

Исх. 06-6/152
от 12.07.19

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 212.125.10
при Московском авиационном институте
к.т.н., доценту

А.Р. Денискиной

В соответствии с Вашим запросом высылаю отзыв на автореферат диссертации Семены Н.П., представленной к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.07.03– «Прочность и тепловые режимы ЛА».

Приложение: 1. Отзыв на автореферат на 5 листах

2. Справка по сотрудникам РКК «Энергия», составивших отзыв на 1 листе.

Ученый секретарь РКК «Энергия»
к.ф-м.н



О.Н. Хатунцева

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 21
21 08 2019

Утверждаю

Генеральный конструктор
ПАО «РКК «Энергия» им. С.П. Королева,
академик РАН, доктор технических наук


Е.А. Микрин



ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы
Семены Николая Петровича
«Теоретико-экспериментальные методы обеспечения тепловых режимов научных космических приборов», представленной на соискание ученой степени
доктора технических наук по специальности
05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Представленная работа посвящена разработке и апробированию инновационного расчётно-экспериментального метода теплового проектирования прецизионных приборов космического назначения.

Актуальность работы обусловлена необходимостью размещения на уникальных космических аппаратах научного и прикладного назначения возрастающего количества разнородной высокочувствительной к тепловым условиям исследовательской аппаратуры, в том числе первого российского зеркального рентгеновского телескопа.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. № 21 / 08 20 19

Проведённое автором критическое осмысление общепринятых консервативных подходов к созданию тепловых математических моделей оборудования космических аппаратов привело его к созданию физически прозрачного, легко адаптируемого к изменяющимся внешним и внутренним возмущающим воздействиям **нового** метода раннего прогнозирования теплового состояния оборудования космического аппарата. Разработанная им на базе широкого использования обратных и смешанных задач методика позволила при наличии минимального объёма наземных тепловакуумных испытаний получать подтверждённые тестовым экспериментом высокоточные прогнозы теплового состояния оборудования. Абсолютная расхожимость результатов прогноза и эксперимента не превысила $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является беспрецедентным значением для общепринятых методов теплового моделирования, использующих только конечно-элементные тепловые модели.

Разработанные автором принципы оптимального информационного взаимодействия объединённого узлового и конечно-элементного методов математического моделирования с термобалансным методом тепловакуумной обработки позволили получить **качественно новый эффект теплового проектирования**, выразившийся в возможности распространения результатов ограниченного теплового эксперимента на тепловые режимы, не воспроизводимые в нём. Фактически, предлагаемый автором метод создания экспериментально-аналитической модели представляет собой **новый инструмент теплового проектирования разнородного оборудования космических аппаратов** различного назначения.

Физичность и облегчённая возможность изменения уровня детализации тепловой математической модели делает разработанный Семеновым Н.П. **метод легко адаптируемым к инженерной практике**, что является неоспоримым его достоинством.

Реализованная идея выявления недостоверных параметров тепловой математической модели из результатов упрощённого эксперимента совместно с таким свойством узловых моделей, как простота локализации и оперативной корректировки ошибок моделирования создаёт предпосылки для широкого внедрения метода Н.П. Семены в специализированных тепловых подразделениях предприятий отрасли.

Особенно хочется отметить выявленный при использовании представляемого к защите метода эффект самофокусировки рентгеновских зеркал первого отечественного рентгеновского телескопа ART-XC, позволивший ослабить общепринятое ограничение температурных градиентов для таких объектов с $2 \dots 3 \text{ }^\circ\text{C}$ до $10 \dots 20 \text{ }^\circ\text{C}$ вдоль протяжённого рентгеновского зеркала, активное термостатирование которого серьёзно затруднено. Такое снижение требований серьёзно облегчило задачу создания космического аппарата «Спектр РГ» и повысило его эффективность.

К **несомненным достоинствам** диссертационной работы следует отнести подтверждение корректности вновь разработанного метода положительными результатами лётной эксплуатации большого количества (11 шт.) разработанных с его использованием научных приборов и комплексов. Причём, при лётной эксплуатации подтверждены высокая сходимость результатов моделирования с данными телеметрии – максимальное рассогласование по большинству сравниваемых температур не превысило $2 \dots 3 \text{ }^\circ\text{C}$.

О доверии к методу со стороны разработчиков уникальной аппаратуры свидетельствует ещё семь доведённых до стадии лётных образцов приборов и комплексов, запуск которых ожидается в ближайшее время. Ещё 22 прибора находятся на различных стадиях жизненного цикла.

Применение разработанного метода теплового проектирования позволило заменить традиционный для теплового обеспечения КА с разнородной аппаратурой метод минимизации тепловых связей принципом теплового встраивания (адаптации) оборудования, предполагающий использование всех, в том

числе «вредных», факторов для теплового обеспечения оборудования. Выявленным дополнительным эффектом от применения принципа встраивания оборудования в существующую тепловую обстановку является возможность определения пространственного положения КА при отказе или нестабильной работе его системы ориентации.

Разработанная и реализованная автором оригинальная малорасходная многофункциональная экспериментальная установка для тепловакуумной обработки научного оборудования дополняет представляемый к работе расчётно-экспериментальный метод до полноценного комплекса тепловой интеграции вновь разрабатываемого оборудования космического назначения в состав космических аппаратов-носителей.

К **недостаткам** приведённых в автореферате материалов следует отнести отсутствие разъяснений действия механизма компенсации погрешности экспериментально-аналитического метода при введении ограничительного доверительного интервала восстанавливаемых параметров математической модели (стр. 15, абзац 2).

Отмеченный недостаток не снижает общей научно-практической значимости работы Н.П. Семены.

На основании анализа автореферата можно сделать вывод, что представляемая к защите диссертация является законченным исследованием, отражает комплексный подход к решению поставленных задач.

Считаем, что разработанный метод должен быть рекомендован к внедрению на предприятиях ракетно-космической отрасли России.

Считаем, что представленная к защите работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук, а её автор, Н.П. Семена, заслуживает присвоения ему степени доктора технических наук по специальности 05.07.03 – «Прочность и тепловые режимы летательных аппаратов».

Главный научный сотрудник
научно-технического центра
расчётно-теоретического обеспечения,
доктор технических наук,
ПАО «РКК «Энергия»,
141070, Московская обл., г. Королев, ул.
Ленина, д.4А, т. (495)-513-68-18
e-mail: post@rsce.ru

 А.К. Алексеев

Главный научный сотрудник
научно-технического центра
расчётно-теоретического обеспечения,
доктор технических наук
ПАО «РКК «Энергия»,
141070, Московская обл., г. Королев, ул.
Ленина, д.4А, т. (495)-513-68-18
e-mail: post@rsce.ru

 Ю.И. Герасимов

Начальник отделения систем терморегулирования,
кандидат технических наук
ПАО «РКК «Энергия»,
141070, Московская обл., г. Королев, ул.
Ленина, д.4А, т. (495)-513-82-50
e-mail: post@rsce.ru

 А.А. Басов

Подписи А.К. Алексеева, Ю.И. Герасимова, А.А. Басова заверяю.

Учёный секретарь
кандидат физико-математических наук

 О.Н. Хатунцева



Справка

по сотрудникам ПАО «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева»,
составившим отзыв на автореферат диссертации **Семены Николая Петровича**
на тему «Теоретико-экспериментальные методы обеспечения тепловых режимов
научных космических приборов», представленной к защите
на соискание ученой степени доктора технических наук.

1. **Алексей Кириллович Алексеев,**

Доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-технического центра
расчётно-теоретического обеспечения.

ПАО «РКК «Энергия»,

141070, Московская обл., г. Королев, ул. Ленина, д.4А, т. (495)-513-68-18

e-mail: post@rsce.ru

2. **Юрий Иванович Герасимов,**

Доктор технических наук, главный научный сотрудник научно-технического центра
расчётно-теоретического обеспечения.

ПАО «РКК «Энергия»,

141070, Московская обл., г. Королев, ул. Ленина, д.4А, т. (495)-513-68-18

e-mail: post@rsce.ru

3. **Андрей Александрович Басов,**

Кандидат технических наук, начальник отделения систем терморегулирования.

ПАО «РКК «Энергия»,

141070, Московская обл., г. Королев, ул. Ленина, д.4А, т. (495)-513-82-50

e-mail: post@rsce.ru

Сведения об А.К. Алексееве, Ю.И. Герасимове и А.А. Басове подтверждаю.

**Ученый секретарь ПАО «РКК «Энергия»,
кандидат физико-математических наук**



О.Н. Хатунцева