

УДК 621.452.32

РАСЧЕТ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД НА МАКСИМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

© Ирышков Б.В., Бенедюк М.А., Бадыков Р.Р.

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

e-mail: boris.iryshkov@gmail.com

В тезисах рассматривается работа по определению величины радиального зазора осевой турбины на максимальном режиме работы малоразмерного газотурбинного двигателя тягой 220 Н и приведены рекомендации по его корректировке. Величина радиального зазора между ротором и статором турбины определяет КПД турбины и обеспечивает ее надежную работу. Минимальный радиальный зазор соответствует максимальному режиму работы двигателя, а также режиму останова двигателя [1]. Турбина (рис. 1) состоит из рабочего колеса (1) и соплового аппарата (2).

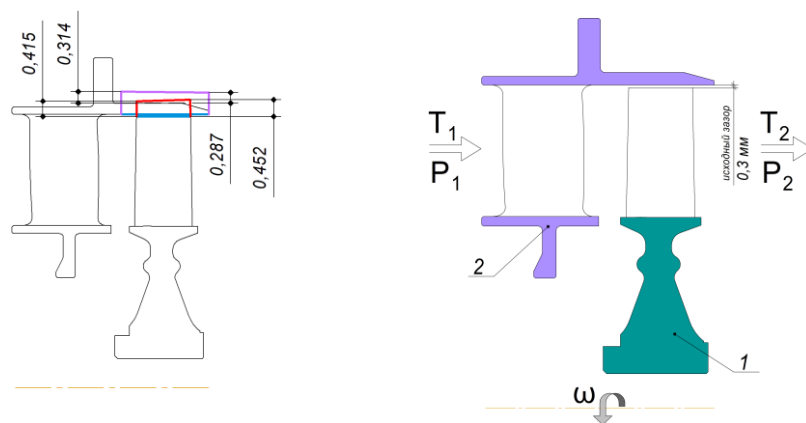


Рис. 1. Конструктивная схема турбины и суммарные радиальные деформации в мм

Была создана структурная конечно-элементная модель в пакете ANSYS, рассчитано распределение температур по рабочему колесу турбины и соплового аппарата, а затем получены их деформации. Для расчета температурного распределения в качестве граничных условий задавались температура рабочего тела и коэффициент теплоотдачи. Нагрузки, прикладываемые к ротору и статору (скорость вращения, избыточное давление и температура), приведены на рис. 2 и соответствуют максимальному режиму работы двигателя:

$$\omega = 12000 \text{ об/мин}; P_1 = 0,414 \text{ МПа}; P_2 = 0,13477 \text{ МПа}; T_1 = 831,594 \text{ К}; T_2 = 900,528 \text{ К}.$$

Для уменьшения времени расчета в пакете ANSYS были созданы две конечно-элементные (КЭ) модели: ротор (30 тыс. кэ) и статор (12 тыс. кэ). Модели обладают поворотной симметрией. Материалом для СА и турбины служит высокопрочный жаропрочный гранулируемый никелевый сплав ВВ751П. Ввиду отсутствия некоторых данных (таких, как модуль Юнга) для расчета было принято решение заменить его практически идентичным исходному по химическим и физическим характеристикам сплавом ЭП881 со следующими характеристиками: плотность 8300 кг/м^3 , коэффициент температурного расширения, $1,5 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, модуль Юнга, $1,94 \cdot 10^{11} \text{ Па}$, коэффициент Пуассона 0,3. Теплоемкость задавалась в виде табличной зависимости от температуры.

Был произведен расчет радиальных деформаций отдельно от действия термического расширения, центробежных сил, перепада давления и от их суммарного воздействия. Расчет отдельно от каждого параметра позволяет определить их влияние на радиальный зазор, а также правильность расчета. Результаты расчета приведены на рис. 2, а также в таблице. В результате расчета были получены минимальные и максимальные зазоры путем нахождения разности между деформациями соответствующих поверхностей статора и ротора рабочего колеса турбины.

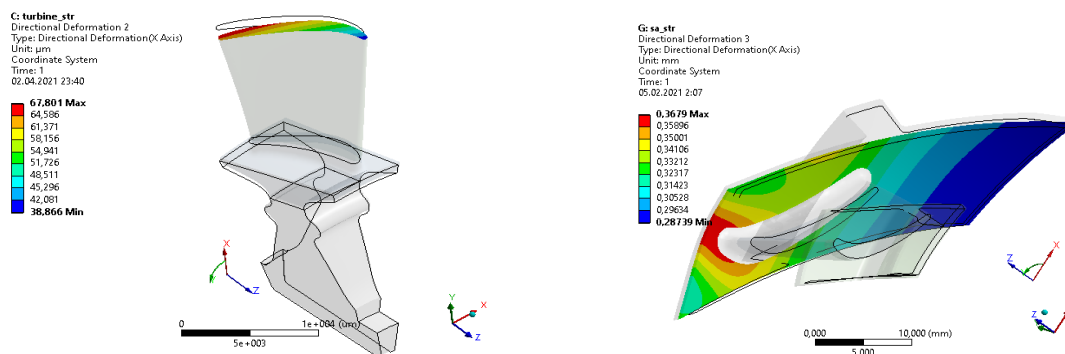


Рис. 2. Суммарные радиальные деформации статора и ротора

Таблица. Результаты расчета

Радиальные деформации	Ротор турбины		Статор СА	
	Min	Max	Min	Max
Термическое расширение, мкм	374,83	385,36	284,64	312,53
Центробежные силы, мкм	38,866	67,801	- ;	- ;
Перепад давления, мкм	- 1,3562	1,6086	- 0,4065	0,6463
Суммарные деформации, мкм	415,3	451,85	287,39	314,23

В соответствии с результатами расчета установлено, что максимальное влияние на величину зазора оказывает термическое расширение (85 % для ротора и 100 % для статора), а минимальное – центробежные силы (15 %) и перепад давления (менее 1 %). Отрицательное значение зазора от перепада давления вызвано изгибом лопаток и компенсируется центробежными силами. Величина зазора на максимальном режиме работы исследуемого малоразмерного ГТД со стороны входной кромки турбины уменьшается на 0,101 мм и составляет 0,199 мм, а со стороны выходной кромки уменьшается на 0,165 мм и составляет 0,135 мм.

Таким образом, учитывая радиальное биение, изначально принятый зазор необходимо изменить. Даны рекомендации по его увеличению – с 0,3 до 0,35 мм. При этом зазор на максимальном режиме со стороны входной кромки будет равен 0,249 мм, а со стороны выходной кромки на максимальном режиме – 0,185 мм.

Результаты исследования позволяют использовать в дальнейшем метод конечных элементов и программный пакет ANSYS 18.2 для решения задач по исследованию и моделированию радиальных зазоров газотурбинных двигателей [2].

Библиографический список

1. Шалина Р. Е. Авиационные материалы. Т. 3: Жаропрочные стали и сплавы. Сплавы на основе тугоплавких металлов. М.: ВИАМ, 1989. 566 с.
2. Старцев Н.И., Фалалеев С.В. Конструкция узлов авиационных двигателей: учеб. пособие. Самар: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 112 с.