

возможности отклонения сечений в результате неоптимального протекания СПФ).

Данный подход позволяет оценить уровень статического НДС с учётом инерционной и газовой нагрузки, а также собственных частот и форм колебаний изолированной поллой лопатки, и провести несколько итераций поиска оптимальной формы профильной части (выносы сечений, толщины спинки и

корыта), а также выполнить нахождение «холодной» геометрии рабочей лопатки. Следующим этапом проведено исследование влияния замковой части лопатки (радиус кривизны, ширина замка, угол рабочей поверхности) на прочностные характеристики и сделаны выводы по влиянию каждого из рассмотренных факторов (рис. 1).

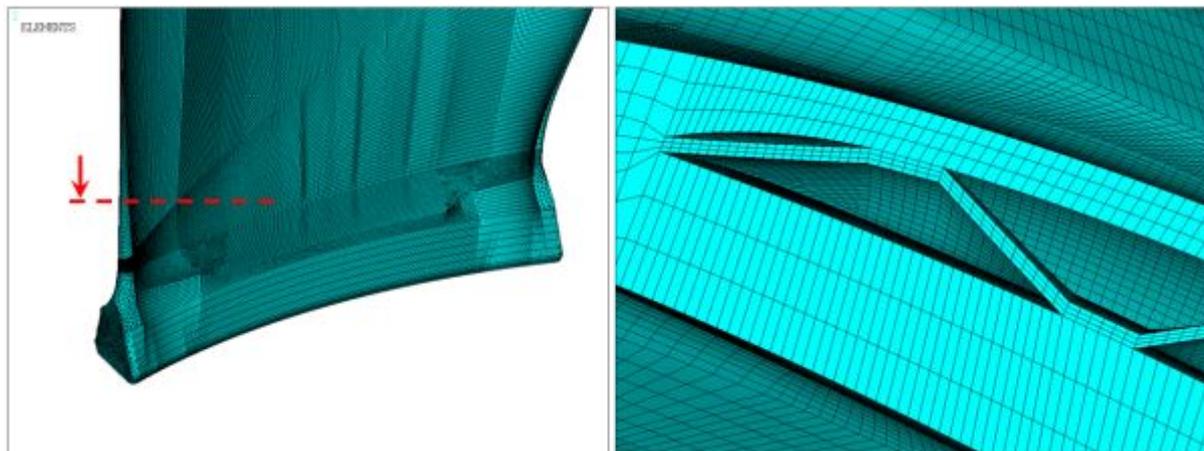


Рис. 1. Вид КЭ сети замковой части и сечения поллой РЛ

Заключительным этапом будет являться окончательный выбор значений анализируемых параметров на основе исследованного характера их влияния, оптимизация диска и поверочные расчёты прочности РК. Поверочные расчёты включают, помимо расчётов статического НДС и собственных частот и

форм колебаний, такие дополнительные исследования, как проведение расчётов динамических процессов (обрыв, птицестойкость) поллых РЛ с использованием явных решателей, расчёт склонности РЛ к автоколебаниям с использованием энергетического подхода.

УДК 621.9.08

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ РАСПОЛОЖЕНИЯ ПРИ СБОРКЕ ДЕТАЛЕЙ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С УЧЁТОМ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ЗАТЯЖКИ РЕЗЬБОВЫХ СОДИНЕНИЙ

©2016 М.А. Болотов, И.А. Грачёв

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

STUDING LOCATION INACCURACY DURING GTE PARTS ASSEMBLY TAKING INTO ACCOUNT THE DISCONTINUITY OF THREADED COUPLINGS TORQUE

Bolotov M.A., Grachev I.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper present the study of GTE details location uncertainty under the influence of non-uniformity of fixing efforts. To perform the research has been developed the calculation method. The methodology of calculation incorporated the use of the finite element method. Studt has been carried out on the assembly sample consist of: a shaft, small rigid spacer and a disk. Has been considered dependences of shaft position mutual errors relative to the disk by taking into account the effect of the uneven tightening torque on threaded connections.

Современное производство характеризуется ростом производительности, экономичности и надёжности производимых ма-

шин, повышением точности обработки и сборки изделий. При этом к авиационным двигателям предъявляют требования по

снижению их массы на единицу мощности, и высоким эксплуатационным данным при минимальных затратах труда.

В числе основных факторов повышения технического уровня производства большую роль играет внедрение высокоэффективных технологических процессов обработки и сборки изделий, комплексной механизации и последовательное проведение автоматизации производства.

Процесс сборки АД и его узлов характеризуется многообразием выходных параметров (геометрических, кинематических, точностных и др.), а также сложностью и недостаточностью сопутствующих физических явлений, таких как деформации деталей, контактные деформации стыковых поверхностей и т.д.

Целью работы является разработка математической модели и исследование погрешностей расположения при сборке деталей газотурбинных двигателе (ГТД) с учётом неравномерности затяжки резьбовых соединений.

В работе рассматривается сборочная единица рабочего колеса и вала третьей ступени турбины. Сборочная единица (рис. 1) включает в себя три детали. Первая деталь является жёсткой, представляет собой вал. Вторая деталь является маложёсткой проставкой. Третья деталь представляет собой диск третьей ступени турбины. Сопряжение деталей осуществляется по цилиндрическим и плоским поверхностям.

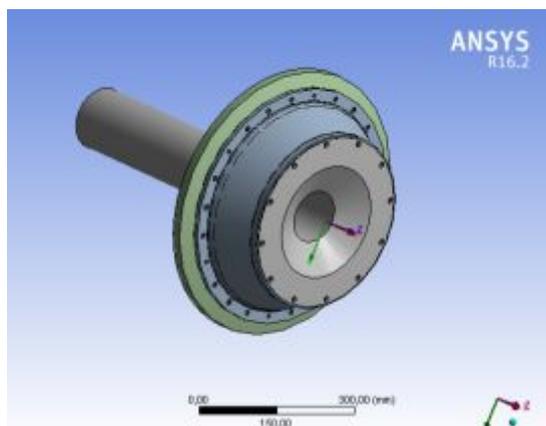


Рис. 1. Эскиз сборки

Нашей задачей будет являться определение погрешности расположения деталей под воздействием неравномерности усилий закрепления.

Согласно технологии сборки момент затяжки на ключе равен $M_{Кл} = 4_{-0,5}$ кгс·м. Этот момент идет на преодоление момента от сил трения в резьбе и на торце гайки M_p . В справочной литературе приводится примерное соотношение $M_p \approx 0,3M_{Кл}$. В свою очередь, зная M_p можно найти усилие затяжки по из формулы $M_p = 0,5F_{зам}d_{cp}tg(\psi + \varphi')$. Здесь $F_{зам}$ – сила затяжки, d_{cp} – средний диаметр резьбы, ψ – угол подъёма витка резьбы, φ' – приведённый угол трения резьбы. Таким образом, усилие затяжки приближённо равно 12 кН.

Будем рассматривать только монтажные напряжения, возникающие при сборке соединения. Эти напряжения будут оказывать наибольшее влияние в некоторой локальной зоне, поэтому не обязательно рассматривать всю ступень целиком. Будет произведено четыре эксперимента с разными усилиями затяжки.

Для решения задачи предлагается использовать алгоритм (рис. 2), в основе которого заложено использование метода конечных элементов.

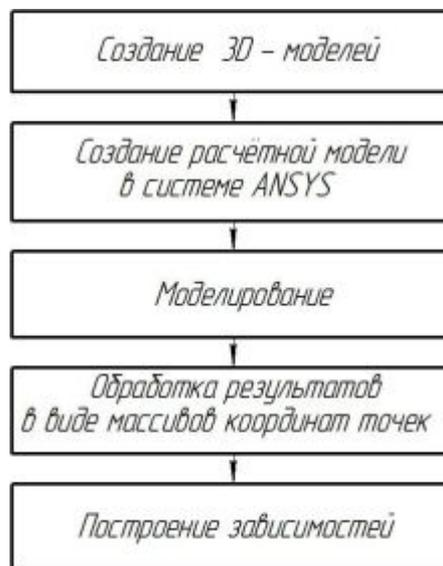


Рис. 2. Блок-схема моделирования

Для оценки погрешностей выполнялось фиксация координат точек на поверхности вала до приложения нагрузки и после. В ходе моделирования получены следующие результаты: деформация вала настолько мала, что ей можно пренебречь.

Анализируя результаты, можно отметить, что величина рассеивания оказывает существенное влияние на точность соединения.

Библиографический список

1. Shapiro L.G., Stockman G. C. Computer Vision. - Prentence Hall, 2001. P. 137, 150.

2. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. 2-е изд. - М.: 1962.

3. Дёмин Ф.И., Проничев Н.Д., Шитарев И.Л. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей. / под. общ. ред. проф. Ф.И. Демина. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012.

УДК 621.45.022:535.3

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПОТОКА ГАЗА НА ВЫХОДЕ ИЗ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ ТЕМПЕРАТУРЫ, ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И ЛАЗЕРНЫМ ИЗМЕРЕНИЯМ СКОРОСТИ

©2016 А.А. Диденко, В.Ю. Абрашкин, А.Б. Соколов, И.В. Чечет, С.Ю. Мишенков,
А.В. Ахтерьяков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

ANALYSIS OF UNSTEADY FLOW IN THE GTE COMBUSTION CHAMBER OUTLET BY MEASURING TEMPERATURE, CHEMICAL COMPOSITION AND LASER SPEED MEASUREMENT

Didenko A.A., Abrashkin V.Y., Sokolov A.B., Chechet I.V., Mishenkov S.Y., Ahteryakov A.V.
(Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

Has been achieved a detailed study of fields in the gas flow rate using a three-component laser dopler anemometer 3D-LDA LAD-056S and the characteristics of the composition and temperature of the gas at the outlet of the GTE tubular combustion chamber. Fields of gas temperature are measured by point thermocouple. Sampling to determine the chemical composition has been carried out by a single point and integrated sampler. The measurements have been carried out in the SSAU scientific and educational center of the gas dynamic research.

В рамках НИР по договору с ФГАО-УВО «СПБПУ» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.) выполнено детальное исследование полей скорости в потоке газа с помощью трёхкомпонентного лазерного доплеровского анемометра 3D-LDA ЛАД-056С (ОАО «ИОИТ», г. Новосибирск) и характеристик по составу и температуре газа на выходе из одногорелочной трубчатой камеры сгорания (КС) авиационного газотурбинного двигателя (ГТД). Поля температур газа измерены одноточечной хромель-алюмелевой термопарой. Отбор проб для определения химического состава осуществлялся с помощью одноточечного пробоотборника, а также с помощью восьмиточечного интегрального пробоотборника. Измерения выполнялись в научно-образовательном центре газодинамических исследований СГАУ (ныне Самарский университет) сотрудниками лаборатории лазерной диагностики структуры потока (ЛЛДСП) и лаборатории исследования моделей КС на экспериментальном стенде для испытаний

КС при давлении в камере, близком к атмосферному.

Испытанная одногорелочная трубчатая КС оснащена двухканальной пневмомеханической форсункой для распыливания жидкого топлива (керосина). Воздух к рабочему участку стенда подавался с помощью высокопроизводительного вентилятора, из которого он направлялся в электрический подогреватель, далее воздух проходил мерный участок и попадал в камеру сгорания. Из КС воздух (газ) удалялся через выхлопную магистраль в глушитель стенда. Высокопроизводительный вентилятор обеспечивал перед КС давление воздуха $p_k^* \approx (1,05...1,25) \cdot p_H$; электрический подогреватель создавал подогрев воздуха на 50...200 °С в зависимости от его расхода через КС. На выходе из конического газосборника жаровой трубы к корпусу КС крепилась короткая стальная проставка с каналом квадратного поперечного сечения соосно с осью жаровой трубы. На боковой поверхности проставки имеются два