

ОАО «Корпорация «Тактическое ракетное
вооружение»



**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО «ИСКРА»
ИМЕНИ ИВАНА ИВАНОВИЧА КАРТУКОВА»
(ОАО «МКБ «Искра»)**

Ленинградский проспект, д. 35, г. Москва, Россия, 125284
Тел.: (495) 945-43-59, факс (495) 945-19-51 E-mail: info@iskramkb.ru
ОКПО 07539216 ОГРН 1027714027395 ИНН/КПП 7714288059/771401001

**Public joint stock company «Machine building designers, bureau «Iskra»
in the name of Ivana Ivanovicha Kartukova» (PJSC «MBDB «Iskra»)**

35, Leningradsky avenue, Moscow, Russia, 125284

Phone: (495) 945-43-59
Fax: (495) 945-19-51

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ОАО «МКБ «Искра»

доктор технических наук,
старший научный сотрудник



В.А. Сорокин
» декабря 2014 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

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».

В последнее время в отечественной и зарубежной космонавтике всё больше внимания привлекает к себе изучение Луны и последующее освоение её ресурсов. Данное направление является перспективным, т.к. Луна наиболее близкое к нам космическое тело естественного происхождения и на базе её можно проводить отработку современных образцов ракетно-космической техники и передовых технологий по исследованию дальнего

космоса. Предполагается использовать Луну как промежуточную площадку для организации дальних экспедиций к другим планетам. Перед решением этой масштабной задачи необходимо ответить на ряд вопросов, связанных со сбором новых сведений о внутренней структуре спутника, гранулометрическому составу и физико-механическим свойствам лунного реголита, провести поиск перспективных мест посадки, богатых полезными ресурсами и водой.

Для решения этих актуальных задач в диссертационной работе предлагается применение реактивных пенетраторов, имеющих относительно простую конструкцию и способных двигаться в реголите под широкими углами к горизонту. Данные пенетраторы приводятся в движение благодаря имеющемуся ракетному двигателю твердого топлива.

Рассматриваемая в настоящей работе научная задача посвящена исследованию вопросов, связанных с обоснованием необходимости совершенствования технических характеристик лунных реактивных пенетраторов. На данный момент существует ряд работ, в направлении исследования процесса проникания твердых тел в грунты и выработки общих подходов к проектированию грунтовых реактивных пенетраторов различного назначения. Отмечается, что при их проектировании и создании необходимо учитывать эксплуатационные особенности, связанные с высокой тяговооруженностью, малым временем работы двигателя, высокими ударными перегрузками и взаимодействием сверхзвукового высокотемпературного газового потока, истекающего из сопла со стенками скважины. Эти специфические условия приводят к тому, что внутренняя и внешняя баллистика лунных реактивных пенетраторов имеет целый ряд характерных особенностей, не имеющих места в случае обычных аппаратов с ракетными двигателями.

Автором показано, что реактивные пенетраторы стандартной конструкции 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 приводит к разрушению двигателя из-за перемещения скачка уплотнения в критическое сечение сопла. В работе рассмотрена качественная картина взаимодействия факела двигателя со стенками скважины на активном участке траектории движения с тремя возможными режимами истечения газового потока, а также дана оценка влияния этого взаимодействия на тягу и единичный импульс.

На основе своих исследований автор предлагает использование многомодульных лунных реактивных пенетраторов, включающих в комбинации несколько секций твердого топлива, расположенных последовательно вдоль оси, а также корпуса, имеющего боковые вставки с сопловыми пазами, головную часть и донное сопло. Данная конструкция позволяет увеличить глубину проникания, уменьшить силы сопротивления трения боковой поверхности корпуса о реголит, путем обеспечения течения продуктов сгорания топлива между корпусом и грунтом в процессе движения пенетратора, повысить устойчивость прямолинейного движения пенетратора в реголите, путем перемещения точки приложения равнодействующей силы тяги двигательной установки ближе к головной части.

Для описания пространственного движение реактивного пенетратора в лунном грунте представлена математическая модель, в которую входят уравнение движения центра масс и уравнение вращательного движения относительно центра масс. Сюда входят внешние силы в виде тяги двигателя, сил тяжести и сопротивления грунта, и силы, вызванные перемещениями центра масс относительно корпуса. В работе проведено теоретическое исследование по прониканию лунного реактивного пенетратора под некоторым углом и обеспечение устойчивости его движения в реголите.

Помимо этого в работе поставлены и решены задачи по выбору показателей количественной оценки эффективности использования лунных реактивных пенетраторов и определению критериев подобия для

моделирования параметров и характеристик лунных реактивных пенетраторов.

Полученные результаты работы и предложенный метод обоснования технических характеристик многомодульных лунных реактивных пенетраторов имеет практическую значимость и позволяет на ранних этапах проектирования определить и оценить эффективность вариантов конструкции, учитывая необходимую глубину проникания и специфику работы двигательной установки, что приведет к уменьшению числа вариаций и снижению конечной стоимости реализации.

Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на 2 всероссийских конференциях. Основные результаты диссертации опубликованы в 3 работах, опубликованных в рецензируемых изданиях перечня ВАК, и 1 научно-техническом отчете.

Из недостатков работы можно отметить:

1. Реактивный пенетратор приводится в движение за счет ракетного двигателя твердого топлива, но при этом не показаны классификация существующих видов твердого топлива и их преимущества по отношению к другим видам силовых установок.

2. В диссертации не явно описаны возможные режимы работы и последовательность включения отдельных секций многомодульной конструкции силовой установки.

Данные недостатки имеют частный характер и не меняют общей положительной оценки работы.

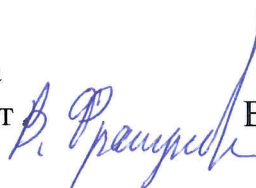
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом диссертационная работа Заговорчева В.А. представляет собой законченное научное исследование, представляющее практический интерес для развития существующих методов и средств проектирования пенетраторов. По своей актуальности, методическому уровню и новизне,

соответствует требованиям, предъявляемым ВАК, а его автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.02 – Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании НТС ОАО «МКБ «Искра».
Протокол от 08 декабря 2014 года №09/2014.

Первый заместитель главного конструктора
по науке кандидат технических наук, доцент



В.П. Францевич

Начальник отдела инновационного развития
кандидат технических наук, доцент



А.Ю. Норенко