

## ОТЗЫВ

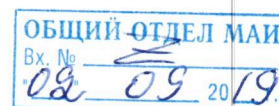
на докторскую диссертацию Семены Николая Петровича  
«Теоретико-экспериментальные методы обеспечения тепловых режимов  
научных космических приборов»,

представляемую на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

В научном космическом приборостроении большинство космических научных приборов являются уникальными. Как следствие, перед разработчиками космической аппаратуры стоят уникальные проблемы, в частности, в области обеспечения тепловых режимов. Точность и стабильность тепловых режимов отдельных элементов космических научных приборов являются критически важными параметрами для их функционирования. Это делает крайне актуальной задачу терморегулирования конкретных научных приборов, а также общую задачу по разработке и совершенствованию методов и средств, позволяющих более достоверно предсказывать тепловые режимы и более точно формировать физический облик космических приборов.

Диссертационная работа Н.П.Семены посвящена решению сложной научной проблемы – обеспечению тепловых режимов космических приборов. Проблема решается автором на основе разработки и практического применения современной методологии проектирования, включающей математическое моделирование тепловых режимов научных приборов с достаточной достоверностью и точностью, с учетом всех особенностей тепловых режимов этих приборов. Степень *обоснованности* темы в работе автора базируется на результатах как расчетных, так и экспериментальных исследований в рамках обеспечения тепловых режимов практически всех типов научных космических приборов, работающих в большинстве тепловых зон космоса.

Автором предложен и реализован *новый научный подход интегрированного проектирования элементов и узлов* на базе комплексного метода моделирования тепловых режимов космических устройств, объединяющего три известных метода: математический узловой, математический конечно-элементный и экспериментальный термобалансный. Объединение методов придало новое



качество более достоверного предсказания тепловых режимов за счет адаптации этих методов к наиболее эффективному взаимодействию при оптимальном распределении задач между ними. Предлагаемый подход создания космических устройств учитывает этапы создания и последовательность экспериментальной отработки. Разработанный автором метод поиска достоверных решений по обеспечению тепловых режимов научных космических приборов позволяет значительно повысить качество результатов моделирования указанных режимов, что крайне *актуально* именно для научных космических аппаратов, критически зависимых от точности и стабильности теплового состояния. Собственную ценность и область применения имеют отдельные составляющие этого метода, в частности, экспериментально-аналитический метод и вспомогательный метод эквивалентной температуры для определения тепловых параметров разрабатываемых приборов. Развитые в диссертации методы качественного анализа и математического моделирования в сочетании с экспериментальными исследованиями тепловых процессов позволили решить важные практические задачи. Одним из объектов, для которого разработан автором комплексный метод поиска достоверных решений был апробирован в наиболее полном объеме, является зеркальный рентгеновский телескоп ART-XC. Это позволило заранее планировать и проводить адаптированные к методу тепловые эксперименты и последовательно разрабатывать тепловые модели, тип и масштаб которых соответствовал текущей стадии создания телескопа.

В период 1996 – 2018 гг. с непосредственным участием автора были выполнены работы по обеспечению тепловых режимов сорока астрофизических, плазменных и планетных научных космических приборов и приборных комплексов, предназначенных для функционирования практически во всех тепловых зонах, в которых предполагается проводить космические эксперименты в среднесрочной перспективе. Отдельные приборы из этого перечня могут служить в качестве эталонов для применения разработанных автором методов и подходов.

Следует отметить, что высокая *достоверность* предлагаемых автором методов моделирования тепловых режимов, корректность подходов к их прогнозированию подтверждена научными приборами, запущенными и

функционирующими в открытом космосе, поскольку для этих приборов доступны как результаты математического и экспериментального моделирования, так и данные телеметрии, получаемые в процессе полета.

К работе имеются следующие замечания:

- Объем диссертации можно существенно уменьшить, исключив очень детализированное (и не всегда нужное) описание приборов и известных теоретических выкладок. Из-за слишком детального описания многих уже известных данных диссертация очень тяжело читается.
- Предлагаемые методы не претендуют на универсальность, они разработаны для научных космических аппаратов и апробированы на них. Температурный диапазон, в котором проводилась реальная проверка применения этих методов при наземных экспериментах или в процессе летных испытаний, составляет примерно  $-120\dots+100^{\circ}\text{C}$ . Возможное использование предлагаемых идей для более широкого температурного диапазона может рассматриваться только теоретически.
- Слабое математическое описание предлагаемых узловых методов решения. Приводится только общее описание сути метода без какого-либо математического обоснования выборов методов и дальнейших математических выкладок его практической реализации (каким методом решается полученная СЛАУ, насколько она обусловлена и т.д.).
- Практически не затрагивается вопрос об оценке погрешности предлагаемых математических методов расчета тепловых потоков.
- Практическое применение разрабатываемых в диссертации методов не вызывает сомнения, однако не рассматривается вопрос о нормативно-правовом обеспечении применения их при отработке изделий космической промышленности.


Замечания носят дискуссионный характер, а работа и представленные результаты заслуживают высокой оценки. Диссертация Н.П. Семены, несомненно, имеет важное научное и прикладное значение и ее можно квалифицировать как законченное актуальное исследование, которое является междисциплинарным и результаты которого будут востребованы не только в областях теплофизики и космонавтики. Дальнейшее практическое внедрение разработанных технологий внесет значительный вклад в теоретическо-вычислительные эксперименты различных теплофизических задач. Совокупность представленных в диссертации положений, несомненно, можно квалифицировать как большое научное

достижение, а разработанные автором технологии вносят значительный вклад в развитие теплофизики, как фундаментальной, так и индустриальной. Диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствующую требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям. Приведенные результаты можно классифицировать как новые, обоснованные и имеющие практическую и научную значимость для создания перспективных устройств, работающих в условиях космического пространства.

Название отвечает существу работы. Автореферат соответствует содержанию диссертации.


Считаю, что работа Семены Николая Петровича соответствует всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к докторским диссертациям, а диссертант достоин присуждения ему степени доктора технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Официальный оппонент,  
начальник научно-исследовательского отдела  
ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ИТМФ,  
доктор физико-математических наук

  
27.08.19 А.С. Козелков

Подпись А.С. Козелкова заверяю,  
учёный секретарь диссертационного совета  
ДС 201.007.02, д.ф.-м.н.



  
27.08.19 А.А. Соловьев

**Сведения об организации:** Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Федеральное государственное унитарное предприятие РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР «Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»); 607188, Нижегородская обл. г.Саров, пр. Мира, д.37, Телетайп 151535 «Мимоза» Факс 83130 29494, E-mail: staff@vniief.ru.