

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛАБИРИНТНОГО УПЛОТНЕНИЯ КАК ЭЛЕМЕНТА СТУПЕНИ ТУРБОМАШИНЫ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Шипунов В.В., Виноградов А.С.

Самарский университет, г. Самара, shipunov2k@gmail.com

Ключевые слова: лопаточные машины, лабиринтное уплотнение, газовая динамика.

Развитие и совершенствование авиационных двигателей приводит к непрерывному росту параметров цикла. Современные турбореактивные двигатели для гражданской авиации имеют значения степени двухконтурности, достигающие $m=15$, суммарную степень повышения давления в компрессоре $\pi_k=35-50$, температуру газа перед турбиной до 2000 К. Одновременно с увеличением параметров цикла, одной из основных тенденций является максимально возможное сокращение количества ступеней как в турбине, так и в компрессоре [1]. Это приводит к постоянному возрастанию нагрузки в каждой ступени и увеличению влияния на параметры эффективности узла. Лабиринтное уплотнение является неотъемлемым элементом ступени лопаточной машины и его влияние на эффективность ступени должно анализироваться подробно.

Высокая эффективность авиационного двигателя особенно важна для обеспечения конкурентоспособности. Повышение общего КПД может быть достигнуто за счет повышения уровня КПД отдельных узлов двигателя и отдельных элементов. В качестве таких элементов можно рассматривать уплотнения проточного тракта. В статье рассматривается влияние герметичности уплотнения проточного тракта в ступени на КПД. Большинство публикаций по исследованиям, посвященным уплотнениям в авиационных двигателях, изучают уплотнения как отдельный объект [2]. В качестве входных данных для процесса проектирования указываются только физические параметры [3]. Однако существует определенная взаимосвязь между конструкцией уплотнения и параметрами ступени. Для более детальной и точной конструкции уплотнение должно быть разработано как отдельно, так и в составе лопаточной машины. В этом заключается первая особенность данного исследования, опирающаяся на исследование лабиринтного уплотнения как элемента ступени. Второй особенностью является более сложное представление об уплотнении проточной части. Предполагается изучить работу не только самого уплотнения, но и влияние процессов, происходящих в радиальных ободных уплотнениях и разделяющих их полостях. Таким образом, осуществляется переход от обособленного уплотнения к уплотнительной системе.

Для решения этой задачи были созданы трехмерные расчетные модели уплотнений в составе ступеней турбины и компрессора различных двигателей. Схемы уплотнений и ступеней лопаточных машин показаны на рис. 1. Кроме того, были также исследованы варианты исполнения с одной, двумя и тремя ступенями компрессора и была выполнена оценка эффективности уплотнения для каждой модели. Данное исследование необходимо для объяснения влияния одного уплотнения не только на одну ступень, но и на весь компрессор. В составе ступени турбины было проведено исследование герметичности лабиринтного уплотнения при условии наличия сотовых вставок, а также с учетом врезания гребешков в сотовую структуру.

В результате проведенного исследования было определено влияние величины утечки через уплотнение на уровень КПД одной ступени и группы ступеней. При этом учитывались также потери, связанные с вихревым образованием и нагревом воздуха от вращения. Кроме того, исследовано влияние других конструктивных параметров уплотнения. Этими параметрами являются размер зазора, радиус положения уплотнения, производственные допуски, количество штифтов и их форма, режимы течения и геометрические параметры межтрубных полостей.

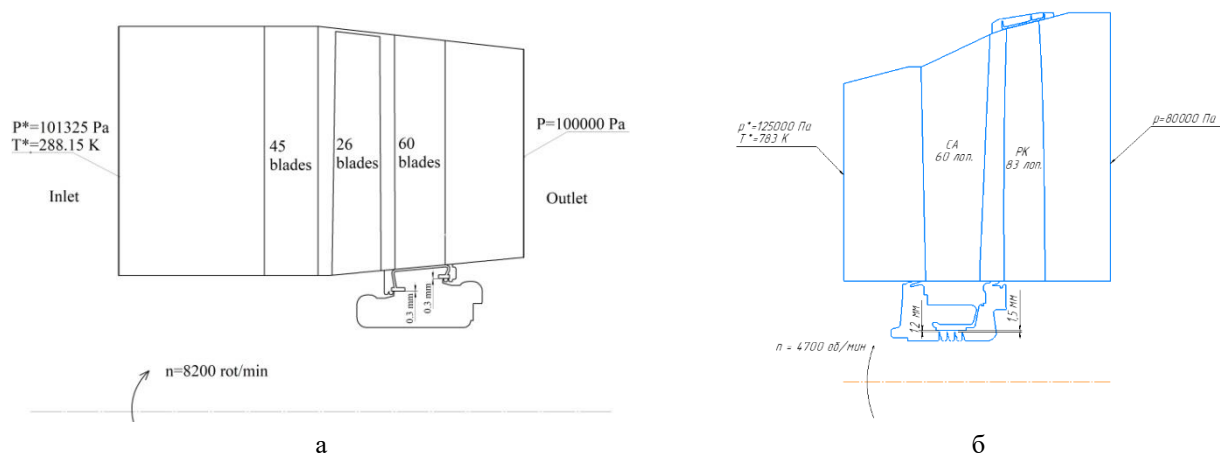


Рис. 1 – Схема исследуемых ступеней компрессора (а) и турбины (б) с лабиринтными уплотнениями

Правильность выводов была подтверждена сравнением с экспериментальными данными и с аналитическими зависимостями [4]. Для построения расчетных моделей были использованы фактические профили лопаток компрессора. Проведено сравнение с фактическими расходными характеристиками компрессора, полученными в ходе его официальных испытаний. В результате сравнения была получена приемлемая разница между расчетными и экспериментальными результатами.

Список литературы

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели: учебник для вузов. В 5-и т. Т.1. М.: Машиностроение, 2008. 208 с.
2. Голубев А.И., Кондакова Л.А. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.
3. Васильцов Э.А. Бесконтактные уплотнения. – Л.: Машиностроение, 1974. – 160 с.
4. Холщевников К.В. Теория и расчет лопаточных машин. М.: Машиностроение, 1970. С. 107-116.

Сведения об авторах

Шипунов Виталий Викторович, аспирант. Область научных интересов: уплотнения проточной части газотурбинных двигателей.

Виноградов Александр Сергеевич, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник. Область научных интересов: уплотнения газотурбинных двигателей.

DESIGN OF THE LABYRINTH SEAL AS AN ELEMENT OF A GET ENGINE TURBOMACHINE STAGE

Shipunov V.V., Vinogradov A.S.

Samara National Research University, Samara, Russia, shipunov2k@gmail.com

Keywords: blade machines, stage, turbomachine, labyrinth seal, fluid dynamics, efficiency.

In this paper the influence of the labyrinth seal tightness on the compressor and turbine stage efficiency is analyzed. The labyrinth seal is considered as an element of the blade machine stage. Investigations of the tightness of the labyrinth seal in the compressor and turbine were performed for different engines. Various design parameters of the seals were investigated. The comparison with the experimental data proved the reality of the calculated results.