

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы  
Болотова Михаила Александровича на тему  
«Разработка методов создания цифровых технологических моделей деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства»,  
представленной на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности 2.5.15 - Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов

Работа Болотова М.А., раскрывающая возможный потенциал повышения точности и снижение трудоёмкости технологических процессов сборки роторов ГТД за счёт разработки методов для обеспечения требуемой точности сборки и снижения неуравновешенностей роторов, основанных на использовании в производственном процессе действительных моделей деталей, учитывающих результаты измерения их геометрии, рассчитанные контактные деформации при сборке, а также динамические параметры сборочных единиц в составе роторов, представляется актуальной в рамках действующих в настоящее время Национальных программ, что подтверждается выполненными договорами и грантами.

Автором разработана методика создания действительных моделей объектов (термин предложен соискателем), описывающая их геометрические параметры и сформированы принципы разработки и использования этих моделей на разных этапах производства ГТД.

Решены задачи определения оптимального взаимного расположения деталей и условий выполнения технологических операций их изготовления, а также сборки узлов с учётом контактного взаимодействия в условиях эксплуатации в составе изделий.

Значительное внимание в работе уделено решению задачи балансировки ротора в методе снижения уровня неуравновешенностей роторов ГТД с помощью их балансировки на цифровой модели. Идея балансировки ротора с использованием цифровой модели состоит в выборе относительных взаимных угловых положений деталей, при которых обеспечивается противонаправленность возмущающего воздействия от их неуравновешенностей и определение величин корректировочных масс. При этом, в представлении соискателя, уменьшение суммарной неуравновешенности ротора выполняется по значениям виброскоростей на опорах двигателя, получаемых с помощью разработанной им цифровой модели изделия.

Изложение автореферата позволяет утверждать, что поставленная цель, задачи исследования работы раскрыты в достаточной мере и подтверждает заявленную научную новизну. Материалы работы прошли апробацию и изложены в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, и в изданиях, индексируемых в базе данных SCOPUS.

Несмотря на общее положительное впечатление, по автореферату есть ряд замечаний и пожеланий.

- 1- Представляется необходимым рассмотреть не только торцевых соединений вал-проставка-диск, но и решение поставленных в работе задач для шлицевых соединений вал-диск.

Входящий №	206-6809
Дата	25 СЕН 2024
Самарский университет	

- 2- Автореферат не позволяет получить представление о том, как в разработанных моделях учитываются характеристики опор, в том числе, упруго-демпферных, влияние характеристик статоров ГТД и их анизотропии в системах ротор-статор, а также взаимного влияния роторов ТРДД на критические режимы работы. Учтены ли особенности двигателей модульной конструкции и балансировки их роторов?
- 3- Требуется дополнительных пояснений высказывание (стр.25) об отработке технологических решений, выполнявшихся при сборке роторов ТНД и КНД, без лопаток.
- 4- Как получены заявленные на стр.22 три критические частоты вращения ротора: 50, 75, 110 Гц? Также не приведены значения виброскоростей, относительно которых оценивались изменения в результате поиска рациональных угловых положений деталей.
- 5- Насколько разработанные модели чувствительны к возможным дополнительным дисбалансам, возникающих в процессе эксплуатации ГТД – в результате устранения повреждений или замены рабочих лопаток вентилятора, аэродинамического и термического дисбаланса?

Несмотря на высказанные замечания, считаю, что диссертационная работа Болотова М.А. представляет собой законченное квалификационное научно-практическое исследование, решающее задачу создания цифровых технологических моделей некоторых деталей и узлов ГТД для повышения технических показателей их производства.

Диссертационная работа, судя по автореферату, соответствует паспорту специальности 2.5.15-Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов и отвечает требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Болотов Михаил Александрович, заслуживает присуждения степени доктора технических наук по специальности 2.5.15-Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов.

Выражаю согласие на включение своих персональных данных в аттестационные документы соискателя ученой степени доктора технических наук Болотова Михаила Александровича и их дальнейшую обработку.

Заведующий кафедрой “Двигатели ЛА”,  
ФГБОУ ВО «Московский государственный  
технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА),  
доктор технических наук, профессор

 Машошин Олег Федорович

Подпись руки Машошина О.Ф. заверяю  
Проректор МГТУ ГА по ЧВ  
доктор технических наук, профессор

 Воробьев Вадим Вадимович

Почтовый адрес МГТУ ГА: Россия, 125993, г. Москва Кронштадтский бульвар, д. 20.  
Место нахождения Университета: г. Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20.  
Телефон: (499) 459-07-26 (кафедра Двигателей ЛА МГТУ ГА)  
E-mail: o.mashoshin@mstuca.ru