

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПРЕССОРА НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 Г.М. Попов, Ю.Д. Новикова, Е.С. Горячкин

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### USING THE LOW-PRESSURE COMPRESSOR TO DESIGN THE AIR BRAKE SYSTEM

Popov G.M., Novikova Yu.D., Goryachkin E.S. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*This work is dedicated to the gas-dynamic design of the air brake system for the test bench of the high power GTE. Have been considered several different options of the configuration for air brake system, including the configuration with the outlet guide vane. As for the pneumatic brake system has been chosen unified nozzle.*

Испытания газотурбинных двигателей (ГТД) являются важнейшей частью их жизненного цикла. Они проводятся как для вновь созданных двигателей, так и для выпускаемых серийно перед их поставкой заказчику [1].

При испытании промышленных ГТД, предназначенных для привода электрогенераторов, насосов нагнетателей и т.д. существует проблема утилизации и замера вырабатываемой ими мощности. В связи с этим необходимо снабдить испытательный стенд тормозным устройством, которое будет поглощать мощность испытываемого двигателя, а также позволит измерить крутящий момент.

Существует несколько типов тормозных устройств. Наиболее часто встречается гидротормоз, но также в литературе можно встретить и воздушный тормоз с использованием винта. Гидротормоз позволяет измерить крутящий момент с высокой точностью (0,5%), однако расход воды при его работе составляет  $500 \text{ м}^3/\text{час}$  и он имеет значительные габариты. Воздушный тормоз редко используется на практике, так как даёт низкую точность [2].

В связи с этим на предприятии ПАО «Кузнецов» при проектировании нового двигателя НК-36СТ-32 задумались о создании нового тормозного устройства на базе существующего компрессора низкого давления [3]. Если в качестве пневмотормоза использовать существующий компрессор, можно существенно снизить стоимость разработки пневмотормоза, а также сократить сроки создания. Именно по такому пути было решено пойти.

Данная работа была посвящена газодинамическому проектированию пневмотормозного устройства для семейства промышленных ГТД НК-36СТ. Спроектированный пневмотормоз позволяет обеспечить потребление требуемого количества мощности на частоте 5000 об/мин (25 МВт) и 5500 об/мин (32 МВт). Для снижения стоимости разработки пневмотормоза, он был получен на базе существующего компрессора низкого давления ГТД (далее Базовый КНД) (рис. 1). Газодинамическое исследование было проведено с помощью CFD моделирования в программном пакете Numeca Fine Turbo.

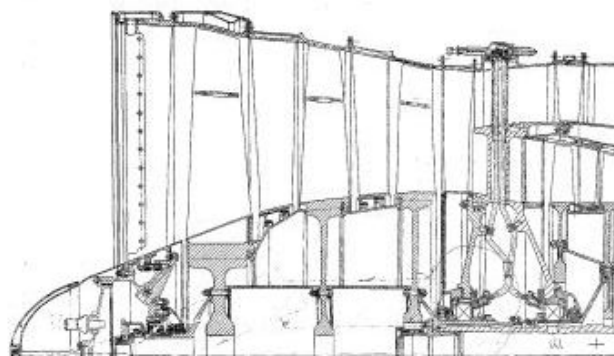


Рис. 1. Геометрия базового компрессора

На первом этапе работы была создана расчётная модель базового компрессора низкого давления ГТД и выполнена её валидация.

По результатам валидации были сделаны следующие выводы:

1. Характеристики, полученные расчётным путём, повторяют качественный характер экспериментальных характеристик;
2. Количественная погрешность в определении мощности составляет 10%;

3. Количественная погрешность в определении расхода составляет 4,6%;

4. Созданная расчётная модель может использоваться в исследованиях при условии коррекции расчётных характеристик на величину выявленных погрешностей.

5. Базовый компрессор не обеспечивает утилизацию требуемой мощности на режиме 5000 об/мин.

Из полученных результатов видно, что базовый КНД не позволяет выработать требуемую мощность. Поэтому в расчётную модель базового КНД были внесены изменения: была добавлена подпорная ступень.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о том, что пневмотормоз с добавленной подпорной ступенью не сможет обеспечить потребление требуемой мощности во всем диапазоне работы испытательного стенда.

По этой причине было решено спроектировать пневмотормоз в одноконтурной конфигурации с добавлением четвертой ступени. Данный вариант конфигурации пневмотормоза позволил обеспечить необходимое потребление мощности во всем диапазоне работы испытательного стенда. Однако в данной конфигурации имелся остаточный угол закрутки потока за последним направляющим аппаратом. Остаточная закрутка на выходе из компрессора является нежелательной, так как может привести к неустойчивой работе выходного устройства пневмотормоза и испытательного стенда в целом.

Для устранения остаточной закрутки потока было принято решение о проектировании выходного спрямляющего аппарата (рис. 2).

Анализ результатов CFD моделирования показал, что данная конфигурация пневмотормоза сможет обеспечить потребление требуемой мощности во всем диапазоне работы испытательного стенда, при этом среднее значение угла потока в сечении за спрямляющим аппаратом составило около 1 градуса.

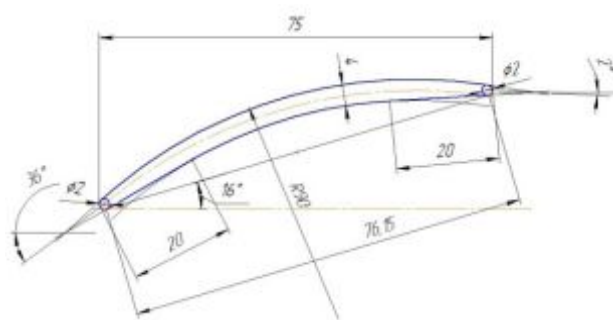


Рис. 2. Геометрия спрямляющего аппарата

При расчёте характеристик пневмотормоза на предыдущих этапах на выходе из расчётной модели пневмотормоза задавалось переменное статическое давление. В реальных условиях эксплуатации давление окружающей среды меняться не будет и будет равно атмосферному. По этой причине было подобрано унифицированное сопло, позволяющее обеспечить работу пневмотормоза на заданных режимах.

После проведения научно-исследовательской работы была получена готовая конфигурация пневматической тормозной системы, предназначенная для испытаний газотурбинных двигателей. Данную систему можно будет использовать для проведения испытаний газотурбинных двигателей большой мощности.

#### Библиографический список

1. Черкез А.Я., Онищик И.И., Овсянников В.А., Таран Е.М., Рутовский В.Б. Испытания воздушно-реактивных двигателей – М.: Машиностроение, 1992. 304 с.
2. Горбунов Г.Б., Солохин Э.Л. Испытания авиационных воздушно-реактивных двигателей. – М.: Машиностроение, 1967. 256 с.
3. Способ испытания газотурбинного двигателя и устройство для его осуществления : пат. 2318195 Рос. Федерация: МПК G01M 15/14 / М. В. Коротов, заявитель и патентообладатель ОАО Самарский научно-технический комплекс им. Н.Д. Кузнецова. – № 2001127609/06; заявл. 10.10.01; опубл. 20.06.03, Бюл. № 6. 9 с.