



**Акционерное общество  
«Научно-исследовательский институт  
точных приборов»  
(АО «НИИ ТП»)**

Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490  
Почтовый адрес: Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490  
тел.: + 7 499 181-20-12, факс: + 7 499 204-79-66  
e-mail: info@niitp.ru  
http://www.niitp.ru  
ОКПО 11482462 ОГРН 1097746735481  
ИНН 7715784155 КПП 771501001

24.08.2021 № 65/48/16147

На №08-2021-10 от 28.06.2021

Ученому секретарю  
диссертационного совета  
Д212.125.08,  
д.т.н., профессору

Зуеву Ю.В.

125993, г. Москва, Волоколамское  
шоссе, 4. МАИ, ученый совет

Уважаемый Юрий Владимирович!

Направляю Вам отзыв на автореферат диссертации Дудкина Константина Кирилловича на тему: "Контактное измерение плотности внутреннего теплового потока Луны и теплофизических характеристик лунного грунта" представленной к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Приложение: Отзыв в 2 экз. на 4 листах каждый.

И.о. заместителя генерального директора по науке,  
доктор технических наук,  
доктор военных наук, профессор

 В.Ф. Кострюков

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«30» 08 2021 г.



РОССИЙСКИЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

**Акционерное общество  
«Научно-исследовательский институт  
точных приборов»  
(АО «НИИ ТП»)**

Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490  
Почтовый адрес: Декабристов ул., вл. 51, Москва, 127490  
тел.: + 7 499 181-20-12, факс: + 7 499 204-79-66  
e-mail: info@niitp.ru  
http://www.niitp.ru  
ОКПО 11482462 ОГРН 1097746735481  
ИНН 7715784155 КПП 771501001

24.08.2021 № 65/48

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**



И.о. заместителя генерального  
директора по науке,  
доктор технических наук,  
доктор военных наук,  
профессор

Кострюков  
Василий Федорович

**Отзыв**

на автореферат диссертации Дудкина Константина Кирилловича на тему:  
"Контактное измерение плотности внутреннего теплового потока Луны и  
теплофизических характеристик лунного грунта", представленной к защите на  
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 -  
"Теплофизика и теоретическая теплотехника"

Изучению термических процессов внутри Луны посвящены ряд работ,  
упомянутых диссертантом, в которых приводятся результаты исследований по ее  
тепловому состоянию. Однако, несмотря на наличие математических моделей и  
методов анализа о тепловом состоянии ее недр, существует потребность в новых  
измерениях на поверхности Луны. Это можно объяснить еще и тем, что контактные  
измерения, проведенные "Аполлоном-15" и "Аполлоном-17" малочисленны и имеют  
свои недостатки. Диссертантом поставлены актуальные задачи, направленные на  
измерение плотности внутреннего теплового потока Луны и измерение  
теплофизических характеристик (ТФХ) лунного грунта в естественных условиях  
непосредственно на ее поверхности для снижения неопределенностей и случайных

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«30» 08 2021г.

погрешностей, тем самым повышение достоверности и точности результатов измерений, что и определяет актуальность такого исследования проблем.

Целью диссертационной работы является разработка методов и схем для решения поставленных задач, а предметом исследования - процесс теплообмена в системе термозонд-грунт. Измерение плотности теплового потока Луны и определение ТФХ лунного грунта является отдельной научной задачей. Ее решение может быть полезной на практике при освоении Луны.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка литературы. Кратко изложим содержание автореферата.

Во введении обосновывается актуальность темы, формируются цели и задачи, научная новизна и практическая значимость результатов.

В первой главе рассмотрены проблемы контактного измерения плотности внутреннего теплового потока Луны и приводятся результаты имеющихся измерений. Сравниваются показатели измерений, проведенных дистанционным способом, с измерениями, которые были выполнены одним из контактных методов на поверхности Луны в миссиях "Аполлон-15" и "Аполлон-17".

Научная задача по измерению плотности внутреннего теплового потока планеты контактным способом разделяется на две подзадачи: 1 - измерение с помощью не заглубляемых зондов, 2 - измерение с помощью заглубляемых зондов. При этом рассмотрено несколько схем незаглубленных зондов и схема проникающего стержневого термозонда, использовавшегося в миссиях "Аполлон".

По результатам моделирования автором вычислены значения температур в местах установки термодатчиков. По ним рассчитывалась плотность внутреннего теплового потока с использованием ТФХ окружающего грунта. Расчетная величина ошибки теплового потока не превышала 20% для обеих моделей грунта.

Во второй главе, опираясь на результаты миссий "Аполлон", рассмотрен вопрос контактного измерения ТФХ реголита с помощью лабораторных анализов образцов, доставленных советскими автоматическими аппаратами Луна-16 и Луна-20. Использовались два вида термозондов: заглубленные и не заглубленные и проведено имитационное численное моделирование с целью определения эффективности каждой схемы. Схема проникающего термозонда принималась подобной той, которая

использовалась в миссиях "Аполлон". Численное моделирование работы зонда проводилось на локальном отрезке стержня с одним нагревателем.

Автор попытался создать усовершенствованную схему проникающего термозонда без перетекания тепла через элементы конструкции от нагревателя к термометрам. По результатам моделирования отклонения показаний температуры из-за влияния конструкции термозонда составила  $3,1^{\circ}\text{C}$ .

В автореферате автор упоминает, что был проведен анализ по использованию непосредственно солнечного тепла при измерении ТФХ лунного грунта, однако считает его вспомогательным из-за низкой точности получаемых результатов.

В третьей главе проанализированы предыдущие термозонды и предложены две перспективные схемы термозондов: разделенный и высокого теплового сопротивления (ВТС).

По результатам имитационного численного моделирования измерения ТФХ лунного грунта на естественное распределение температуры показано, что отклонения расчетных показаний температуры из-за влияния конструкции термозонда составили  $2,3^{\circ}\text{C}$ , а в режиме измерения плотности внутреннего ТП Луны отклонение от расчетного значения не превышало 11%.

#### Замечания и пожелания

1. Замечание к главе 2 (стр. 19 автореферата). Наверно, посыл об использовании метода измерения ТФХ лунного грунта с помощью непосредственно солнечного тепла, как вспомогательного, недостаточно обоснован.

2. В начале автореферата автор упоминает о работах некоторых ученых по проблемам теплового состояния Луны. Однако, в этом направлении полезно было бы показать результаты достижений известных ученых и специалистов в нашей стране, особенно в части углубления положений закона Фурье применительно к естественным условиям на Луне. При этом было создано соответствующее математическое обеспечение и разработаны конкретные мероприятия для выполнения поставленных целей. Примером этого служат результаты комплексного изучения ее поверхности, выполненные изделиями Луна-16 и Луна-20 значительно ранее посещения Луны астронавтами США в 1969 году.

В целом диссертационная работа весьма интересна и глубока, обладает комплексной научной новизной, убедительна. Дудкин К.К. - специалист высокого уровня, добившийся выполнения поставленной научной цели. Отмеченный недостаток не снижает достигнутого высокого уровня его диссертационной работы. Теоретическая и практическая значимость методик расчета, алгоритмов и средств испытаний заключается в том, что автор осуществил переход к более достоверным проектным нормам исследований современного уровня, тем самым обеспечил более точную оценку надежности средств изучения Луны в целом.

Представленная работа по содержанию, научной новизне и практической ценности отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Дудкин Константин Кириллович, заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - "Теплофизика и теоретическая теплотехника"

Отзыв подготовил:

Начальник лаборатории -  
заместитель главного конструктора  
АО "НИИ ТП"  
Действительный член Российской  
академии космонавтики  
им. К.Э.Циолковского  
Доктор технических наук, профессор

Алексеев  
Владимир Антонович

