

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет: Д 212.125.08

Соискатель: Федосеев Сергей Юрьевич

Тема диссертации: Численное моделирование тональных компонент спектра гидродинамической вибрации бустерного насоса ЖРД

Специальность: 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 23 мая 2015 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 и принял решение присудить Федосееву Сергею Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: *председатель диссертационного совета Равикович Ю.А., ученый секретарь диссертационного совета Зуев Ю.В., члены диссертационного совета:* Абашев В.М., Агульник А.Б., Демидов А.С., Козлов А.А., Коротеев А.А., Кочетков Ю.М., Краев В.М., Кулешов Н.В., Марчуков Е.Ю., Мякочин А.С. Надирадзе А.Б. Назаренко И.П. Попов Г.А., Светлов В.Г., Тазетдинов Р.Г., Тимушев С.Ф., Хартов С.А., Чванов В.К.

Ученый секретарь диссертационного
Совета Д.212.125.08, д.т.н. профессор

Зуев Ю.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.08 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА
ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 23 мая 2016 №4

О присуждении Федосееву Сергею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Численное моделирование тональных компонент спектра гидродинамической вибрации бустерного насоса ЖРД» по специальности 05.07.05. – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов» принята к защите 14.03.2016, протокол №3 диссертационным советом Д 212.125.08 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации, 125993 г. Москва, А - 80, ГСП – 3, Волоколамское шоссе, д.4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета – № 2249-1460 от 02.11.2007 г., об изменении состава диссертационного совета – № 1986-540/1460 от 21.11.2008 г., о продлении срока действия диссертационного совета – № 1925-601 от 08.08.2009 г., о соответствии диссертационного совета «Положению о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук» – № 105/нк от 11.04.2012 г., об изменении состава диссертационного совета

№ 508/нк от 22.08.2012 г., об изменении состава диссертационного совета – № 548/нк от 06.10.2014 г.

Соискатель Федосеев Сергей Юрьевич 1989 года рождения, работает ассистентом в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

В 2012 соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)». В 2015 году соискатель окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Диссертация выполнена на кафедре «Ракетные двигатели» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, Тимушев Сергей Федорович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», кафедра «Ракетные двигатели», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

1. Модорский Владимир Яковлевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»(ПНИПУ), «Аэрокосмический факультет», заместитель декана.

2. Анкудинов Анатолий Александрович, кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), доцент, кафедра «Гидромашины и гидропневмоавтоматика» (Калужский филиал)

дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация АО «НПО Энергомаш», г. Химки в своем положительном заключении, подписанном Ромасенко Е.Н., кандидатом технических наук, начальником отдела агрегатов ЖРД, Голубковым С.Б. начальником сектора отдела агрегатов ЖРД, и утвержденном Чвановым В.К., д.т.н., профессором, заместителем генерального директора, главным конструктором, указала, что диссертация соответствует требованиям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842. Федосеев С.Ю. заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 –«Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Соискатель имеет 7 опубликованных работ, в том числе 7 работ по теме диссертации общим объемом 4.57 п.л; работ опубликованных в рецензируемых научных изданиях-4. Из 7 работ 4 статьи в журналах, 3- тезисы в сборниках трудов конференций. Все работы выполнены в соавторстве.

Основным авторским вкладом Федосеева С.Ю. в опубликованных работах является, проведение и анализ результатов численного моделирования трехмерного нестационарного течения в насосах различных конфигураций, проведение численного моделирования и анализ результатов собственных форм колебаний и гидродинамической вибрации бустерного насоса, возбуждаемой пульсациями давления в объеме проточной части.

Наиболее значимые работы:

1. Ионов А.В., Катенин Д.А., Федосеев С.Ю., Попов В.А. Проектирование и технология производства малых серий центробежных колес турбомашин из алюминиевых сплавов // Электронный журнал «Труды МАИ» 2012 г., выпуск № 51 URL: <http://www.mai.ru/publications/index.php?ID=29141>
2. Тимушев С.Ф. Федосеев С.Ю. Определение коэффициента начальной кавитации в центробежном насосе методом вычислительного эксперимента// Вестник Московского авиационного института, 2012. Т. 19, №2. С. 89-93
3. Федосеев С.Ю. Тимушев С.Ф. Кузнецов А.В., Панайотти С.С. Расчет критических кавитационных запасов центробежных насосов// Электронный журнал «Труды МАИ», 2013 выпуск № 71 URL: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=46684>
4. Федосеев С.Ю., Тимушев С.Ф. Методика численного моделирования вибрации осевого бустерного насоса жидкостного ракетного двигателя.// Электронный журнал «Труды МАИ», 2015, выпуск № 83
URL: <http://www.mai.ru/publications/index.php?ID=62080>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Отзыв на диссертацию ведущей организации, АО «НПО Энергомаш»

В качестве замечания в отзыве отмечается:

В диссертационной работе сделан ряд упрощений по закреплению фланцевых соединений, что может сказаться на форме колебаний элементов конструкции. Желательно было бы уточнить способ закрепления фланцевого соединения

Отзыв на диссертацию официального оппонента д.т.н., доцента Модорского Владимира Яковлевича

В отзыве отмечены следующие замечания:

1. В главе 3 говорится о предварительной отработке пульсаций давления перед экспортом в качестве нагрузки на механическую систему. В чем эта обработка заключается?

2. Нет анализа решения на сгущающихся сетках

3. Для данного класса задач необходимо проводить расчеты с учетом присоединенной массы, об этом автор пишет на стр. 67, но непонятно как это реализовано в работе.

4. Для наглядности лучше бы было совместить на одном поле расчетные результаты автора и результаты полученные в ходе натуральных экспериментов.

5. В тексте диссертации есть неточности оформительского характера и опечатки, например:

- на стр. 65 производится сравнение результатов расчетов, представленных на рис.34 и рис.24 но рис.24 соответствует частоте 90 Гц. А рис. 34- 264 Гц

- на стр. 66 делается ссылка на рис. 24 и отмечается, что там результаты соответствуют 264Гц., но рис.24 на стр. 55 соответствует частоте 90Гц.

-стр. 63 (п.3.5 1-й абзац) в слове влияния

-стр. 29(2 абзац) в слове схлопыванием

-стр. 74 нет деления целой и дробной части 0,2

-стр. 75 в 1-м предложении пропущено слово «сетки»

- некоторые рисунки приводятся в тексте раньше, чем ссылка на них:

рис.11(стр. 38), рис. 12(стр. 39) – ссылка на стр. 40

рис. 20(стр. 51) - ссылка на стр.52

рис. 25(стр.56) – ссылка на стр.5

рис. 22(стр.54) - ссылка на стр.54

рис.35(стр.66) - ссылка на стр. 66

рис.23(стр. 55) – ссылка на стр. 58

рис.26 –нет ссылки

-рис. 36(стр. 66), ссылка есть, а рисунка нет

- имеются повторы: на стр. 24 фраза «Обычно решить проблему...» начиная с 3 строки сверху и начиная со 2 строки снизу.

Отзыв на диссертацию официального оппонента к.т.н., доцента Анкудинова Анатолия Александровича. В отзыве указаны следующие замечания:

1. При постановке задачи вычислительного эксперимента в качестве основного допущения принято, что для анализа трехмерного нестационарного течения в бустерном насосном агрегате используется модель однофазной несжимаемой жидкости. Однако такое допущение может внести существенную погрешность, так как кавитационные процессы имеют место в насосах подобного типа практически всегда и поток является двухфазным на отдельных режимах работы.

2. Принятые в расчете допущения не учитывают влияние турбины и корпусных элементов, пульсаций в системе, хотя это может внести также достаточно существенные погрешности.

3. Данные автором рекомендации по установке бандажа, выбора количества пилонов недостаточно обоснованны и требуют дальнейших исследований.

Отзыв на автореферат диссертации ПАО ТМКБ «Союз», подписанный к.т.н., начальником экспериментально-исследовательского отдела Петренко В. М. и утвержденный к.т.н., заместителем генерального директора – главным конструктором Костенко И.И. В отзыве указаны следующие замечания:

1. Во втором параграфе второй главы отмечено, что поток жидкости перед шнековым колесом имеет четыре зоны повышенного статического давления, но не говорится с чем связано их количество (почему четыре).

2. В третьем параграфе второй главы говорится о сравнении результатов экспериментальных исследований пульсаций давления рабочей жидкости с результатами полученными методами численного моделирования и делается вывод об удовлетворительном согласовании этих результатов. Однако, конкретное числовое подтверждение этого вывода не приводится.

3. Во втором параграфе четвертой главы на графике рис.9 представлена зависимость амплитуды пульсаций давления от расхода рабочей жидкости, но не

говорится, в каком месте определены эти пульсации, и по отношению к чему указан относительный расход.

Отзыв на автореферат диссертации подписанный начальником отдела 4101 ФГУП ЦНИИмаш Гусевым Ю.Г., главным научным сотрудником отдела 4101, д.т.н. профессором Петровым В.И., главным научным сотрудником отдела 4101, д.т.н., с.н.с. Бершадским В.А..

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Основные работы проведены автором для случая однофазного течения жидкости на входе в насос при отсутствии кавитации в его проточных каналах. Однако известно, что практически все бустерные насосы при минимальном давлении на входе в насос работают в режиме развитой кавитации из-за образования газовой или паровой фазы в потоке.
2. В автореферате диссертации не приведены сопоставления результатов численного моделирования с экспериментальными данными. Отсутствуют сведения об особенностях проведения экспериментов и их точности.
3. В качестве одной из рекомендаций по уменьшению пульсаций давления автором диссертации рассмотрена установка бандажа на шнеке. При этом автор не учитывает результаты исследований специалистов ФГУП ЦНИИмаш, опубликованные в 1972 году в монографии Чебаевского В.Ф. и Петрова В.И. Согласно опубликованным данным установка бандажа на шнеке может значительно ухудшить кавитационные качества насоса, поэтому практически все бустерные насосы выполнены без установки бандажа.

Отзыв на автореферат диссертации, Копьева В. Ф. д.ф-м.н., проф., начальника НИО-9 федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФГУП «ЦАГИ»)

В отзыве отмечается что: «К недостаткам работы следует отнести отсутствие расчетов с присоединенной массой рабочей жидкости, что позволило бы уточнить собственные частоты колебаний конструкции корпуса насоса».

Отзыв на автореферат диссертации Петрунина С. В. к.т.н., начальника сектора ГНЦ ФГУП «Центр Келдыша».

В отзыве указаны следующие замечания:

1. Автором не упомянуты такие источники механических и гидродинамических колебаний в насосе как:

- субсинхронные колебания, вызванные неустойчивой работой ротора;
- колебания вызванные трением (в случае контакта ротора с корпусом);
- влияние на пульсации давления нестационарных закрученных потоков жидкости.

На практике упомянутые источники пульсаций давления и колебаний могут привести к повышенным динамическим нагрузкам и отказам турбонасосных агрегатов ЖРД.

2. Отсутствует расчет спектра вибрации корпуса насоса от воздействия гидродинамических сил потока с учетом влияния форм собственных колебаний и возможных резонансов корпуса насоса. Не дается оценка опасности для конструкции насоса тех или иных спектральных составляющих пульсаций давления.

3. Не достаточно четко показана эффективность мероприятий по снижению уровней спектральных составляющих от влияния обратных токов через зазор между рабочим колесом и корпусом насоса и пилонов (во сколько раз снизится уровень и на каких частотах).

4. При расчете спектров пульсаций давления и вибрации корпуса насоса не дана количественная оценка вычисляемой амплитуды колебательного процесса(в чем измеряется: пиковое, среднее абсолютное или среднее квадратичное значение). Не

даны рабочие параметры при которых производится расчет спектров: временной интервал усреднения, разрешение по частоте, вид весового окна.

Отзыв на автореферат Жарковского А. А. д.т.н., доцента, профессора кафедры «Турбины, гидромашины и авиационные двигатели» ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого». В отзыве отмечены следующие замечания:

1. При большом объеме численных исследований для лучшего понимания рассуждений и выводов из них следовало дать больше визуальных картин течения, например, в области радиального зазора между осевым колесом и корпусом.
2. Для описания крупномасштабных вихревых структур возможно следовало апробировать кроме k-ε модели и другие и сравнить результаты расчетов по нескольким моделям турбулентности.
3. Не пояснено, что такое псевдозвуковые пульсации давления.

Отзыв на автореферат диссертации ФКП «Научно-испытательный центр ракетно-космической промышленности», подписанный начальником отдела, Заслуженным машиностроителем Российской Федерации, членом - корреспондентом Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, к.т.н. Пикаловым В.П., старшим научным сотрудником, к.т.н. Орловым В.А. и утвержденный и.о генерального директора к.т.н., доцентом Кучкиным В.Н.

В отзыве отмечается что: «В качестве замечания по автореферату следует указать на отсутствие в нем учета влияния на вибрации корпуса бустерного насоса течения в зазорах уплотнений и утечек через уплотнения».

Отзыв на автореферат диссертации, подписанный заместителем генерального директора по проектированию, НИР и ОКР ПАО «Туполев» Солозобовым В.И., начальником проектно-конструкторского центра «Силовые установки» Галяутдиновым Р.Н., начальником бригады проектно-

конструкторского центра «Силовые установки» Никитиным А.С. и ведущим инженером-конструктором Олишевским Д.А.

В отзыве указаны следующие замечания:

1. В четвертой главе рассмотрен вопрос гидравлических потерь за рабочим колесом насоса и предложена установка обтекателя за направляющим аппаратом, но не указаны результаты с установленным обтекателем;
2. В автореферате не рассмотрен вопрос приложения гидродинамических возмущающих сил полученных на нерасчетном режиме работы насоса, что позволило бы оценить амплитуды колебаний для этих случаев.

Отзыв на автореферат диссертации АО «Военно-промышленная корпорация «Научно-производственное объединение машиностроения», подписанный заместителем начальника отделения энергосиловых установок Чебаковым А.В., инженером - конструктором II кат. отдела 08-80 Черняком А.В., ученым секретарем НТС к.ф.-м.н. Точиловым Л.С. и утвержденный заместителем начальника ЦКБМ, к.т.н. Новиковым А.Е.

В отзыве отмечается что: «В качестве замечаний по автореферату следует отметить, что не приведены все допущения, принятые в расчете, а также то, что мало внимания уделено механическим источникам вибрации насосного агрегата».

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в отрасли науки, к которой относится диссертационная работа Федосеева С.Ю., что подтверждается их научными публикациями по тематике исследования.

Ведущая организация выбрана в соответствии с её широко известными достижениями в области разработки ракетно-космической техники и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика численного моделирования амплитуд тональных компонент спектра гидродинамической вибрации насосных агрегатов ЖРД, позволяющая проводить оптимизацию конструкций создаваемых турбонасосных агрегатов на ранних стадиях проектирования, обеспечивая экономию ресурсов и времени;

предложены мероприятия по снижению пульсаций давления и вибрации в насосном агрегате, позволяющие на стадии проектирования обеспечить заданный уровень вибрационной нагрузки;

доказана связь вторичного течения в радиальном зазоре между рабочим колесом и корпусом насоса с генерацией пульсаций давления и гидродинамической вибрации на частоте вращения ротора насоса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

применительно к проблематике диссертации эффективно использованы методы вычислительной гидродинамики и конечно-элементного анализа;

изложены результаты аналитического обзора экспериментального исследования источников вибрации насосов и методов снижения гидродинамической вибрации;

раскрыта связь между вибрацией и пульсациями давления в объеме проточной части насосного агрегата;

изучены механизмы генерации гидродинамической вибрации на частоте следования рабочих лопаток и частоте вращения ротора.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждается тем, что:

разработана методика увязки результатов гидродинамических расчетов и расчетов динамической деформации конструкции, которая использована при создании интерфейса обмена данными между пакетом вычислительной гидродинамики и программного комплекса конечно-элементного анализа, что подтверждено актом об использовании, предоставленном ООО «ТЕСИС»;

представлены рекомендации по использованию методов вычислительной гидродинамики и конечно-элементного анализа для моделирования гидродинамической вибрации насосов.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы результаты экспериментальных работ на сертифицированных огневых стендах АО «НПО Энергомаш»;

теория численного моделирования базируется на применении программного обеспечения FlowVision и Abaqus, которое сертифицировано для подобных расчетов и проверено на опубликованных экспериментальных данных;

идея базируется на обобщении многочисленных экспериментальных данных по генерации вибрации и шума в лопаточных машинах, полученных в России и за рубежом; зарубежные публикации показывают интерес исследователей к проблеме моделирования гидродинамической вибрации в турбомашинах; установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Личный вклад соискателя состоит в:

- разработке методики численного моделирования пульсаций давления рабочей жидкости в бустерном насосе;
- постановке задачи и проведении численного моделирования гидродинамической вибрации элементов конструкции корпуса бустерного насосного агрегата ЖРД;
- анализе экспериментальных данных и результатов вычислительных экспериментов;
- формулировании рекомендаций по снижению пульсаций давления и вибрации в бустерном насосе;

На заседании 23.05.2016 диссертационный совет принял решение присудить Федосееву С.Ю. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 10 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за - 19, против - нет, недействительных бюллетеней - 1.

Председатель

диссертационного совета



Равикович Юрий Александрович

Ученый секретарь

диссертационного совета



Зуев Юрий Владимирович

23 мая 2016