

## ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

д.т.н., доцента Болотова Михаила Александровича по диссертационной работе Кудашова Евгения Викторовича «Метод снижения дисбаланса рабочих колёс ГТД с учётом геометрических отклонений профилей пера лопаток и неравномерности газовой силы», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.5.15 – «Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов»

Диссертационная работа Кудашова Е.В. посвящена разработке метода и моделей, использование которых на этапе сборки ГТД позволит снизить дисбаланс крупногабаритных рабочих колёс (РК) первых ступеней компрессора низкого давления.

Актуальность исследований обусловлена необходимостью совершенствования существующей технологии балансировки изделий и повышения равномерности распределения их дисбалансов. В частности, балансировка ротора каскада низкого давления ГТД выполняется последовательно в порядке укрупнения узлов: вал – диск – рабочее колесо – узел ротора – ротор – изделие в сборе. Особенностью балансировки крупногабаритных РК является невозможность полного устранения их дисбалансов на балансировочных станках. Это вызвано тем, что при работе крупногабаритных РК возникает газовая сила, совершающая гармонические колебания с частотой вращения ротора и приводящая к возникновению дополнительного дисбаланса. Причиной возникновения названного дисбаланса является не идентичность профилей пера лопаток, приводящих к отличию векторов газовых сил, действующих в межлопаточных каналах. Суммарный дисбаланс изделия, включающий дисбаланс, вызванный неуравновешенной газовой силой, и монтажный дисбалансы, устраняются посредством балансировки каскада низкого давления в составе собранного изделия. Такая заключительная балансировка производится на испытательном стенде или крыле самолёта и поэтому является дорогостоящей и сложной. Вместе с тем, снижение дисбаланса РК позволит повысить равномерность распределения дисбалансов в роторе, что создаёт возможность снижения вибрации изделия. Учитывая названные обстоятельства можно заключить, что работа является актуальной для авиационного двигателестроения.

Устранение дисбаланса крупногабаритных РК, вызванного неуравновешенной газовой силой, ГТД в работе Кудашова Е.В. предлагается за счёт дополнения в технологический процесс сборки и балансировки РК новой операции балансировки. Такая операция будет выполняться после сборки и балансировки РК на балансировочном оборудовании. Особенностью новой операции балансировки РК является в определении вектора дисбаланса, вызванного неуравновешенной газовой силой, расчётным способом на основе результатов измерений геометрических отклонений профилей всех лопаток при учёте параметров рабочего процесса соответствующей ступени компрессора. Расчёт вектора дисбаланса в работе Кудашова Е.В. производится посредством параметрической цифровой модели РК, которая по сути является цифровым двойником РК. Предложенные решения являются новыми и составляют научную новизну работы Кудашова Е.В. Важной ключевой особенностью работы Евгения Викторовича является предложенные зависимости дисбаланса РК, вызванного неуравновешенной газовой силой, от режима работы изделия, натяга по антивибрационным полкам, величин отклонений расположения профилей пера лопаток и действующих нагрузок, включая центробежные силы, температуру и давление

