

ОТЗЫВ

официального оппонента, к.т.н. Владимира Юрьевича Ермакова, на диссертационную работу Заговорчева Владимира Александровича «Метод обоснования технических характеристик многомодульных лунных реактивных пенетраторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 - «Проектирование конструкция и производство летательных аппаратов».

Рассматриваемая в диссертационной работе Заговорчева В.А. научная задача посвящена необходимости совершенствования текущих методов и средств по исследованию внутренней структуры Луны. В ближайшей перспективе весьма важным является сбор новых сведений о физико-химических свойствах реголита, сейсмической и радиационной активности на поверхности и глубине, местонахождению и объему полезных ископаемых. Данная информация позволит построить более полную картину о происхождении Луны, выбрать наиболее перспективные места посадки и работы автоматизированных космических станций, рассмотреть вопросы радиационной, температурной и метеоритной защиты с целью строительства будущих лунных баз и возможности по выходу на самообеспечение за счет использования полезных ископаемых и воды.

Для решения этих актуальных задач, связанных с образованием скважин в лунном грунте и доставкой научной аппаратуры в заданную область грунтового пространства, в работе предлагается использовать лунные реактивные пенетраторы. Данные пенетраторы приводятся в движении за счет имеющегося ракетного двигателя твердого топлива, отличаются относительной простотой конструкции и способны двигаться в реголите с высокой скоростью под широкими углами к горизонту.

Целью настоящей работы была разработка метода обосновании возможности использования многомодульных реактивных пенетраторов для

образования скважин в лунном грунте и выбора технических характеристик таких пенетраторов.

Для достижения поставленной цели проведены исследования по целому ряду принципиальных вопросов взаимодействия пенетратора с лунным грунтом с учетом высокой скорости и угла входа в реголит, а также движения его в подповерхностном слое с включенной двигательной установкой, когда газовая струя истекает из сопла двигателя в скважину переменной длины.

Существующие теоретические и экспериментальные исследования показали, что лунные реактивные пенетраторы стандартной конструкции имеют ряд недостатков, которые могут существенным образом повлиять на их применение. Отмечается, что для создания высоких значений удельной тяги, необходимо использовать ракетные двигатели твердого топлива большого удлинения и высокой плотности заряжания, а это приводит к увеличению давления в камере сгорания, появлению эрозионного горения топлива и к снижению надежности РДТТ. Кроме этого, одномодульные пенетраторы имеют ограниченную глубину проникания, поскольку при длине участка движения в грунте больше некоторого предельного значения в скважине будет наблюдаться дозвуковое течение газа, а дальнейшее увеличение глубины проникания приведет к перемещению скачка уплотнения в критическое сечение сопла и в камеру сгорания, что влечет за собой разрушение двигателя.

Для устранения указанных недостатков в работе представлена принципиальная конструктивная схема многомодульного реактивного пенетратора, состоящего из комбинации нескольких секций твердого топлива, расположенных последовательно вдоль оси. Помимо этого такое решение позволяет повысить устойчивость прямолинейного движения в реголите путем перемещения точки приложения равнодействующей силы тяги двигательной установки ближе к головной части; уменьшить силы сопротивления трения боковой поверхности корпуса о лунный грунт путем

обеспечения течения продуктов сгорания топлива между корпусом и грунтом в процессе движения пенетратора.

В работе приведена методика расчета газодинамических параметров рабочего процесса реактивного двигателя твердого топлива, найдены зависимости устанавливающие связь между параметрами и характеристиками пенетратора и условиями его запуска, а также определена глубина проникания подобных устройств с учетом физико-механических характеристик реголита.

На основе анализа приложенных сил и моментов в работе предложена математическая модель движения реактивного пенетратора в грунте, в которую входят уравнения движения центра масс и уравнения вращательного движения относительно центра масс. К ним относятся внешние силы в виде тяги двигателя, сил тяжести и сопротивления грунта, и силы, вызванные перемещениями центра масс относительно корпуса. Для определения сил и моментов, действующих на пенетратор со стороны грунта, используются нормальные и касательные напряжения лунного грунта, которые зависят от его физико-механических свойств.

Реальная конструкция пенетратора является сложной деформируемой системой с распределенными и сосредоточенными параметрами, имеющей бесконечное число степеней свободы. Для расчета колебаний такой системы разработана адекватная достаточно простая математическая модель, которая, позволяет оценить прочностные параметры конструкции аппарата и определить минимальную массу конструкции пенетратора из условия прочности. Автором предложен ряд способов снижения перегрузок возникающих в процессе работы, которые значительно влияют на работу оборудования в приборных отсеках.

Поскольку каждый из существующих в настоящее время способов образования скважин в грунте имеет определенные преимущества и недостатки, то для обоснованного выбора приемлемой схемы в работе предложены критерии сравнительной оценки экономичности расходования

имеющегося запаса энергии в процессе проникания одинаковых по габаритно-массовым характеристикам пенетраторов, реализующих разные способы образования скважин в грунте. Наиболее универсальным критерием является коэффициент полезного действия цикла образования скважины, равный отношению минимального расхода энергии на образование скважины к полному запасу энергии проникающего пенетратора.

В работе представлены критерии подобия помогающие решить задачу воспроизведения модельного движения реактивного пенетратора, аналогичного натурному. В качестве примера рассмотрен перенос экспериментальных данных, полученных на модели реактивного пенетратора, на натуральный аппарат при помощи масштабных коэффициентов. Отмечено совпадение большинства параметров натурального пенетратора и параметров пенетратора, рассчитанных по приведенному методу. Сходимость результата подтверждает достоверность принятых теоретических положений.

Стоит отметить, что основные положения и результаты работы докладывались на 2 научно-технических конференциях и отражены в 3 публикациях в журналах из перечня ВАК РФ.

По работе можно сделать несколько замечаний:

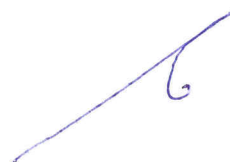
1. Не представлена общая классификация методов и средств образования скважин, позволившая оценить роль и место предложенного пенетратора в общей системе.
2. Из работы не до конца понятна схема запуска реактивного пенетратора, т.к. данные аппараты возможно запускать с орбитального или наземного модуля.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки и не влияют на основные результаты исследования.

Диссертационная работа Заговорчева В.А. представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, выполненную на достойном уровне, затрагивающую актуальные вопросы космонавтики и

представляющую практическое значение для развития существующих методов и средств проектирования. Автореферат соответствует основным положениям диссертации. В целом работа отвечает критериям предъявляемым Высшей аттестационной комиссией, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук .

Кандидат технических наук,
Заместитель начальника отдела
ФГУП «НПО им. С.А.Лавочкина»



В.Ю. Ермаков

141400, Московская область, г. Химки, ул. Ленинградская, д. 24

Телефон: (495) 629-6755

e-mail: npol@laspace.ru

Подпись Ермакова В.Ю. заверяю



С.В. Шостак
к.т.н., Ученый секретарь

НТС ОКБ