

ОТЗЫВ

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

Актуальность темы

Криогенные вещества широко распространены в качестве компонентов топлива ракет-носителей. В связи с их низкой температурой, а также наличием внешнего теплопритока в криогенные баки возникает проблема роста давления при бездренажном хранении криогенных компонентов топлива. Прогностическое моделирование тепломассообмена при бездренажном хранении представляет собой достаточно сложную сопряженную задачу. Из-за наличия перегрузки хранение сопровождается свободно-конвективными течениями в баке, причем как в жидкой, так и в паровой фазах. В настоящее время свободно-конвективные течения в жидкости в условиях бездренажного хранения изучены достаточно подробно при помощи физико-математических моделей, основанных на приближении Буссинеска. Выявлены основные режимы течения, исследован феномен температурного расслоения. В случае паровой подушки бака формируются достаточно большие относительные перепады температур и плотности, что ограничивает применение приближения Буссинеска. Значительная часть представленной соискателем диссертационной работы посвящена исследованию тепломассообмена в паровой подушке бака при хранении криогенных компонентов топлива, что отражает ее актуальность как с теоретической точки зрения, применительно к развитию методов моделирования свободной конвекции при значительных относительных перепадах температуры, так и с практической точки зрения, применительно к решаемому классу прикладных задач.

Научная новизна

В качестве научной новизны в представленной к защите работе можно выделить следующие результаты:

1. Предложена физико-математическая модель и метод численного решения сформулированных краевых задач для расчета свободно-конвективного тепломассообмена при бездренажном хранении криогенного компонента

Лист документарного
засвидетельствования МАИ

11.05.2021 г.

топлива в баке с учетом фазовых переходов между паром и жидкостью и теплообмена со стенкой.

2. Показано существенное снижение интенсивности тепломассообмена в паровой подушке при учете теплоемкости и теплопроводности стенки бака. Проанализирована применимость уравнения состояния совершенного газа для описания теплообмена в паре. Продемонстрированы отличия между свободно-конвективными течениями при значительных и малых относительных перепадах температуры на примере задачи о конвекции в квадратной дифференциально-обогреваемой полости.

Практическая значимость

Практическая ценность работы состоит в создании математической модели тепломассообмена при бездренажном хранении криогенного компонента топлива в баке. Разработанные в работе модель и численный метод могут применяться для оценки скорости роста давления в баках перспективных изделий ракетно-космической техники при хранении криогенных веществ.

Достоверность результатов

Представленные соискателем в диссертационной работе результаты подтверждают свою достоверность путем сравнения с доступными в открытой литературе теоретическими и экспериментальными данными других авторов.

Апробация результатов исследования

Представленные в диссертации результаты исследований докладывались на всероссийских конференциях и семинарах, а также достаточно полно изложены в 4-х публикациях (три журнала из списка ВАК по специальности 01.02.05).

Замечания

Несмотря на общую положительную характеристику работы, необходимо отметить ряд замечаний по тексту автореферата:

1. Сформулированные дифференциальные уравнения, описывающие рассматриваемый процесс тепломассообмена, необходимо было сопроводить используемыми температурными зависимостями для вязкости, теплоемкости и теплопроводности.

2. Следовало подробнее описать анализ влияния размерности расчетной сетки (шаги по времени и по пространству) на получаемые решения.

3. Следовало подробнее описать причину пренебрежимо малого влияния эффекта Марангони для рассматриваемых задач.

Заключение

Указанные замечания не являются критическими и не снижают научной ценности и значимости представленной работы. Диссертационная работа написана на актуальную тему. В ней получены важные результаты, имеющие фундаментальное и прикладное значение. Судя по тексту автореферата, диссертация Городнова Анатолия Олеговича на тему «Моделирование тепломассообмена при бездренажном хранении криогенных топлив» является законченной научно-квалификационной работой и отвечает требованиям, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, её автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

Доктор физико-математических наук по специальности 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы», доцент, заведующий научно-исследовательской лабораторией моделирования процессов конвективного тепломассопереноса Томского государственного университета

Шеремет Михаил Александрович

Тел.: +7(3822)529-740

E-mail: sheremet@math.tsu.ru



29 апреля 2021 года

Подпись Шеремета Михаила Александровича удостоверяю:

Ученый секретарь Ученого совета Томского государственного университета

Сазонтова Наталья Анатольевна



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет»

634050, РФ, г. Томск, пр. Ленина, 36

Тел. (3822) 52-98-52, факс (3822) 52-95-85

E-mail: rector@tsu.ru