

УДК 621.452.32

## РАСЧЕТ РАДИАЛЬНОГО ЗАЗОРА ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА МАЛОРАЗМЕРНОГО ГТД НА МАКСИМАЛЬНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

© Юртаев А.А., Ирышков Б.В., Бадыков Р.Р.

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

e-mail: don.yurtaev2016@yandex.ru

Величина радиального зазора между ротором и статором центробежного компрессора определяет КПД компрессора и обеспечивает его надежную работу. При выборе величины радиального зазора необходимо учитывать деформации корпуса от действия давления воздуха в компрессоре, неравномерного распределения температуры в деталях ротора и статора, а также деформации ротора из-за действия центробежных сил. В зависимости от режима работы двигателя радиальный зазор может как увеличиться, так и уменьшиться. Минимальный радиальный зазор соответствует максимальному режиму работы двигателя, а также режиму останова двигателя [1]. В данной работе приводится расчет радиального зазора на максимальном режиме работы малоразмерного ГТД тягой 220 Н. Центробежный компрессор (рис. 1) состоит из рабочего колеса (1), диффузора (2), входного устройства (3), крышки диффузора (4).

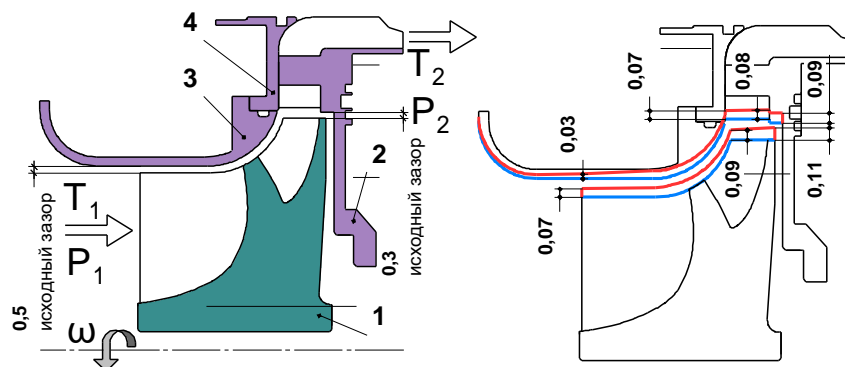
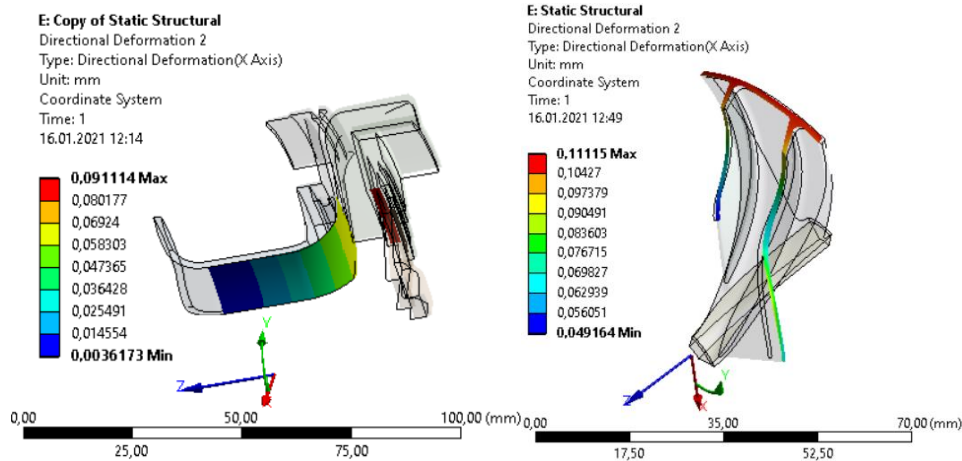


Рис. 1. Конструктивная схема центробежного компрессора и суммарные радиальных деформации в мм

Используя уравнение энергии для центробежного компрессора [2], была определена полная температура за компрессором. Для уменьшения времени расчета в пакете ANSYS были созданы две конечно-элементные (КЭ) модели: ротор (105 тыс. кэ) и статор (51 тыс. кэ), обладающие поворотной симметрией. В качестве используемого материала взят алюминиевый сплав Д16 со следующими характеристиками: плотность  $2770 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент температурного расширения,  $2,29 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ , модуль Юнга,  $7,2 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ , коэффициент Пуассона 0,3. Теплоемкость задавалась в виде табличной зависимости от температуры. Рассчитано распределение температур по рабочему колесу компрессора, наружному корпусу компрессора и диффузора, а затем получены их деформации, для расчета 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. 1 и соответствуют максимальному режиму работы двигателя:

$$\omega = 120000 \frac{\text{об}}{\text{мин}}; P_1 = 0,1047 \text{ МПа}; P_2 = 0,2094 \text{ МПа}; T_1 = 288,15 \text{ К}; T_2 = 478,81 \text{ К}.$$

Был произведен расчет радиальных деформаций отдельно от действия термического расширения, центробежных сил, перепада давления и от их суммарного воздействия. Это 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 компрессора.



*Рис. 2. Суммарные радиальные деформации статора и ротора*

Таблица. Результаты расчета

Радиальные деформации	Ротор компрессора		Статор компрессора	
	Min	Max	Min	Max
Термическое расширение, мкм	30,2	44,1	29,1	91,1
Центробежные силы, мкм	18,1	67,0	- ;	- ;
Перепад давления, мкм	- 0,2	$9 \cdot 10^{-3}$	0,6	1,8
Суммарные деформации, мкм	49,2	111,2	29,6	91,7

В соответствии с результатами расчета установлено, что максимальное влияние на величину зазора оказывает термическое расширение (46 % для ротора и 98 % для статора) и центробежные силы (53 %), а минимальное – перепад давления (менее 2 %). Отрицательное значение зазора от перепада давления вызвано изгибом лопаток и компенсируется центробежными силами. Величина зазора со стороны входа центробежного компрессора уменьшается на 0,04 мм и составляет 0,46 мм, а со стороны выхода уменьшается на 0,02 мм и составляет 0,28 мм.

Таким образом, изначально принятые зазоры целесообразно изменить. Даны рекомендации по их уменьшению: со стороны входа с 0,5 до 0,35 мм, при этом зазор на максимальном режиме будет равен 0,31 мм, а со стороны выхода с 0,3 до 0,25 мм, на максимальном режиме – 0,23 мм.

### Библиографический список

1. Старцев Н.И., Фалалеев С.В. Конструкция узлов авиационных двигателей: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2006. 112 с.
2. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. М.: Машиностроение, 2003. 616 с.