

## ОТЗЫВ

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

**Актуальность.** Разработка новых типов боеприпасов ракетно-артиллерийского вооружения требует проведения большого объема дорогостоящих экспериментальных исследований и опытных работ. Определение аэродинамических сил и моментов, действующих на снаряд, баллистическим методом на основе траекторных измерений приводит к необходимости решения некорректных обратных задач. С помощью математических моделей и имитационного моделирования возможно проведение широкого спектра исследований по анализу влияния различных факторов на процесс стрельбы. Численное моделирование позволяет снизить объем натурных испытаний на этапе проектирования боеприпаса ракетно-артиллерийских систем, позволяет повысить наглядность и информативность исследований при изучении быстропротекающих и трудно регистрируемых процессов. В этой связи разработка комплексной математической модели процессов внешней баллистики и применение технологии визуального компьютерного моделирования составляют актуальную теоретическую и практическую задачу.

**Научная новизна** работы заключается в том, что в ней разработан новый подход к моделированию движения снаряда по траектории на основе полной системы уравнений движения твердого тела с использованием аэродинамических сил и моментов, определяемых из решения уравнений гидро-газодинамики; решена задача выбора оптимальных баллистических и геометрических параметров снаряда, обеспечивающих повышение дальности стрельбы; разработана система статистического имитационного моделирования рассеивания снарядов и неуправляемых ракет, позволяющая определять границы области рассеивания и зоны безопасности при стрельбе с учетом рельефа местности; разработан проблемно-ориентированный программно-вычислительный комплекс, реализующий методы и алгоритмы решения задач внешней баллистики.

**Практическая значимость** диссертации состоит в разработке математического и программного обеспечения, позволяющего повысить точность решения прямой задачи, сократить время решения обратной задачи внешней баллистики, более точно определять границы области рассеивания и зоны безопасности при стрельбе с учетом рельефа местности, рассчитывать траектории снарядов и ракет при стрельбе с подвижного носителя и сократить объем натурных испытаний при отработке боеприпаса ракетно-артиллерийских систем.

Степень опубликованности и апробации работы достаточна. Научная новизна и практическая ценность работы, сформулированные в автореферате, сомнений не вызывают.

### **Замечания** по автореферату:

1. Из автореферата не ясно, как задавалась расчетная сетка при решении задач аэродинамики обтекания снаряда, ракеты и истечения пороховых газов из канала ствола, проводилось ли исследование сеточной сходимости.
2. Воздушный поток, создаваемый вращением лопастей несущего винта вертолета, обладает высокой степенью неустойчивости (вихревые движения, турбулентность). Каким образом это учтено при моделировании воздушной струи, создаваемой несущим винтом?





