

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации  
соискателя ученой степени кандидата технических наук

Титкова Михаила Алексеевича, выполненной на тему: «Формирование облика стенда бросковых испытаний и полномассового макета спускаемого аппарата для полунатурной имитации посадки на Луну в земных условиях», по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»

«Луна-25», также известная как «Луна-Глоб» должна стать первым космическим аппаратом, севшим на поверхность Луны, после «Луны-24» в 1976 году. Основной целью данной экспедиции должно стать разработка и испытание технологии мягкой посадки в приполярную область Луны. В свете всего вышесказанного диссертационное исследование М.А. Титкова посвящено актуальной и практической задаче. Актуальность проведенного исследования не вызывает сомнений, особенно с связи с решением задач, продекларированных в Лунной программе России, которая предполагает изучение Луны автоматическими станциями.

В ходе исследования соискателем был проведен анализ существующих методик математических моделей движения спускаемых аппаратов (СА) при посадке, возможных методик испытания макетов СА в земных условиях и используемых в настоящее время программных пакетов, позволяющих определять напряженно-деформируемое состояние отдельных узлов конструкции и изменения геометрии тела при действии на него динамической нагрузки.

Основное внимание в диссертационной работе уделено описанию стендовой отработки заключительного этапа посадки СА, а именно, процессу столкновения с поверхностью Луны после выключения тормозных двигательных установок.

Сложность процессов, происходящих при отработке безопасной посадки СА, требует проведения полунатурных испытаний, вследствие недостаточной адекватности моделей аналитических исследований. Оценить конструктивные особенности посадочного модуля СА позволяет совместное использование натурального и математического моделирования в рамках единого стенда полунатурного моделирования, что в свою очередь позволило разработать методику формирования облика стенда бросковых испытаний и полномассового макета спускаемого аппарата для полунатурной имитации посадки на поверхность планеты.

В результате разработанная автором методика содержит новые научно обоснованные технические решения, обладающие новизной и научной значимостью:

1. Обоснована целесообразность использования полномасштабного макета посадочного модуля и проведены испытания с использованием броскового наклонного стенда;

2. Определены основные параметры стенда бросковых испытаний с учетом необходимости отработки всего спектра линейных скоростей и углов подхода СА к поверхности Луны;

3. Сформированы адаптированные к требованиям исследования математические модели динамики макета СА на стенде бросковых испытаний и посадочного устройства в момент прилунения, в том числе с учетом особенностей возможных грунтов в месте предполагаемой посадки;

4. Показано соответствие динамики макета СА на предложенном стенде бросковых испытаний и динамики поведения ПУ в момент прилунения;

5. Определены критические для СА линейные скорости подхода и пространственная ориентация.

Достоверность и обоснованность результатов, представленных в автореферате, подтверждается аргументированными и логическими рассуждениями, корректным использованием методов математического моделирования, проведенными сравнительными расчетами.

Следует отметить тщательную проработку задач, решаемых в работе, что подтверждается результатами апробации проведенных исследований на конференциях, а также публикациями автора в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК.

Основные положения, выносимые автором на защиту:

1. Методика разработки комплексного стенда полунатурного моделирования мягкой посадки на поверхность планеты.

2. Методика определения технических характеристик регистрирующей аппаратуры и возможные схемы ее размещения на макете СА.

3. Результаты использования программно-математического обеспечения для отработки динамики посадки на Луну, ее имитации в земных условиях и сравнительный анализ полученных результатов.

4. Предполагаемый облик макета для проведения испытаний.

В качестве замечаний следует отметить следующее: в тексте автореферата отмечается возможность влияния грунта на параметры модели,



однако учет особенностей грунтов в месте предполагаемой посадки не раскрывается, следовало бы дополнить параметрами модели амортизационных характеристик грунтов.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы.

Автореферат достаточно полно отражает научно-квалификационную работу, полученные научные и практические результаты которой несомненны и практически востребованы.

Диссертационная работа М.А. Титкова содержит решение актуальной научной задачи разработки методики бросковых испытаний полномассового макета спускаемого аппарата на Луну в земных условиях. Диссертация соответствует паспорту научной специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов», требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор – Титков Михаил Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.09 «Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов».

Ведущий научный сотрудник

Института прикладной математики

им.М.В.Келдыша РАН,

кандидат физико-математических наук

 А.А. Баранов

Подпись Баранова А.А. заверяю

Ученый секретарь Института прикладной математики

им.М.В.Келдыша РАН,

кандидат физико-математических наук



А.И. Маслов