



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ  
ОБЪЕДИНЕНИЕ «БАЗАЛЬТ»  
(АО «НПО «БАЗАЛЬТ»)**

Ул. Вельяминовская, д.32, Москва, 105318  
Тел.: (499) 369-01-22; факс: (499) 369-24-18  
www.bazalt.ru, E-mail: [moscow@bazalt.ru](mailto:moscow@bazalt.ru)

№ \_\_\_\_\_

На № \_\_\_\_\_

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по направлению

АО «НПО «Базальт»

Т.И. Волынец

" 30 "

2020 г.

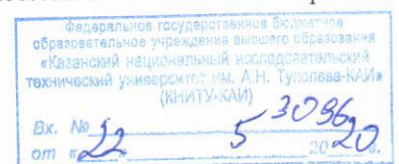


**ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Королева Станислава Анатольевича на тему «Развитие подходов к решению проблем аэродинамики и устойчивости движения снарядов и неуправляемых ракет на основе математического моделирования», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

В современных условиях возрастают требования к точности и эффективности стрельбы из ракетно-артиллерийского вооружения. При этом значительно увеличивается объем исследований при проектировании и экспериментальной обработке боеприпаса. Применение математического моделирования и новых цифровых технологий обеспечивает повышение производительности научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ на этапе проектирования и обработки боеприпаса.

В этой связи тема диссертации Королева С.А, посвященная разработке нового подхода к решению задач внешнебаллистического проектирования, основанного на математическом моделировании процессов аэродинамики и устойчивости движения снарядов и ракет, вычислительном эксперименте и



визуализации результатов моделирования на виртуальной карте местности является актуальной.

В автореферате сформулированы цель и задачи работы, рассмотрены методы исследования, сформулирована научная новизна, теоретическая и практическая значимость результатов, подтверждена достоверность полученных результатов, кратко изложено содержание глав диссертации, приведены основные результаты и выводы работы. Структура работы соответствует поставленным автором задачам исследования.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- разработан новый подход к моделированию движения снаряда по траектории на основе решения полной системы уравнений движения твердого тела с использованием аэродинамических сил и моментов, определяемых с помощью численного моделирования аэродинамики обтекания тела;
- реализованы эффективные численные методы и алгоритмы решения основных задач внешней баллистики: повышение дальности стрельбы, обратной задачи, определение характеристик рассеивания снарядов и ракет;
- для решения обратной задачи внешней баллистики применен новый метод, основанный на нечетких деревьях решений, обеспечивающий высокую оперативность решения задачи по сравнению с итерационными алгоритмами;
- разработана комплексная математическая модель механической и аэродинамической системы «вертолет – вооружение», учитывающая взаимное влияние подвижного носителя и ракетно-артиллерийского вооружения на точность и кучность стрельбы снарядами и неуправляемыми ракетами.

Обоснованность полученных теоретических положений обеспечивается применением при построении моделей внешней баллистики и аэродинамики всесторонне апробированных представлений динамики твердого тела, механики сплошной среды, надежными теоретическими и эмпирическими зависимостями, использованием эффективных численных методов.

Достоверность научных результатов подтверждается согласием расчетных и экспериментальных данных, а также соответствием результатам, полученным в работах других авторов.

Практическая ценность работы заключается в следующем:

- разработано математическое и программное обеспечение, позволяющее исследовать аэродинамику и устойчивость движения снаряда, решать задачи повышения дальности стрельбы и определения характеристик рассеивания на этапе проектирования боеприпаса, проводить моделирование и визуализацию результатов с учетом рельефа местности, возмущающих факторов при стрельбе с подвижного носителя и тем самым сократить объем натурных испытаний при проектировании и отработке боеприпаса ракетно-артиллерийских систем;
- результаты диссертационного исследования внедрены и используются в ФКП «НИИ «Геодезия» при подготовке к проведению полигонных испытаний, а также в ФГБОУ ВО «ИжГТУ им. М.Т. Калашникова» для обучения студентов.

Степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований, подтверждается высоким уровнем публикаций автора в различных научных изданиях, апробацией результатов диссертационного исследования на международных и всероссийских научных конференциях, внедрением результатов диссертации на предприятии.

В качестве замечаний к материалам работы, следует отметить:

- из материалов автореферата не ясно, каким образом задавалось распределение параметров атмосферного воздуха, скорости и направления ветра по высоте при расчете траектории снарядов и ракет;
- при исследовании аэродинамических характеристик снарядов и ракет рассматривается широкий диапазон изменения чисел Маха: от дозвуковых значений  $M=0,5$  до значений существенно превышающих скорость звука  $M=5,0$ . Для математического описания коэффициентов аэродинамических сил и моментов в работе предложены аппроксимационные эмпирические формулы (зависимости (8) и (9)). Однако в представленных материалах отсутствуют

числовые данные по их коэффициентам. Отсутствует также оценка применимости зависимостей (8), (9) для аппроксимации аэродинамических коэффициентов при различных режимах движения тела: дозвуковой, околозвуковой, сверхзвуковой;

- в качестве авиационных средств поражения рассматриваются только два вида вооружения: пушка с осколочно-фугасным снарядом и блок неуправляемых авиационных ракет. Почему не рассматриваются такие перспективные виды вооружения, как управляемые авиационные бомбы и ракеты?

Однако отмеченные недостатки не являются принципиальными. Они не снижают качества и значимости полученных результатов, имеющих практическое значение.

Диссертационная работа Королева С.А. соответствует научной специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», по которой она представлена к защите. Диссертационная работа Королева С.А. отвечает критериям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней».

В целом диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей решение научной проблемы, связанной с развитием подхода к решению задач внешнебаллистического проектирования, основанного на математическом моделировании, вычислительном эксперименте и компьютерной визуализации. Она выполнена на высоком научно-техническом уровне и заслуживает положительной оценки. Диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Королев С.А. заслуживает присвоения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв подготовлен доктором технических наук, начальником 239 отдела АО «НПО «Базальт» Семеновым Игорем Анатольевичем, коллективно

обсужден и одобрен на заседании секции №2 НТС АО «НПО «Базальт»  
(протокол №4 от 15.04.2020г.).

Отзыв составил:



28.04.2020.

Семенов Игорь Анатольевич  
доктор технических наук,  
начальник научно-конструкторского  
отдела 239 КБ-2  
АО «НПО «Базальт»,  
105318, РФ, г. Москва,  
ул. Вельяминовская, д. 32  
тел. 8 (499) 369-01-22  
E-mail: moscow@bazalt.ru