

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу **Полякова Алексея Александровича** «Методика выбора проектных параметров гиперскоростных пенетраторов для исследования небесных тел», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Актуальность темы диссертационной работы определяется тем, что в настоящее время активно развиваются проекты по исследованию и освоению Луны. Известно соглашение между РФ и КНР о совместном создании Международной научной лунной станции, ратифицированное в 2024 году, возглавляемая NASA (США) международная программа Artemis, лунные программы Индии и КНР. Реализация этих программ делает актуальной задачу создания новых космических систем для контактного изучения недр Луны. В настоящее время одним из наиболее перспективных средств для проведения подобных исследований являются пенетраторы. Использование пенетраторов актуально также при проведении контактных исследований астероидов, ядер комет и других небесных тел, лишенных атмосферы. В этой связи создание методики проектирования таких технических систем как высокоскоростные пенетраторы, безусловно, актуально.

Научная новизна работы состоит в том, что автором исследован новый вид высокоскоростных перетраторов – гиперскоростной пенетратор (ГП), отличающийся наличием разрушаемого тормозного устройства в носовой части. Для системного проектирования данного устройства автором с учетом ограничений, предъявляемых к пенетратору на этапе внедрения адаптированы существующие математические модели движения деформируемого тела в преграде, разработаны алгоритм и математическо-алгоритмическое обеспечение для получения, анализа и обработки экспертной информации при принятии решения о выборе проектных параметров ГП. В результате получена новая методика и критерии для структурно-параметрического синтеза новой технической системы - гиперскоростного пенетратора.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

24. 02 2025 г.

Теоретическая значимость работы выражена в создании на базе теоретико-информационного анализа сложных систем методического обеспечения для научно-обоснованного выбора проектных параметров ГП.

Практическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты использованы АО «НПО им. С.А. Лавочкина» при проведении перспективных научно-исследовательских работ, а также в работе АО «Научно-исследовательский институт физических измерений», что подтверждается соответствующими актами о внедрении.

Тематика работы и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» по техническим наукам. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Автореферат в целом соответствует содержанию диссертационной работы.

В введении представлена общая характеристика работы.

Глава 1 посвящена обзору отечественных и зарубежных публикаций по разработке и применению пенетраторов для контактных исследований небесных тел. В результате проведены анализ концепции системы «пенетратор», как средства изучения недр планет без атмосферы и структурно-параметрический анализ миссий с применением пенетраторов, как по функциональным характеристикам, так и по их составу.

Глава 2 посвящена описанию разработанной методики выбора проектных параметров ГП. Представлена инженерная математическая модель проникновения пенетратора в грунт небесного тела в которой учтена возможность инерциального взрыва металла, поставлена задача минимизации массы ГП при ограничениях на глубину внедрения в небесное тело и параметры конструкции, путем варьирования материала, длины и начальной скорости удара о грунт. Приведен алгоритм решения данной задачи.

Глава 3 посвящена вопросам анализа достоверности разработанной методики по данным наземных экспериментальных отработок миссий «Марс-96», «MoonLite», «Тросовой системы» NASA Innovative Advanced Concepts, а также

экспериментов по взаимодействию стержней из алюминиевого сплава со свинцовыми мишенями. Экспериментальные и расчетные значения заглубления пенетратора, глубины кратера, совпадают с достаточной для инженерных приложений точностью.

В главе 4 рассмотрено применение методики для определения проектных параметров ГП в миссии по исследованию Луны. Даны использованные в расчетах параметры лунного грунта. Приведены состав и основные характеристики ГП и его двигательной установки. Описан порядок работы ГП. Выполнен расчет параметров семи вариантов ГП. Приведены зависимости глубины проникания от скорости подхода внедряемого зонда.

По разработанной методике для различных параметров грунта выполнен расчет большого числа вариантов внедрения ГП в лунный грунт. С учетом разброса характеристик двигательной установки получены зависимости диапазона скоростей для ГП оптимальной массы с ударником из различных материалов. По результатам проведенных расчетов показано, что ГП имеет на 38% меньшую суммарную массу, чем разработанные ранее модели пенетраторов.

В заключении перечислены результаты диссертационного исследования: алгоритм определения оптимальных параметров ГП отличающийся набором ограничений, предъявляемых к нему на этапе внедрения в небесное тело; математическое обеспечение для анализа и определения проектных параметров ГП; подтверждение сходимости результатов экспериментов и расчетов по разработанной математической модели; методика выбора проектных параметров ГП для исследования небесных тел; результаты апробация работоспособности предложенной методики при определении проектных параметров ГП для лунной миссии.

По диссертационной работе возникли следующие **замечания:**

1. Работа представлена автором к защите по специальности «системный анализ...» и содержит результаты анализа параметров сложной технической системы. Однако ни в названии работы, ни в тексте работы ни разу не использован

термин «система». Необходимо было более четко сформулировать как используется системный анализ в представляемой на защиту методике.

2. Общая характеристика работы оформлена достаточно грубо: задачи работы не структурированы, а сведены в одну общую задачу, методы исследования описаны недостаточно подробно, отдельные положения, выносимые на защиту описаны в терминах процесса, а не результата.

3. В разделе 2.5, который называется «Физико-технические свойства грунтов небесных тел» не содержатся данные о конкретных численных значениях характеристик грунтов небесных тел. Данные о свойствах лунного грунта приведены только в главе 4.

4. В разделе 2.6 в формуле (20) не приведено развернутое выражение для целевой функции – минимизируемой общей массы пенетратора. Данное выражение приведено только в блок-схеме на рисунке 2.4, что затрудняет восприятие работы.

5. Автор в тексте работы не описал численный метод оптимизации массы пенетратора, использованный в методике.

6. Заключение работы перечисляет полученные результаты, но не содержит выводов и количественных характеристик эффектов достигнутых в работе и указанных, в частности, в выводах к главе 4.

7. В автореферате диссертации не отражены некоторые важные аспекты, в частности задачи работы, постановка задачи оптимизации (формула (20)). Кроме того полученные в главе 4 результаты следовало осветить более подробно. Например вместо рисунка 6 в автореферате можно было бы показать графики из 4й главы диссертации.

8. Тексты работы и автореферата не свободны от опечаток, терминологических неточностей и недочетов редакционного характера, что затрудняет восприятие работы.

Указанные замечания не снижают научной и практической ценности и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы

Учитывая вышеизложенное, объем выполненного исследования, основные выводы, научно-практическую значимость и новизну результатов, считаю, что диссертация Полякова Алексея Александровича «Методика выбора проектных параметров гиперскоростных пенетраторов для исследования небесных тел»

представляет собой завершённую научно-квалификационную работу. Диссертация содержит новые научно-обоснованные результаты, внедрение которых окажет существенный вклад в реализацию перспективных лунных программ РФ. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Основные научные результаты диссертации изложены в работах, опубликованных соискателем ученой степени в рецензируемых изданиях ВАК РФ и апробированы на научных конференциях.

Представленная работа соответствует требованиям к кандидатским диссертациям, предъявляемым п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ (Постановление Правительства 842 от 24 сентября 2013 г.). Автор диссертационной работы Поляков Алексей Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Профессор кафедры «Аэрокосмические системы»

МГТУ им. Н.Э. Баумана

доктор технических наук, профессор



Щеглов Георгий Александрович

24.02.2025

Электронная почта: shcheglov_ga@bmstu.ru, Телефон: +79104816906

Полное наименование организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Адрес организации: 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, с. 1

Электронная почта организации: bauman@bmstu.ru

Официальный сайт организации: <https://bmstu.ru/>

Телефон: +7 (499) 263 63 91

Подпись Г.А. Щеглова заверяю



Щеглов Г.А.
Специальный ОКН

С отзывом ознакомлен 24.02.25  *Поляков А.А.*