

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПРОЕКТНОГО ОБЛИКА ЛУННОГО РЕАКТИВНОГО ПЕНЕТРАТОРА

А.В. Галеев, В.А. Заговорчев, М.Я. Кыласов, Д.Н. Михайлов, Э.Р. Садретдинова  
 Научный руководитель: профессор, д.т.н. В.В. Родченко  
 Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
 Россия, г. Москва, Волоколамское шоссе, 4, А-80, ГСП-3, 125993  
 E-mail: [mkylasov@inbox.ru](mailto:mkylasov@inbox.ru)

Одной из наиболее актуальных задач в области космической деятельности является углубленное изучение Луны с орбиты и на поверхности с помощью автоматических космических аппаратов. Так, в рамках федеральной космической программы 2016-2025 одной из задач стоит создание космических аппаратов для проведения углубленных исследований Луны с окололунной орбиты и на ее поверхности, а также для доставки образцов лунного грунта на Землю. Встает необходимость в использовании новых, более совершенных средств для проведения внеземного бурения.

Доставка устройств в определенную область грунтового пространства связана с решением проблемы регламентированного разрушения некоторых видов покровных отложений (образование скважин).

Основные характеристики реактивного пенетратора приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики реактивного пенетратора

Название аппарата	Диаметр скважины, м	Глубина скважины, м	Масса устройства, т	Скорость проходки, м/с
Реактивный пенетратор	0,4	100	0,8	80-200

Сформулируем задачу определения оптимальных условий запуска пенетратора. Требуется найти такую совокупность параметров, определяющих положение точки старта реактивного пенетратора, которая, обращает функцию глубины проникания в максимум; причем в момент включения ДУ пенетратор имеет некоторую скорость движения  $V_0$ . Задача может быть решена с помощью классического метода неопределенных множителей Лагранжа [1,2].

Рассмотрим пример расчета параметров движения пенетратора, проникающего в грунт. В качестве исходных данных заданы:  $D_H=0,024$  м – диаметр корпуса;  $h_k=0,05$  м – длина головной части конуса;  $I_{ED}=2300$  Н·с/кг - единичный импульс топлива;  $M_T=0,10$  кг – масса топлива;  $M_H=0,55$  кг масса конструкции. Проникание осуществлялось в различные грунты: насыпь, песок, суглинок, супесь, глина.

Глубина проникания пенетратора, запущенного с посадочного аппарата, расположенного на поверхности грунта, определялась для различных значений массогабаритных и энергетических характеристик пенетратора.

Основные результаты расчетов глубины проникания в грунт, имеющих удельное лобовое сопротивление  $F_{yD}=1,53$  МПа, сведены в таблицу 2,

Таблица 2. Результаты расчетов глубины проникания пенетратора в песок

$T, c$	$R, n$	$L=0, m$	$L_{opt}, m$	$L_{max}, m$
1,2	180	0	3,135	3,135
0,4	480	0	3,617	3,135
0,24	900	5,366	5,912	3,135
0,16	1300	5,735	6,400	3,135
0,125	1700	5,531	6,188	3,135

где  $R$  и  $T$  - тяга и время работы двигателя;  $L=0$  - глубина проникания penetrатора, запускаемого с нулевой скоростью входа в грунт;  $L_{opt}$  - глубина проникания penetrатора, при условии, что скорость входа в грунт равна оптимальной скорости;  $L_{max}$  - глубина проникания penetrатора, разгоняемого в прилунном пространстве и движущегося в грунте за счет кинетической энергии.

По данным табл. 2 построены графики рис. 1 – 2, из которых видно, что максимальное значение глубины проникания соответствует случаю, когда тяга двигателя приблизительно в два раза больше статического сопротивления.

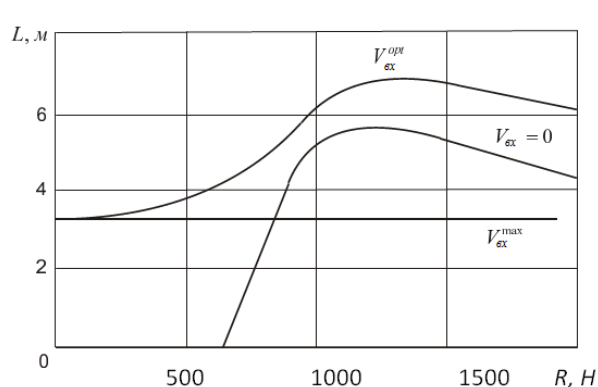


Рис. 1. Зависимость глубины проникания от тяги двигателя для различных скоростей входа

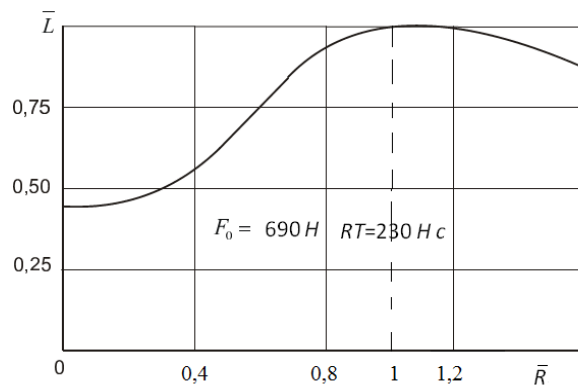


Рис. 2. Изменение относительной глубины проникания от соотношения текущей тяги к тяге, при которой глубина имеет максимальное значение

Результаты научного исследования дают возможность рассмотреть большее число вариантов исполнения конструкции penetrаторов на ранних стадиях проектирования, что приведет к созданию рациональной схемы при обеспечении максимальной энергетической и массовой эффективности и снижению материальных затрат на ее отработку.

Таким образом, реактивные penetrаторы позволяют получать данные для таких перспективных разработок, как: бурение скважин в приполярных областях Луны для поиска воды; создание обитаемой лунной базы; в решении проблем предотвращения астероидной и метеорной опасностей планетарного характера.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Родченко, В.В. Основы проектирования реактивных аппаратов для движения в грунте. – М.: МАИ-ПРИНТ, 2007.
2. Галеев А.Г., Захаров Ю.В., Родченко В.В., Садретдинова Э.Р., Заговорчев В.А. Экспериментальная проверка метода выбора проектных параметров реактивных penetrаторов для движения в лунном грунте // Альтернативная энергетика и экология (ISJAEE) – 2014. – №16. – С. 46-60.