

УДК 621.45.023

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМЫ АКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ ЗАЗОРОВ В ГТД

© Матвеев А.А., Мошков Д.Р., Фалалеев С.В.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: vut.13@mail.ru

За время цикла работы ГТД происходят динамические изменения его параметров, которые приводят к изменению радиальных зазоров между лопатками ротора и статором в компрессоре и турбине, что в конечном итоге существенно влияет на эффективность газотурбинного двигателя.

Для оптимизации величин зазоров в ГТД используется система активного управления радиальными зазорами – САУРЗ. Существует множество концепций систем активного и пассивного регулирования зазора. В качестве рассматриваемого метода взято активное тепловое регулирование. Рассматривается активное тепловое регулирование. В конструкции такой системы для регулирования радиального зазора используется воздух из компрессора или вентилятора для нагрева (с целью расширения) либо охлаждения (с целью сужения) силовых элементов статора. Использование САУРЗ позволяет обеспечить оптимальные величины радиальных зазоров, при которых перетекание воздуха через зазоры незначительно, что в итоге увеличивает КПД ступени. Однако воздух, отбираемый, например, для охлаждения статора турбины, не участвует в процессе создания тяги. Поэтому необходимо наиболее оптимально подобрать параметры САУРЗ, чтобы достигнуть максимальной эффективности.

Изначально расчет величин радиальных зазоров в турбокомпрессоре производится без использования САУРЗ. Он проводится итерационным методом путем совместного гидравлического, теплового и структурного расчета конструкции двигателя. Выбираются режимы работы, на которых необходимо регулировать радиальные зазоры, а также величины необходимого изменения величин зазоров на этих режимах. Затем производится расчет САУРЗ, представляющей из себя кольцевые коллекторы с отверстиями для выхода воздуха для обдува наружной поверхности статора. В итоге выбираются потребный расход охлаждающего воздуха и рациональные геометрические параметры такой системы: диаметры коллекторов, расстояние от коллектора до статора, диаметр отверстий подвода воздуха и расстояние между ними.

Целью данной работы является создание виртуальной модели системы регулирования радиальных зазоров, позволяющей на этапе проектирования двигателя выбрать ее оптимальные газодинамические и геометрические параметры, а также проводить моделирование работы этой системы по циклу работы ГТД.

Первым этапом данной работы является поиск различных методов САУРЗ и выбор оптимальной модели для дальнейшего расчета. Из литературы [1] проанализированы типы регулирования радиальных зазоров, а также выяснены режимы работы двигателя, на которых зазор наименьший и наибольший. Так как большую часть времени двигатель работает на крейсерском режиме, то регулирование зазора в том случае позволит значительно увеличить экономичность и эффективность ГТД. Поэтому расчет САУРЗ будет проводиться именно для этого режима работы двигателя.

Вторым этапом данной работы является упрощенный расчет изменения радиальных зазоров от параметра теплоотдачи от воздуха к статору. Значение этого коэффициента зависит от параметров потока, поэтому при определении оптимального

коэффициента теплоотдачи возможно определить необходимые параметры охлаждающего газового потока – скорость потока, его плотность и т. д.

На графике представлены результаты ручного расчета и данных о деформации, рассчитанных программным пакетом «Steady-State Thermal» в ANSYS. По оси OY откладывалось изменение размеров статора, а по оси OX – коэффициент теплоотдачи, который представляется возможным рассчитать через число Нуссельта, учитывающее скорость потока, обдувающего статор. Таким образом, опираясь на этот график можно выбрать необходимую величину изменения зазора и вычислить соответствующую ей скорость газа. Как можно видеть, при $\alpha < 20 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ осуществляется свободная

конвекция, то есть САУРЗ не включена. При использовании системы возможно изменение скорости обдувающего потока и как увеличение, так и уменьшение радиального зазора.

Из графика можно видеть расхождение между кривыми. Одной из возможных причин такого расхождения является неточность граничных условий при расчете в ANSYS, а именно из-за конечных размеров модели учитывались краевые эффекты, которые при теоретическом расчете были опущены вследствие отсутствия размеров статора и сложности в расчетах.

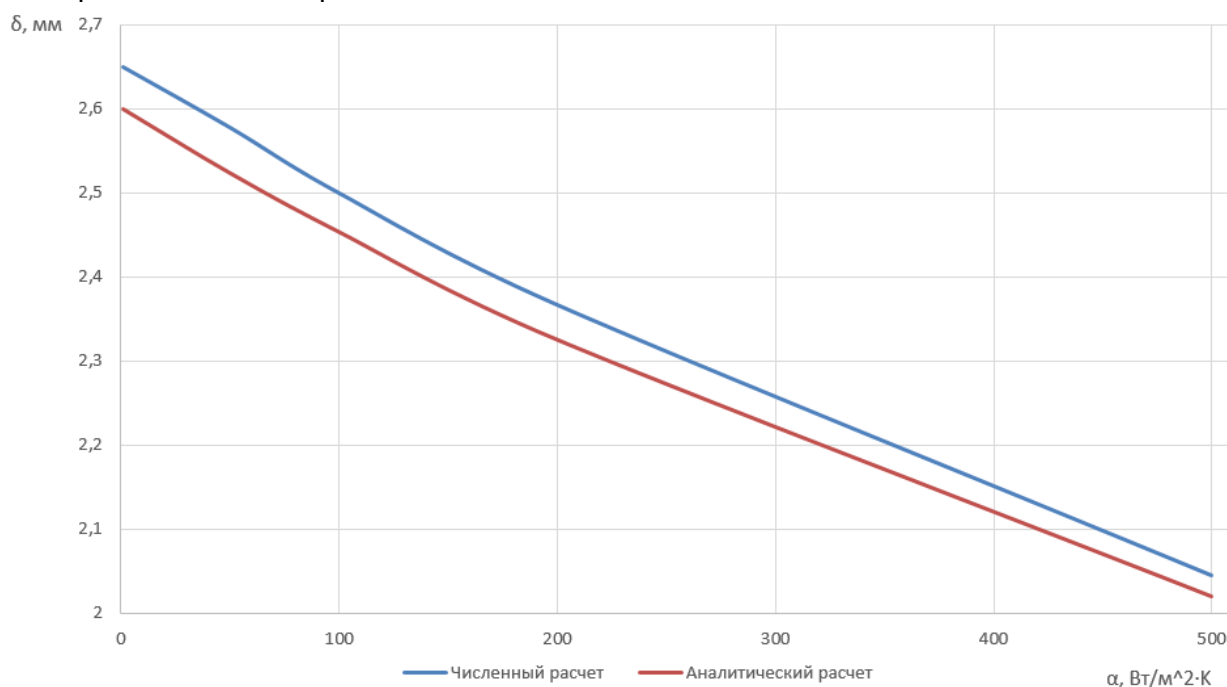


Рис. График изменения радиальных зазоров

На данном этапе работы были получены теоритические и экспериментальные зависимости изменения радиальных зазоров от скорости потока. В дальнейшем планируется перейти к созданию аналога САУРЗ из [1] в пакете «Fluid Flow» программы ANSYS.

Библиографический список

1. Бондарчук П.В. [и др.]. Методика проектирования системы управления радиальными зазорами в компрессоре: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 74 с.