**ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»**

**Промежуточная аттестация результатов научного исследования**

**отчет аспиранта**

Мансурова Рустама Ренатовича

**о результатах выполнения научного исследования**

за период с «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_г. по «\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г**.**

**Научная специальность** 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике

**Курс** первый

**Форма обучения** \_\_\_\_\_\_\_очная\_\_\_\_

**Научный руководитель** д.т.н., профессор, доцент, Королев Станислав Анатольевич

(ученая степень, ученое звание, должность, фамилия имя отчество)

**1. Анализ задач исследования, патентный поиск, составление библиографического списка источников по диссертации**

|  |  |
| --- | --- |
| *1. Анализ задач исследования, патентный поиск, составление библиографического списка источников по диссертации* | *5* |

Темой диссертации является «Решение задачи повышения дальности и точности стрельбы активно-реактивным снарядом на основе математического моделирования и комплексной оптимизации»

Объектом исследования являются внутри- и внешнебаллистические процессы активно-реактивного снаряда.

Предметом исследования является математическое моделирование и комплексная оптимизация внутри- и внешнебаллистических процессов активно-реактивного снаряда.

Целью исследования является разработка математических моделей, вычислительных алгоритмов и программного комплекса для решения задачи повышения дальности и точности стрельбы активно-реактивным снарядом.

Задачи исследования:

1. Анализ факторов, влияющих на дальность и точность стрельбы активно-реактивным снарядом.

2. Разработка математической модели внешней баллистики активно-реактивного снаряда с учетом аэродинамики обтекания и условия устойчивости на всей траектории.

3. Разработка комплексной математической модели внутренней баллистики твердотопливного реактивного двигателя и снаряда внутри ствола орудия.

4. Постановка комплексной задачи оптимизации баллистических параметров активно-реактивного снаряда.

5. Реализация математических моделей и алгоритмов в виде программного комплекса для решения задачи повышения дальности и точности стрельбы.

6. Решение задачи комплексной оптимизации параметров активно-реактивного снаряда с целью повышения дальности и точности стрельбы

Список литературы:

1. *Вентцель, Д. А.* Внешняя баллистика / Д. А. Вентцель, Я. М. Шапиро. М.; Л.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1939. 251 с.
2. *Серебряков М.Е*. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет. – М.: Оборонгиз. 1962 г. 705 с.
3. *Шапиро, Я. М.* Внешняя баллистика: учебник. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1946. 408 с.
4. *Окунев, Б. Н.* Основная задача внешней баллистики и аналитические методы ее решения: монография. Л.; М.: Объединенное научно-техническое издательство (ОНТИ) ; Государственное технико-теоретическое издательство, 1934. 524 с.
5. *Коновалов, А. А*. Внешняя баллистика / А. А. Коновалов, Ю. В. Николаев. М.: ЦНИИ информации, 1979. 228 с.
6. Основы экспериментальной внешней баллистики: учеб. пособие / *В. И. Биматов, Н. В. Савкина, С. В. Тимченко, В. В. Фарапонов*. Томск: STT, 2017. 122 с.
7. *Бурлов В.В*. и др. Баллистика ствольных систем. М.: Машиностроение. 2006. 461 с.
8. *Кэрт, Б. Э.* Математическое моделирование и экспериментальная отработка систем разделения реактивных снарядов / Б. Э. Кэрт, В. И. Козлов, Н. А. Макаровец ; под ред. Н. А. Макаровца. Тула; СПб.: Сплав, 2006. 652 с.
9. *Майевский, Н. В.* Курс внешней баллистики. СПб.: Тип-я импер. акад. наук., 1870. 772 с.
10. *Дмитриевский, А.А., Лысенко, Л.Н.* Внешняя баллистика, – Москва: издательство «Машиностроение». 1972. С. 584.
11. Mvuisi Humphrey Tshokotsha, Internal Ballistic Modelling of Solid Rocket Motors Using Level Set Methods for Simulating Grain Burnback, Serbia, Stellenbosch University, 125 p.
12. Modeling and Numerical Simulation of Solid Rocket Motors Internal Ballistics, Ing Enrico Cavallini, degree of doctor of Philosophy, Sapienza Universita di Roma, 203 p.
13. Расчет процессов внутренней баллистики РДТТ с учетом поля ускорений / *В. А. Дунаев, И. В. Дунаева, О. А. Евланова* [и др.] // Внутрикамерные процессы и горение в установках на твердом топливе и ствольных системах (ICOC-2011) – Ижевск: Институт механики Уральского отделения РАН, 2011. – С. 123-127.
14. *Липанов, А. М.* Одномерные уравнения внутренней баллистики РДТТ в полных производных и граничные условия для них / *А. М. Липанов* // Химическая физика и мезоскопия. – 2012. – Т. 14, № 4. – С. 557-568.
15. Внутренняя баллистика РДТТ / А. В. Алиев, Г. Н. Амарантов, В. Ф. Ахмадеев [и др.]. – Москва: Научно-техническое издательство "Машиностроение", 2007. – 504 с.
16. *Мищенкова О.В.* Выбор параметров твердотопливного двигателя при оптимизации траектории полета ракеты // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. №3(71). 2016. С. 74-77.
17. *Липанов А.М., Алиев А.В*. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива: Учебник для студентов вузов. М.: Машиностроение, 1995. – 400 с.: ил.
18. Rocki-motor // – URL: http://kia-soft.narod.ru/soft/rpro/rpro.html.
19. *Мищенкова О.В.* Выбор параметров твердотопливного двигателя при оптимизации траектории полета ракеты // Вестник ИжГТУ имени М.Т. Калашникова. №3(71). 2016. С. 74-77.
20. Arkhipov V., Perfilieva K. Optimization of construction of the rocket-assisted projectile // MATEC Web of Conferences Сер. "International Youth Scientific Conference "Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment", HMTTSC 2017". 2017. С. 01003.
21. *Королев С.А., Липанов А.М., Русяк И.Г*. Исследование путей повышения дальности стрельбы ствольной артиллерии // Вестник Ижевского гос. техн. ун-та им. М.Т. Калашникова. 2018. №3. Т. 21. С. 185-191.
22. Новый рекорд дальности стрельбы ствольной артиллерии // Военное обозрение – URL: https://topwar.ru/164952.html (дата обращения 31.10.2022)
23. *Розанов, Л. А.* Концепция 152-мм дальнобойного управляемого артиллерийского снаряда (ДУАС) / Л. А. Розанов, В. Е. Смирнов // Комплексные проблемы развития науки, образования и экономики региона. – 2015. – № 1(6). – С. 83-95.

**2. Апробация результатов научного исследования.**

|  |  |
| --- | --- |
| *1. Статья по теме диссертации в сборнике трудов (материалах) конференции или журналах (не ВАК или ВАК не по специальности), индексируемых в РИНЦ:* | *10* |

1. Мансуров, Р. Р. Повышение дальности стрельбы активно-реактивным снарядом на основе математического моделирования и комплексной оптимизации / Р. Р. Мансуров // II Липановские научные чтения: материалы Всероссийской школы-семинара молодых ученых и студентов «Высокопроизводительные вычисления, визуальные технологии и математическое моделирование задач механики, баллистики и управления техническими и социально-экономическими системами», Ижевск, 14–16 июня 2023 года. – Ижевск: Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2023. – С. 71-80. – EDN DRISOU.

2. Королев, С. А. Исследование пределов повышения дальности стрельбы активно-реактивным снарядом / С. А. Королев, Р. Р. Мансуров // Проектирование систем вооружения и измерительных комплексов: Труды 19- й Всероссийской научно-технической конференции, Нижний Тагил, 29–30 сентября 2022 года. – Нижний Тагил: Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина", 2023. – С. 159-170. – EDN IINMGJ.

|  |  |
| --- | --- |
| *2 Очное или дистанционное выступление с докладом (включая стендовый) по теме диссертации на конференции:* | *5* |

1. Диплом за лучший доклад «Методика баллистического проектирования активно-реактивного снаряда», 20- й Всероссийская научно-техническая конференция. – Нижний Тагил: Нижнетагильский технологический институт (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина", 28–31 сентября 2023 г.

2. Диплом за лучший доклад представленный на XII всероссийской научной конференции «Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики». Секция 2 «Внутренняя и внешняя баллистика», Томский Государственный Университет, 20-22 сентября 2023 г

**3. Практическая реализация результатов научного исследования.**

|  |  |
| --- | --- |
| *1 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ* | *10* |

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666109 Российская Федерация. Программа для решения задачи оптимизации параметров внутренней и внешней баллистики активно-реактивного снаряда с целью повышения дальности стрельбы: № 2023664816: заявл. 12.07.2023: опубл. 26.07.2023 / И. Г. Русяк, С. А. Королев, Р. Р. Мансуров. – EDN LYGVAR.

**4. Степень готовности текста диссертации.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование глав, разделов  (оглавление диссертации) | % готовности текста за весь период обучения в аспирантуре | % готовности текста за текущий семестр |
| Глава 1. Математические модели баллистических процессов | 40 | 40 |
| Глава 2. Комплексная оптимизация параметров активно-реактивного снаряда | 20 | 20 |
| Глава 3. Разработка программного комплекса моделирования внутренней и внешней баллистики | 20 | 20 |
| Глава 4. Результаты исследования | 20 | 20 |

Аспирант \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мансуров Рустам Ренатович

(подпись)

**Отзыв научного руководителя о результатах научного исследования аспиранта**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

\_**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

Дата \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Научный руководитель\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись) (ФИО)