

## Отзыв

официального оппонента

кандидата технических наук Басова Андрея Александровича

на диссертационную работу **Асланова Асвара Раминовича**

«Модель нестационарных процессов топливных систем авиационных двигателей»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 1.3.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

### **Актуальность темы диссертационной работы**

Развитие авиационного двигателестроения, связанное с переходом на альтернативные керосину топлива, ставит новые задачи в области теплообмена и гидродинамики. В последние десятилетия наиболее активно продвигается направление перехода в авиационном двигателестроении на криогенные топлива. Стоит отметить, что в отечественном двигателестроении в 90-х годах уже проводились подобные исследования, например, проект Ту-155. Опытный образец совершил экспериментальные полеты на водороде и на метане. Тем самым была доказана техническая возможность перехода на альтернативные топлива. Однако, в силу экономических неблагоприятных условий, этот проект был закрыт. По его результатам можно сделать выводы о экономической целесообразности применения метана и о необходимости тщательного исследования процессов теплообмена и гидродинамики, связанных с переходными режимами работы двигателя. К таким режимам определенно стоит отнести переход с «малого газа» на «взлетный» и при пробеге включение реверса тяги. Реализация этих режимов характеризуется значительным увеличением расхода топлива в течение нескольких секунд, и, соответственно, к проявлению нестационарных воздействий на структуру течения топлива. Такие изменения могут привести к нерасчетным режимам работы двигателя вплоть до его останова.

В связи с этим работа автора, посвященная разработке моделей нестационарных процессов топливных систем авиационных двигателей, является весьма **актуальной**.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

На основании результатов достаточного количества численных исследований и сравнении с многочисленными данными экспериментальных исследований других авторов сделаны обоснованные выводы и предложены модели нестационарных процессов топливных систем перспективных авиационных топлив.

### **Достоверность полученных результатов**

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ  
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ  
ДОКУМЕНТОВ МАИ

26.02.25 г.

Проведенные автором результаты расчетов получены с использованием известного программного обеспечения и верификацией путем сопоставления с экспериментальными данными как на газообразных, так и на жидких средах. Результаты работы не противоречат опубликованным работам других авторов.

### **Научная новизна полученных результатов**

Научная новизна работы заключается в том, что автором выявлено существенное влияние физических свойств жидкости на гидродинамически нестационарный эффект. Эти результаты показывают существенную зависимость нестационарных эффектов от природы криогенного топлива. Также соискателем разработана математическая модель влияния нестационарного воздействия при течении жидкого метана в каналах топливной системы двигателя летательного аппарата.

### **Практическая значимость**

Использование предложенных в математической модели позволяет проводить расчет теплового состояния криогенных топливных баков различных конфигураций. Автором получена зависимость для практических расчетов надкавитационного запаса топливопроводов авиационных двигателей, работающих в переходных режимах и условиях существенной нестационарности. Применение этой модели позволит инженерам еще на стадии проектирования авиационных двигателей выбрать оптимальные характеристики трубопроводов топливной системы.

### **Структура и содержание диссертации**

Диссертация **Асланова Асвара Раминовича** состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 52 использованных источников. Общий объем диссертации составляет 117 страниц, включающих 59 рисунков и две таблицы.

**Во введении** показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Приводятся положения, выносимые на защиту, апробация результатов исследований и публикации по теме работы.

**В первой главе** представлен аналитический обзор существующих исследований в области нестационарных гидродинамических процессов. Рассмотрены определенные противоречия в результатах исследований предыдущих авторов. Предложены объяснения и показана необходимость дальнейших исследований нестационарных процессов для авиационного двигателестроения.

**Во второй главе** описаны подходы к расчету нестационарных процессов, получены результаты изменения относительного коэффициента сопротивления трения при ускорении потока в условиях малой неизотермичности.

В третьей главе приводится описание метановой топливной системы, разрабатывается модель топливной системы для определения тепло-гидравлического состояния криогенной топливной системы по циклу полета с выбранным топливным баком, рассчитываются нестационарные процессы в топливных магистралях при ускорении/замедлении потока.

В четвертой главе приведены результаты исследований метановой топливной системы в нестационарных гидродинамических условиях. Обнаружен эффект периодически затухающих колебаний по гидродинамике и теплоотдаче. Выявлено влияние значений чисел Рейнольдса на масштаб нестационарного воздействия. Обнаружено существенное влияние физических свойств топлива на нестационарные эффекты. Получено выражение для надкавитационного запаса подкачивающего насоса в зависимости от режимов гидравлически нестационарных процессов.

В заключении приводятся основные выводы по результатам работы.

#### **Замечания по работе:**

1. В работе представлено моделирование для одного конфигурационного варианта магистралей, но нет сравнения влияния различных параметров. Например, в работе не рассматривается, как на параметры потока влияют конфигурация трубопроводов (изгибы, переходные участки, соединения), шероховатость внутренних стенок магистралей и возможное наличие обратных клапанов или дросселей. Эти факторы могут существенно изменить характеристики течения и вызывать дополнительные гидродинамические потери.

2. Не анализируется влияние быстрого изменения температуры на структуру потока и возможное локальное застывание топлива в магистралях.

3. Для всех графиков, отражающих результаты проведенных работ, не приводятся доверительные интервалы и относительная погрешность данных, что затрудняет оценку достоверности результатов исследования;

4. Некоторые графики и таблицы требуют улучшения качества визуализации для более четкого восприятия и облегчения анализа данных.

5. В тексте работы встречаются стилистические и грамматические неточности. Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы, не снижают ее научной и практической ценности.

**Заключение о соответствии диссертационной работы критериям, установленным в Положении о присуждении ученых степеней**

Диссертационная работа Асланова Асвара Раминовича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. На основе большого количества самостоятельных численных исследований, сопоставлением полученных

результатов с экспериментальными и теоретическими исследованиями других авторов, выявлено сильное влияние свойств криогенных топлив на нестационарные эффекты; разработана модель расчета влияния гидродинамической нестационарности потока на потери давления на трение, а также на надкавитационный напор в топливных магистралях авиационных двигателей.

Тема и содержание диссертации соответствует паспорту специальности 1.3.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Автореферат диссертации и опубликованные по теме работы публикации в полной мере отражают содержание диссертации и полученные автором результаты.

Диссертационная работа соответствует всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор, **Асланов Асвар Раминович** заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

  
25.02.2025

Главный эксперт, к.т.н.

**Басов Андрей Александрович,**

ПАО «Ракетно-космическая корпорация

«Энергия» им.С.П.Королева»

141070, Московская область, г.Королёв, ул. Ленина, д.4а

[Andrey.basov@rsce.ru](mailto:Andrey.basov@rsce.ru)

+7(495)513-82-50

Подпись Басова А.А. заверяю

Ученый секретарь, д.ф.-м.н.



О.Н. Хатунцева



С отзывом ознакомлена  26.02.2025