

Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации



# ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ВООРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Труды 19-й Всероссийской научно-технической конференции  
29–30 сентября 2022 года

Нижний Тагил  
2023

УДК 623  
ББК Ц9  
П79

*Ответственные редакторы:*

Е. А. Хмельников, заместитель руководителя РУСНЦ РАРАН,  
член-кор. РАРАН, д-р техн. наук, проф.;

Н. П. Смирнов, директор филиала НТИИМ ФКП «НИО «ГБИП России»

**Проектирование** систем вооружения и измерительных комплексов : Труды 19-й Всероссийской научно-технической конференции (29–30 сентября 2022 года, г. Нижний Тагил) ; М-во науки и высш. образования РФ ; ФГАОУ ВО «УрФУ им. первого Президента России Б. Н. Ельцина», Нижнетагил. технол. ин-т (фил.). – Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2023. – 370 с.  
ISBN 978-5-9544-0141-7.

Представлены труды 19-й Всероссийской научно-технической конференции «Проектирование систем вооружения и измерительных комплексов», посвященной 50-летию кафедры «Специальное машиностроение» Нижнетагильского технологического института (филиала) УрФУ, по следующим направлениям: проектирование систем вооружения, средств поражения и боеприпасов; полигонные испытания боеприпасов и вооружения; разработка порохов и зарядов; моделирование, информационно-вычислительные технологии и робототехника при разработке, и производстве и испытаниях вооружения, средств поражения и боеприпасов; обеспечение испытаний беспилотных летательных аппаратов.

УДК 623  
ББК Ц9

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

**Президиум – научный комитет конференции:**

Артамонов И.О., Буренок В.М., Дементьев В. Б. Закаменных Г.И., Кэрт Б.З., Липанов А.М., Михайлов Ю.М., Морозов О.С., Мушников Н. В., Руденко В.Л., Русяк И.Г., Семенов Н. П., Сильников М.В., Смирнов И.М., Смирнов Н.П., Тарнаев А.Г. Хмельников Е.А., Чижевский О.Т., Чуков А.Н., Щипанов А.Н., Горчаков В.А., Терликов А.Л.

**Сопредседатели конференции:**

Буренок В.М., Горчаков В. А., Капранов Д. В., Морозов О.С., Потанин В.В., Пересторонин С.В., Смирнов И.М., Смирнов Н.П., Чижевский О.Т., Рощупкин В.Н.

**Программный комитет конференции:**

Велданов В.А., Гуськов А.В., Дементьев В. Б., Кэрт Б.Э., Мушников Н. В., Палехов О.Н., Русяк И.Г., Деморецкий Д. А. Фалалеев В.И., Хмельников Е.А., Чуков А.Н.

**Оргкомитет конференции:**

Смирнов Н.П. (председатель), Палехов О.Н. (заместитель председателя оргкомитета), Хмельников Е.А. (заместитель председателя оргкомитета), Фалалеев В.И., Козяр А.В. (секретарь оргкомитета), Милютина Т.Н., Голованов А.Б.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Акопян А. А., Киященко В. В., Ганигин С. Ю.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕХВАТА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАДИО.....	7
<i>Баранов И. И., Кислицин С. А., Хмельников Е. А.</i> АСПЕКТЫ И УРОВНИ РАССМОТРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ ВВСТ.....	12
<i>Веревкин Д. В., Скиданов Я. Р., Журавлева Е. С., Ганигин С. Ю.</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ БОЕПРИПАСОВ НА ФУГАСНОСТЬ.....	21
<i>Волков В. А., Юдинцев Д. В.</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСМИССИЙ ТАНКОВ Т-90М «ПРОРЫВ» И KF-51 «PANTHER».....	32
<i>Ворошилов И. Н., Антонов С. Л.</i> КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ.....	43
<i>Ганигин С. Ю., Шангин А. С., Гришина О. Е.</i> МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ИСПЫТАНИЯМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ ИНИЦИИРОВАНИЯ ПЕРФОРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ.....	61
<i>Гауэр Е. К.</i> РАЗРАБОТКА УНИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЕЛОСИМЕТРА С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ.....	65
<i>Литус И. Б., Хмельников Е. А., Горин А. Г.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО СНАРЯДА КАЛИБРА 57 ММ.....	73
<i>Литус И. Б.; Дуньков А. И., Хмельников Е. А.</i> ВЛИЯНИЕ ПРОКЛАДОК НА ГОРЕНИЕ ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ДЛЯ МИНОМЕТА «НОНА-С».....	82
<i>Жарков С. В., Назаров Д. В., Ошкин И. В.</i> УСТРОЙСТВО ФИЗИЧЕСКОГО УНИЧТОЖЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	92
<i>Знаменский Е. А., Панченко А. В.</i> ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ОСИ СНАРЯДА К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ КОРРЕКЦИИ.....	100

<i>Ильин С. С., Литус И. Б., Хмельников Е. А., Рязанов Д. А., Заводова Т. Е.</i>	
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СНАРЯДА УМЕНЬШЕННОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТИ К СИСТЕМЕ 2С9 «НОНА-С».....	112
<i>Суфиянов В. Г., Клюкин Д. А.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ СТРЕЛЬБЫ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПУШКИ ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ СТВОЛА.....	121
<i>Козлов А. А.</i>	
СПОСОБ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВИБРАЦИИ НА ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ ДВУМЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВИБРОСТЕНДАМИ.....	132
<i>Козлов М. В., Литус И. Б., Селиверстов А. С., Ширяева В. Ю.</i>	
ИСПЫТАНИЯ РАЗРЫВНЫХ БОЛТОВ НА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ.....	141
<i>Королев С. А., Нефедов Д. Г., Волегов Д. С.</i>	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛЬБОЙ ИЗ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ.....	150
<i>Королев С. А., Мансуров Р. Р.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛОВ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ СТРЕЛЬБЫ АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМ СНАРЯДОМ.....	159
<i>Литус И. Б., Ширяева В. Ю., Хмельников Е. А., Смагин К. В.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ANSYS AUTODYN ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	171
<i>Мельников Н. А., Юдинцев Д. В.</i>	
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМУФТЫ ДЛЯ ПРИВОДОВ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН.....	178
<i>Набережных К. А., Юдин Б. В.</i>	
МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ ОБОЛОЧКИ В СПУТНОЙ СТРУЕ.....	184
<i>Гаврюшин Н. Ю., Попов А. В., Непеин М. Д.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАЛОГАБАРИТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА.....	190
<i>Нечаев А. С., Тоскина И. Е.</i>	
МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ СИГНАЛА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ СКАНИРУЮЩЕМ КАЛОРИМЕТРЕ.....	198
<i>Перевозчиков Ю. А.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИСКА ОПОРНОГО КАТКА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ.....	209

<i>Потанина Е. Ю., Литвинов В. Л., Гуськов А. В., Милевский К. Е.</i> НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КУМУЛЯЦИИ.....	218
<i>Прокопович Е. А., Литус И. Б., Хмельников Е. А., Заводова Т. Е.</i> РАСЧЕТ ШЛЮЗОВОЙ КАБИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ ПОДРЫВЕ ТРОТИЛОВОГО ЗАРЯДА.....	225
<i>Прокудин Е. О., Фомин В. А.</i> ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ОТ ДВОЙНОГО ЗАРЯЖАНИЯ В СОВРЕМЕННЫХ МИНОМЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ.....	235
<i>Размирица А. С., Шикин А. А., Хмельников Е. А., Смагин К. В.</i> ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ СНАРЯДА ПОВЫШЕННОГО МОГУЩЕСТВА 130-ММ .....	241
<i>Русяк И. Г., Тененев В. А.</i> СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВЫСТРЕЛА.....	248
<i>Русяк И. Г., Тененев В. А., Суфиянов В. Г., Клюкин Д. А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ТРУБЧАТОГО ПОРОХОВОГО ЭЛЕМЕНТА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИЦ В ПРОЦЕССЕ ГОРЕНИЯ.....	263
<i>Рязанов Д. А., Ильин С. С., Хмельников Е. А., Заводова Т. Е., Смагин К. В.</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕДУЩЕГО УСТРОЙСТВА, ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ПОЛИИМИДА, ДЛЯ СНАРЯДА УМЕНЬШЕННОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТИ КАЛИБРА 120 ММ К СИСТЕМЕ 2С9 «НОНА-С».....	277
<i>Семашко М. Ю., Кувишинова Н. Л.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МИНОМЕТНОГО ВЫСТРЕЛА ЗАМКНУТОГО ТИПА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	292
<i>Семашко М. Ю., Прохоров Ю. Ф., Хмельников Е. А.</i> РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА.....	302
<i>Сорока Н. В.</i> О СТЕНДЕ ДЛЯ НАСТРОЙКИ И ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЗМА ОГРАНИЧЕНИЯ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ЛЕБЕДКИ.....	313

<i>Теняков М. В., Шмырин Г. В., Ганигин С. Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ УНИВЕРСАЛЬНОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ ИНИЦИИРОВАНИЯ.....	318
<i>Тетерова И. В., Фомин П. А., Троцюк А. В.</i> РАСЧЕТ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДВУХТОПИВНЫХ СМЕСЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОДОРОДОМ.....	323
<i>Титов М. В.</i> О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ ДЛЯ БОРЬБЫ С МАЛОСКОРОСТНЫМИ И ТИХОХОДНЫМИ ВОЗДУШНЫМИ ЦЕЛЯМИ.....	328
<i>Шадрин И. Д., Юдинцев Д. В., Кислицын С. А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ БЫСТРОХОДНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ.....	341
<i>Шикин А. А., Хмельников Е. А., Козяр А. В., Литус И. Б.</i> ПОСТАНОВКА ДВУХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ ТАРИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ КРЕШЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	351
<i>Яковлева Л. В., Бадртдинов М. А., Овсянников А. В.</i> К ВОПРОСУ О ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ ПО УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ ВТ .....	361

УДК 623.624

**ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ПЕРЕХВАТА  
ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА  
СРЕДСТВАМИ ПРОГРАММНО-ОПРЕДЕЛЯЕМОГО РАДИО**

*Акопян А. А., Киященко В. В., Ганигин С. Ю.*

*Аннотация: в данном материале рассматривается возможность применения мультиплексной программно-определяемой радиосистемы как инструмента атаки на систему управления беспилотного летательного аппарата с целью снижения его курсовой устойчивости путем подмены команд управления моторами.*

**АСПЕКТЫ И УРОВНИ РАССМОТРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ  
ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ИСПЫТАНИЙ ВВСТ**

*Баранов И. И., Кислицин С. А., Хмельников Е. А.*

*Аннотация: в статье рассматриваются взаимосвязанные точки зрения на процессы цифровизации на различных уровнях рассмотрения систем ВВСТ на этапах их разработки и испытаний. При этом обращается внимание, как на общетехническое, так и на прикладное значение компьютерного моделирования в жизненном цикле машиностроительной продукции. Производится сравнение автоматизированных и цифровых систем проектирования и испытания объектов ВВСТ.*

УДК 519.688

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СОПРОВОЖДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ БОЕПРИПАСОВ НА ФУГАСНОСТЬ**

*Веровкин Д. В., Скиданов Я. Р., Журавлева Е. С., Ганигин С. Ю.*

*Аннотация: в статье представлены методы разработки информационной системы сопровождения испытаний боеприпасов на фугасность. Исходными данными для анализа является профили давления ударных волны, зафиксированных в ходе испытаний. Результатом работы программы является высчитанный тротиловый эквивалент по функции затухания давления и импульса.*

УДК 621.833.65

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСМИССИЙ ТАНКОВ  
Т-90М «ПРОРЫВ» И KF-51 «PANTHER»**

*Волков В. А., Юдинцев Д. В.*

*Аннотация: в статье рассматриваются трансмиссии двух основных боевых танков: российского Т-90М «Прорыв» и немецкого KF-51 «Panther». В данной работе рассматриваются основные характеристики коробок передач и проведено их сравнение.*

## **КОМПЛЕКС ПОЛУНАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ**

*Ворошилов И. Н., Антонов С. Л.*

*Аннотация: комплекс и методики полунатурных испытаний бортовых радиолокационных систем ближнего действия, неконтактных систем ближнего действия, а также технология стендового полунатурного имитационного моделирования позволяет снизить временные и материальные затраты при разработке и проведении испытаний перспективных изделий. Позволяет дать достоверную оценку функционирования системы в целом и ее подсистем для практически любых ситуаций применения. Комплекс позволяет управлять системой, вводя полетные задания, отображать и записывать сигналы при обнаружении системой медленных и скоростных объектов. На основе, полученной по ограниченному количеству полунатурных испытаний, статистики и анализа данных, верифицировать математическую модель и прогнозировать функционирование системы.*

УДК 621.317.7.087.6

**МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ К ИСПЫТАНИЯМ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ  
ИНИЦИИРОВАНИЯ ПЕРФОРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Ганигин С. Ю., Шангин А. С., Гришина О. Е.*

*Аннотация: в данной работе рассмотрена методика подготовки интеллектуальной головки инициирования перфорационной системы и результаты испытаний в полигонных условиях.*

УДК 531. 767

## **РАЗРАБОТКА УНИПОЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЕЛОСИМЕТРА С ПОСТОЯННЫМ МАГНИТОМ**

*Гауэр Е. К.*

*Аннотация: в статье показана конструкция униполярного электромагнитного велосиметра с постоянным магнитом, позволяющая расширить возможности прибора, упростить измерение, обработку результатов и эксплуатацию велосиметра.*

УДК 623.451.32

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ  
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО СНАРЯДА КАЛИБРА 57 ММ**

*Литус И. Б., Хмельников Е. А., Горин А. Г.*

*Аннотация: в статье представлена конструкция перспективного телескопического бронебойного оперенного подкалиберного снаряда (БОПС); рассмотрены варианты сборок с различным количеством и расположением группы ударников; решена комплексная задача внутренней, внешней и конечной баллистики.*

УДК 532.529

## **ВЛИЯНИЕ ПРОКЛАДОК НА ГОРЕНИЕ ВОСПЛАМЕНИТЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ДЛЯ МИНОМЕТА «НОНА-С»**

*Литус И. Б., Дуньков А. И., Хмельников Е. А.*

*Аннотация: рассматривается моделирование горения пороха в воспламенительном метательном заряде для осколочно-фугасного снаряда инд. ЗОФ49 к системе 2С9 «Нона - С». Проведены расчеты внутренней баллистики заряда. Было произведено сравнение особенностей развития давления и скорости пороховых газов в заряде с перегородками и без них.*

## **УСТРОЙСТВО ФИЗИЧЕСКОГО УНИЧТОЖЕНИЯ КОНФИДЕНЦИАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

*Жарков С. В., Назаров Д. В., Ошкин И. В.*

*Аннотация: в статье рассматривается проблема гарантированного уничтожения информации с твердотельных накопителей. Проведена сравнительная оценка физических методов уничтожения информации. Экспериментальные исследования с пиротехническим составом и конструкцией корпуса позволили определить окончательный облик будущего малогабаритного устройства физического уничтожения информации.*

УДК 51-72:531.36+623.45

**ПРИЛОЖЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ  
О ВРАЩАТЕЛЬНОМ ДВИЖЕНИИ ОСИ СНАРЯДА  
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ КОРРЕКЦИИ**

*Знаменский Е. А., Панченко А. В.*

*Аннотация: в статье рассматривается вопрос проектирования корректируемых артиллерийских снарядов, стабилизируемых вращением. На основе аналитического решения задачи о вращательном движении оси снаряда получены расчетные соотношения и сформулированы правила, позволяющие выбирать рациональные конструктивные параметры систем коррекции.*

**РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СНАРЯДА УМЕНЬШЕННОЙ  
РАДИОЗАМЕТНОСТИ К СИСТЕМЕ 2С9 «НОНА-С»**

*Ильин С. С., Литус И. Б., Хмельников Е. А.,  
Рязанов Д. А., Заводова Т. Е.*

*Аннотация: в данной статье представлены несколько этапов работы по разработке конструкции боеприпаса уменьшенной радиозаметности к САО 2С9. Данные этапы включают в себя проектирование упрощенного соединения «радиопрозрачного» снаряда с хвостовиком; результаты расчетов прочности конструкции предлагаемого боеприпаса; оценка внешнебаллистических параметров и устойчивость на траектории; расчет эффективности действия у потенциальной цели.*

**ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ СТРЕЛБЫ  
АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПУШКИ  
ЗА СЧЕТ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ СТВОЛА**

*Суфиянов В. Г., Клюкин Д. А.*

*Аннотация: рассмотрена задача о продольно-поперечных колебаниях ствола автоматической пушки с модифицированной геометрией в одномерной упругой постановке с учетом начального прогиба, влияния переменного распределения давления пороховых газов, включая период последствия, теплового нагружения ствола и динамики движения снарядов. Разностные аппроксимации уравнений колебаний ствола получены на основе интегро-интерполяционного подхода. Представлены результаты моделирования стрельбы и определен разброс снарядов при стрельбе из стволов с классической и измененной геометрией, полученной за счет добавления ребер жесткости. Показано, что рассматриваемая модификация ствола, при сохранении массовых характеристиках, позволяет значительно сократить разброс снарядов при стрельбе очередями.*

## **СПОСОБ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СЛУЧАЙНОЙ ВИБРАЦИИ НА ЛЕТАТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ ДВУМЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИМИ ВИБРОСТЕНДАМИ**

*Козлов А. А.*

*Аннотация: в докладе рассматривается задача разработки метода вибрационных испытаний летательных аппаратов в виде тел вращения двумя одновременно соосно работающими вибростендами. Для реализации нелинейного характера распространения вибрации по длине корпуса летательного аппарата применяются широко распространенные электродинамические вибростенды, каждый из которых управляется независимой цифровой системой воспроизведения и создания случайной вибрации. С целью нагружения двумя одновременно работающими вибростендами объекта испытаний разработан способ управления широкополосной случайной вибрацией, который позволяет создавать различный спектральный состав и уровень ускорения в двух частях конструкции объекта.*

## **ИСПЫТАНИЯ РАЗРЫВНЫХ БОЛТОВ НА ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ**

*Козлов М. В., Литус И. Б., Селиверстов А. С., Ширяева В. Ю.*

*Аннотация: в статье предлагается методика испытания крепежных элементов (болтов) на разрыв и срез при заданной динамической нагрузке; рассмотрен метод расчета порохового заряда и проведено моделирование испытаний. В работе представлены результаты натурных испытаний болтов. Полученные результаты работы и разработанные методики испытаний могут быть использованы при дальнейшей разработке конструкций крепежных элементов в рамках импортозамещения.*

УДК 531.554+004.89 (ГРНТИ 28.23.37)

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТРЕЛЬБОЙ ИЗ АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВООРУЖЕНИЯ**

*Королев С. А., Нефедов Д. Г., Волегов Д. С.*

*Аннотация: В работе представлены математические модели, алгоритмы и программная реализация интеллектуальной системы управления стрельбой из артиллерийского вооружения. Для решения задач наведения и корректировки стрельбы построена искусственная нейронная сеть, обучение которой производится на базе данных вычислительных экспериментов, получаемой путем решения прямой задачи внешней баллистики для заданных параметров баллистической установки. Тестирование алгоритмов наведения и корректировки стрельбы проведено с помощью симуляции в программном комплексе и на макете баллистической установки.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДЕЛОВ ПОВЫШЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ  
СТРЕЛЬБЫ АКТИВНО-РЕАКТИВНЫМ СНАРЯДОМ**

*Королев С. А., Мансуров Р. Р.*

*Аннотация: в статье рассматриваются различные способы повышения дальности стрельбы активно-реактивным снарядом. Для увеличения дальности стрельбы решалась задача многомерной оптимизации. Разработана математическая модель баллистического расчета активно-реактивного снаряда. Решена задача внутренней баллистики РДТТ с учетом разделения тяги на осевую составляющую и момент вращения. Решена задача внешней баллистики, с учетом условия устойчивости снаряда на всей траектории. На основе разработанной модели определены пределы повышения дальности стрельбы активно-реактивным снарядом калибра 152 мм.*

**ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ В ANSYS AUTODYN ДЛЯ  
АНАЛИЗА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ**

*Литус И. Б., Ширяева В. Ю., Хмельников Е. А., Смагин К. В.*

*Аннотация: в статье рассматривается эксперимент по прониканию стального ударника в алюминиевую преграду. Производится моделирование процесса внедрения ударника в преграду. Затем проводится сравнительный анализ параметров каверны после встречи ударника с преградой в эксперименте и при моделировании. Определяются основные параметры соударения ударника с преградой.*

УДК 62-822

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОМУФТЫ ДЛЯ ПРИВОДОВ  
ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

*Мельников Н. А., Юдинцев Д. В.*

*Аннотация: целью данной статьи являлось исследование существующих аналитических моделей гидромуфт для будущего сравнения с эмпирическими данными. Представлен результат поиска наиболее актуальной математической модели работы гидродинамической муфты, в результате которого обнаружено две уточненных модели работы гидромуфты. Представлен краткий обзор уточненных моделей. Выявлена необходимость в соотнесении характеристик аналитических моделей с реальной гидромуфтой, что является дальнейшей целью работ.*

## **МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОСТИ ОБОЛОЧКИ В СПУТНОЙ СТРУЕ**

*Набережных К. А., Юдин Б. В.*

*Аннотация: в работе моделируется поведение тонкой цилиндрической оболочки, находящейся в спутном сверхзвуковом потоке. Показана возможность потери устойчивости в следствии перепада давления на внешней и внутренней поверхности стакана.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МАЛОГАБАРИТНОГО ИМПУЛЬСНОГО ГЕНЕРАТОРА**

*Гаврюшин Н. Ю., Попов А. В., Непеин М. Д.*

*Аннотация: в статье приведены примеры применения малогабаритного импульсного генератора. Акцентируется внимание на необходимости разработки новых и модернизации имеющихся в части миниатюризации с одновременным улучшением их технических характеристик. Для решения этой задачи разработана математическая модель малогабаритного импульсного генератора. Для апробации математической модели были выполнены расчеты, на основе которых был разработан и испытан макетный образец. Проведен сравнительный анализ результатов натурного эксперимента с результатами математического моделирования, показавший удовлетворительную сходимость. Разработанная математическая модель имеет прикладной аспект применения при модернизации имеющихся и разработке новых малогабаритных импульсных генераторов.*

## **МЕТОД АППРОКСИМАЦИИ СИГНАЛА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ СКАНИРУЮЩЕМ КАЛОРИМЕТРЕ**

*Нечаев А. С., Тоскина И. Е.*

*Аннотация: в работе рассмотрен способ восстановления локальных во времени информационных сигналов, использующихся в дифференциальных сканирующих калориметрах (ДСК) на основе вейвлет-функции. Предложен метод аппроксимации сигналов ДСК с использованием вейвлет функции. Проверена применимость метода для однопикового и двухпикового сигналов. Показана возможность работы с веществами, обладающими эндо- и экзотермическими свойствами в момент фазового перехода. Оценено влияние результатов цифрового представления сигналов на точность измеряемой дифференциальной температуры. Была выведена и оценена аппроксимирующей функцией относительная погрешность расчетов по данному методу от количества проделанных итерационных вычислений.*

УДК 629.365

## **ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ДИСКА ОПОРНОГО КАТКА ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ**

*Перевозчиков Ю. А.*

*Аннотация: в статье рассматривается методология параметрической топологической оптимизации конструкции диска опорного катка гусеничной машины. Результаты расчетных исследований позволили разработать вариант оптимизированной конструкции диска опорного катка с увеличенным ресурсом.*

УДК 622.235.534

## **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕАЛИЗАЦИИ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КУМУЛЯЦИИ**

*Потанина Е. Ю., Литвинов В. Л., Гуськов А. В., Милевский К. Е.*

*Аннотация: в статье приведены два новых подхода к реализации цилиндрической кумуляции, описано их отличие и преимущество перед известными подходами. Представлены результаты численных экспериментов и описание основных явлений, проявившихся в процессе расчета.*

## **РАСЧЕТ ШЛЮЗОВОЙ КАБИНЫ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ СТАЦИОНАРНОМ ПОДРЫВЕ ТРОТИЛОВОГО ЗАРЯДА**

*Прокопович Е. А., Литус И. Б., Хмельников Е. А., Заводова Т. Е.*

*Аннотация: в статье рассматривается шлюзовая кабина, которая должна обеспечить защиту от взрывного воздействия заряда ТНТ. Смоделирована конструкция кабины и заряда взрывчатого вещества. Смоделирована конструкция и поставлена газодинамическая задача о воздействии заряда на стекло. По результатам исследования проведена оценка эффективности данной модели с возможностью дальнейшей модернизации конструкции на основе полученных данных.*

УДК 623.4.048

**ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРЕДОХРАНИТЕЛЕЙ ОТ ДВОЙНОГО ЗАРЯЖАНИЯ  
В СОВРЕМЕННЫХ МИНОМЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ**

*Прокудин Е. О., Фомин В. А.*

*Аннотация: в данной статье представлен обзор основных вопросов, возникающих при проектировании предохранителя от двойного заряжания в перспективных минометных комплексах.*

**ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ИЗМЕНЕНИЮ КОНСТРУКЦИИ СНАРЯДА  
ПОВЫШЕННОГО МОГУЩЕСТВА 130-ММ**

*Размирица А. С., Шикин А. А., Хмельников Е. А., Смагин К. В.*

*Аннотация: на основе испытаний и имитационного моделирования ведущего устройства к снаряду 130 мм пушке АК – 130, подтверждена неудовлетворительная работа штатного ведущего устройства и возникающих, в связи с этим проблем функционирования боеприпаса. Предложена измененная конструкция ведущего устройства, которая показала положительные результаты при проведении испытаний.*

## **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ЗАРЯДА АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ВЫСТРЕЛА**

*Русяк И. Г., Тенев В. А.*

*Аннотация: сформулирована математическая постановка задачи структурно-параметрического синтеза конструкции заряда, состоящего из последовательно расположенных пороховых элементов трубчатой и зерновой формы различных марок, с целью повышения начальной скорости снаряда. Целевая функция и ограничения определяются из решения газодинамической задачи внутренней баллистики для комбинированного заряда различных конструктивных схем заряжания. Разработан алгоритм решения задачи на основе генетического алгоритма. Общая схема и основные этапы его реализации рассмотрены на модельном примере.*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ  
ТРУБЧАТОГО ПОРОХОВОГО ЭЛЕМЕНТА  
С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ГРАНИЦ В ПРОЦЕССЕ ГОРЕНИЯ**

*Русяк И. Г., Тененев В. А., Суфиянов В. Г., Клюкин Д. А.*

*Аннотация: в статье представлена постановка задач внутренней баллистики артиллерийского выстрела для заряда, состоящего из совокупности пороховых трубок, и их напряженно-деформированного состояния. Горение и движение пучка пороховых трубок по каналу ствола моделируются эквивалентным трубчатым зарядом. При расчете параметров течения использованы двумерные осесимметричные уравнения газовой динамики, для решения которых применяется метод контрольного объема. Для решения нестационарной задачи упругости используется метод конечных элементов с разбиением области расчета на треугольные элементы. В процессе выгорания пороховой трубки расчетная сетка на каждом временном слое динамической задачи полностью обновляется в связи с изменением границ порохового элемента за счет горения. Показано, что трубчатые пороховые элементы в процессе выстрела испытывают существенные деформации, которые необходимо учитывать при решении основной задачи внутренней баллистики.*

УДК 623.5

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕДУЩЕГО УСТРОЙСТВА,  
ИЗГОТОВЛЕННОГО ИЗ ПОЛИИМИДА, ДЛЯ СНАРЯДА  
УМЕНЬШЕННОЙ РАДИОЗАМЕТНОСТИ КАЛИБРА 120 ММ  
К СИСТЕМЕ 2С9 «НОНА-С»**

*Рязанов Д. А., Ильин С. С., Хмельников Е. А.,  
Заводова Т. Е., Смагин К. В.*

*Аннотация: в данной статье исследованы вопросы прочности клеевого соединения вкладного ведущего устройства, предлагаемого к использованию в различных конструкциях снаряда уменьшенной радиозаметности. Представлен прочностной расчет нового ведущего устройства из радиопрозрачного материала TECASINT 1011.*

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МИНОМЕТНОГО ВЫСТРЕЛА ЗАМКНУТОГО ТИПА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Семашко М. Ю., Кувшинова Н. Л.*

*Аннотация: рассматриваются вопросы совершенствования штатных конструкций выстрелов при ведении современного боя. Данная задача является актуальной, поскольку необходимо обеспечить бесшумность и беспламенность выстрела; малозаметность для радиолокационных станций; повышенное могущество осколочного действия.*

*С целью снижения заметности, шума и пламенности выстрела была проработана конструкция модели минометного выстрела замкнутого типа из композиционных материалов повышенного могущества. При помощи аналитических методов рассчитана эффективность поражающего действия. Выполнено моделирование процесса детонации и разлета осколков боевой части*

## **РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТОРСКИХ РЕШЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДХОДА**

*Семашко М. Ю., Прохоров Ю. Ф., Хмельников Е. А.*

*Аннотация: современная ствольная артиллерия и боеприпасы, обладая высокой огневой мощностью, скорострельностью, маневренностью и способностью решать широкий круг огневых задач, сохраняет ведущее место в системе вооружения армий передовых в военном отношении стран. Развитие конструкций средств поражения и боеприпасов увеличивает могущество нашей страны и делает ее неуязвимой! В силу этого, работу, направленную на разработку конструкторских решений с использованием структурно-функционального подхода развития и модернизации конструкций следует считать актуальной.*

*Целью данной работы является адаптация структурно-функционального аппарата и элементов ТРИЗ к проектированию, модернизации и производству СПиБ.*

*В работе рассмотрены вопросы существующего подхода к проектированию, несистемные методы поиска новых решений, теория систем, законы ее развития, а также инструменты структурно-функционального анализа.*

УДК 620.1.051

**О СТЕНДЕ ДЛЯ НАСТРОЙКИ  
И ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ  
МЕХАНИЗМА ОГРАНИЧЕНИЯ ТЯГОВОГО УСИЛИЯ ЛЕБЕДКИ**

*Сорока Н. В.*

*Аннотация: предложена конструкция стенда для настройки и проверки работоспособности механизма ограничения тягового усилия, развиваемого лебедкой. Показаны преимущества предлагаемого стенда. Стенд предназначен для испытания широкого ряда тяговых лебедок, в том числе и устанавливаемых на транспортные средства специального назначения.*

УДК 621.314

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ  
УНИВЕРСАЛЬНОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ  
ИНИЦИИРОВАНИЯ**

*Теняков М. В., Шмырин Г. В., Ганигин С. Ю.*

*Аннотация: в статье рассмотрены вопросы проектирования и оптимизация конструкции универсального формирователя импульсов для детонаторов постоянного и переменного тока повышенной безопасности. Проведен расчет и подобраны оптимальные значения электронной компонентной базы повышающего преобразователя.*

УДК 234.465+534.222

## **РАСЧЕТ ДЕТОНАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В ДВУХТОПЛИВНЫХ СМЕСЯХ УГЛЕВОДОРОДОВ С ВОДОРОДОМ**

*Тетерцова И. В., Фомин П. А., Троцюк А. В.*

*Аннотация: представлены двустадийные обобщенные модели химической кинетики детонационного горения двухтопливных газовых смесей синтез-газа и метана с водородом.*

*Сделаны двумерные численные расчеты параметров и ячеистой структуры детонационной волны в рассматриваемых смесях при различных соотношениях между горючими. Химические реакции описывались по предложенным кинетическим моделям. Результаты расчетов хорошо соответствуют эксперименту.*

УДК 623.1/.7

**О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТВОЛЬНОЙ АРТИЛЛЕРИИ  
ДЛЯ БОРЬБЫ С МАЛОСКОРОСТНЫМИ И ТИХОХОДНЫМИ  
ВОЗДУШНЫМИ ЦЕЛЯМИ**

*Титов М. В.*

*Аннотация: баллистическое решение 122 мм гаубицы Д-30(2А18) и технические характеристики гаубицы потенциально позволяют бороться штатными боеприпасами с малоскоростными и тихоходными воздушными целями без преждевременного раскрытия средств ПВО, оптимизированных для поражения дорогих воздушных целей.*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСМИССИЕЙ БЫСТРОХОДНОЙ ГУСЕНИЧНОЙ МАШИНЫ**

*Шадрин И. Д., Юдинцев Д. В., Кислицын С. А.*

*Аннотация: современные трансмиссии – это сложные многоагрегатные системы, включающие в себя передачи, фрикционные элементы, гидросистемы, органы и приводы управления. В настоящее время широкое распространение получила автоматизация управления движением гусеничных машин. Несмотря на это, разработка данных систем управления до сих пор является трудоемким процессом. Целью данной работы являлась разработка функциональной математической модели системы управления трансмиссионной установкой быстроходной гусеничной машины. Представленная в работе математическая модель автоматической системы управления трансмиссией упрощает ее проектирование, и позволяет проводить отладку ее работы и вносить коррективы на всем жизненном цикле изделия.*

**УДК 67.05**

**ПОСТАНОВКА ДВУХМЕРНОЙ ЗАДАЧИ ДИНАМИЧЕСКОГО  
НАГРУЖЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ УСТАНОВКОЙ ДЛЯ  
ТАРИРОВАНИЯ СФЕРИЧЕСКИХ КРЕШЕРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

*Шикин А. А., Хмельников Е. А., Козяр А. В., Литус И. Б.*

*Аннотация: представлен обобщенный результат исследования и построение модели сжатия глицерина в камере высокого давления. Данный процесс встречается при динамическом тарировании сферических крешерных элементов.*

УДК 623.438

**К ВОПРОСУ О ПРОВЕДЕНИИ РАБОТ  
ПО УНИФИКАЦИИ ИЗДЕЛИЙ ВТ**

*Яковлева Л. В., Бадртдинов М. А., Овсянников А. В.*

*Аннотация: в статье рассмотрены возможности опережающей унификации.  
Проведение работ по унификации изделий ВТ.*

*Научное издание*

**Проектирование систем вооружения  
и измерительных комплексов**

Труды 19-й Всероссийской научно-технической конференции  
29–30 сентября 2022 года  
г. Нижний Тагил

Технический редактор  
Т. Е. Заводова

Допущено к публикации 06.06.2023  
Электронный формат – *pdf*  
Объем – 27,31 уч.-изд. л.

Ресурсный информационно-образовательный центр  
622031, г. Нижний Тагил, ул. Красногвардейская, 59

Опубликовано на информационном сайте НТИ (филиала) УрФУ  
<http://nti.urfu.ru>