

ОТЗЫВ

официального оппонента, д. т. н., профессора Бизяева Ростислава Владимировича на диссертационную работу Садретдиновой Эльнары Рамилевны «Метод выбора проектных параметров реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02— «Проектирование конструкция и производство летательных аппаратов»

Освоение космического пространства является перспективным направлением мирового развития человечества. В ближайшей перспективе огромное внимание уделяется освоению ближайших планет и их спутников. Среди них первостепенное значение придается освоению ближайшего спутника Земли – Луне. В частности целями проекта «Луна – Глоб» являются исследования состава и свойств лунного реголита с помощью бурения скважин. Это позволяет дать ответы на глобальные проблемы мироздания, а так же решать конкретные задачи колонизации Луны, например, для поиска воды, полезных ископаемых, Строительства лунных баз, поисков альтернативных источников энергии, сейсмических, биологических и других исследований. Для решения задач, связанных с образованием скважин в лунном грунте, в диссертационной работе, предлагается использовать реактивные пенетраторы с РДТТ. Их использование позволяет повысить эффективность проведения работ по образованию скважин, а также выполнять работы недоступные для других способов бурения. В связи с этим задача разработка методов обоснования проектных решений лунных реактивных пенетраторов является актуальной и своевременной. В настоящее время существует ряд научных работ и прикладных исследований, посвященных решению некоторых частных задач проектирования грунтовых реактивных аппаратов. Однако комплексного подхода по определению

проектных параметров и рациональных условий запуска лунных реактивных пенетраторов до сих пор создано не было. Работа Садретдиновой Эльнары Рамилевны позволяет в определенной степени заполнить этот пробел, что определяет ее научную новизну и практическую значимость.

Для решения поставленной задачи были обобщены результаты отдельных теоретических исследований, сформулированы новые теоретические подходы и получены рекомендации, представляющие практический интерес. Изложение материала в работе построено методически грамотно. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы

Во *введении* сформулированы цели исследований, дается постановка задачи решаемой в диссертации и описана структура диссертации. Отмечается актуальность, научная новизна работы и обосновывается практическая значимость, а также достоверность полученных результатов..

В *первой главе* описываются характеристики лунного грунта и его земных аналогов, анализируются модели процесса взаимодействия лунного пенетратора с грунтом, в частности, оцениваются сила сопротивления движению пенетратора и сила тяги РДТТ.

На основе обобщения и развития существующих подходов получена зависимость для определения силы сопротивления, позволяющая проводить оценки силы сопротивления движению на основе статистической информации о характеристиках лунного грунта и его земных аналогов. В заключении главы проанализированы различные варианты запуска пенетратора в лунный грунт.

Во *второй главе* приводится оценка параметров движения реактивного пенетратора в лунном грунте. В работе подробно анализируются различные этапы движения пенетратора. Приводятся расчетные соотношения для оценки параметров движения пенетратора на припланетном участке с неработающим двигателем и на участке разгона с помощью ДУ. Рассматривается участок движения пенетратора в лунном грунте по инерции

и с включенном двигателе. Приводятся соотношения для расчета параметров движения пенетратора, когда тяга больше статического сопротивления грунта, для случая, когда тяга меньше статического сопротивления грунта и в случае равенства тяги и сопротивления. На основе проведенных исследований решается задача расчета параметров движения пенетратора, запускаемого с посадочного аппарата, расположенного на удалении от поверхности Луны и движущегося с некоторой скоростью. В заключении главы решается задача комплексной оптимизации проектных параметров пенетратора и схем его применения. Задача решается методом неопределенных множителей Лагранжа.

В результате исследований получены расчетные соотношения для оценки оптимальных значений тяги РДТТ, скорости входа, высоты запуска ДУ и других, обеспечивающих доставку полезной нагрузки на максимальную глубину при заданных энергетических затратах. Работоспособность предлагаемых методов проиллюстрирована на примере расчета параметров движения пенетратора для различных условий входа в грунт и различных значений исходных данных. Как показали результаты исследований максимальная величина проникновения в грунт соответствует случаю, когда тяга двигателя приблизительно в два раза больше статического сопротивления.

В *третьей главе* приводится методика расчета основных проектных характеристик лунных реактивных пенетраторов. Приводятся расчетные соотношения для расчета потребной тяги ДУ и запасов топлива для пенетраторов запускаемых вертикально с нулевой начальной скоростью, а так же для пенетраторов, запускаемых с посадочного аппарата во время его спуска на поверхность Луны. Показано, что установка на такие пенетраторы двигателя позволяет не только увеличить глубину проходки, но и существенно снизить уровень продольных перегрузок на конструкцию и полезную нагрузку. В заключение главы предложены методические подходы

к выбору параметров перспективных пенетраторов для различных компоновочных схемных решений.

В целом, автором разработана общая научно – методическая концепция анализа и конкретные методики прогнозирования проектных параметров пенетратора на различных этапах его эксплуатации, которые могут служить руководством для проектировщиков и конструкторов при разработке проектных решений реактивных пенетраторов.

В *четвертой главе* приводятся результаты экспериментального подтверждения достоверности предлагаемых автором теоретических результатов. Приводятся результаты опытной отработки движения реактивных пенетраторов в грунте – аналоге по характеристикам лунному реголиту. Анализ результатов моделирования и их сходимость с результатами натурного эксперимента, проведенного автором, показывают достоверность предлагаемого автором подхода.

Достоверность разработанных методов подтверждается так же публикациями автора. Основные результаты работы докладывались на шести научно-технических конференциях. По материалам диссертации опубликовано пять научных статей, в журналах, рекомендованных ВАКом.

Результаты работы реализованы в учебном процессе кафедры 610 МАИ.

К основным недостаткам работы можно отнести следующие:

1. В работе встречаются опечатки и неточности в формулировках.
2. Из работы не ясно как влияет форма головной части аппарата на оценку силы сопротивления движению пенетратора.
3. В разделе 3.1 желательно сократить часть общеизвестных положений.

Несомненно, отдельные недостатки, отмеченные выше, не снижают научную ценность работы. В целом диссертация содержит новое решение актуальной научной задачи в области создания реактивных пенетраторов для движения в лунном грунте. По глубине проработки материала и объему

проведенных исследований работа вполне соответствует научно-техническому уровню, предъявляемому к диссертационным работам, а ее автор Садретдинова Э.Р. заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Автореферат, представленный автором, соответствует основным положениям диссертации.

Доктор технических наук, профессор,
начальник отделения ФГУП «ГКНПЦ
им. М.В. Хруничева»

Р.В. Бизяев

121087, Москва, ул. Новозаводская, 18
Телефон: (499) 749-9051
e-mail: salut@khrunichev.com

Подпись Бизяева Р.В. заверяю



9.12.14.

Ю.О. Бахвалов
д.т.н., профессор,

Генеральный конструктор

КБ «Салют» ГКНПЦ им. М.В. Хруничева