

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

Пугачёва Александра Олеговича

«Щеточные уплотнения в роторных системах авиационных двигателей»,  
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по  
специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки  
летательных аппаратов»

Повышение технических характеристик летательных аппаратов требует роста экономичности и надежности двигательной установки с одновременным снижением габаритно-массовых характеристик. Совершенствование газотурбинных двигателей неразрывно связано с повышением газодинамических характеристик компрессоров и турбин, что требует умения создавать надежные уплотнения неподвижных и особенно подвижных соединений. Одним из основных направлений в совершенствовании лопаточных машин является улучшение уплотнений проточной части. Это связано с тем, что повышение характеристик турбомашин за счет лопаточной части обходится в 4–5 раз дороже, чем такое же повышение, получаемое совершенствованием уплотнений проточной части. Трудности в создании эффективных уплотнительных устройств связаны с неполнотой теоретических разработок, недостатком экспериментальных данных и малым опытом конструирования уплотнений для тяжелых условий, свойственных двигателям летательных аппаратов. Таким образом, необходимы дальнейшие теоретические и экспериментальные исследования уплотнений проточной части.

В связи с этим диссертационная работа, посвященная проблеме исследования одного из наиболее перспективных для авиационных газотурбинных двигателей вида уплотнения – щеточных, представляется весьма актуальной.

Кроме того, выполнение работы в рамках целевой программы и грантов Министерства образования и науки Российской Федерации, научно-исследовательских проектов рамочных программ Европейского союза и др. также является дополнительным подтверждением актуальности темы диссертации.

Научная новизна полученных диссертантом результатов заключается в следующем:

- 1 Предложена модифицированная модель пористой среды для описания геометрии щеточного уплотнения.
- 2 С использованием методов вычислительной гидродинамики разработаны

математические модели различной сложности для расчета щеточных уплотнений.

3 Получены новые закономерности поведения расходных характеристик, динамических коэффициентов жесткости и демпфирования уплотнительных узлов со щеточными уплотнениями.

4 Выявлены некоторые закономерности влияния щеточных уплотнений на динамические характеристики ротора.

Практическая значимость работы определяется:

Разработанными инженерными подходами оценки расходных характеристик щеточных уплотнений, рекомендациями по проектированию и применению щеточных уплотнений и уплотнительных узлов в авиационных газотурбинных двигателях.

Достоверность полученных результатов определяется корректной постановкой задач, обоснованностью использования соответствующих предпосылок, законов, допущений и ограничений, теоретических зависимостей, подтверждается качественным и количественным согласованием результатов теоретических исследований и экспериментальных данных.

Основные результаты диссертации в достаточном объеме опубликованы в печати, в том числе неоднократно докладывались на конференциях различного уровня. Основное содержание диссертации изложено более чем в 60 публикациях, в числе которых – 1 монография, 3 патента на изобретения, 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 17 публикаций в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 14 статей в других изданиях, входящих в системы Web of Science и Scopus.

В диссертации представлены доказательные результаты исследований по созданию уплотнительных узлов авиационных газотурбинных двигателей со щеточными уплотнениями. Объем и результаты как теоретических, так и экспериментальных исследований соответствуют поставленным целям.

Автореферат и научные публикации в полной мере отражают основные положения диссертационной работы, результаты и выводы, а также личный вклад соискателя.

Однако диссертационная работа не лишена недостатков, в качестве которых можно отметить:

– В диссертации встречаются величины в разных системах измерения СИ и МКГСС, например на с. 17 температура приведена в °С, давление – в атм, а на с. 95 температура – в К, давление – в МПа.

– Терминология не всегда соответствует принятой в отечественной литературе, а является дословным переводом с английского, например, в диссертации используется термин «листовые уплотнения», в отечественной практике общепотребимым является

термин «лепестковые уплотнения».

– Диссертация перегружена обзором литературы, включая конструкцию уплотнений, методы расчета уплотнений, динамических характеристик роторов, рассмотрением других видов уплотнений – щелевых, и, особенно, лабиринтных (в том числе с разным количеством гребешков).

– В разделе 4.3 рассматриваются динамические характеристики роторов без привязки к уплотнениям, раздел 4.4, рассматривающий влияние уплотнений на динамику роторов, за исключением с. 202, посвящен бесконтактным, а не щеточным уплотнениям.

– В диссертации целесообразно было бы привести обобщенные зависимости, сопоставляющие лабиринтные и щелевые уплотнения при различных окружных скоростях и перепадах давления.

– Экспериментальные данные приведены достаточно скупо, хотелось бы увидеть сопоставление вариантов щеточных уплотнений, их исследование при различном сочетании параметров.

– Рекомендации по применению щеточных уплотнений в конструкциях двигателей летательных аппаратов целесообразно было бы выполнить с большим количеством схем, графиков и диаграмм.

Указанные недостатки в целом не снижают ценности выполненной работы для науки и практики. Содержание диссертации и рассматриваемая в работе проблема полностью соответствуют требованиям, изложенным в паспорте специальности 05.07.05. Работа соответствует «Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации» по направлению «Транспортные, авиационные и космические системы» и направлена на развитие технологий, входящих в «Перечень критических технологий Российской Федерации» по направлениям: «Технологии создания новых поколений ракетно-космической, авиационной и морской техники» и «Технологии создания энергоэффективных двигателей и движителей для транспортных систем».

Диссертационная работа «Щеточные уплотнения в роторных системах авиационных двигателей» является законченным научным исследованием, в котором решена проблема комплексного исследования и создания одного из наиболее перспективных видов уплотнений авиационных газотурбинных двигателей – щеточных, что позволяет обеспечить сочетание минимального расхода через уплотнение с минимальным отрицательным воздействием на динамические характеристики ротора авиационного двигателя. Работа обладает научной новизной и практической значимостью для различных отраслей машиностроения.

Считаю, что диссертационная работа Пугачёва А.О. представляет собой законченное научное исследование, выполнена на актуальную тему, имеющее высокое научное и практическое значение, соответствует заявленной специальности, удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК РФ к докторским диссертациям, а её автор Пугачёв Александр Олегович заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов».

Заместитель исполнительного директора  
АО «Конструкторское бюро химавтоматики»  
по качеству, доктор технических наук, доцент  
394006, г. Воронеж, ул. Ворошилова, 20,  
тел. (473) 262-97-16,  
факс (473) 276-84-40,  
e-mail: [cadb@comch.ru](mailto:cadb@comch.ru)



Иванов Андрей  
Владимирович

21.02.2010

Подпись официального оппонента Иванова А.В. заверяю  
Зам. генерального конструктора, К.Т.Н.



А.В. Шостак