

УТВЕРЖДАЮ:
Научный руководитель –
заместитель Генерального директора
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»
технических наук

А.И. Ланшин
апреля 2015 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Абдельвахида Мохаммеда Балла
на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели
и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Абдельвахида Мохаммеда Балла посвящена математическому моделированию влияния последствий эрозионного износа элементов проточной части и влажности атмосферного воздуха на параметры осевых компрессоров и характеристики ТРДДФ в целом, а также разработке методик оценки этого влияния.

Климатические особенности регионов (температура, давление и влажность атмосферного воздуха, осадки) и другие особенности состояния атмосферы (запыленность, ветровые нагрузки, песчаные бури) оказывают значительное влияние на эксплуатацию авиационных ГТД и соответствие их фактических ресурсов требуемым показателям. Эрозионный износ элементов проточной части, вызванный повышенной запыленностью воздуха (например, в пустынных районах), эксплуатация в условиях тропического климата (повышенные температура и влажность воздуха) весьма существенно сказываются на параметрах авиационных ГТД, их надежности и ресурсных показателях; об этом, в частности, свидетельствует опыт применения летательных аппаратов с газотурбинными двигателями в ряде военных конфликтов (Вьетнам, Афганистан и др.).

В связи с этим разработка современных методик для оценки влияния эксплуатационных факторов (эрозионного износа и влажности атмосферного воздуха) на параметры осевых компрессоров и характеристики ГТД в целом (в данном случае ТРДДФ), несомненно, является актуальной научно-технической задачей, имеющей не только теоретическую значимость, но и выраженную практическую направленность.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ
Вх. №
"05" 05 2015 г.

При решении поставленных задач диссертантом использованы современные методы, включая расчеты 3D течений в лопаточных машинах, основанные на решении уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу. К сожалению, в автореферате, по-видимому, из-за ограничений объема не отражены методические подходы, примененные для учета в аэродинамических расчетах компрессоров влияния величин радиальных зазоров, изменяющихся вследствие эрозионного износа, что весьма важно для оценки адекватности полученных результатов с учетом тематики данной диссертационной работы.

К достоинствам работы следует отнести то, что диссертант провел оценку влияния эрозионного износа на характеристики компрессоров не только «по совокупности факторов», но оценил влияние каждого фактора в отдельности, что привело к получению нетривиальных результатов.

Представляют безусловный интерес результаты расчетов ВСХ ТРДДФ РД-33-2С с учетом влияния эрозионного износа рабочих лопаток каскадов компрессора и повышенной влажности атмосферного воздуха. Показано количественное влияние износа на режимах максимальном и полного форсажа на тягу двигателя и запасы газодинамической устойчивости каскадов компрессора (особенное значительное для ΔK_y КВД). Неожиданным оказался вывод о том, что, согласно результатам расчетов, «в данном случае влияние эрозионного износа на увеличение удельного расхода топлива незначительно»; жаль, что в автореферате не дано объяснения данному факту.

При расчете влияния влажности на основные параметры ТРДДФ на максимальном режиме, к сожалению, не исследовано воздействие на это влияние выбора закона управления двигателем; как показали проведенные в отделении 300 ЦИАМ исследования применительно к ТРДД типа ПС-90А, выбор закона управления в значительной степени определяет степень влияния влажности воздуха на параметры двигателя.

Диссертант разумно сочетает расчеты ВСХ с помощью полной математической модели, в которой, в частности, учитывается изменение термодинамических свойств рабочего тела по тракту двигателя, с использованием упрощенных аналитических зависимостей, описывающих положение линий рабочих режимов на характеристике КВД.

Несмотря на положительную в целом оценку автореферата диссертации Абдельвахида М.Б., необходимо сделать некоторые замечания:

1. В тексте автореферата не очень четко обозначено место данной работы среди работ аналогичной направленности: не показано, в чем диссертант видит недостатки или незавершенность ранее выполненных работ, в которых рассматривались аналогичные проблемы, чем принципиально отличаются методики, предложенные в данной работе. Указано лишь, что в первой главе диссертации выполнены соответствующие обзоры.

2. Отмечено, что верификация результатов расчетов характеристик изолированной ступени С-16 и КНД ТРДДФ РД-33-2С, выполненных с применением программного комплекса NUMECA Fine/Turbo (т.е. сопоставление их с результатами испытаний) показала удовлетворительную сходимость со средней погрешностью 1–3 % во всем диапазоне частот вращения. Целесообразно было бы дифференцировать эту количественную оценку для конкретных параметров: безусловно, для π^*_k , $G_{пр}$, η^*_k , ΔK_y она должна быть различной.

3. Было бы желательно, чтобы диссертант уделил больше внимания физической стороне описания того, почему в расчетах принято определенное изменение профилей лопаток при эрозионном износе при многообразии реальных конфигураций изношенных лопаток. В автореферате же акцент сделан на формально-математическом представлении изменения профилей.

Указано, что для ТРДДФ РД-33-2С «закономерность изменения эрозионного износа лопаток РК по ступеням КНД и КВД была задана в соответствии с результатами экспериментального исследования износа лопаток ТРДДФ F100-PW-100, т.к. данный двигатель по конструкции и параметрам рабочего процесса сопоставим с двигателем РД-33». Следовало бы оговорить, что это условие нужно рассматривать как приближение, поскольку компрессора этих двигателей все же различаются в части профилирования, конструктивного исполнения, применяемых материалов, технологий; кроме того, могли различаться характеристики запыленности (размеры и формы кварцевых частичек и др.). Тем не менее, примененный подход следует признать оправданным, т.к. такого рода исходные данные для конкретного двигателя редко бывают в наличии, а полученные количественные оценки влияния износа на характеристики КНД и КВД, несомненно, практически полезны.

4. Вызывает удивление утверждение диссертанта о том, что, как показал обзор, «отсутствуют методики, обеспечивающие полный учет изменения свойств рабочего тела по всему тракту двигателя в результате изменения влагосодержания». Такие методики применяются в России при термодинамическом расчете параметров двигателей, по крайней мере, с 1970-х г.г. (Я.Т. Ильичев, В.И. Янкин и др.). Очевидно, диссертант имел в виду влияние влагосодержания на характеристики компрессора, которые он получал расчетным путем.

При оценке влияния влагосодержания воздуха на характеристики компрессоров был рассмотрен диапазон от $d=0$ до $d=0.04$, что в земных условиях соответствует изменению относительной влажности ϕ от 0 до 100 %. Практический интерес представляет изменение ϕ в более узком диапазоне, поэтому и влияние на характеристики будет более умеренным.

5. Диссертант не поясняет, почему потребовалась разработка программы расчета ВСХ ТРДДФ вместо использования готовых программ. Не поясняется также, почему при интерполяции используется нетрадиционная форма описания характеристик КНД и КВД, которая представляется переусложненной (глава 4); неясно, как эта форма позволяет учитывать изменение программы управления РНА КВД.

В целом материалы автореферата диссертации Абдельвахида М. Б. свидетельствуют о том, что диссертант вполне владеет материалом и обладает высокой квалификацией. Результаты работы прошли апробацию – они доложены на научно-технических конференциях и семинарах. Материалы, включенные в диссертацию, опубликованы в ряде научных статей, включая четыре статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Считаю, что диссертант Абдельвахид Мохаммед Балла достоин присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Начальник сектора отделения полноразмерных двигателей
ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат технических наук,
старший научный сотрудник

Швец Л.И.

Подпись Швеца Л.И. заверяю:
Ученый секретарь ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»,
кандидат физико-математических наук

Баранова»,

Исакова Н.П.

Отзыв подготовил Швец Лев Израилевич

Федеральное государственное унитарное предприятие «Центральный институт авиационного моторостроения имени П.И. Баранова», отделение 300

111116 Москва, ул. Авиамоторная, д. 2.

тел. 8 (499) 763-61-67 e-mail: avim@ciam.ru