



**НПО
ЛАВОЧКИНА**

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

« 27 АПР 2021 » 20 г. № 533/11638
На № 357 от Н/ВХ от 20.04.21

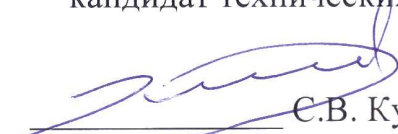
Учёному секретарю
Диссертационного совета 212.125.14
ФГБОУ «Московский авиационный
институт
(национальный исследовательский
университет)
доктору физико-математических наук

В.Ю. Гидаспову

125993, г. Москва, А-80, ГСП-3,
Волоколамское шоссе, д.4

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. заместителя генерального директора
по научной работе
АО «НПО Лавочкина»
кандидат технических наук


С.В. Кудрявцев
« 26 » 04 2021 г.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

28 04 21

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Городнова Анатолия Олеговича на тему «Моделирование теплообмена при бездренажном хранении криогенных топлив», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы»

Диссертационная работа А.О. Городнова посвящена решению актуального вопроса в области гидромеханики и теплообмена криогенных систем «жидкость-пар»: созданию математических моделей теплообменных процессов, происходящих в топливных баках с

криогенными компонентами топлив при их бездренажном хранении в условиях действия микрогравитации. Математическое моделирование указанных физических процессов позволяет прогнозировать тепловое состояние систем хранения криогенных компонентов топлива без проведения дорогостоящих натурных исследований, обеспечивая в практическом плане безотказный запуск жидкостных ракетных двигательных установок изделий космической техники или расчётный режим работы конструкции топливных баков по давлению и температуре.

Научная новизна

В автореферате диссертационной работы А.О. Городнова представлен состав работы в виде четырёх глав и краткая характеристика содержания каждой главы. Логика представленного исследования начинается с обсуждения в первой главе диссертации результатов, ранее полученных по данному вопросу другими исследователями, что определяет постановку задачи во второй главе. **В ней соискатель представляет созданную им физико-математическую модель нестационарного сопряжённого теплообмена в топливном баке с криогенной жидкостью, её паром и стенкой бака при бездренажном хранении в условиях микрогравитации на основе системы дифференциальных уравнений динамики Навье-Стокса, энергии, неразрывности, состояния для паровой фазы и т.д. В этой же главе соискатель рассматривает разработанные им алгоритмы численных методов решения уравнений физико-математической модели и приводит результаты тестового расчёта стационарной конвекции воздуха между разогретыми вертикальными плоскими стенками в замкнутой квадратной области в сравнении с экспериментальными данными физического моделирования, полученными другими исследователями. В третьей и четвёртой главах работы соискатель в расчётной форме проводит исследования теплообмена в паровой фазе, в системе «криогенная жидкость-пар», используя различные модели паровой среды (идеальный, совершенный или реальный газ). При этом полученные результаты расчёта сравниваются с результатами известных экспериментальных и расчётных работ других авторов, и в зависимости от их сходимости делаются выводы о приемлемости использованных моделей свойств паровой фазы.**

Достоверность

Достоверность представленных в работе результатов расчета, полученных с использованием предложенных в работе моделей и численных методов, подтверждается удовлетворительным совпадением этих результатов с данными других работ по математическому моделированию и с результатами экспериментов по бездренажному хранению.

Практическая значимость

Практическая ценность работы заключается в создании метода математического моделирования тепломассообмена при бездренажном хранении с учетом свободно-конвективных течений в паре и жидкости, фазовых переходов и теплообмена со стенкой, который может быть использован при прогнозировании теплового состояния баков жидкостных ракетных двигательных установок на криогенных компонентах топлива, а также для расчётов наземных хранилищ сжиженных природных газов. Также полученные в ходе проведённых в работе исследований результаты по расчёту температуры и давления в паровой фазе в зависимости от места подвода тепла к баку с криогенной жидкостью могут быть использованы для формирования конструкции эффективной теплозащиты баков.

Апробация

Апробация результатов диссертационной работы проводилась на 58-ой конференции МФТИ в 2015 году; Конференции Национального комитета РАН по тепло- и массообмену "Фундаментальные и прикладные проблемы тепломассообмена" 22-26 мая 2017 года, г. Санкт-Петербург; Седьмой российской национальной конференции по теплообмену (РНКТ-7), 22-26 октября 2018 года, г. Москва; конференции Национального комитета РАН по тепло- и массообмену "Фундаментальные и прикладные проблемы тепломассообмена" 20-24 мая 2019 года, г. Москва; X Всероссийском межотраслевом конкурсе научно-технических работ и проектов «Молодежь и будущее авиации и космонавтики», 20 ноября 2018 года, МАИ, г. Москва. Основные результаты представленной работы изложены в 4-х публикациях, в том числе 3-х в журналах из списка ВАК по специальности 01.02.05.

Замечания

По тексту автореферата необходимо сделать следующие замечания:

- 1) Из текста автореферата не ясно, какими критериями моделирования и их областями изменения следует руководствоваться при «правильном выборе модели для описания свойств среды, влияния стенки, особенностей конвекции паров криогенных веществ» для проведения на практике расчётов по прогнозированию параметров системы «криогенная жидкость-пар» в замкнутом бездренажном объёме;
- 2) Из текста автореферата не ясно, до каких значений микрогравитационных перегрузок справедлива предложенная математическая модель, не учитывающая ускорение поверхности раздела «жидкость – пар»;

- 3) В тексте автореферата не представлены математические выражения для величины, используемой в качестве ординаты на рисунках 4б (стр. 12), 5б (стр.13);

В заключении следует отметить, что, несмотря на сделанные по тексту автореферата замечания, диссертационная работа Городнова Анатолия Олеговича на тему «Моделирование тепломассообмена при бездренажном хранении криогенных топлив» является актуальной и законченной научно-квалификационной работой, результаты которой имеют существенное значение для развития исследований в области механики жидкости и газа. Она соответствует критериям п.п. 9-14 Положения ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Кандидат технических наук по специальности 05.07.05 –
«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»,
начальник сектора отдела
«Двигательные установки» АО
«НПО Лавочкина»



Александров
Лев Григорьевич

« 26 » апреля 2021г.

Персональные данные и подпись Л.Г. Александрова заверяю:
141402, Московская область. г.о. Химки, ул. Ленинградская д. 24,
АО «Научно-производственное объединение имени С.А. Лавочкина»
тел.8-495-575-57-60
e-mail: aia@laspace.ru

Заместитель генерального
директора по персоналу и общим
вопросам



Шолохова
Ирина
Владимировна