

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Абдельвахид Мохаммед Баллы
«МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ И ЭРОЗИОННОГО
ИЗНОСА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРДДФ», представленной на соискание учёной степени
кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - Тепловые, электроракетные
двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Эксплуатация авиационных двигателей и обеспечение требуемых ресурсов в зонах пустынь и степей характеризуется высокой положительной температурой атмосферного воздуха, повышенной влажностью, подъемом песка и пыли в атмосферу до высоты 6000 м являются важными направлениями технической эксплуатации авиапарка, и представляют интерес для производителей и организаций, эксплуатирующих авиационную технику. Работа ТРДДФ в столь сложных климатических условиях обуславливает необходимость разработки методик для определения технического состояния и характеристик элементов проточной части. Длительная эксплуатация в условиях запыленной атмосферы сопровождается эрозионным износом лопаточного аппарата компрессора, что приводит к значительному ухудшению его состояния и характеристик, и соответственно ухудшению параметров двигателя в целом. Повышенная влажность воздуха при высоких значениях атмосферной температуры проявляется в виде изменения теплофизических свойств воздуха и продуктов сгорания топлива в нём, что приводит к существенному изменению параметров двигателя. Разработка новых методик для оценки влияния различных эксплуатационных факторов на характеристики ТРДДФ, является актуальной научно-технической задачей

Целью работы является разработка методики оценки влияния последствий эрозионного износа и влажности атмосферного воздуха на характеристики ТРДДФ с учетом изменения газодинамических характеристик осевого компрессора, для достижения которой решены следующие задачи:

- Разработка методики оценки влияния последствий эрозионного износа лопаток компрессора и влажности воздуха на газодинамические характеристики осевых компрессоров ГТД.

- Исследование влияния последствий эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики осевых компрессоров.

- Разработка методики оценки влияния последствий эрозионного износа и влажности атмосферного воздуха на высотно-скоростные характеристики ТРДДФ.

- Исследование влияния последствий эрозионного износа и влажности атмосферного воздуха на высотно-скоростные характеристики ТРДДФ.

В качестве объекта исследования приняты осевые компрессоры широко распространенного ТРДДФ РД33-2С с учетом особенностей эксплуатации в условиях запыленной атмосферы и повышенной влажности.

При выполнении работы были использованы:

- методы расчета трехмерных течений в лопаточных машинах, основанные на решении уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу;

- методы математического моделирования рабочего процесса ТРДДФ с учетом особенностей программы управления

Научная новизна работы заключается в создании методики, учитывающей влияние эрозионного износа на геометрические параметры лопаток компрессора и его характеристики. Разработанная методика оценки влияния влажности воздуха на характеристики компрессора обеспечивает полный учет изменения физических свойств рабочего тела и повышение точности получаемых результатов. Разработанная программа расчета высотно-скоростных характеристик ТРДДФ, позволяет проводить количественную оценку влияния последствий эрозионного износа и влажности воздуха на параметры двигателя с учетом особенностей программы управления. На основе аналитических

соотношений проведен детальный анализ влияния влагосодержания на условия совместной работы элементов двигателя.

Обоснованность и достоверность результатов исследования обеспечиваются:

- использованием методов расчета трехмерных течений в лопаточных машинах, основанных на решении известных уравнений Навье-Стокса, осредненных по Рейнольдсу, верифицированных по экспериментальным данным;
- применением известных и проверенных методов математического моделирования рабочего процесса ТРДДФ;
- верификацией результатов выполненных расчетов с данными, полученными экспериментально, и из технического описания исследуемого ТРДДФ.

Практическая значимость работы заключается в возможности обоснованного прогнозирования технического состояния ТРДДФ, а также выработке рекомендаций по технической эксплуатации в условиях запыленной атмосферы и повышенной влажности.

Результаты работы докладывались на шести научных конференциях, а её основные положения изложены в 12 печатных работах, 4 из которых опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК.

Диссертация включает введение, пять глав, заключение, список литературы и приложения.

Во введении обоснованы актуальность, научная новизна и практическая значимость проблем, решаемых в работе. Сформулированы цели и определен круг задач, подлежащих решению в процессе исследований.

В первой главе рассматриваются особенности эксплуатации ГТД в сложных климатических условиях Республики Судан, где температура воздуха достигает $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха – 87% , концентрация пыли – 1 г/м^3 . Выполнен обзор опыта эксплуатации ГТД в условиях запыленной атмосферы и литературы по исследованию влияния эрозионного износа на геометрические и газодинамические параметры компрессора, а также по оценке влияния влажности атмосферного воздуха на характеристики компрессора и параметры ГТД в целом.

Во второй главе представлена методика учета влияния последствий эрозионного износа на геометрические параметры лопаток, а также методика расчета характеристик осевых компрессоров с применением программного комплекса NUMECA Fine/Turbo. Проведена верификация результатов расчетов характеристик изолированной ступени осевого компрессора (С-16) и компрессора низкого давления двигателя РД33-2С.

В третьей главе излагается методика оценки влияния влажности воздуха на свойства рабочего тела и характеристики компрессора, заключающаяся в полном учете изменения физических свойств рабочего тела по тракту компрессора путем применения современных методов расчета трехмерного течения в компрессоре.

В четвертой главе представлена методика расчета высотно-скоростных характеристик (ВСХ) ТРДДФ, реализованная в виде программы ВСХ ТРДДФ, написанной на языке Fortran-90, позволяющая проводить количественную оценку влияния эрозионного износа и влажности воздуха на характеристики двигателя.

В пятой главе приведены результаты численного исследования влияния эрозионного износа и влажности воздуха на ВСХ двигателя РД33-2С. Проведена оценка адекватности результатов расчета ВСХ двигателя, полученных с помощью разработанной методики, которые показали сходимость со средней погрешностью менее $2,5\%$ с данными, указанными в описании двигателя во всех диапазонах изменения высот и чисел Маха полета.

В заключении приведены основные выводы по работе.

В целом автореферат оставил благоприятное впечатление, однако представленный материал позволяет сделать ряд замечаний:

- Увеличение зазора в компрессорах привело, как это следует из рисунка 4, к изменению формы характеристик, они становятся более пологими, поэтому снижение запаса по помпажу требует дополнительных пояснений;

• В автореферате не показано как влияет повышение влажности воздуха на характеристики двигателя в чистом виде, без учета влияния температуры атмосферного воздуха.

Несмотря на указанные недостатки, автореферат диссертационной работы «Методика оценки влияния климатических условий и эрозионного износа на характеристики ТРДДФ» отвечает требованиям, предъявляемым к авторефератам кандидатских диссертаций, а её автор Абдельвахид Мохаммед Балла заслуживает присвоения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.07.05 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Доцент каф. ЭЗ, к.т.н.


А. Н. Арбеков
12.05.2015

Отзыв составлен доцентом каф. ЭЗ МГТУ им. Н.Э. Баумана, к.т.н. Александром Николаевичем Арбековым, проживающим по адресу 119571, Москва, ул. Академика Анохина, д.5.,к.2, кв. 260. Т. 8(499)263-6664, arbekov@bmstu.ru

Подпись Арбекова А.Н. заверяю

СПЕЦИАЛИСТ ПО КАДРАМ УИ
ИГТУ ИМ. Н.Э. БАУМАНА

Козлова Е.Д.

