

УДК 621.822.5

РАСЧЁТ ОСЕВЫХ УСИЛИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РАДИАЛЬНО-УПОРНЫЙ ПОДШИПНИК

©2018 Ю.Д. Новикова, Г.М. Попов, А.А. Волков, Д.И. Ростовцев, К.А. Кожухов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

CALCULATION OF AXIAL FORCES ACTING ON A RADIAL-STEERING BEARING

Novikova Yu.D., Popov G.M., Volkov A.A., Rostovtsev D.I., Kozhukhov K.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The paper describes the determination of axial forces acting on the elements of the air system of the pneumatic braking device, the determination of the axial forces acting on the rotor blades of the pneumatic braking device, the determination of the total axial force acting on the radial-steering bearing.

Развитие турбореактивных двигателей идёт по пути увеличения скоростей газа в различных элементах тракта двигателя, снижение его удельного веса, применения новых материалов, выдерживающих большие нагрузки и высокие температуры. Непрерывно совершенствуются конструкции различных узлов и технология их изготовления. Изучение сложных физических явлений, происходящих на различных участках тракта двигателя, и их взаимозависимости требует длительного времени. Поэтому наряду с предварительными инженерными расчётами приходится экспериментально проверять работу как отдельных элементов, так и двигателя в целом [1].

Экспериментальные стенды, на которых проводятся испытания двигателей, представляют собой сложные сооружения [2], которые, помимо прочего, оснащены комплексом энергетического оборудования, включающего в себя тормозное устройство.

В связи с потребностью ПАО "Кузнецов" в испытаниях новых двигателей, мощность которых превышает мощность выпускавшихся ранее двигателей, возникла необходимость в получении тормозного устройства для ГТД с мощностью 32 МВт. Однако при этом данное устройство должно быть универсальным и позволять испытывать двигатели предыдущего поколения мощностью 25 МВт и турбины ГТД военных и транспортных самолётов, разработкой которых также занимается ПАО "Кузнецов".

На предыдущем этапе было установлено, что наиболее подходящим вариантом является пневматическое тормозное устройство (ПТУ), которое позволяет утилизировать вырабатываемую ГТД мощность за счёт сжатия воздуха [3] и получена конфигурация его газодинамического тракта, учитывающая все описанные выше требования (рис. 1).

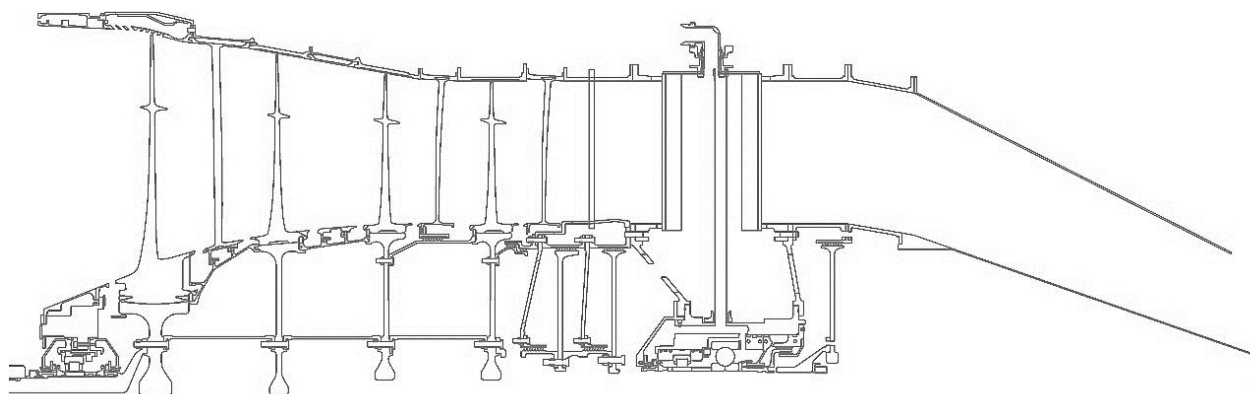


Рис. 1. Конфигурация газодинамического тракта пневмотормоза (1 этап)

Целью работ следующего этапа исследований стало определение усилий, действующих на упорный шариковый подшипник,

расположенный в задней опоре.

Суммарная осевая сила, действующая на ротор ПТУ, включает в себя осевые силы, обусловленные действием давления во внутренних полостях воздушной системы, а также газовых сил, действующих на рабочие лопатки пневмотормозного устройства.

Определение осевых сил, обусловленных действием давлений в полостях ПТУ,

проводилось по известной зависимости (табл. 1):

$$F = p \cdot S, \quad (1)$$

где F – осевая сила; p – давление, действующее на поверхность; S – осевая проекция площади поверхности.

Таблица 1 – Значения осевых сил, действующих на элементы воздушной системы ПТУ

Частота вращения, об/мин	Диаметр отверстия сменной шайбы, мм	Суммарная осевая сила, Н	Суммарная осевая сила, кгс
5000	110	68636.1	6998.93
5500	110	75514.9	7 700.377

Для определения давлений, действующих на поверхности элементов воздушной системы, была создана параметрическая модель внутренних воздушных ПТУ. С её помощью был проведен гидравлический расчёт по методу гидравлических цепей с помощью

программы, разработанной Харьковским политехническим институтом.

Усилия, действующие на рабочие лопатки ПТУ на интересующих режимах работы, были определены в программном комплексе NUMESA и приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Значения осевых сил, действующих на рабочие лопатки ПТУ

n, об/мин	Лопатка	Кол-во	Осевая сила, приходящаяся на одну лопатку, Н	Осевая сила, приходящаяся на венец, Н	Осевая сила ротора, Н
5000	PK1	27	-857.371	-23149	-70956.8
	PK2	39	-520.477	-20298.6	
	PK3	47	-393.786	-18507.9	
	PK4	47	-191.516	-9001.27	
5500	PK1	27	-909.756	-24563.4	-78400.8
	PK2	39	-590.654	-23035.5	
	PK3	47	-434.789	-20435.1	
	PK4	47	-220.571	-10366.8	

С учётом описанных выше условий были выполнены расчёты суммарной осевой силы, действующей на ротор ПТУ. Суммарная осевая сила для частоты вращения 5000 об/мин составила -22758.3 Н (-2320.7 кгс), для частоты вращения 5500 об/мин - -28301.01 Н (-2885.9 кгс).

Библиографический список

1. Горбунов, Г.Б. Испытания авиационных воздушно-реактивных двигателей [Текст] / Г.Б. Горбунов, Э.Л. Солохин. – М.: Машиностроение, 1967. – 256 с.

2. Черкез, А.Я. Испытания воздушно-реактивных двигателей [Текст] / А.Я. Черкез, И.И. Онищик, В.А. Овсянников, Е.М. Таран, В. Б. Рутовский– М.: Машиностроение, 1992. – 304 с.

3. Григорьев, В.А. Испытания авиационных двигателей: учебник для вузов / В.А.Григорьев, С.П. Кузнецов, А.С. Гишваров, А.Н. Белоусов, С.К. Бочкарев, С.А. Ильинский, В.Т. Шепель.- М.: Машиностроение, 2009. – 504 с.