

- направленной сборки и балансировки роторов;
- центровки опор в многоопорных роторах,
а также наличие в конструкции:
- средств амортизации и демпфирования в опорах;
- достаточно продвинутых средств вибродиагностики двигателя;
- устройств для подбалансировки (при необходимости) наиболее критических роторов на стенде и в эксплуатации
- считались достаточными, чтобы гарантировать удовлетворительное вибросостояние двигателя.

В то же время, тренд развития газотурбинных двигателей в направлении повышения топливной экономичности, а, например, для ДТРД, в зависимости от их предназначения, это либо рост степени двухконтурности, либо рост напорности ступеней вентилятора в конечном счёте приводит к росту аэродинамической и механической нагруженности пера вентиляторной лопатки и усложнению его геометрии (закрутка, выносы) для обеспечения оптимальной аэродинамики (в конечном счёте – КПД узла) и необходимых прочностных характеристик. С учётом минимизации массы лопатки это неминуемо приводит к весьма существенному отличию рабочей («горячей») и чертёжной («холодной») геометрии, т.е. к росту «деформативности» лопатки. Соответственно, существенно возрастает «цена» геометрических отклонений профиля от номинального, как в отношении разброса эродинамических нагрузок, так и в отношении разброса центробежных сил деформированных лопаток при работе в составе изделия. Таким образом только расстановка лопаток в колесе по статмоментам и низкооборотная балансировка проблему сбалансированности рабочего колеса в рабочих условиях полностью не решает. Да и балансировка на рабочих частотах вращения на вакуумном балансировочном оборудовании из-за отсутствия аэродинамических нагрузок – тоже.

Соответственно для обеспечения сбалансированности рабочих колёс с «гибкими» и отличающимися по геометрии (в пределах допусков) рабочими лопатками требуется наличие специальной методологии, позволяющей учитывать влияние неизбежного разброса их «рабочей» геометрии. Такая методология может быть построена только средствами численного моделирования «рабочего» состояния колеса на базе его матмодели – цифрового двойника узла, сформированной по результатам «обмера» всего комплекта реальных рабочих лопаток.

Решению основных составляющих этой, **крайне актуальной для современных ГТД и востребованной в реальном производстве** задачи и посвящена диссертационная работа.

Реализованный автором подход к балансировке рабочего колеса на обычном балансировочном оборудовании, при его обоснованной коррекции с использованием современных средств:

- построения и анализа матмодели - цифрового двойника, позволяющего учесть реальное «рабочее» состояние конкретного узла;
- предложенных для использования обеспечивающих и упрощающих процесс средств параметризации и формирования регрессионных зависимостей;
- разработанных для численной реализации теоретических исследований программных модулей

содержат **необходимый уровень научной новизны, теоретической и практической значимости.**

Обоснованность и достоверность полученных в работе результатов обеспечивается логичностью принятых в матмоделях допущений, применением известных методов численного анализа с использованием сертифицированных программных комплексов, удовлетворительной сходимостью результатов теоретического анализа и экспериментов с использованием аттестованного оборудования.

В отношении **апробации работы** - отдельные результаты по теме диссертации докладывались на целом ряде международных и всероссийских конференций и симпозиумов. По теме исследований опубликовано 13 научных статей из них 3 в изданиях, входящих в перечень ВАК, 5 статей в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus и 1 статья в издании, индексируемом в базе данных Web of Science. Получены 4 свидетельства о государственной регистрации разработанных в ходе работ над диссертацией программных модулей.

Замечания и рекомендации:

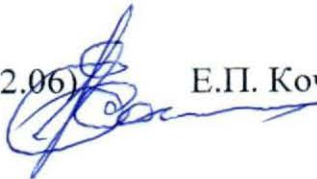
1. Есть ряд замечаний по оформлению автореферата в отношении стилистики и орфографии текста.
2. В автореферате не отражены имеющиеся работы по использованию цифровых двойников, например, упрощающих технологию направленной сборки роторов из узлов с реальной геометрией посадочных поверхностей рабочих колёс и их реальной относительно них сбалансированностью .
3. Понимая, что в работе анализируются вопросы балансировки рабочих колёс, а не роторов в целом, хотелось бы всё-таки видеть отношение автора к

весьма значимой для ротора и встречающейся на практике ситуации наличия «моментного» аэродинамического дисбаланса, реализующегося вследствие разброса осевой составляющей аэродинамических сил на лопатках. По физике осевая составляющая, как и её разброс, может на порядок и более превышать учитываемую автором радиальную составляющую и должны либо учитываться при балансировке ротора, либо парироваться при расстановке лопаток в рабочем колесе не только по статмоментам.


Замечания относятся к автореферату и, возможно, желаемая информация есть в тексте диссертации. В целом они не имеют принципиального значения и не снижают достоинств диссертационной работы.

Заключение

В целом диссертационная работа Кудашева Евгения Викторовича «Метод снижения дисбаланса рабочих колёс ГТД с учётом геометрических отклонений профилей пера лопаток и неравномерности газовой силы» по актуальности темы, поставленным задачам, уровню их решения, научной новизне и практической значимости, а также личному вкладу автора, вполне соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении учёных степеней» ВАК РФ предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, Кудашев Евгений Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые и электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов».

Эксперт ОКБ СГК, кандидат технических наук (01.02.06)  Е.П. Кочеров
28. 04.2026г

Я, Кочеров Евгений Павлович, эксперт ОКБ СГК ПАО «Кузнецов» г. Самара, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета и их обработку.

Эксперт ОКБ СГК, кандидат технических наук (01.02.06)  Е.П. Кочеров
28. 04.2026г

Наименование организации: ПАО «ОДК- Кузнецов»

Почтовый адрес: 443009, г. Самара, Заводское шоссе, 29,

тел. +7 (846) 312-60-56,

e-mail: ep.kocherov@uec-kuznetsov.ru