

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, Реброва Сергея Григорьевича

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» (технические науки).

Актуальность работы

Диссертационная работа Асланова Асвара Раминовича посвящена исследованию нестационарных процессов в топливных системах авиационных двигателей, использующих перспективное топливо метанол, а также разработке практической модели для расчета надкавитационного напора подкачивающего насоса авиадвигателя. Полученные результаты дают понимание влияния нестационарных процессов на работу авиационных двигателей, также позволяют существенно облегчить этап конструкторских работ при создании двигателей.

Поэтому цель работы, заключающаяся в разработке моделей учета влияния нестационарных гидродинамических процессов в топливных системах перспективных ЛА в условиях малой неизотермичности, а также математической модели теплового состояния топливных баков и гидродинамики течения топлива в каналах, является весьма актуальной задачей при создании двигателей летательных аппаратов, работающих на криогенных топливах.

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

Общая характеристика работы

Введение описывает цели и задачи исследования, актуальность и научную новизну работы.

ОТДЕЛ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ
И КОНТРОЛЯ ИСПОЛНЕНИЯ
ДОКУМЕНТОВ МАИ

«25» 03 2025 г.

Первая глава содержит подробный анализ проблем, связанных с нестационарными явлениями при применении криогенных топлив в современных авиационных газотурбинных двигателях. Автор показывает целесообразность перехода от традиционного керосинового топлива к альтернативным видам топлива, таким, как водород, пропан, метан и др. Приводятся результаты экспериментальной отработки применения водорода и метана на уникальном самолете Ту-155 в части нестационарных процессов. Выявлена особенность криогенных топлив – их чувствительность к нестационарным условиям работы двигателя.

Во второй главе подробно описаны подходы к расчету нестационарных процессов. Проведен анализ различных моделей турбулентности, основанных на осреднении Рейнольдса (RANS), и сравнения с экспериментальными данными. Установлено, что наиболее близкие результаты с экспериментом показывает модель турбулентности SST, т.к. данная модель, благодаря использованию ограничителя турбулентной вязкости, может достаточно точно описывать пристеночное течение.

В третьей главе приводится описание метановой топливной системы перспективного авиационного двигателя. Приводится вывод, что максимальное влияние нестационарных эффектов будет в топливных магистралях в момент максимального ускорения потока топлива, т.е. на взлетном участке полетного цикла и при посадке и включении реверса тяги.

В четвертой главе приведены результаты исследований метановой топливной системы. Выявлено, что максимальное влияние нестационарных условий соответствует наименьшим значениям чисел Рейнольдса. Показано влияние геометрических параметров канала топливной магистрали на коэффициент гидравлического сопротивления и коэффициент теплоотдачи в нестационарных условиях.

Выявлена существенная зависимость нестационарного эффекта от физических свойств криогенного топлива.

Отличие от квазистационарного подхода может достигать 5 раз и более, что является неприемлемым при проектировании новых образцов двигателей.

По результатам расчета метановой топливной системы при различных режимах работы и диаметров топливной магистрали получена аппроксимационная зависимость для относительного коэффициента сопротивления трения. Используя, полученную зависимость, предложена модель расчет NPSHa (Net Positive Suction Head –надкавитационный напор системы с насосом) для инженерных расчетов.

Анализ материалов диссертации Асланова Асвара Раминовича позволяет сделать вывод, что в ней содержится ряд научно-методических разработок, имеющий несомненную **научную новизну**, среди которых следует отметить:

1. Показан эффект нестационарного воздействия при ускорении криогенной жидкости в канале.
2. Выявлено существенное влияние физических свойств жидкости на гидродинамически нестационарный эффект при течении криогенных топлив в канале.
3. Разработана математическая модель влияния нестационарного воздействия при течении жидкого метана в каналах авиационной топливной системы.

Теоретическая значимость работы включает:

1. Разработку математической модели тепло-гидравлического состояния криогенной топливной системы;
2. Разработку математической модели расчета теплофизических свойств криогенных топлив;
3. Создание математической модели течения жидкого метана в гидродинамически нестационарных условиях;
4. Расчет критерия, влияющего на надкавитационный запас топливного насоса в нестационарных условиях.

Практическая значимость работы состоит в:

- разработке математической модели расчета теплового состояния криогенных топливных баков различных конфигураций;
- разработке математической модели расчета критерия, влияющего на кавитационный запас топливного насоса в нестационарных условиях.

В то же время в работе отмечены следующие **недостатки**:

1. В реальных условиях возможно смещение фаз в топливопроводах, но не представлено моделирование взаимодействия жидкой и газовой фаз. В расчетах не учтен тепловой поток через стенки труб, который может привести к нежелательному испарению топлива или его локальному перегреву. Было бы полезно провести анализ тепловых потерь с учетом различных типов теплоизоляции

2. Не рассмотрены нештатные режимы работы, например, падение давления в магистралях или задержка подачи топлива при изменении высоты полета.

3. Влияние термического расширения стенок магистралей при криогенных температурах не учтено, хотя оно может оказывать влияние на гидродинамическую устойчивость потока. В разделе, посвященном методикам испытаний, не указаны пределы допускаемых погрешностей, что затрудняет объективную оценку точности результатов.

4. В разделе "Валидация расчетной модели" указано сравнение с экспериментами на воде, но не на криогенных топливах.

5. В расчетах не указано, как задаются граничные условия в уравнениях движения. Например, используются ли условия прилипания на стенках труб.

6. По тексту имеются ошибки, так в заключении вместо "метан" написано "метанол".

7. Актуальность и практическая значимость работы могли бы значительно выиграть, если бы в работе были затронуты аналогичные проблемные вопросы в ЖРД на метане, имея в виду развиваемые во всем мире вопросы многоразовости и многократного запуска на этом горючем.

Заключение по диссертационной работе

В целом, диссертация Асланова Асвара Раминовича выполнена на высоком научно-техническом уровне и является завершенной исследовательской работой. Ее автор проявил себя научным работником, способным самостоятельно ставить и решать теоретические и практические задачи в области нестационарных процессов топливных систем двигателей летательных аппаратов. К сильным сторонам работы следует отнести большое количество численных исследований, подтвержденных экспериментально, которые имеют высокую практическую значимость. Разработанная на основе результатов этих исследований методика расчета надкавитационного запаса

может оптимизировать конструкторские работы по оптимизации параметров топливной системы авиационных двигателей.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 3-х научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ по специальности 1.3.14. и приравненных к ним. Одна статья опубликована в рецензируемом журнале из списка ВАК по смежной специальности (2.5.15.). Результаты исследования прошли апробацию на 7 научно-технических конференциях.

Автореферат и опубликованные работы соответствует основному содержанию, тезисам и выводам диссертации.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в производстве авиакосмической и машиностроительной технике, а также в других отраслях промышленности.

По научному уровню полученных результатов, содержанию и оформлению, диссертация Асланова Асвара Раминовича соответствует требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Главный научный сотрудник

АО ГНЦ «Центр Келдыша», д.т.н.

125438, г. Москва, Онежская ул, д. 8

rebrov_sergey@mail.ru, +7(495)4566483

 Ребров Сергей Григорьевич

Подпись Реброва С.Г. заверяю

Ученый секретарь

АО ГНЦ «Центр Келдыша», д.т.н.

 Партола Игорь Станиславович

Сопровождаю документами



03.03.2025

05.03.2025г.