



Госкорпорация «Роскосмос»
Федеральное казенное предприятие

"Научно-испытательный центр
ракетно-космической промышленности"



ФКП «НИЦ РКП»

Бабушкина ул., 9 д., г.Пересвет, Сергиево-
Посадский р-н, Московская обл., Россия, 141320,
Тел. (496)546-3321. Телекс 846246 АГАТ
Факс (496)546-7698, (495)221-6282(83)

E-mail: mail@nic-rkp.ru

ОГРН 1025005328820 ОКПО 07540930

ИНН/КПП 5042006211/504201001

От 22.11.16 № 1-36-4627-А

На № _____ от _____

ФГБОУ ВПО

«Московский авиационный институт»
(Национальный исследовательский
университет)

Ученому секретарю диссертационного совета
Д212.125.08 доктору технических наук,
профессору Ю.В. Зуеву

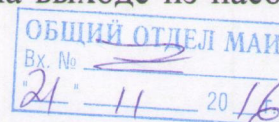
Волоколамское шоссе, д.4, Москва, А-80, ГСП-3,
125993

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Клименко Дмитрия Викторовича «Методика расчета пульсаций давления в шнекоцентробежном насосе ЖРД трехмерным акустико-вихревым методом», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Создание перспективных жидкостных ракетных двигателей требует решения важных задач повышения надежности и ресурса при снижении массогабаритных характеристик. Одной из основных систем двигателя, влияющих на перечисленные показатели, является система подачи топлива, прежде всего турбонасосный агрегат (ТНА) и его ключевой элемент - высокооборотный центробежный насос. Шнекоцентробежный насос является основным источником гидродинамической вибрации системы подачи, что, в свою очередь, является серьезной проблемой на пути повышения надежности и ресурса ЖРД. Определение амплитуды пульсаций давления и динамических нагрузок в шнекоцентробежном насосе на ранних этапах проектирования является важной и актуальной задачей.

Возможности современных пакетов вычислительной гидродинамики (CFD) позволяет проводить трехмерное моделирование и рассчитывать по различным методикам амплитуды пульсаций давления на выходе из насоса,



проводить валидацию методик расчетов по экспериментально измеренным полям скоростей, давлений для модельных центробежных насосов (например, по данным European Research Community on Flow Turbulence and Combustion).

Тема диссертации автора посвящена разработке методики расчета пульсаций давления в шнекоцентробежном насосе ЖРД трехмерным акустико-вихревым методом и исследованию проблем повышения надежности и ресурса жидкостных ракетных двигателей является актуальной.

Научная новизна результатов выполненной работы заключается в расширении применения акустико-вихревого метода анализа пульсаций давления на трехмерные расчеты генерации и распространения пульсаций давления в шнекоцентробежном насосе, получении распределения амплитуд дискретных компонент спектра частоты следования лопаток (ЧСЛ) по длине проточной части отвода шнекоцентробежного насоса с лопаточным направляющим аппаратом (НА), которые подтверждены экспериментальными данными. Установлена взаимосвязь между относительной амплитудой пульсаций давления и коэффициентом напора насоса.

Автором на достаточном уровне используются различные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций.

Работа имеет практическую значимость для ракетного двигателестроения. Автором разработана методика расчета амплитуд пульсаций давления ЧСЛ в отводе шнекоцентробежного насоса ТНА ЖРД, что позволяет на ранних стадиях проектирования оценивать динамические нагрузки конструкции. Определена связь амплитуды пульсаций давления дискретных компонент на частоте следования лопаток с напором шнекоцентробежного насоса ТНА ЖРД и показано, что угол установки каналов направляющего аппарата (НА), при котором реализуется минимальная амплитуда пульсаций давления, не совпадает, по углу

установки, с минимумом гидравлических потерь в НА, что возможно использовать при разработке конструктивных решений ТНА.

Достоверность результатов исследования подтверждена результатами модельных испытаний насосов на воде и натурных огневых испытаний в составе двигательной установки.

Положительно оценивая работу в целом, необходимо высказать следующие замечания.

1 Неясно, какие преимущества дает акустико-вихревой метод по сравнению с расчетом течения для сжимаемой среды. Хотелось бы видеть сравнение амплитуды пульсаций давления на первой моде ЧСЛ по выбранному автором методу и амплитуды, полученной из CFD расчета для сжимаемого потока.

2 Приведены уравнения Навье-Стокса, описано как происходит динамическое измельчение сетки, но неясно, что и как вращается в модели ротора. Возможно вращение прямоугольной сетки вместе со стенкой ротора, возможно вращение стенки на неподвижной сетке, возможно, что не вращается ни сетка, ни стенка, а на поток накладывается поле “центробежного” ускорения. Во всех этих случаях есть свои источники ошибок.

2 На рис.3.14, 3.15, 4.33, 4.34 приведены пульсации давления, но не указано, что расчет проведен для несжимаемого течения. Понятно, что в реальности среда - сжимаемая и пульсации могут быть в несколько раз меньше.

3 В работе не приведены пульсации давления $P(t)$ для сеток с разным уровнем измельчения, хотя указано, что расчеты проводились. По ним можно оценить уровень некоторых ошибок, возможно и ошибок в определении пульсаций давления на 1-ой моде ЧСЛ.

4 Недостаточный объем сравнения моделирования по разработанной методике с экспериментальными данными, необходимый для валидации. Например, можно для валидации методики расчета использовать

экспериментально измеренные поля скоростей, давлений и т.д. для модельных центробежных насосов, предназначенные специально для валидации CFD расчетов (ERCOFTAC и др.).

Отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы и не влияют на основные результаты.

Автореферат отражает основное содержание диссертации, содержит обоснованные выводы и рекомендации, отвечает требованиям ВАК РФ.

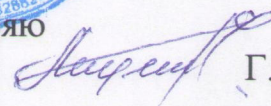
Диссертационная работа «Методика расчета пульсаций давления в шнекоцентробежном насосе ЖРД трехмерным акустико-вихревым методом» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой представлено решение важной технической задачи сокращения объема экспериментальной отработки РДМТ, работающих на жидких и газообразных КРТ, и отвечает требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Клименко Дмитрий Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Официальный оппонент -
Первый заместитель генерального директора
по испытаниям ФКП «НИЦ РКП»
кандидат технических наук, доцент



 В.Н. Кучкин

Подпись официального оппонента заверяю
Ученый секретарь ФКП «НИЦ РКП»



Г.С. Лещенко

Кучкин Владимир Николаевич – первый заместитель генерального
директора по испытаниям ФКП «НИЦ РКП»
Адрес: ул. Мира д.7 кв.63, г. Пересвет, Московская область, 141320
т. (496) 546-33-21 (раб.), эл.почта v.kuchkin@nic-rkp.ru