



АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина»  
(АО «НПО Лавочкина»)



Ленинградская ул., д. 24, г. Химки,  
Московская область, 141402  
ОГРН 1175029009363, ИНН 5047196566

Тел. +7 (495) 573-56-75, факс +7 (495) 573-35-95  
e-mail: npol@laspace.ru  
www.laspace.ru

от 09.11.2018 № 510/25045  
на № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

Ученому секретарю  
диссертационного совета Д 212.125.08  
Московского авиационного института  
д.т.н., профессору  
Зуеву Ю. В.  
(МАИ) Волоколамское ш., д.4, Москва,  
А-80, ГСП-3, 125993

С УТВЕРЖДАЮ»  
Главный научный сотрудник,  
д.т.н., профессор  
В.В. Ефанов  
11 \_\_\_\_\_ 2018 г.

### ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Басова Андрея Александровича  
«Децентрализованная бортовая система терморегулирования пассивного  
типа с автономным управлением», представленной на соискание ученой  
степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика  
и теоретическая теплотехника

Создание современных высокоэффективных теплотехнологических систем космического назначения, обеспечивающих заданные температурно-влажностные условия функционирования экипажа и бортового оборудования играет важную роль в развитии и поддержании конкурентоспособности отечественной космической отрасли.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. №  
19 11 20 18

Диссертационная работа Басова А.А. посвящена анализу ключевых аспектов создания децентрализованных бортовых систем терморегулирования для пилотируемых и непилотируемых космических аппаратов и орбитальных модулей.

Актуальность тематики обусловлена тем, что в составе модулей, для которых допустимо расширять диапазон рабочих температур газовой среды и значений градиентов температур по конструкции, целенаправленное внедрение пассивных средств терморегулирования в состав систем, построенных на базе гидроконтуров, позволяет повысить надежность таких модулей, увеличить их полезный объем, снижает стоимость их создания и эксплуатации, а также обеспечивает возможность значительного увеличения срока активного существования, применяемых в них систем терморегулирования (СТР): В противовес этому, наличие в централизованных системах на базе гидроконтуров, повышенного количества регуляторов, клапанов, неразъемных и разъемных соединений принято считать факторами, снижающими надежность космических аппаратов.

В автореферате убедительно показано, что децентрализация СТР позволяет сократить количество ненадежных элементов и степень их влияния, уменьшить массовую долю СТР в составе изделия, снизить ее уязвимость от внешних воздействующих факторов.

Поставив перед собой **цель**: сформировать принципы построения и определения области применения интегрированной в конструкцию космического изделия системы обеспечения теплового режима, не имеющей характерно выраженного центрального критичного для ее работоспособности элемента - автор исследования смог достичь цели, решив для этого научную задачу анализа целесообразности децентрализации системы и применения пассивных средств терморегулирования с помощью специально разработанных для этого математических моделей.

В рамках поставленной задачи автор оценил влияние на надежность децентрализованной СТР автономного управления и разработал критерии,

позволяющие выявлять тип изделий космического назначения, для которых применение децентрализованной пассивной СТР является эффективным. В своем исследовании автор активно применял расчетно-экспериментальный метод, базирующийся на использовании тепловых математических моделей и результатов стендовых и летных испытаний. Расчетно-аналитическая часть работы выполнялась с помощью отечественного пакета прикладных программ «ТЕРМ» и импортного – «Thermal Desktop».

**Научная новизна** проведенных исследований заключается в проведенном сравнительном анализе классической и децентрализованной СТР; предложенных автором критериях целесообразности использования пассивной децентрализованной СТР; применении аппарата математического моделирования с целью определения облика предлагаемой СТР в составе КА; разработке принципов построения децентрализованной пассивной СТР и рекомендациях структуры комплексной тепловой математической модели и применяемых допущений.

**Практическая значимость** результатов диссертационной работы Басова А.А. состоит в значительном повышении надежности СТР, в увеличении срока их службы, экономии ресурсов бортовых вычислителей и системы электроснабжения. Названные преимущества были подтверждены в исследовании, а **результаты** представленной работы **внедрены** в системах обеспечения теплового режима шлюзовой камеры модуля «Наука» и модуля «Рассвет» (МКС), в конструкции микроспутника «Чибис-М», в СОТР аппаратуры космического эксперимента «РК-21-8» и целевой аппаратуры «Egyptsat». Получено летное подтверждение успешного применения децентрализованных систем/средств обеспечения теплового режима, которые были разработаны с участием и под руководством автора.

**Основные результаты** диссертационной работы **доклаживались** в выступлении на второй международной конференции «Тепловые трубы для космического применения» в 2014 г., а также на заседаниях научно-технических советов «РКК «Энергия». По теме диссертации разработано 18



печатных научных работ, из них 10 опубликовано в журналах рекомендованных ВАК и 7 защищены патентами РФ.

**Личный вклад автора** состоит в разработке концепции децентрализованной СТР пассивного типа, формулировании условий и критериев применимости такой системы и требований к ней; разработке схем функционального резервирования системы и алгоритма управления; разработке моделей и проведении расчетно-аналитических работ. На основе выполненного автором сравнительного анализа результатов численного моделирования и телеметрической информации в части температурных характеристик децентрализованных систем были сформулированы основные выводы диссертационной работы.

**В качестве недостатков** которые относятся к материалам, представленным в автореферате для освещения выполненного исследования, следует отметить следующие:

1. Учитывая то, что практически все, разработанные автором децентрализованные пассивные системы прошли летные испытания, было бы уместным показать в автореферате, на примере одной из них, температурное состояние децентрализованной СТР на орбите, дав его сравнение с температурным состоянием, спрогнозированным на этапе математического моделирования (по наиболее показательным параметрам).

2. При описании преимуществ схемы, которая представлена на рисунке 2, подчёркивается, что математическая модель СОТР упрощается за счет исключения из нее блока, отвечающего за моделирование регулятора расхода теплоносителя, однако, автор не дает пояснений - может ли и насколько усложниться тепловая математическая модель децентрализованной СОТР в результате возникновения необходимости моделирования радиаторов на базе регулируемых контурных тепловых труб.

Отмеченные недостатки, не снижают общую ценность представленной работы, которая, несомненно, заслуживает положительной оценки. Полученные результаты используются в реальных проектах, а в дальнейшем, с бесспорным

положительным эффектом, могут применяться для разработки перспективных СОТР космической отрасли.

Считаем, что по совокупности полученных результатов диссертационная работа (судя по автореферату) «Децентрализованная бортовая система терморегулирования пассивного типа с автономным управлением», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», соответствует критериям, изложенным в пунктах 9 – 14 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, Басов Андрей Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по названной специальности.

Ведущий конструктор  
кандидат технических наук

А.Ф. Шабарчин

АО «НПО Лавочкина»  
141400, Московская обл., г. Химки,  
ул. Ленинградская, д. 24  
тел. 8(495) 575-55-16, shaf@laspace.ru  
Шабарчин Александр Федорович