

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Александра Евгеньевича Белявского  
"Методологические основы проектирования системы обеспечения  
теплового режима лунной базы", представленной на соискание ученой  
степени доктора технических наук по специальности 2.5.14. "Прочность  
и тепловые режимы летательных аппаратов"

Диссертационная работа Белявского Александра Евгеньевича посвящена решению важной проблемы проектирования перспективной системы обеспечения теплового режима (СОТР) лунной базы, развертывание которой планируется в соответствии с целями и задачами, изложенными в стратегии развития Государственной корпорации "Роскосмос".

**Целью работы** является разработка методологических основ проектирования СОТР лунной базы, которая относится к наукоемким образцам продукции ракетно-космической техники.

**Актуальность темы** обусловлена тем, что проектирование лунной базы в целом и отдельных ее систем, в том числе СОТР, находится на этапе предпроектных исследований. Это направление является новым для разрабатываемых сложных теплотехнических систем и включает в себя множество не решенных к настоящему времени научно-технических задач.

При проектировании СОТР лунной базы возникают новые требования, связанные со спецификой лунной среды, не позволяющие применять отработанные структурные схемы и агрегатную базу без модернизации, разработки новой элементной базы и новых конструкторских решений. Влияние этих факторов не позволяет построить систему обеспечения теплового режима, основанную только на традиционных схемных решениях, например, принятых для орбитальных станций Земли.

**Научная новизна** результатов диссертационной работы заключается в том, что автором впервые теоретически и экспериментально обоснованы и разработаны методологические основы исследования и проектирования СОТР лунной базы, включающие:

– постановку проблемы комплексного исследования и проектирования СОТР с учетом взаимосвязей с лунной базой и окружающей лунной средой;

– предложение новой структурной схемы СОТР модуля лунной базы с тепловым аккумулятором (ТА) трубчатого типа с рабочим веществом на основе реголита, а также радиационным теплообменником (РТО) с использованием гибридной излучающей панели;

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

«12» 12 2023.

- результаты экспериментальных исследований, проведенных нестационарным методом лазерной вспышки, и полученные новые данные по теплофизическим свойствам гибридных структур;

- математическую модель ТА с фазопереходным рабочим веществом внутреннего контура СОТР и результаты экспериментального исследования по проверке адекватности разработанной математической модели ТА;

- математические модели, алгоритмы и программы численного моделирования динамических режимов и оценки проектных параметров СОТР лунной базы с теплоаккумулирующими устройствами, а также результаты выполненного численного моделирования.

**Теоретическая значимость** работы заключается в развитии методов исследования и проектирования СОТР компонентов лунной базы с учетом параметрической неопределенности. Полученные при решении рассматриваемой научной проблемы результаты и технические предложения могут быть использованы не только при реализации лунной программы, но также при разработках и проектировании СОТР перспективных автоматических космических аппаратов, долговременных орбитальных станций и пилотируемых космических кораблей для снижения массы, повышения надежности и увеличения ресурса работы путем использования РТО гибридных структур.

**Достоверность результатов** подтверждается обоснованностью принятых гипотез, полнотой расчетных моделей и корректностью методов их решения, а также сравнением полученных теоретических результатов с результатами экспериментов.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в разработанных автором математических моделях и расчетных алгоритмах, предназначенных для применения при проектировании ракетно-космической техники, а также в научно-технических результатах:

- новой структурной схемы СОТР лунной базы;
- компонентов СОТР, таких как тепловой аккумулятор с рабочим веществом на основе реголита для отвода избыточного тепла из модуля базы, РТО с излучающей панелью, в конструкции которой используются высокопроводящие гибридные структуры на основе графита;

- гибких теплопередающих элементов с теплопередающими лентами на основе графита, гибридной излучающей панели для охлаждения блока тепловыделяющего радиоэлектронного оборудования.

Помимо этого, исследовано негативное влияние лунной пыли на степень черноты излучающей поверхности РТО, приведены результаты

экспериментального определения теплофизических свойств гибридной структуры, представлен анализ использования местных лунных ресурсов для эксплуатации и развития лунной базы.

В качестве замечания можно отметить, что в автореферате не приведена технология производства пленки на основе кристаллов графита из гексагональных сетчатых структур, информация о которой представляет интерес при рассмотрении вариантов конструктивного исполнения и применения гибридных панелей радиационных излучателей в изделиях РКТ.

Данное замечание не снижает общей научной ценности проведенных исследований.

Представленный автореферат диссертации "Методологические основы проектирования системы обеспечения теплового режима лунной базы" отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а Белявский Александр Евгеньевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.5.14. "Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов".

Отзыв на автореферат рассмотрен на заседании подсекции № 1 секции № 2 НТС АО "ЦНИИмаш", протокол заседания № 21 от 30 ноября 2023 г.

Старший научный сотрудник отдела  
Тепловых режимов космических аппаратов и  
воздействия факторов космического  
пространства, кандидат технических наук

 С.В. Залетаев

" 30 " 11 2023 г.

Акционерное общество "Центральный научно-исследовательский институт машиностроения"

141070, г. Королев, Московской области, ул. Пионерская, д.4, корп. 22,

Телефон +7(495) 513-42-12

E-mail: ZaletaevSV@tsniimash.ru

Подпись Залетаева Сергея Васильевича заверяю

Главный ученый секретарь  
АО "ЦНИИмаш",  
доктор технических наук



Ю.В. Ключников

" 01 " 12 2023 г.