

ОТЗЫВ

На автореферат диссертации **Белявского Александра Евгеньевича** «**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 А.Е. посвящена разработке методологических основ проектирования системы теплового режима (СОТР) лунной базы. Новые требования, возникающие при проектировании СОТР лунной базы, связанные с спецификой лунной среды, не позволяют использовать зарекомендовавшие себя структурные схемы СОТР долговременных орбитальных станций, пилотируемых и беспилотных космических аппаратов, отработанную агрегатную и конструкторскую базы. Специфическими условиями лунной среды являются высокая температура лунной поверхности днем, достигающая 400 К, наличие гравитации на Луне, составляющую 1/6 часть от Земной, наличие лунной пыли, приводящей к деградации оптических характеристик, удаленность Земли от Луны, недостаток информации о характеристиках лунной среды, характеризующий наличие эпистемической неопределенности в параметрах лунной среды. Вышеперечисленные составляющие научно-технической проблемы проектирования СОТР лунной базы указывают на **актуальность** работ в данном направлении. Вопросы, возникающие в практике проектирования ракетно-космической техники при жестких требованиях к ее массе, надежности и стоимости, служат постоянным стимулом к дальнейшему развитию теории. Новые расчетные модели в уточненной постановке составляют основу процессов проектирования.

Впервые теоретически и экспериментально обоснованные и разработанные методологические основы проектирования СОТР лунной базы и полученные следующие научные результаты: новую структурную схему СОТР модуля лунной базы, включающую в состав наружного контура тепловой аккумулятор с рабочим веществом на основе реголита и в состав внутреннего контура теплового аккумулятора с плавящимся рабочим веществом; новые элементы и агрегаты для СОТР лунной базы, такие как радиационный теплообменник (РТО) гибридной структуры, излучающая панель гибридной структуры пассивной СОТР радиоэлектронной аппаратуры модуля лунной базы, тепловой аккумулятор трубчатого типа наружного контура на основе реголита с водой, претерпевающей фазовый переход; математическая модель ТА трубчатого типа наружного контура СОТР на

основе реголита с водой, математическая модель новой структуры СОТР лунной базы с использованием теплоаккумулирующих устройств; результаты численного моделирования динамических режимов и оценки проектных параметров СОТР лунной базы с теплоаккумулирующими устройствами; результаты технико-экономического анализа и обоснования целесообразности использования местных лунных ресурсов при разработке схем и новой элементной базы СОТР лунного модуля; математические модели и алгоритмы, основанные на применении теории неопределенности; новые расчетные результаты по режимам функционирования СОТР лунной базы в условиях эпистемической неопределенности параметров составляют **научную новизну** работы.

Разработка новой структурной схемы СОТР лунной базы, методик выбора, теплового аккумулятора наружного контура СОТР с рабочим веществом на основе реголита, теплового аккумулятора внутреннего контура СОТР с плавящимся рабочим веществом, реализованных в методологическом, математическом и программном обеспечении проектирования, в практических рекомендациях по исследованию и проектированию СОТР лунной базы свидетельствуют о **практической значимости** диссертации соискателя Белявского А.Е.

Судя по автореферату, основное содержание диссертации опубликовано в значительном количестве высокорейтинговых научных журналов. Результаты выполненного исследования прошли серьезную **апробацию** в виде докладов на различных научных мероприятиях высокого уровня.

К недостаткам данной работы следует отнести:

- в третьей главе не представлена модель расчета эффективного теплового потока на элементы СОТР лунной базы, не ясно в каком приближении считался лучистый теплообмен и угловые коэффициенты переизлучения между элементами базы и СОТР;

- В четвертой главе не представлен нестационарный расчет поля температур по пространству радиатора, а только стационарный, хотя тепловые нагрузки на СОТР зависят от времени суток и нужно оценить тепловое состояние СОТР в рамках всего эксплуатационного диапазона температур до выхода температурного поля на квазипериодический режим; Также получение аналитического решения возможно только при линеаризованных теплофизических параметрах, которые являются функциями температуры а еще и направления, а также граничных условий;

- В пятой главе нет полного описания метода идентификации коэффициента теплопроводности материала, при решении нестационарного уравнения теплопроводности коэффициент температуропроводности не

возможно вынести за знак дифференцирования если он является функцией температуры. Не ясно, чем данный метод лучше методов параметрической идентификации на основе минимизации среднеквадратичной ошибки между теоретическим и экспериментальным полем температур. Нет оценки сходимости влияния некорректности постановки задачи на ее решение, нет оценки точности полученных результатов и их валидации;

Автореферат диссертации дает основание утверждать, диссертация Белявского Александра Евгеньевича представляет собой завершённое исследование, выполнена на высоком научно -техническом уровне, содержит новые научные результаты, имеющие существенное теоретическое и практическое значение в развитии средств проектирования теплового режима. Работа соответствует критериям, которым должна соответствовать диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор достоин присуждения степени доктора технических наук по специальности 2.5.14. «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Научный сотрудник ОИВТ РАН Борщев Н.О. «17» октября 2023 г.

Зав. лабораторией № 5 Беляев И.А. «17» октября 2023 г.

Я, Беляев Иван Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Зав. лаб. 5 ОИВТ РАН, к.т.н.

Беляев Иван Александрович

ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН»

Тел: 8-495-484 23 11

E-mail: bia@ihed.ras.ru

Адрес: 125412, г. Москва,

ул. Ижорская, 13, стр.2.

Подпись Беляева И.А. заверяю

19 октября 2023 г.



И.А. Беляев
Зав. лаб. 5
ФГБУН «Объединенный институт высоких температур РАН»