

ОТЗЫВ

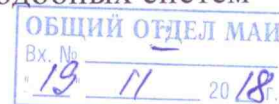
официального оппонента кандидата технических наук Залетаева Сергея Васильевича на диссертационную работу Басова Андрея Александровича на тему: «Децентрализованная бортовая система терморегулирования пассивного типа с автономным управлением», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

В состав комплекса бортовых систем космических аппаратов (КА) входит система обеспечения теплового режима (СОТР), выполняющая функции поддержания необходимых тепловых условий работы приборно-агрегатного оборудования и экипажа, в случае пилотируемых КА. Диссертация А.А. Басова посвящена разработке концепции построения, теплового математического моделирования и конструкторских решений **децентрализованных** СОТР пассивного типа для КА различного назначения.

1. Актуальность избранной темы.

Расширение перечня прикладных задач, решаемых средствами космического базирования, и существенное увеличение сроков активного существования КА требует увеличения ресурса и надежности бортовых СОТР. Одним из основных элементов ненадежности как пилотируемых, так и беспилотных КА являются централизованные СОТР, базирующиеся на замкнутых гидравлических контурах. В подобных системах задача увеличения ресурса и повышения надежности решалась экстенсивными методами, на пилотируемых КА применялось дублирование, а на автоматических КА – как дублирование, так и троирование гидроконтуров с входящим агрегатным составом.

В диссертационной работе решается проблема выбора пассивных элементов и средств терморегулирования, сбалансированного подбора их характеристик, корректировки теплофизических свойств конструкции КА с целью построения децентрализованных СОТР. Применение подобных систем



существенно увеличивает полезный объем изделий, повышает надежность и снижает как стоимость создания, так и стоимость их эксплуатации при значительном (до 35 лет) увеличении срока активного существования СОТР без необходимости проведения регламентных и ремонтно-восстановительных работ. Этим обусловлена **актуальность научно-технической задачи** диссертационной работы.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

В диссертационной работе автор применяет расчетно-экспериментальный метод исследования, базирующийся на использовании тепловых математических моделей теплообмена КА (глава 3). Автором подробно проанализированы возможные погрешности, возникающие при тепловом проектировании, математическом моделировании СОТР и прогнозировании тепловых режимов КА. Приведены значения погрешностей, связанных с неопределенностью различных групп исходных данных (главы 1, 3). Проведен критический анализ и уточнение предлагаемых математических моделей по **результатам экспериментальной отработки** на имитационных стендах и по **данным телеметрической информации**, полученной при полете космического объекта.

Научные положения и принципы проектирования децентрализованных СОТР, сформулированные в диссертации, **обоснованы** результатами успешного опыта летной эксплуатации КА различного назначения с децентрализованными пассивными СОТР (глава 3).

Основные **выводы** по диссертационной работе автором сделаны на основании сопоставления результатов математического моделирования с результатами наземных термобалансных и летно-конструкторских испытаний объектов с внедренными элементами децентрализованной пассивной СОТР (главы 3,4, приложение В), такими как модули Российского сегмента МКС «Звезда», «Рассвет», шлюзовая камера лабораторного модуля

«Наука», узловой модуль «Причал, микроспутник «Чибис-М» Института космических исследований РАН, КА «Egyptstat» (глава 4).

3. Достоверность и новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Достоверность полученных результатов подтверждена результатами успешной летной (натурной) эксплуатацией изделий с децентрализованными СОТР пассивного типа ведущих ракетно-космических организаций, а также результатами стендовой отработки в условиях, имитирующих тепловое воздействие космического пространства (глава 4).

В отношении **новизны** результатов можно отметить введенную автором **единую классификацию** СОТР по назначению и структуре принципиальных схем (глава 1), которая позволяет доступно излагать методический материал, а также служит базой для дальнейшего развития общей терминологии и определений рассматриваемой предметной области. При анализе проблем и выборе направлений создания СОТР перспективных КА автором впервые введено определение **децентрализованной системы** и сформулированы принципы ее построения. Определены **критерии** применимости и целесообразности использования интегрированной в конструкцию космического объекта децентрализованной СОТР (глава 4).

Определены **принципы** построения децентрализованной пассивной СОТР (глава 3), способной выполнять свои функции при отказе бортовых средств управления и, в сокращенном объеме, решать задачи термостабилизации КА даже в случае потери электропитания.

Положительные результаты внедрения децентрализованных пассивных СОТР **подтверждены** соответствующими актами пяти независимых друг от друга организаций космической отрасли России, Российской академии наук, оптического кластера Республики Беларусь (глава 4, приложение А).

4. Значимость для науки и практики полученных автором результатов состоит в значительном повышении надежности СОТР КА и

космических объектов при увеличении срока их службы, снижении относительной массы системы, экономии ресурсов бортовых вычислителей, снижении электропотребления служебных систем КА. Использование в практике теплового проектирования КА схемы децентрализованной СОТР позволяет сократить без ущерба для надежности объем резервирования системы. **Научные положения**, сформулированные автором, и предложенные **технические решения** позволили разработать концепцию и определить этапы построения децентрализованной СОТР пассивного типа, в том числе с автономным управлением, (глава 4). Разработанная методика наземной тепловакуумной отработки космических объектов с децентрализованной пассивной СОТР адаптирована к имеющейся стендовой базе предприятий-изготовителей КА и может быть использована на **практике**.

5. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.

Предложенная автором структура комплексных тепловых математических моделей СОТР может быть использована при проведении численных исследований в процессе теплового проектирования КА. Принципы построения децентрализованной СОТР с использованием пассивных элементов и автономной системой управления могут и **должны** использоваться при проектировании научной и целевой аппаратуры КА для обеспечения ее тепловых режимов.

6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность. Содержание диссертации изложено в 4 главах и 4 приложениях, поясняющих или дополняющих материалы глав, заключения и списка литературных источников, содержащих 74 наименований. Материал изложен последовательно и логично, диссертация написана грамотно с технической точки зрения и с точки зрения стиля изложения.

Завершенность диссертации подтверждается материалами раздела **Заключение**, а также **актами внедрения** (приложение А) результатов

проведенных исследований в практику теплового проектирования и создания изделий космической отрасли.

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации, в нем изложены основные положения и выводы диссертации, показан вклад автора, степень новизны и практическая значимость результатов проведенных исследований.

7. Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации, мнение о научной работе соискателя в целом.

В качестве замечаний к диссертационной работе следует отметить:

1. Анализ проблемных задач и результатов исследований по теме диссертации выполнен в основном по материалам отечественных публикаций.

2. В разделе 2.3, посвященном расчету внешней тепловой нагрузки на КА, на стр. 59, использован термин «траектория геомагнитная», хотя речь идет о формирующихся в результате воздействия геомагнитного поля ориентациях КА относительно Солнца и Земли.

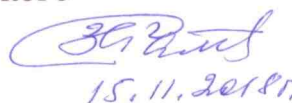
3. При построении математической модели теплообмена гермоотсека (глава 3) не рассмотрен вопрос учета неравномерности распределения температуры и поля скоростей воздуха в объеме отсека, возникающих в реальном изделии.

4. Не освещен вопрос расчета кондуктивных тепловых связей между элементами конструкции КА, его оборудования и элементами СОТР, используемых в комплексной тепловой математической модели изделия (глава 3), хотя их величины оказывают существенное влияние на формирование температурных полей и тепловых потоков по конструкции, о чем автор неоднократно упоминает.

8. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней. Несмотря на отмеченные недостатки, работа выполнена на высоком научном уровне и соответствует требованиям пп. 9÷13 «Положения о присуждении

ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842. Автором решена актуальная научно-техническая задача, связанная с созданием космических систем нового поколения, изложены новые научно обоснованные технические, технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития ракетно-космической отрасли. Считаю, что диссертация А.А. Басова полностью удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», а ее автор - А.А. Басов заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент - кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела тепловых режимов КА и воздействия факторов космического пространства ФГУП ЦНИИмаш


15.11.2018г.

С.В. Залетаев

141070, г. Королев, Московской области,
ул. Пионерская, д.4
Телефон +7(495) 513-42-12
E-mail: zalmail@mail.ru

Подпись Залетаева Сергея Васильевича заверяю

Главный ученый секретарь ФГУП ЦНИИмаш,
доктор технических наук





Ю.Н. Смагин