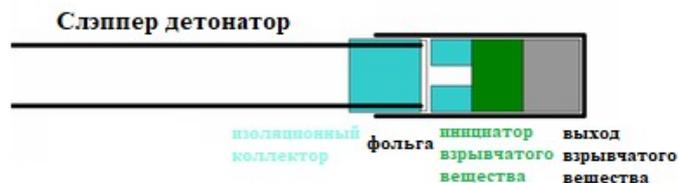


Рис.1. Слэппер-детонатор

К другой стороне диска прилегает слой из термостойкой и высокопрочной пленки-изолятора (каптона или майлара) толщиной от 25 до 50 мкм, на внешней стороне пленки нанесен тонкий металлический слой (алюминия или золота). При прохождении электрического разряда, происходит взрывное испарение тонкого металлического слоя, в результате чего пленка-изолятор срезается в форме тонкого диска, и шар плазмы проталкивает его через отверстие с большим ускорением. При ударе слэппера о бустер реализуется ударный импульс высокого давления (до 15 ГПа) и малой длительности (порядка 200 нс) вызывающий детонацию последнего. Необходимым условием функционирования слэппер-детонатора является генерирование высокого импульсного тока, возможное исключительно в электрической цепи малой индуктивности (обычно менее 20 нГн). ВВ с пониженной чувствительностью могут быть инициированы напрямую. Имеется модификация устройства детонатора — так называемый лазерный детонатор, — в котором испарение вызвано высокоэнергетическим лазерным импульсом, переданным по воздушной среде, или по оптическому волокну[1]. Слэппер-детонаторы находят применение в современных системах вооружения, включая ядерные и обычные боеприпасы, а также в авиакосмических технологиях и в качестве безопасного детонатора при добыче полезных ископаемых и при разработке карьеров[3].

Основное достоинство слэппер-детонатора — это высокое быстродействие.

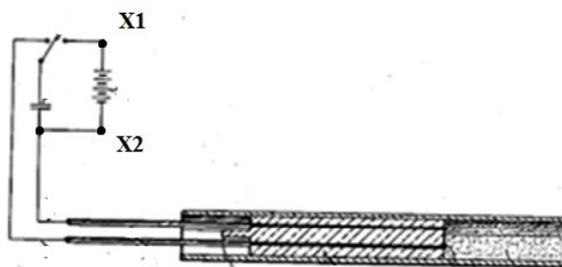


Рис.2 Схема питания слэппер-детонатора

Вместо батареи на рис.2 к контактам X1 и X2 следует подключить источник высоковольтного питания Рис.3 просто соединив одноимённые контакты X1 и X2.

Частоту блокинг-генератора следует выбирать как можно выше, тогда

готовность детонатора будет занимать мало времени. Коэффициент трансформации надо выбирать таким, чтобы с учётом умножителя выпрямленного напряжения получить напряжение на контактах x1 и x2 3-5 Кв.



Рис.3 Источник высоковольтного питания

3. Проблемы и задачи, успешно решаемые с помощью применения слэппер-детонаторов.

- устранение проблемных строений в сложной точечной городской застройке
- оптимизация разработки месторождений в области горного дела
- сокращение разрушающих воздействий на шахтные здания и сооружения

4. Возможные решения задач

Для решения поставленных выше задач можно прибегнуть к умному подрыву, т.е. регулировать время запаздывания подрыва отдельных зарядов и тем самым распределять силу взрыва в отдельные моменты времени.

Реализовать это можно объединив 4 или более слэппер-детонатора в одном корпусе, отделенных друг от друга пластиной некоторого материала, чтобы во время подрыва одного из детонаторов не инициировал соседний под действием предыдущего. Подрыв осуществляется дистанционно. Управляющий подрывом регулирует силу взрыва, выбирая сколько детонаторов из комплекта корпуса должны сработать. Каждый из детонаторов в едином корпусе запускается отдельно. Тем самым мы сможем регулировать силу взрыва. То есть открывается возможность сосредоточить всю мощность взрыва в нужный момент времени или распределить мощность взрыва на интервале времени.

На Рис.4 представлены 2 из всех возможных варианта инициирования, а) инициирование всех детонаторов, б) инициирование 2 детонаторов из всего комплекта. В случае, а) сила взрыва будет выше, чем при б).

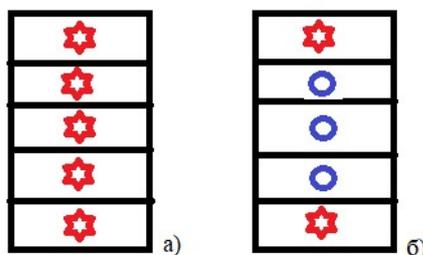


Рис.4 Варианты работы детонаторов в комплектах детонаторов.

5. Выводы

Для многих промышленных работ данная разработка может стать универсальной.

Подобные комплекты детонаторов возможно использовать как и на начальных этапах строительства, создания котлована, где необходим достаточно мощный взрыв, так и для намного более тонкой работы, где сила взрыва должна быть низкой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. David Logan, R. S. Lee EBF1: a computer simulation of the preburst behavior of electrically heated exploding foils, January 1976
2. A Dissertation Modeling and simulation of grinding processes based on a virtual wheel model and microscopic interaction analysis. April 2010
3. Исследование работоспособности взрывчатых смесей джезполитов с регулируемой плотностью // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых.-1981.-№2- С. 45-49 (соавторы Баранов Е.Г., Бекетаев Е.Б., Урумов Т.Т., Болдина С.А.).

ASSETS OF DIRECTIVE EFFECT CONTROLLABLE UNDERMINING ON BASIS OF SLAPPER DETONATORS

Petrova Anastasia A., student, e-mail: fl41petrova@gmail.com

Shchemelinina Aleksandra O., student, e-mail: sh_alexandra@bk.ru

Tregubova Daria K., student, e-mail: da180197@yandex.ru

Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, tel. (383)346-26-23

Annotation

Slapper detonators are very reliable devices that ensure safe and masterly blasting operations. If you need to demolish a bulky building in the center of the city by an explosion without damaging the neighboring buildings, then you will need to lay a lot of charges and for an effective and filigree explosion detonate the laid charges according to a previously developed program.

For this it is best to resort to the help of Slapper detonators.

Keywords: Slapper detonator, high voltage power supply, blocking generator, voltage multiplier

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА БОРТОВОЙ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

**Слободяненко Александр Александрович, Шебалкова Любовь
Васильевна, Ющенко Валерий Павлович, д.т.н.**

Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383) 346-26-23

Слободяненко А.А., e-mail: sepwood@gmail.com

Шебалкова Л.В., e-mail: shebalkova@corp.nstu.ru

Ющенко В.П., e-mail: 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 работе представлен модифицированный метод синтеза антенн со специальной диаграммой направленности. Модификация позволяет избежать проблем устойчивости и добиться снижения уровня пульсаций в области формирования ДН специального вида. На примере синтеза антенной решетки с косекансной ДН показана применимость введенной модификации.

Ключевые слова: синтез антенны, диаграмма направленности, уровень боковых лепестков, уровень пульсаций, устойчивость алгоритма.

1. Введение

Обширная область применения радиолокационных систем с присущими им целями и задачами неизбежно накладывает специфические ограничения и требования на основные характеристики антенны, которые должны быть учтены разработчиком. Требования как правило выражаются либо в виде максимизации показателей эффективности или в терминах «желаемого» шаблона диаграммы направленности (ДН).

В наземных радиолокационных системах (РЛС) предназначенных для обзора воздушного пространства применяются антенны со специальной ДН в вертикальной плоскости. Форма ДН определяется требованием постоянства отраженного сигнала (на выходе приемного устройства РЛС) при изменении наклонной дальности до одной и той же цели, находящейся на постоянной высоте. Поэтому предпочтительной является косекансная форма ДН, которая обеспечивает равномерное распределение поля, что позволяет определить положение объекта, находящегося в воздухе. Помимо радиолокационных и радионавигационных комплексов, антенны с косекансной ДН находят применение в радиотехнических системах дистанционного зондирования и картографирования.

Довольно часто требования на косекансную форму ДН сопровождаются

дополнительными ограничениями на уровни боковых лепестков, положение нулей ДН и другие характеристики дальнего поля. На практике требования сформулированы так, что не представляется возможным синтезировать антенну точно удовлетворяющей всем требованиям. Поэтому требуемый шаблон должен быть аппроксимирован функциональным представлением, которое согласуется с рассматриваемым типом антенны и которое уклоняется с наименьшей ошибкой от заданных требований. Таким образом, процедура синтеза представляет задачу аппроксимации с использованием соответствующих критериев ошибки. То насколько характеристики дальнего поля синтезированной антенны будут соответствовать требуемой ДН зависит от выбора критерия ошибки. Этот выбор важен и должен быть инженерным решением, опирающимся на особенности поставленной задачи синтеза.

Большую популярность среди разработчиков получил критерий среднеквадратичной ошибки, который минимизирует взвешенную сумму квадратов разности, требуемой и синтезированной ДН. Например, метод усеченных рядов Фурье [1], использующий критерий среднеквадратичной ошибки имеет большую аналитическую привлекательность и является высокоэффективным в вычислительном отношении. Метод оптимального линейного источника [2] дает образец минимальной среднеквадратичной ошибки для ограничения на коэффициент сверх направленности. С этими решениями не гарантируется, что синтезированный шаблон будет достаточно близким к желаемому шаблону, имеющему косекансную форму в заданной области. Васкелайнен [3] описал метод, использующий критерий среднеквадратичной ошибки, в котором он вводил разные веса для разных направлений, а также итеративно менял веса. На каждой итерации желаемому шаблону присваиваются значения фазы, полученные на каждом предыдущем шаге, веса корректируются в соответствии с относительными ошибками в каждой точке, рассчитывается новый приблизительный шаблон, и процедура повторяется. В работе удалось синтезировать 24-элементную решетку с косекансной формой ДН, с пульсацией 0,4 дБ и уровнем боковых лепестков-27 дБ.

Критерий минимаксной ошибки ограничивает максимальное отклонение аппроксимирующей функции от «желаемого» шаблона ДН. Однако, использование критерия минимаксной ошибки является более сложным и требует интеграции в алгоритм синтеза таких методов, как метод Ремеза [4].

Известен метод Орчарда-Эллиотта [5], в котором ДН по мощности синтезируются с использованием сдвигов нулей полинома, описывающего множитель решетки. В этом методе контролируются как уровень пульсаций в области косеканса, так и уровень боковых лепестков. Стоит отметить, что метод Орчарда-Эллиотта допускает использование равномерного критерия ошибки. Однако он имеет проблемы устойчивости при некоторых условиях.

Общей проблемой всех вышеупомянутых методов синтеза является появление относительно больших пульсаций, обычно в диапазоне от 0,5 дБ до 5 дБ, в области формирования косеканса. Присутствие подобных пульсаций значительно увеличивает ошибки обнаружения, и как следствие

ухудшает работу всей радиолокационной системы. Поэтому важным является разработка алгоритма синтеза антенной решетки с косекансной ДН с минимальным уровнем пульсаций в главном лепестке и с возможностью контроля уровня боковых лепестков в иных направлениях.

2. Модифицированный метод синтеза косекансной ДН с ограничениями

Метод Орчарда-Эллиота основан на изменении положения нулей полинома [6] множителя решетки на комплексной плоскости для получения полинома, который удовлетворяет требуемым условиям. Для массива с $N + 1$ элементами множитель решетки может быть разложен в произведение (1):

$$F = I_N \prod_{n=1}^N (w - w_n) \quad (1)$$

где $w = e^{j\Phi}$, $\Phi = kd(\sin\theta - \sin\theta_0)$, $w = e^{a_n + jb_n}$, I_N – возбуждение $N+1$ -го элемента, θ – направление луча, θ_0 – направление луча в точке максимума, k – волновое число и d – шаг решетки. a_n и b_n – параметры, которые возмущены, чтобы изменить нулевые положения. Выражение для ДН по мощности решетки (2) можно записать как,

$$G(\theta) = \sum_{n=1}^N 10 \log(1 - 2e^{a_n} \cos(\Phi - b_n) + e^{2a_n}) + C \quad (2)$$

В области боковых лепестков нули находятся на единичном круге, но в области ДН, представляющей форму косеканса, нули находятся внутри или вне единичного круга (Рис.1).

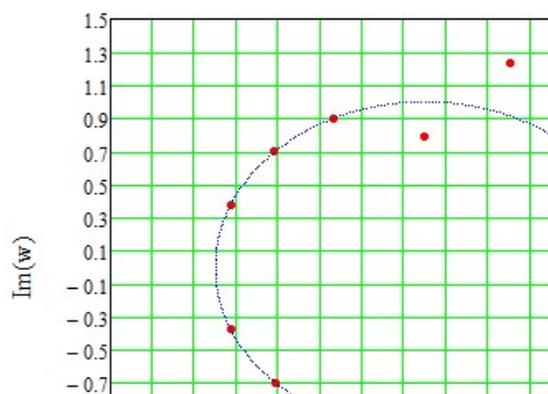


Рис.1. Положение корней на комплексной плоскости Щелкунова

Итерационный подход Эллиота-Орчарда представляет собой линейную аппроксимацию ряда Тейлора (3), задаваемого формулой

$$\mathbf{x}^{(m+1)} = \mathbf{x}^{(m)} + \mathbf{A}^{-1}(\mathbf{G} - \widehat{\mathbf{G}}), \quad (3)$$

где, векторы $\mathbf{x}^{(m)}$ и $\mathbf{x}^{(m+1)}$ – векторы, которые содержат старые и текущие нулевые местоположения соответственно. Вектор \mathbf{G} содержит желаемые

значения уровней боковых лепестков в области боковых лепестков, а также значения экстремумов в области формирования косекансной формы ДН, а \hat{G} представляет собой текущее приближение G .

Матрица A состоит из значений частных производных коэффициента мощности решетки в точках максимума в области боковых лепестков и максимума и минимума в формируемой области. Положения максимумов и минимумов получаются с помощью итерационной метода Ньютона-Рафсона для функции, реализующей приближение на текущей итерации. С этим связаны вопросы стабильности и сходимости алгоритма. Так как для того чтобы на каждой итерации было вычислено смещение нулей, уменьшающее минимаксную ошибку, требуется строго определенное количество выделенных направлений [7] называемых референсными точками. В случае если референсных точек меньше необходимого числа, алгоритм прекращает работу. Это происходит, когда ошибка аппроксимации достигает 1дБ и менее. При этом происходит исчезновение точек экстремума функции \hat{G} в формируемой области. Это сопровождается появлением точек перегиба, количество которых превышает количество точек экстремума на предыдущей итерации. Отсутствие необходимого количества референсных точек приводит к остановке алгоритма и как следствие не достижимости более низких значений пульсаций в области главного лепестка.

Для преодоления этого препятствия предлагается модифицировать методику путем введения альтернативной процедуры поиска референсных точек. Альтернативная процедура поиска заключается в выделении двух областей – в первой области – области боковых лепестков поиск максимумов осуществляется аналогично методу Орчарда-Эллиота для функции, реализующей текущее приближение \hat{G} , во второй области – области ДН с требуемой косекансной формой осуществлять поиск максимумов и минимумов для $\hat{G} - f$, где f - функция представляющая идеальный косеканс.

Альтернативная процедура поиска позволяет избежать срывов алгоритма, тем самым повышая устойчивость. Это даст возможность добиться значительно меньших значений уровня пульсаций с возможностью контроля уровня боковых лепестков.

3. Обсуждение результатов

Предложенная модификация, основанная на методе Орчарда-Эллиота, была использована для синтеза антенной решетки, состоящей из 16-ти изотропных излучателей с межэлементным расстоянием $d = \lambda/2$, формирующей форму $\text{cosec}^2\theta * \cos\theta$ в диапазоне углов $10^\circ \leq \theta \leq 35^\circ$. Согласно требованиям, предъявляемым к форме ДН, уровень первых трех боковых лепестков, находящихся слева от главного максимума, не должен превышать минус 30 дБ, для остальных лепестков уровень сигнала не должен превышать минус 20 дБ. На рисунках 2–5 представлены ДН, формирующиеся на промежуточных итерациях 2, 4, 6 и 8 соответственно.

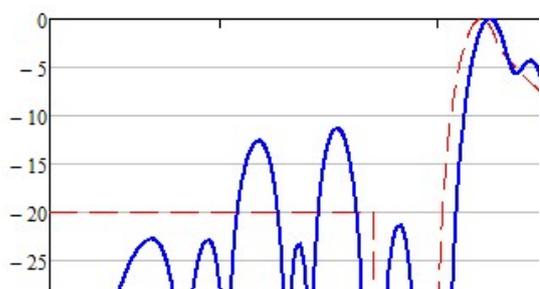


Рис. 2. ДН реализующаяся на 2 итерации

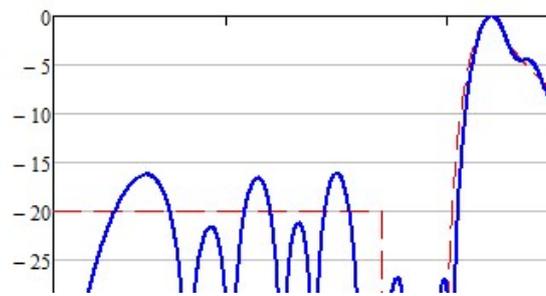


Рис. 3. ДН реализующаяся на 4 итерации

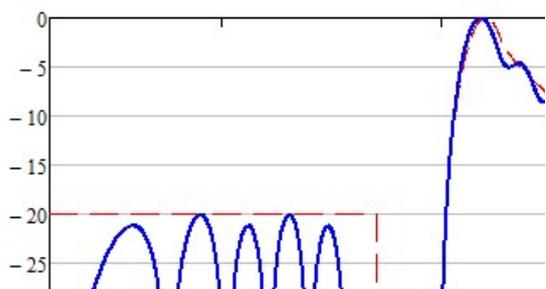


Рис. 4. ДН реализующаяся на 6 итерации

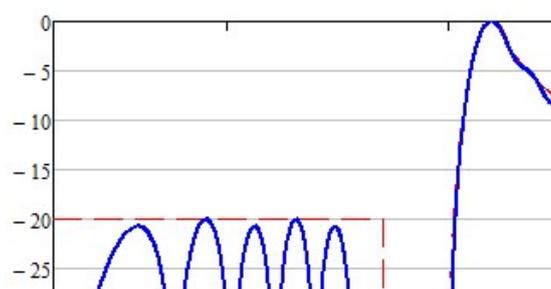


Рис. 5. ДН реализующаяся на 8 итерации

На 8 итерации количество экстремумов (рис. 6), в области формирования косеканса функции \hat{g} недостаточно для корректной работы алгоритма. Альтернативная процедура дает необходимое количество референсных точек для дальнейшей работы (рис.7).

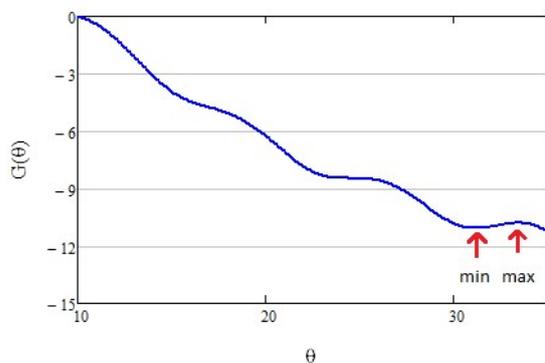


Рис. 6 Область поиска референсных точек

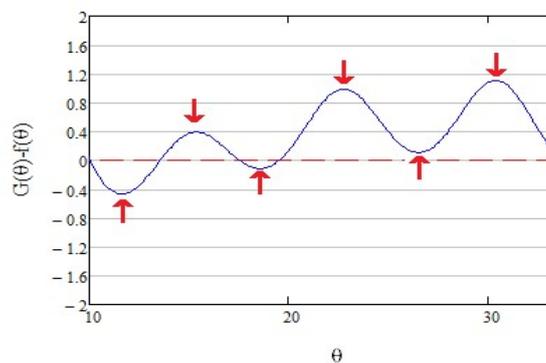


Рис. 7 Область поиска референсных точек для альтернативной процедуры

Таким образом, удалось синтезировать 16-ти элементную антенную решетку с требуемой формой и уровнем боковых лепестков (рис. 8). Введение альтернативной процедуры поиска позволило избежать срыва алгоритма и достигнуть уровня пульсаций менее 0,1 дБ в области косеканса (рис. 9)

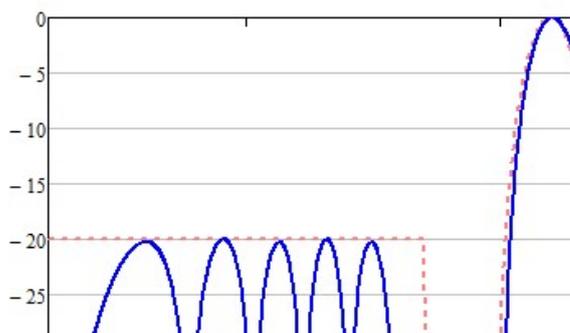


Рис. 8 Синтезированная ДН

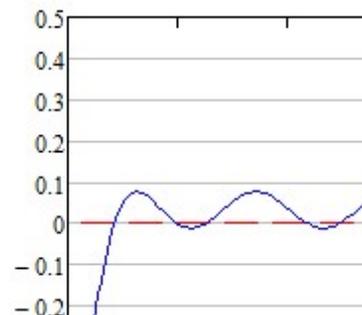


Рис. 9 Уровень пульсаций в области формирования косеканса

4. Выводы

В этой статье представлена модификация алгоритма Орчарда-Эллиотта, устраняющая некоторые проблемы устойчивости. Это метод позволяет добиться незначительных пульсаций в области главного луча косекансной ДН с возможностью удовлетворения требований на произвольное значение уровня боковых лепестков. Пример синтеза дает наглядное подтверждение работоспособности предложенной модификации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. R. E. Collin and F. J. Zucker, "7" in Antenna Theory pt. 1, New York:McGraw-Hill, 1969.
2. W. L. Stutzman, "Evaluation of the mean-squared error for optimum line source patterns", IEEE Trans. Antennas Propagat. (Commun.), vol. AP-18, pp. 808-809, Nov. 1970.
3. Vaskelainen, L.I.: 'Iterative least-squares synthesis methods for conformal array antennas with optimized polarization and frequency properties', IEEE Trans. Antennas Propag., 1997, 45, (7), pp. 1179– 1185
4. TEMES, G.C., BRACILLON, V., and MARSHALL 111, F.C.: 'The optimisation of bandlimited systems', Proc. IEEE, 1973. 61. DD. 197-235
5. Orchard, H. J., R. S. Elliott, and G. J. Stern, Optimising the synthesis of shaped beam antenna patterns, IEE Proc. Part H Microwaves Opt. Antennas, 132, 63-68, 1985.
6. Schelkunoff, S. A., A mathematical theory of linear array, Bell Syst. Tech. J., 22, 80-107, 1943.
7. G. A. Watson, On an algorithm for nonlinear minimax approximation, Comm. ACM 13 (1970), 160–162

A MODIFIED METHOD OF ANTENNA SYNTHESIS WITH A SPECIAL RADIATION PATTERNS

Slobodyanenko Alexander Alexandrovich, graduate student, e-mail: sepwood@gmail.com;

Shebalkova Lyubov Vasilievna, Senior Lecturer, e-mail:

shebalkova@corp.nstu.ru;

Yushchenko Valeriy Pavlovich full prof. of AICS Dep., e-mail:

yushhenko@corp.nstu.ru

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia

Abstract

The paper presents a modified method for synthesizing antennas with a special radiation pattern. The modification makes it possible to avoid stability problems and to achieve a decrease ripple level in the area of the formation of a special type of pattern. Using the example of the synthesis of an antenna array with a cosecant pattern, the applicability of the introduced modification is shown.

Keywords: Antenna synthesis, radiation pattern, side lobe level, ripple level, algorithm stability

УДК 621.396.96

РАСЧЁТ КОМПЛЕКСНЫХ АМПЛИТУД СИГНАЛОВ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЗАДАНЫХ КООРДИНАТ КАЖУЩЕГОСЯ ЦЕНТРА ИЗЛУЧЕНИЯ

Таюров Антон Викторович

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

Таюров А.В., email ya.antoha.rt@gmail.com

Аннотация

Рассмотрен алгоритм расчёта комплексных амплитуд сигналов излучателей четырёхточечной модели, при поступлении которых на излучатели модели кажущийся центр излучения (КЦИ) примет положение, исходно заданное.

Ключевые слова: имитационное моделирование, кажущийся центр излучения, четырёхточечная модель.

Базовой задачей в имитационном моделировании является позиционирование некоторой точки, сигнал которой способен заместить реальный суммарный эхосигнал от радиолокационного объекта. Поступательное перемещение радиолокационного объекта соответствует перемещению КЦИ во времени на координатной плоскости, а шумы координат, создаваемые этим объектом, моделируются при помощи быстро изменяющегося положения КЦИ во времени относительно его математического ожидания.

Будем использовать четырёхточечную модель (рисунок 1), состоящую из четырёх излучателей, расположенных на плоскости в декартовой системе координат так, что расстояния от начала координат до любого излучателя равны.

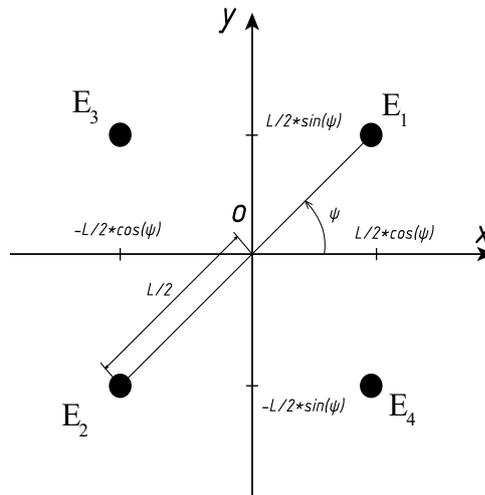


Рис.1. Четырёхточечная модель

Расположение излучателей, а именно максимальное расстояние между точками-излучателями L и угол, образованный излучателем с осью OX ψ будем считать первично заданными исходя из условий, описанных в [2, стр. 23,24]. Также модель является когерентной, то есть разности фаз между сигналами излучателей отсутствуют.

Требуется получить расчётные формулы, устанавливающие зависимость между координатами и амплитудами сигналов каждого излучателя модели.

Математическая модель описывается функцией распределения по поверхности плотности интенсивности сигналов излучающих точек как произведение дельта-функций, однозначно определяющих положение излучателя на координатной плоскости, и весового коэффициента – амплитуды сигнала: [2, стр. 91]:

$$F_r(x, y) = E_1 \cdot \delta(x - l_c) \cdot \delta(y - l_s) + E_2 \cdot \delta(x + l_c) \cdot \delta(y + l_s) + E_3 \cdot \delta(x + l_c) \cdot \delta(y - l_s) + E_4 \cdot \delta(x - l_c) \cdot \delta(y + l_s),$$

где $l_c = \frac{L}{2} \cdot \cos(\psi)$, $l_s = \frac{L}{2} \cdot \sin(\psi)$ (из рисунка 1).

Определим математическое ожидание при визировании вдоль координатных осей в соответствии с [1, стр. 36]:

$$m_x = \frac{\int_x x \cdot F_r(x, y) \cdot dx}{\int_x F_r(x, y) \cdot dx} = \frac{l_c \cdot E_1 - l_c \cdot E_2 - l_c \cdot E_3 + l_c \cdot E_4}{E_1 + E_2 + E_3 + E_4} = l_c \cdot \frac{(E_1 + E_4) - (E_2 + E_3)}{(E_1 + E_4) + (E_2 + E_3)} = l_c \cdot \frac{E_{14} - E_{23}}{E_{14} + E_{23}}$$

$$m_y = \frac{\int_y y \cdot F_r(x, y) \cdot dy}{\int_y F_r(x, y) \cdot dy} = \frac{l_s \cdot E_1 - l_s \cdot E_2 + l_s \cdot E_3 - l_s \cdot E_4}{E_1 + E_2 + E_3 + E_4} =$$

$$= l_s \cdot \frac{(E_1 + E_3) - (E_2 + E_4)}{(E_1 + E_3) + (E_2 + E_4)} = l_s \cdot \frac{E_{13} - E_{24}}{E_{13} + E_{24}}$$

Таким образом, имеем систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{E_{14} - E_{23}}{E_{14} + E_{23}} = \frac{m_x}{l_c}, \\ \frac{E_{13} - E_{24}}{E_{13} + E_{24}} = \frac{m_y}{l_s}. \end{cases}$$

Примем, что суммарный сигнал нормирован к единице:

$$E_x = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 1,$$

тогда система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} E_{14} - E_{23} = m_x/l_c, \\ E_{13} - E_{24} = m_y/l_s, \\ E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 1. \end{cases}$$

Для нахождения решения необходимо дополнить систему ещё одним уравнением. Примем, что амплитудное значение четвёртого излучателя равна некоторой переменной a , тогда $E_4 = a$

$$\begin{cases} E_1 - E_2 - E_3 + E_4 = m_x/l_c, \\ E_1 - E_2 + E_3 - E_4 = m_y/l_s, \\ E_1 + E_2 + E_3 + E_4 = 1, \\ E_4 = a. \end{cases}$$

Решив систему уравнений получим:

$$\begin{aligned} E_1 &= -a + \frac{m_x/l_c + 1}{2}, \\ E_2 &= -a + \frac{1 - m_y/l_s}{2}, \\ E_3 &= a + \frac{m_y/l_s - m_x/l_c}{2}, \\ E_4 &= a. \end{aligned}$$

Переменная a выбирается из условия, что амплитуды сигналов не могут быть отрицательными ($E_1, E_2, E_3, E_4 \geq 0$), тогда

$$\begin{cases} a \leq \frac{m_x/l_c + 1}{2}, \\ a \leq \frac{1 - m_y/l_s}{2}, \\ a \leq \frac{m_y/l_s - m_x/l_c}{2}, \\ a \geq 0. \end{cases}$$

Некоторые излучатели (не все одновременно) могут принимать нулевое значение амплитуды сигнала, это необходимо для того, чтобы устанавливать КЦИ в граничные координаты, когда модель вырождается в двухточечную, например, при $x = 0, y = 1$ амплитуды сигналов в соответствии с рисунком 1 равны: $E_1 = 0,5; E_2 = 0; E_3 = 0,5; E_4 = 0$; Здесь и далее принято, что $l_s = l_c = 1$.

Следует отметить, что для указанного положения КЦИ, значение a не будет единственно верным. Пересечение четырёх неравенств определит диапазон решений. В качестве значения a будем принимать максимальную величину из диапазона.

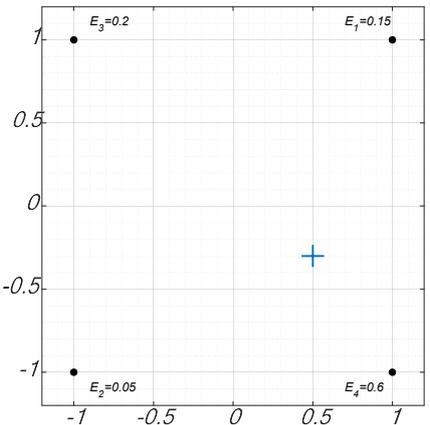
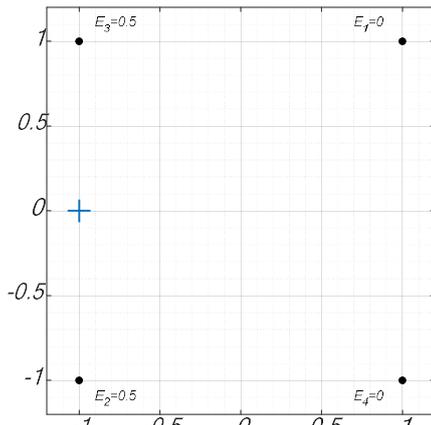
Апробация алгоритма

Убедимся в правильности расчётов, установив некоторые положения КЦИ при помощи полученных амплитуд излучателей.

Примеры представлены в табл. 1.

Таблица 1

Апробация алгоритма

Треб уется установить	$m_x = 0,5;$ $m_y = -0,3.$	$m_x = -1;$ $m_y = 0$
Резу льтат		

Вычислив положения КЦИ по рассчитанным выше амплитудам при помощи соотношения метода амплитудной моноимпульсной пеленгации [3, стр. 524] приведённого ниже, можно убедиться, что синтезированный алгоритм корректно работает.

$$f(\gamma) = \operatorname{Re} \left(\frac{\dot{U}_{\Delta}}{\dot{U}_{\Sigma}} \right) = \frac{\operatorname{Re}(\dot{U}_{\Delta}) \cdot \operatorname{Re}(\dot{U}_{\Sigma}) + \operatorname{Im}(\dot{U}_{\Delta}) \cdot \operatorname{Im}(\dot{U}_{\Sigma})}{(\operatorname{Re}(\dot{U}_{\Sigma}))^2 + (\operatorname{Im}(\dot{U}_{\Sigma}))^2}$$

где \dot{U}_{Σ} и \dot{U}_{Δ} – сигналы суммарного и разностного канала соответственно.

Таким образом, требуемое положение кажущегося центра излучения на ограниченной излучателями плоскости может быть установлено при помощи перераспределения амплитуд сигналов излучателей модели. Необходимые при этом амплитуды сигналов излучателей могут быть найдены по расчётным формулам, которые были получены в ходе данной работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Островитянов Р.В., Басалов Ф.А. Статистическая теория радиолокации протяжённых целей. – М.: Радио и связь, 1982. – 232 с., ил.
2. Киселев А.В., Артюшенко В.В., Никулин А.В. Имитация отражений от распределённых радиолокационных объектов на основе некогерентных геометрических моделей. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 211 с.
3. Канащенков А.И., Меркулов В.И., Герасимов А.А. и др. Радиолокационные системы многофункциональных самолётов. Т.1. РЛС – информационная основа боевых действий многофункциональных самолётов. Системы и алгоритмы первичной обработки радиолокационных сигналов. М.: «Радиотехника», 2006. – 656 с. : 286 ил.

CALCULATION OF COMPLEX AMPLITUDES OF EMITTER SIGNALS FOR SETTING THE SET COORDINATES OF THE APPARENT RADIATION CENTER

Tayurov Anton Viktorovich, student, e-mail: ya.antoha.rt@gmail.com
Novosibirsk State Technical University, 20 Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia

Abstract

An algorithm for calculating the complex amplitudes of signals from the emitters of a four-point model is considered, when they arrive at the emitters of the model, the apparent center of radiation will take the position originally specified. Calculation formulas are obtained that connect the coordinates in the Cartesian plane and the signal amplitudes of each emitter of the model. The algorithm was tested and conclusions were drawn about the adequacy of the application of this model for radar modeling.

Keywords: simulation, apparent center of radiation, four-point model.

АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ КОНТРАСТНЫХ ОБЪЕКТОВ НА НЕОДНОРОДНОМ ФОНЕ

*Андрей Андреевич Черников, аспирант; Антон Игоревич Пуртов,
аспирант; Иван Валерьевич Прокофьев, аспирант;
Научный руководитель Гибин Игорь Сергеевич, доктор техн. наук,
профессор*

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383) 346-26-23

Черников А.А., e-mail: ancher1994@gmail.com

Пуртов А.И., e-mail: a.p.93@mail.ru

Прокофьев И.В., e-mail: prokofev.ivan.93@mail.ru

Адрес для корреспонденции: Андрей Андреевич Черников,

Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия,
г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383) 3462623

Аннотация

Объектом исследования является оптико-электронная система обнаружения летательных аппаратов и бронетанковой техники. Предметом исследования являются методы выделения и классификации движущегося объекта на сложном неоднородном фоне. Цель работы заключается в разработке алгоритма обнаружения и классификации летательного аппарата и бронетанковой техники оптико-электронной системой на неоднородном фоне в режиме реального времени.

Предложен помехоустойчивый метод выделения летательного аппарата и бронетанковой техники на сложном динамическом фоне. Алгоритм основан на вычислении координат центра области объекта путем нахождения гауссова адаптивного порога фонового изображения. Создана и обучена нейронная сеть для быстрой классификации объекта. Алгоритм разработан на языке программирования Python с использованием библиотеки компьютерного зрения OPENCV [1].

Предложенный метод может быть применен в оптико-электронной системе обнаружения движущегося летательного аппарата и бронетанковой техники на неоднородном фоне в режиме реального времени в инфракрасном диапазоне. В результате работы выявлено, что предложенный алгоритм уверенно справляется с обнаружением и классификацией контрастного объекта, находящегося на расстоянии до 2 км от системы обнаружения.

Ключевые слова: летательный аппарат, бронетанковая техника, нейронные сети.

1. Введение

Одной из актуальных сфер применения, оптико-электронных систем

обнаружения, является навигация при сближении с объектом и его классификация. К навигационным параметрам объекта относятся параметры способные описать перемещение объекта в пространстве относительно оптико-электронной системы обнаружения, т.е. его относительные координаты и ориентацию в пространстве.

Данная работа посвящена решению задачи обнаружения, классификации объектов и определению их координат в поле зрения оптико-электронной системы обнаружения.

2. Теория

Разработанный алгоритм работает следующим образом:

– на первом этапе кадр видеопотока обрабатывает матрица повышающая контраст изображения [2,3];

– на втором этапе вычисляется порог фона контрастного изображения и происходит его бинаризация [4,5];

– на третьем этапе происходит вычисление координат центра области объекта в бинаризованном изображении [6,7]. Обученная нейронная сеть обрабатывает выделенную область предполагаемого объекта для его классификации.

3. Результаты и обсуждение

Для определения работоспособности алгоритма по дальности смоделирована сцена в среде Blender 2.8. Результат обработки видеопотока показан на рисунке 1, полученном при моделировании сцены с движущимся объектом в инфракрасном спектральном диапазоне с частотой 25 кадр/сек. Результаты классификации объектов нейронной сетью показан на рисунке 1.

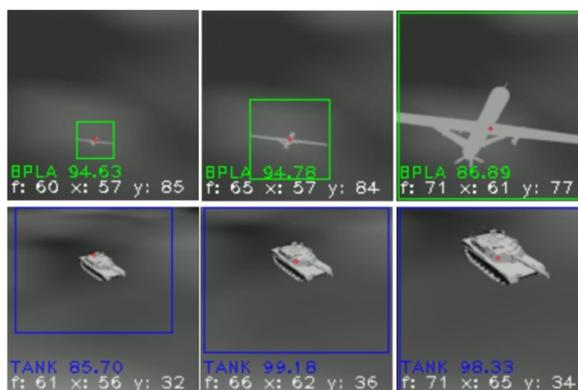


Рис. 1. Последовательность кадров инфракрасного видео с классифицированными объектами

Результатом проделанной работы стало то, что предложенный алгоритм уверенно справляется с обнаружением и классификацией контрастного объекта, находящегося на расстоянии до 2 км от системы обнаружения с размером приемной матрицы 125x125 пикселей. На разработанный алгоритм практически не оказывает влияние затененность, в некоторых случаях затененность способствует получению наилучшего результата обнаружения объекта. Достоинством разработанного алгоритма является быстроедействие системы обнаружения и классификации объекта.

4. Выводы

Предложенный метод может быть использован при разработке оптико-электронной системы обнаружения движущегося летательного аппарата и бронетанковой техники на неоднородном фоне в режиме реального времени в инфракрасном диапазоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Седжвик Р., Уэйн К., Дондеро Р. Программирование на языке Python: учебный курс. : Пер. с англ. - СПб. : ООО "Альфа-книга": 2017. - 736 с. : ил. - Парал. тит. англ.
2. N. Otsu. A threshold selection method from gray-level histograms. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 9(1):62–66, 1979.
3. Форсайт Д.А., Понс Ж. Компьютерное зрение. Современный подход/ пер. с англ. А.В. Назаренко, И.Ю. Дорошенко. М.: Вильямс, 2004. 928 с.
4. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман, В.С. Киричук [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
5. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов, П.В. Бабаян, О.Е. Балашов, А.И. Степашкин. М.: Радиотехника, 2008г. 176 с.
6. Лукьяница, А. А. Цифровая обработка видеоизображений / А. А. Лукьяница, А. Г. Шишкин. – М.: Ай-Эс-Эс Пресс, 2009.
7. Муравьев В.С. Пространственный алгоритм обнаружения и измерения координат воздушных объектов на изображении Вестник РГРТУ. Рязань. 2009. 2(28). С. 17-20

ALGORITHM FOR CLASSIFICATION OF CONTRAST OBJECTS ON A NON-UNIFORM BACKGROUND

Andrey Andreevich Chernikov, postgraduate student;

Anton Igorevich Purtov, postgraduate student;

Ivan Valerievich Prokofiev, postgraduate student.

Chernikov A.A., e-mail: ancher1994@gmail.com

Purtov A.I., e-mail: a.p.93@mail.ru

Prokofiev I.V., e-mail: prokofev.ivan.93@mail.ru

Novosibirsk State Technical University, 630073, Russia, Novosibirsk, Karl Marx Ave., 20, tel. (383) 346-26-23

Abstract

The object of the research is an optoelectronic system for detecting aircraft and armored vehicles. The subject of the research is the methods of identifying and classifying a moving object against a complex non-uniform background. The aim of the work is to develop an algorithm for detecting and classifying aircraft and armored vehicles by an optoelectronic system against a non-uniform background in real time.

A noise-immune method for identifying an aircraft and armored vehicles against a complex dynamic background is proposed. The algorithm is based on

calculating the coordinates of the center of the object area by finding the Gaussian adaptive threshold for the background image. Created and trained a neural network for fast object classification. The algorithm is developed in the Python programming language using the OPENCV computer vision library.

The proposed method can be used in the development of an optical-electronic system for detecting a moving aircraft and armored vehicles against a non-uniform background in real time in the infrared range. As a result of the work, it was revealed that the proposed algorithm reliably copes with the detection and classification of a contrasting object located at a distance of up to 2 km from the detection system.

Keywords: aircraft, armored vehicles, neural networks.

УДК 623.454.242

СРЕДСТВА РЕГУЛИРУЕМОГО ПОДРЫВА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СЛЭППЕР-ДЕТОНАТОРОВ

*Петрова Анастасия Александровна, студентка¹,
Щемелинина Александра Олеговна студентка¹,
Трегубова Дарья Константиновна студентка¹,*

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. +7(996)3765083

Научный руководитель Ющенко Валерий Павлович¹ д.т.н. профессор

Петрова А. А., e-mail fl41petrova@gmail.com

*Адрес для корреспонденции: Петрова Анастасия Александровна,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (996)3765083*

Аннотация

Слэппер-детонаторы являются очень надёжными устройствами, обеспечивающими безопасное и высокоточное проведение взрывных работ. Если нужно, например, снести взрывом громоздкое здание в центре города, не повредив соседние строения, то потребуется заложить много зарядов и для эффективного и филигранного взрыва детонировать заложенные заряды по заранее разработанной программе.

Для этого лучше всего прибегнуть к помощи Слэппер-детонаторов.

Ключевые слова

Слэппер-детонатор, высоковольтный источник питания, блокинг-генератор, умножитель напряжения

1. Введение

Слэппер-детонатор (англ. slapper detonator), также flying-plate detonator, это детонатор с взрывающейся фольгой (англ. Exploding Foil Initiator, EFI) [1,2]. Он является специальным видом детонатора для подрыва ядерных боеприпасов. Рис.1

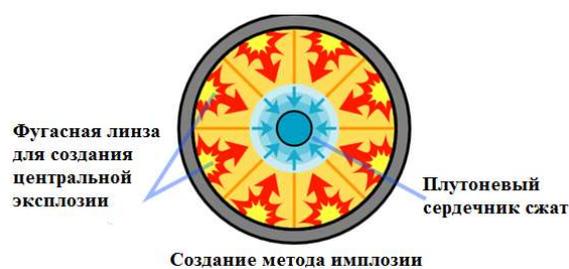


Рис. 1 Синхронный подрыв плутония по периметру обеспечивает центральную имплозию

Слэппер-детонатор разработан в начале 1970-х годов в Лаборатории им. Лоуренса США в рамках работ по созданию систем подрыва ядерных боеприпасов.

2. Теория, материалы и методы

Слэппер - детонатор является дальнейшим развитием детонатора с взрывающимся мостиком из фольги, или EBW-детонатора (англ. Exploding-bridgewire detonator, англ.). Принципиальным в устройстве детонатора является перегорание фольгированного мостика под действием приложенного высоковольтного напряжения и образование в этот момент расширяющейся плазмы при взрыве металлической фольги, которая в свою очередь, метает с ускорением другую фольгу из тонкой полимерной пленки или металла.

Последняя получила название «слэппер» (англ. slapper) или flyer — летящая пластина. Другим принципиальным обстоятельством является выбор инициирующего взрывчатого вещества (ВВ) пониженной чувствительности. Тем самым исключается непреднамеренное инициирование детонатора в силу различных причин, например, при электростатическом разряде, при падении, трении, или при повышенных температурах.

Практически единственным способом инициирования ВВ детонатора является воздействие на него ударной волны. И, вместе с тем, относительно простым способом инициирования ВВ является генерирование ударной волны при помощи метаемой пластины — слэппера, под действием приложенного высоковольтного напряжения.

В результате удара слэппера с высокой скоростью (от 3 до 4 км/с) по инициирующему взрывчатому веществу (как правило, используется гексанитростильбен) обеспечивается ударное инициирование детонации. Источником кинетической энергии слэппера является нагревание (следовательно, расширение) плазмы (бывшей фольги) в результате прохождения по ней разряда электрического тока. Такое устройство оказывается достаточно эффективным, до 30 % электрической энергии преобразуется в кинетическую энергию слэппера.

Начальный взрыв вызывается взрывным испарением тонкой металлической фольги, в результате прохождения по ней электрического тока силой несколько тысяч ампер при разряде конденсатора, заряженного до нескольких тысяч вольт. Разряд конденсатора осуществляется через образовавшуюся плазму после перегорания мостика из фольги.

В общем случае устройство состоит из шашки промежуточного заряда

(бустера), на котором установлен диск с центральным отверстием Рис.2.

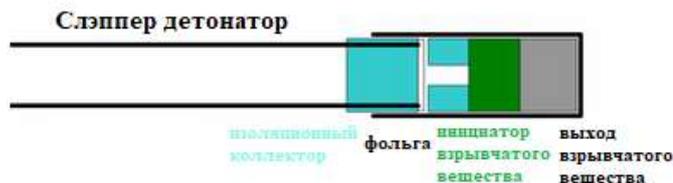


Рис.2. Слэппер-детонатор

К другой стороне диска прилегает слой из термостойкой и высокопрочной пленки-изолятора, например, из каптона или майлара толщиной от 25 до 50 мкм, на внешней стороне пленки нанесен тонкий металлический слой (как правило, алюминия или золота). При прохождении электрического разряда, происходит взрывное испарение тонкого металлического слоя, в результате чего майларовая пленка срезается в форме тонкого диска и шар плазмы проталкивает его через отверстие с большим ускорением.

При ударе слэппера о бустер реализуется ударный импульс высокого давления (до 15 ГПа) и малой длительности (порядка 200 нс) вызывающий детонацию последнего.

Необходимым условием функционирования слэппер-детонатора является генерирование высокого импульсного тока, возможное исключительно в электрической цепи малой индуктивности (обычно менее 20 нГн). ВВ с пониженной чувствительностью могут быть инициированы напрямую.

Имеется модификация устройства детонатора — так называемый лазерный детонатор, — в котором испарение вызвано высокоэнергетическим лазерным импульсом, переданным по воздушной среде, или по оптическому волокну.

Указанная схема использовалась в качестве безопасного детонатора при добыче полезных ископаемых и при разработке карьеров. Обычно для указанной цели используют твердотельный лазер мощностью 1Вт. Слэппер-детонаторы находят применение в современных системах вооружения, включая ядерные и обычные боеприпасы, а также в авиакосмических технологиях.

Основное достоинство слэппер-детонатора — это высокое быстродействие, которое необходимо для синхронного и одновременного подрыва для имплозии раздробленных зарядов плутониевой бомбы рис.1.

3. Проблемы и задачи успешно решаемые с помощью применения слэппер детонаторов.

- устранение проблемных строений в сложной точечной городской застройке
- оптимизация разработки месторождений в области горного дела
- сокращение разрушающих воздействий на шахтные здания и сооружения.

Вместо батареи на рис.3 к контактам X1 и X2 следует подключить источник высоковольтного питания Рис.4 просто соединив одноимённые контакты X1 и X2

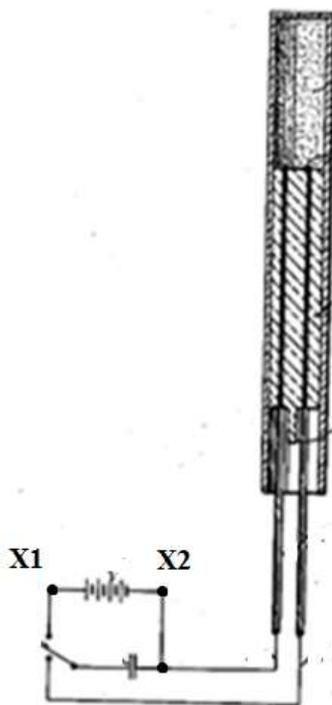


Рис. 3 Схема питания слэппер –детонатора

Частоту блокинг-генератора следует выбирать как можно выше, тогда готовность детонатора будет занимать мало времени. Коэффициент трансформации умножителя выпрямленного напряжения обеспечивает на контактах x1 и x2 значение 3-5 Кв.

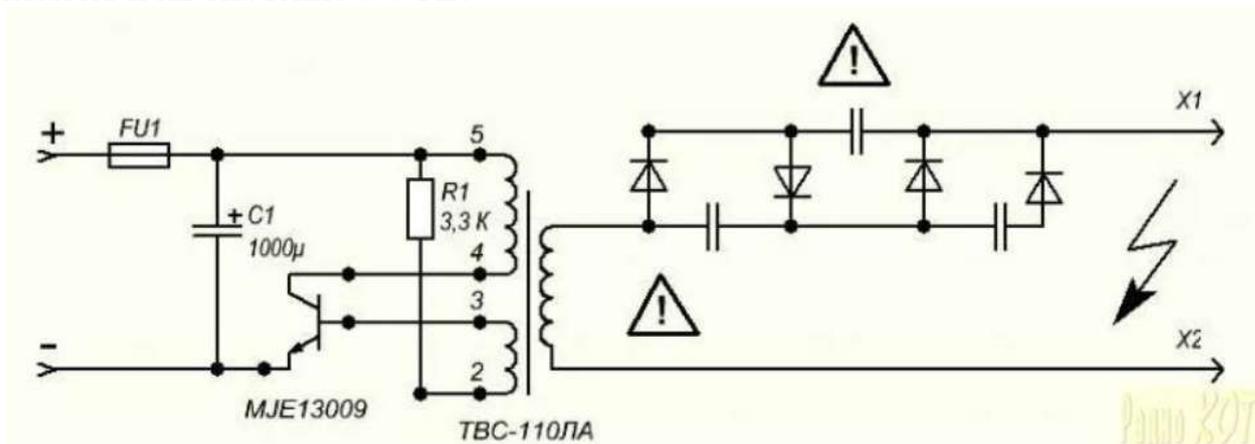


Рис. 4 Источник высоковольтного питания

4. Возможные решения задач

Для решения поставленных выше задач можно прибегнуть к умному подрыву, т.е. регулировать время запаздывания подрыва отдельных зарядов и тем самым распределять силу взрыва в отдельные моменты времени.

Реализовать это можно объединив 4 или более слэппер-детонатора в одном корпусе, отделенных друг от друга пластиной некоторого материала,

чтобы во время подрыва одного из детонаторов не инициировал соседний под действием предыдущего.

Подрыв осуществляется дистанционно. Управляющий подрывом регулирует силу взрыва, выбирая сколько детонаторов из комплекта корпуса должны сработать. Каждый из детонаторов в едином корпусе запускается отдельно. Тем самым мы сможем регулировать силу взрыва. То есть открывается возможность сосредоточить всю мощность взрыва в нужный момент времени или распределить мощность взрыва на интервале времени.

На Рис.5 представлены два из возможных вариантов инициирования, а) инициирование всех детонаторов, б) инициирование двух детонаторов из всего комплекта. В случае, а) сила взрыва будет выше, чем при б).

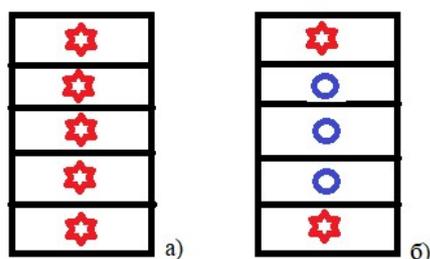


Рис. 5 Варианты работы детонаторов в комплектах детонаторов.

5. Результаты и обсуждение

Задача данной публикации привлечь внимание к современным и перспективным детонаторам. Предполагается, что для специалиста, обладающего радиотехническими знаниями в области средств поражения, разработка высоковольтного источника питания для инициирования слэппер-детонаторов не представляет больших трудностей.

Благодаря возможности регулировать силу взрыва данный комплект слэппер-детонаторов возможно использовать для эффективной разработки месторождений. Эта даст нам следующие результаты:

- сокращение разрушающего воздействия управляемого взрыва на шахты, шахтные сооружения
- возможность определять сторону отвала породы в карьере для работы экскаватора.
- регулируемая сила подрыва поможет безопасно устранять нежилые сооружения в сложной городской застройке

Выводы

Для многих промышленных работ данная методика может стать универсальной.

Подобные комплекты детонаторов возможно использовать и на начальных этапах строительства, создания котлована, где необходим достаточно мощный взрыв, так и для более тонких операций, где сила взрыва должна быть невысокой управляемой.

Слэппер-детонаторы характеризуются:

- быстродействием, что позволяет организовать программируемый подрыв множества зарядов и обеспечить филигранные результаты взрыва,
- безопасностью при работе со взрывчаткой,
- исключается опасность коррозии фольги или химической реакции между фольгой и взрывчатым веществом с образованием промежуточных неустойчивых соединений,
- снижается опасность случайного электрического воспламенения ВВ.

Применимость опыта кафедры наработки кафедры Автономных информационных и управляющих систем ФЛА НГТУ по разработке бортовых систем управления действием средств поражения в задачах двойного назначения подтверждена экспериментально в полигонных условиях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. J. David Logan, R. S. Lee EBF1: a computer simulation of the preburst behavior of electrically heated exploding foils, January 1976
2. A Dissertation Modeling and simulation of grinding processes based on a virtual wheel model and microscopic interaction analysis. April 2010
3. Simulation of precision grinding process, part 1: generation of the grinding wheel surface. Nguyen, T. A. and Butler, D. L. 2005

Petrova Anastasia Alexandrovna, student, e-mail: fl41petrova@gmail.com

Shemelinina Alexandra Olegovna student

Tregubova Darya Konstantinovna student

Scientific adviser Yushenko Valeriy Pavlovich D.Eng.Sc.,

prof. of AICS Department

Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk, 630073, Russia, phone number +7(383)3462623

Annotation

Slapper detonators are very reliable devices that ensure safe and masterly blasting operations. If needed to demolish a bulky building in the center of the city by an explosion without damaging the neighboring buildings, you will need to lay some charges, and for efficiency and tracery explosion detonates the laid charges according to a previously developed program.

For this, it is best to resort to the help of slapper detonators.

Keywords: Slapper detonator, high voltage power supply, blocking generator, voltage multiplier

УДК 528.854

РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПО ТРЕХМЕРНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ

*Щербаков Дмитрий Игоревич¹, студент, Мельников Александр Николаевич¹, студент, Шумейко Владимир Александрович¹ старший преподаватель
Научный руководитель профессор д.т.н. Легкий В.Н.¹*

¹ Новосибирский государственный технический университет, 630073,
Россия, г. Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (996)3765083

Щербаков Д.И., e-mail d.shcherbakov.154stud@gmail.com

Мельников А.Н.

Шумейко В.А.

Легкий В.Н.

*Адрес для корреспонденции: Щербаков Дмитрий Игоревич,
Новосибирский государственный технический университет, 630073, Россия, г.
Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20, тел. (383) 346-23-26*

Аннотация

Рассмотрен метод локационных измерений и распознавания объектов для трехмерных импульсных лазерных дальномеров с наносекундными зондирующими импульсами. Были описаны перспективы построения систем распознавания и избирательной дальнометрии наземных объектов по геометрическим признакам в условиях сложного рельефа на основе лазерных дальномеров. Рассмотрен одно из решений создания системы с повышенной достоверностью определения дальности до заданных объектов за счет селекции объектов по конкретным признакам.

Ключевые слова

Трехмерные лазерные локаторы, наносекундные импульсы, избирательная дальнометрия, распознавание объектов по геометрическим признакам, лазерные дальнометры.

1. Введение

В работе будут рассматриваться импульсные лазерные системы как средства для обнаружения, определения координат и распознавания объектов путем измерения профиля рельефа и распознавания объектов путем многократного измерения расстояния в заданном угловом секторе [1,2,3].

2. Реализации распознавания объектов

Техническая реализация локационной системы (ЛС) предполагает либо применение узконаправленного излучателя и фотоприемника в сочетании с двухкоординатным сканером (или однокоординатным сканером на борту подвижном носителе), либо зондирование лазерным импульсом всего

заданного углового сектора и применение многоэлементного дальномерного фотоприёмного устройства для получения трехмерного кадра за минимальное время. В момент включения излучатель прибора выпускает лазерный луч, который отражается от поверхности объекта и улавливается приемником. Результатом работы будет матрица расстояний до точек на лоцируемой поверхности объекта и реального рельефа. Обработка трехкоординатной матрицы измеренных расстояний и анализ формы поверхности позволяет селективировать заданный объект на фоне сложного рельефа и местных предметов (растительность, строения, контрастная техника, попадающие в диаграмму ЛС) [4].

Интервал измерения расстояния составляет от десятков метров, если применять полупроводниковый излучатель, до сотен метров, если будет использован твердотельный лазер, при погрешности доли - единицы метров в угловом секторе от 0,02 мрад до 0,15 мрад. Формат дальномерной матрицы фотоприемного устройства определяется в зависимости от назначения ЛС. Примеры трехмерного кадра, полученные посредством сканирующей ЛС [1], показаны на Рис.1.

Используя результаты натуральных измерений или тестовый рельеф заданного объекта, разрабатывается специализированное программное обеспечение (ПО), генерирующее синтезированные матрицы расстояний произвольного размера для отработки алгоритма распознавания. В данной работе используются геометрические признаки объектов (могут быть прямолинейные кромки, соотношение площади высотных сечений, отношение сторон прямоугольника и др.). Задачей ПО является генерация матрицы высот поверхности объекта при наличии элементов рельефа случайной геометрии.

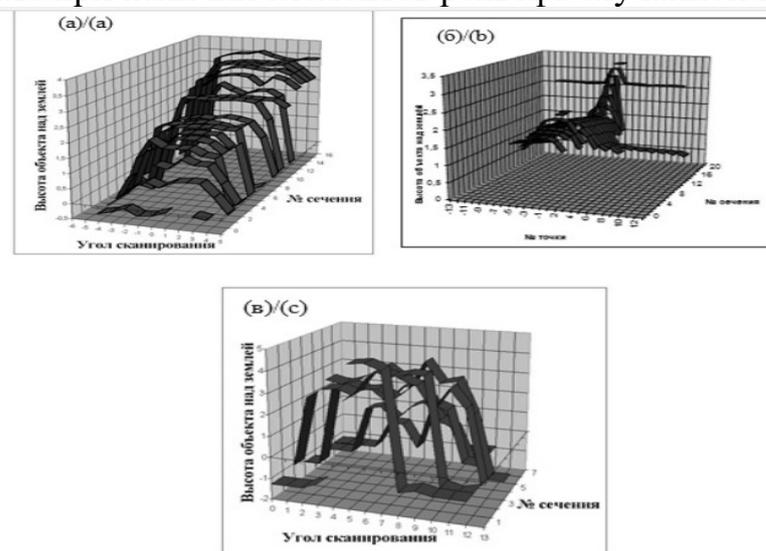


Рис. 1. Трехмерные кадры от разных объектов:
 а – автомобиль Урал-375;
 б – самолет МИГ-17;
 в – крона лиственного дерева

На основе измерений (Рис.1) составляется матрица расстояний заданного формата. В результате обработки формируется матрица единичных областей, согласно выражению:

$$X \geq p(\tau_i), X = 1; X < p(\tau_i), X = 0,$$

где $p(\tau_i)$ - пороговое значение амплитуды при соответствии момента принятого сигнала определенному интервалу времени τ_i в каждом элементе, определяемое в конкретном такте измерения.

Процесс обработки полученной матрицы заключается в нахождении одинаковых по высоте областей для какой-либо плоской поверхности в сканируемом участке пространства. Классические алгоритмы с построчным перебором двоичной матрицы с установкой маркеров на плоских участках, требуют значительное время обработки.

Основные затраты времени приходятся на перебор строк, содержащих только нули, а также на выделение отдельно расположенных единиц, обусловленных случайными ошибками измерения. Интерес для задачи распознавания объектов представляют только области, в которых есть единицы. Для сокращения затрат времени следует применить грубый перебор матрицы. В таком случае обработка матрицы разбивается на несколько этапов:

1.грубый перебор матрицы — для предварительного обнаружения равновысотных (единичных) областей;

2.аппроксимация областей, например, по условию заданной формы и максимальной площади;

3. распознавание объекта и принятие решения.

Сначала используется параллельный перебор нескольких строк. Чем больше количество одновременно перебираемых строк, тем выше точность обнаружения единичных областей, при больших вычислительных ресурсах.

При обнаружении соседних единичных значений $(x - 1, x + 1)$, в граничных точках непрерывных плоских областей устанавливаются маркеры, а именно: $\{x - 1 := 0, x := 1, x + 1 := 1\}$ и $\{x - 1 := 1, x := 1, x + 1 := 0\}$. На этом этапе определяются две недостающие координаты единичных областей путем перебора по координате Y от уставленных ранее маркеров, как стартовых точек.

Пусть на первом этапе обнаружены 3 единичные области, и несколько неустойчивых точек. Единичные области в районах первой и последней строк уточняются, в результате повторного перебора по координате Y , до тех пор, пока последовательность единиц не прервется. На пороговые значения $\{y - 1 := 1, y := 1, y + 1 := 0\}$ также устанавливаются маркеры. В центре кадра необходим двунаправленный перебор, для более точного установления границ единичной области. Контуры найденных единичных областей заданной формы (выявляются по максимальному числу внутренних точек), либо координаты центров масс сложных по форме единичных областей передаются для дальнейшей обработки на этапе распознавания и принятия решения [3]. Пример такого перебора продемонстрирован на Рис.2.

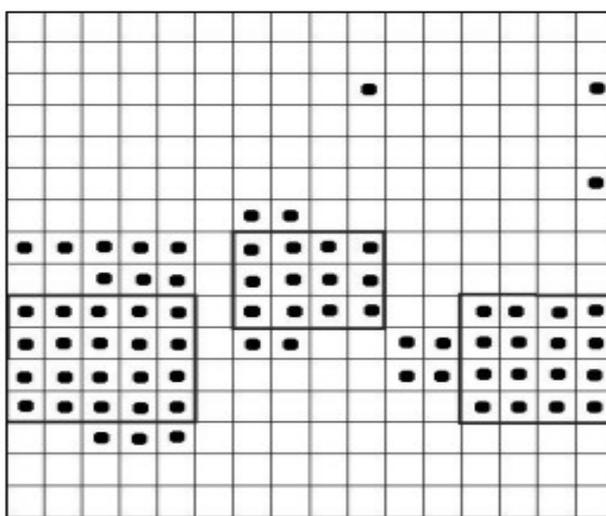


Рис.2. Единичная матрица для объекта техники скрытого в кроне деревьев, точками обозначены единичные области, прямоугольниками обозначены области выявленных заданных объектов путем оконтуривания найденных единичных областей

В патенте [4] предложено практическое решение задачи создания системы с повышенной достоверностью определения дальности до заданных объектов за счет селекции объектов по конкретным признакам (движение с определенной скоростью, размеры, форма и т. д.). В основе построения системы лежит получение и анализ трехмерного импульсного отклика при зондировании пространства коротким лазерным импульсом. В высокоинформативном распознающем дальномере в качестве излучателя может быть применен твердотельный или инжекционный лазер. В качестве ФПУ предлагалось применить 76-анодный микроканальный фотоэлектронный умножитель [4]. Современные технологии позволяют реализовать N-канальное фотоприемное устройство в виде дальномерной фотоматрицы с высоким быстродействием, с необходимой чувствительностью и с достаточной разрешающей способностью. Об этом подробнее можно ознакомиться [5-7].

Оптимизация энергетических параметров наносекундных дальномерных систем и их адаптация к случайным условиям работы описаны в работах [8,9].

3.Вывод

Предложенные решения позволяют разрабатывать оптоэлектронные системы нового поколения: высокоинформативные дальномеры, измерители реальной высоты до неровных поверхностей, импульсные системы для обнаружения и распознавания объектов, системы управления полетом и коррекции траектории летательных аппаратов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазерные системы ближней локации. Оптоэлектронные датчики. / В.Н.Легкий, В.Д.Топорков, под ред. В.Н. Легкого. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 179 с.

2. Использование ультракоротких импульсов в лазерных локационных системах для задач распознавания. / Е.В.Бурый, С.А.Зубцов, С.Б.Савельев – М.: ГОНТИ МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1990. – 61с.
3. Легкий, В.Н. Моделирование алгоритма измерения профиля рельефа и распознавания объектов в бортовых сканирующих импульсных лазерных дальномерах / В.Н.Легкий, В.А.Шумейко, И.Ю. Баласов и др. // Международная конференция-семинар по микро/нанотехнологиям и электронным приборам EDM'2010. Секция 5. «Оптико-электронные приборы и системы: физика, электроника, применения». -Новосибирск: НГТУ, 2010. – С. 390-392.
4. Легкий, В.Н. Высокоинформативный распознающий дальномер / В.Н.Легкий, Е.В.Плешакова // Патент РФ № 22545457 от 20.06.05 г.
5. Сероштанов, К.В. Перспективы применения лавинных фотодиодов в режиме Гейгера в системах двойного назначения / К.В.Сероштанов, А.Г.Батурин, С.А.Буднов, С.А.Андреев, В.Н.Легкий // Труды XVII всероссийской научно-технической конференции "Наука. Промышленность. Оборона» - Новосибирск: НГТУ, 2016. - С. 241-245.
6. Современное состояние и магистральные направления развития современной фотоэлектроники. / А.М.Филачев, И.И.Таубкин, М.А.Тришенков — М.: Физматкнига, 2010 — 128 с.
7. Beck, J. Gated IR imaging with 128 x 128 HgCdTe electron avalanche photodiode FPA / J.Beck, M.Woodall, R.Scritchfield et al. // Journal of Electronic Materials.- 2008.-Vol. 37, No.9.-P.1334-1343.
8. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения. / В.Н.Легкий, Б.В.Галун, О.В.Санков - Новосибирск: Издательство НГТУ, 2011. - 455 с.
9. Легкий, В.Н. Принципы построения помехоустойчивых миниатюрных лазерных импульсных дальномеров, высотометров и датчиков для бортовых и транспортных систем / В.Н.Легкий, Б.В.Галун, С.А.Литвиненко, О.В.Санков, В.А.Шумейко, И.Ю.Баласов, А.О.Башмаков // Оптический журнал. –2011.-Т. 78, №5.- С.64-69

OBJECT RECOGNITION BASED ON A THREE-DIMENSIONAL IMAGE

Sherbakov Dmitry Igorevich, student, e-mail

d.shcherbakov.154stud@gmail.com

Melnikov Alexander Nikolaevich, student

Shumejko Vladimir Alexandrovich, senior lecturer

*Scientific adviser: Legkiy Vladimir Nikolaevich, D.Eng.Sc,assist. prof. of
AICS Department*

*Novosibirsk State Technical University, 20, Prospekt K. Marksa, Novosibirsk,
630073, Russia, phone number +7(383)3462623*

Abstract

The method of location measurements and object recognition for three-dimensional pulsed laser range finders with nanosecond probing pulses considered. Paper described the expansion of the possibilities of constructing recognition systems and the selective system of ground objects based on geometric features in difficult terrains conditions based on laser rangefinders. One of the solutions for creating a system with increased reliability of determining the distance to specified objects by selecting objects for specific features considered.

Keywords: Three-dimensional laser radar, nanosecond pulses, selective ranging, object recognition by geometrical features, laser rangefinders

СОДЕРЖАНИЕ

<i>СЕКЦИЯ: КОНСТРУКЦИЯ И ДЕЙСТВИЕ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ И БОЕПРИПАСОВ</i>	5
ПАТЕНТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ОБЗОР ВЛИЯНИЯ ФОРМЫ БРОНЕБОЙНОГО УДАРНИКА НА ПОБИТИЕ БРОНИ Адриашкина Татьяна Расуловна, Милевский Константин Евгеньевич.	5
ТЕХНОЛОГИЯ ДЕТОНАЦИОННОГО НАНЕСЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ КУМУЛЯТИВНЫХ ОБЛИЦОВОК ЗАРЯДОВ ДЛЯ ПЕРФОРИРОВАНИЯ СКВАЖИН Ахмедов Таджиб Хейрудинович, Потапов Никита Владимирович, Шангин Алексей Сергеевич, Орлов Михаил Александрович, Рогожин Павел Викторович.....	9
АРТИЛЛЕРИЙСКИЙ СНАРЯД ДОСТАВКИ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО АППАРАТА Балыкин Евгений Александрович, студент; Милевский Константин Евгеньевич	12
СПОСОБЫ УПРОЧНЕНИЯ СТАЛИ ГАДФИЛЬДА Горбачева Надежда Валерьевна, Гуськов Анатолий Васильевич.....	16
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКИ ПРОЦЕССА КУМУЛЯЦИИ Гриф Екатерина Михайловна, Гуськов Анатолий Васильевич.....	20
ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СНАЙПЕРСКОГО ПАТРОНА КАЛИБРА 7.62×51ММ Гынгазов Дмитрий Владимирович, Пушкарев Андрей Анатольевич	22
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ В ВЕДУЩИХ ПОЯСКАХ СНАРЯДОВ ДЛЯ НЕКОТОРЫХ ТИПОВ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ ОРУДИЙ Зубашевский Константин Михайлович, Хребтова Мария Сергеевна, Гуськов Анатолий Васильевич	25
ПОВЫШЕНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СКОРОСТИ ОСКОЛКОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСКОЛОЧНОГО ПОЛЯ ОСКОЛОЧНО-ФУГАСНОГО СНАРЯДА Иванников Никита Сергеевич, Милевский Константин Евгеньевич	29
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ 120-ММ «РАДИОПРОЗРАЧНОГО» БОЕПРИПАСА К СИСТЕМЕ «НОНА-С» Ильин Семен Сергеевич; Хмельников Евгений Александрович, Смагин Константин Владимирович, Заводова Татьяна Евгеньевна.....	33
ЗАВИСИМОСТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОГНЯ ВООРУЖЕНИЯ ОТ КАЧЕСТВА БОЕПРИПАСОВ Иньшин Юрий Юрьевич, Кононенко Николай Владимирович	38

ВЛИЯНИЕ АРТИЛЛЕРИИ НА РАЗВИТИЕ НАУКИ Квашнёв Александр Андреевич, Милевский Константин Евгеньевич	42
АНАЛИЗ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОГО ВООРУЖЕНИЯ ОТ ПРОТИВОТАНКОВЫХ СРЕДСТВ Комендантов Артемий Павлович, Самойлов Леонид Александрович.....	46
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОРУЖИЯ НЕЛЕТАЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ Милевский Константин Евгеньевич, Мезенцев Никита Владимирович, Морозов Максим Анатольевич	51
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ МАЛОГАБАРИТНЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ Цыбрий Алексей Игоревич, Назаров Сергей Сергеевич, Милевский Константин Евгеньевич.....	56
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОВ РЕАКЦИИ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ВМ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ Сидорчев Николай Владимирович, Сидорчев Андрей Владимирович, Журавлева Елена Сергеевна, Орлов Михаил Александрович.....	60
ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ БРОНЕБОЙНО ОПЕРЕННОГО ПОДКАЛИБЕРНОГО СНАРЯДА (БОПС) С ЭЛЛИпсоИДНОЙ ПОЛОСТЬЮ ОБЛИЦОВАННОЙ МЕДЬЮ С ГОМОГЕННОЙ БРОНЕЙ Милевский Константин Евгеньевич, Серая Александра Александровна, Студенников Алексей Александрович, Халеменчук Вячеслав Павлович	64
АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ БОЕПРИПАСОВ ПАССИВНЫХ ПОМЕХ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ Ткачев Александр Андреевич, Хребтова Мария Сергеевна.....	67
ЗАВИСИМОСТЬ ВЕЛИЧИНЫ ДАВЛЕНИЯ ФОРСИРОВАНИЯ ОТ КОНСТРУКТИВНЫХ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЕДУЩЕГО ПОЯСКА НОВОГО ТИПА Гуськов Анатолий Васильевич, Хребтова Мария Сергеевна	71
ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В SIEMENS IMAGINE.LAB LMS Шадрин Иван Дмитриевич, Юдинцев Дмитрий Владимирович.....	76
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КУМУЛЯТИВНЫЕ БОЕПРИПАСЫ ТАНДЕМНОЙ СХЕМЫ Шарков Александр Валерьевич, Балаганский Игорь Андреевич	80
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ БРОНЕБОЙНО- ЗАЖИГАТЕЛЬНОГО СНАРЯДА КАЛИБРА 57 мм Ширяева Вероника Юрьевна, Хмельников Евгений Александрович, Смагин Константин Владимирович, Литус Игорь Борисович	83

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ РАСЧЕТА ВНУТРИБАЛЛИСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ВЫСТРЕЛА ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ ФОРМЫ Ширяева Вероника Юрьевна, Хмельников Евгений Александрович, Смагин Константин Владимирович	90
<i>СЕКЦИЯ: ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ КОНДЕНСИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ</i>	<i>96</i>
ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ ГОРЕНИЯ ЧАСТИЦ МЕТАЛЛА Белоусова Наталья Сергеевна, Гуськов Анатолий Васильевич, Глотов Олег Григорьевич.	96
ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ПРЕДОХРАНЕНИЯ ВЗРЫВАТЕЛЕЙ Кирюхина Валерия Александровна, Нестерова Алена Алексеевна, Милевский Константин Евгеньевич	102
ЗАДАЧА О ПЕРЕХОДЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ ИЗ ВЗРЫВЧАТОГО ВЕЩЕСТВА В ИНЕРТНОЕ ПОД УГЛОМ Литвинов Василий Леонидович, Потанина Елена Юрьевна, Милевский Константин Евгеньевич	107
ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНЕРТНОГО ЭЛЕМЕНТА ДЛЯ ФОКУСИРОВКИ УДАРНОЙ ВОЛНЫ Литвинов Василий Леонидович, Потанина Елена Юрьевна, Милевский Константин Евгеньевич	113
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОПЛИВНЫХ МАСС Ногачева Эльвира Раильевна, МаксUTOва Наиля Камилевна.....	117
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ К ТЕПЛОВЫМ ИМПУЛЬСАМ Тонеев Иван Романович, Нурмухаметов Андрей Тагирович, Козлов Владислав Валериевич, Шангин Алексей Сергеевич.....	121
<i>СЕКЦИЯ: РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОЭЛЕКТРОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМ.....</i>	<i>125</i>
ДЕТЕКТИРОВАНИЕ ЗВУКА СЕРДЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ Файб Семён Владимирович.....	125
ИМИТАЦИЯ ЭХОСИГНАЛОВ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ ОТ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ Чан Суан Хай	127
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ МОМЕНТНЫМИ ИНВАРИАНТАМ ПРИ СИНТЕЗЕ ТЕПЛОВЫХ ПОРТРЕТОВ С ЗАДАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ Щелгачёв Сергей Алексеевич, Юдин Борис	

Викторович.....	131
РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА МОНИТОРИНГА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СКОТА	
Васецкий Андрей Сергеевич, Павлов Денис Александрович	135
СИНТЕЗ ИМИТАТОРА ПОМЕХОВЫХ СИГНАЛОВ СИСТЕМАМ GPS И ГЛОНАСС	
Дорохов Николай Юрьевич, Насибулин Равиль Шамильевич, Киселёв Алексей Васильевич	138
СИНТЕЗ РЕЧИ ДЛЯ ГОЛОСОВОГО ИНТЕРФЕЙСА	
Гросс Александр Владимирович, Никулин Андрей Викторович	143
ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА НА БАЗЕ ФАПЧ	
Иванов Сергей Юрьевич.....	146
СИНТЕЗ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СВОЙСТВ СЛУХА	
Мазярова Валентина Александровна, Степанов Максим Андреевич	149
ОБЗОР VPN СЕРВИСОВ	
Муравьев Андрей Евгеньевич, Никулин Андрей Викторович.....	152
КИХ-ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ГИЛЬБЕРТА С МАКСИМАЛЬНО- ПЛОСКОЙ МНИМОЙ ЧАСТЬЮ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ	
Савиных Иван Сергеевич, Найчукова Арина Константиновна.....	156
ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СТЕНДУ ОЦЕНКИ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ СИСТЕМ Wi-Fi И СОТОВОЙ СВЯЗИ	
Нигматулина Алина Вачитовна, Киселев Алексей Васильевич	160
ФОРМИРОВАНИЕ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ВОЛНОВОДНО–ЩЕЛЕВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ	
Разумихин Анатолий Сергеевич, Девятков Геннадий Никифорович, Лайко Константин Алексеевич, Филимонова Юлия Олеговна	163
МАТРИЦА ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ, ИМИТИРУЮЩАЯ ЭХОСИГНАЛЫ ТРЕХПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНФИГУРАЦИИ	
Сабитов Тимур Ильясович, Киселев Алексей Васильевич, Степанов Максим Андреевич	167
СИНТЕЗ ПРОГРАММНОГО ИМИТАТОРА МНОГОЛУЧЕВОГО КАНАЛА СВЯЗИ И ЕГО ИССЛЕДОВАНИЕ	
Сумченко Дарья Васильевна, Киселев Алексей Васильевич	172
ШИРОКОПОЛОСНЫЕ ИНТЕРПОЛИРОВАННЫЕ ФИЛЬТРЫ НИЖНИХ ЧАСТОТ	
Савиных Иван Сергеевич, Шлыкова Ольга Анатольевна.....	178

АНАЛИТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА ЗАТУХАНИЯ В ПЛЕНОЧНОМ АТТЕНУАТОРЕ, ВЫПОЛНЕННОМ НА МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ Юзвик Денис Андреевич, Степанов Максим Андреевич	183
<i>СЕКЦИЯ: РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ПОРАЖЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ Денисова Ольга Владимировна, Коршунов Михаил Алексеевич.....	187
АНАЛИЗ СПОСОБОВ РАЗМЕЩЕНИЯ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ В ОТСЕКАХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ Железнов Илья Вячеславович, Рогачева Юлия Александровна, Шулепов Александр Иванович	190
SIW АНТЕННЫ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА БОРТОВЫХ ДАТЧИКОВ Запорожан Екатерина Вячеславовна, Сапунова Ангелина Васильевна, Шебалкова Любовь Васильевна.....	194
СПОСОБЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ SIW-ВОЛНОВОДОВ БОРТОВЫХ СИСТЕМ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ Иванайская Галина Евгеньевна, Лазарева Ольга Валерьевна, Шебалкова Любовь Васильевна	198
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОПОЛОСКОВОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ ДЛЯ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ Иванов Никита Вячеславович, Шебалкова Любовь Васильевна, Ющенко Валерий Павлович	203
ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ КОМПЛЕКСИРОВАННЫХ ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВТОРИЧНОЙ ОБРАБОКИ ИНФОРМАЦИИ Казанцев Денис Сергеевич, Орлова Мария Владимировна, Гибин Игорь Сергеевич	207
К ПРОБЛЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТВЕТСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ Калашников Павел Викторович.....	212
МИКРОПОЛОСКОВЫЕ АНТЕННЫЕ РЕШЕТКИ ДЛЯ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ Коваленко Александр Сергеевич, Заречнева Валентина Андреевна, Канцырев Антон Иванович	217
ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ SIW АНТЕНН В СИСТЕМАХ БЛИЖНЕЙ ЛОКАЦИИ Леонтьева Виктория Александровна, Щербаков Дмитрий Игоревич, Шебалкова	

Любовь Васильевна.....	222
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ SIW АНТЕНН	
Мельников Александр Николаевич, Теслина Яна Александровна, Эдвабник Валерий Григорьевич.....	226
АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ОБНАРУЖЕНИЯ РАДИОТЕПЛОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	
Орлова Мария Владимировна, Кропачева Ирина Петровна, Глазырина Елизавета Валерьевна	231
СРЕДСТВА РЕГУЛИРУЕМОГО ПОДРЫВА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СЛЭППЕР-ДЕТОНАТОРОВ	
Петрова Анастасия Александровна, Щемелинина Александра Олеговна, Трегубова Дарья Константиновна	236
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА БОРТОВОЙ АНТЕННЫ С ДИАГРАММОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА	
Слободяненко Александр Александрович, Шебалкова Любовь Васильевна, Ющенко Валерий Павлович.....	240
РАСЧЁТ КОМПЛЕКСНЫХ АМПЛИТУД СИГНАЛОВ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЗАДАННЫХ КООРДИНАТ КАЖУЩЕГОСЯ ЦЕНТРА ИЗЛУЧЕНИЯ	
Таюров Антон Викторович	246
АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ КОНТРАСТНЫХ ОБЪЕКТОВ НА НЕОДНОРОДНОМ ФОНЕ	
Андрей Андреевич Черников, Антон Игоревич Пуртов, Иван Валерьевич Прокофьев, Гибин Игорь Сергеевич	251
СРЕДСТВА РЕГУЛИРУЕМОГО ПОДРЫВА НАПРАВЛЕННОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ СЛЭППЕР-ДЕТОНАТОРОВ	
Петрова Анастасия Александровна, Щемелинина Александра Олеговна, Трегубова Дарья Константиновна	254
РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ПО ТРЕХМЕРНОМУ ИЗОБРАЖЕНИЮ	
Щербаков Дмитрий Игоревич, Мельников Александр Николаевич, Шумейко Владимир Александрович, Легкий В.Н	260

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

Наука Промышленность Оборона

Труды XXI ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
**ПОСВЯЩЕННОЙ 75-ЛЕТИЮ ПОБЕДЫ
В ВЕЛИКОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ВОЙНЕ**

г. Новосибирск, 7-9 октября 2020 г.

Том II

Под редакцией *С.Д. Саленко*

Компьютерная верстка

Н.С. Белоусова

Е.М. Гриф

Д.В. Гынгазов

А.А. Нестерова

Е.Ю. Потанина

Подписано в печать 03.11.2020 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная
Тираж 30 экз. Уч.-изд.л. 15,81. Печ.л. 17. Заказ № 952

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20
Тел: (383)-346-31-87