

УДК 621.45.02

## ВАЛИДАЦИЯ РАСЧЁТНОЙ МОДЕЛИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ГТД

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

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Каждая наземная газотурбинная установка, пройдя этапы проектирования, конструирования и изготовления, подвергается испытанию. Экспериментальные стенды, на которых проводятся испытания двигателей, представляют собой сложные сооружения, которые, помимо прочего, оснащены комплексом энергетического оборудования, включающего в себя тормозное устройство. Тормозное устройство необходимо для поглощения мощности, вырабатываемой во время испытаний исследуемым двигателем. В настоящее время существует потребность в тормозных системах для испытательных стендов газотурбинных установок на 25 МВт (5000 об/мин) и 32 МВт (5500 об/мин). На данный момент существует несколько типов тормозных устройств, применяемых при испытаниях ГТД: пневматические, гидравлические, электрогенераторы. Для газотурбинной установки наиболее предпочтительным тормозным устройством является пневматическое тормозное устройство, так как его можно выполнить на базе спроектированного ранее компрессора низкого давления (КНД) турбореактивного двигателя, далее – базовый КНД. Этот вариант привлекателен тем, что это уже готовая конструкция, которая прошла испытания. В результате испытаний были получены характеристики базового КНД. С помощью характеристик базового КНД была проведена валидация расчётной модели.

Газодинамическое проектирование выполнялось численным методом в программном комплексе Numeca. Далее было выполнено построение расчётной модели. Модель *PBS\_ver* была построена с учётом антивибрационных полок на РК. В программном комплексе *AutoGrid5* была построена геометрия расчётной области пневмотормоза. Общее количество элементов сетки составило 5 500 000 конечных элементов. В среднем на один лопаточный венец рабочего колеса приходилось 840 тысяч конечных элементов, на один лопаточный венец направляющего аппарата приходилось 250 тысяч конечных элементов. Среднее количество элементов в межлопаточном канале для рабочего колеса составляло 6 720 конечных элементов, для направляющего аппарата – 4 098 конечных элементов.

С использованием описанной выше расчётной модели был выполнен расчёт характеристик. По результатам расчёта характеристик были построены:

1) напорные характеристики базового двухконтурного КНД (рисунок 1): зависимости  $\pi_I^* = f(G_{B\Sigma})$  для I контура и  $\pi_{II}^* = f(G_{B\Sigma})$  – для II контура;

2) КПД-характеристики (рисунок 2): зависимости  $\eta_I^* = f(G_{B\Sigma})$  для I контура и  $\eta_{II}^* = f(G_{B\Sigma})$  – для II контура;

3) зависимость суммарной мощности от суммарного расхода воздуха  $N = f(G_{B\Sigma})$  (рисунок 3).

Полученные характеристики сравнивались с экспериментальными.

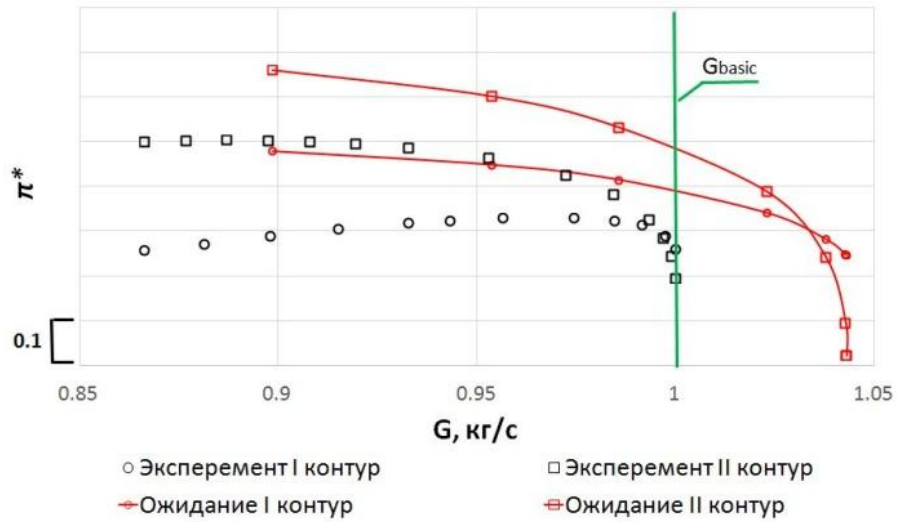


Рис. 1. Напорные характеристики для модели PBS\_ver

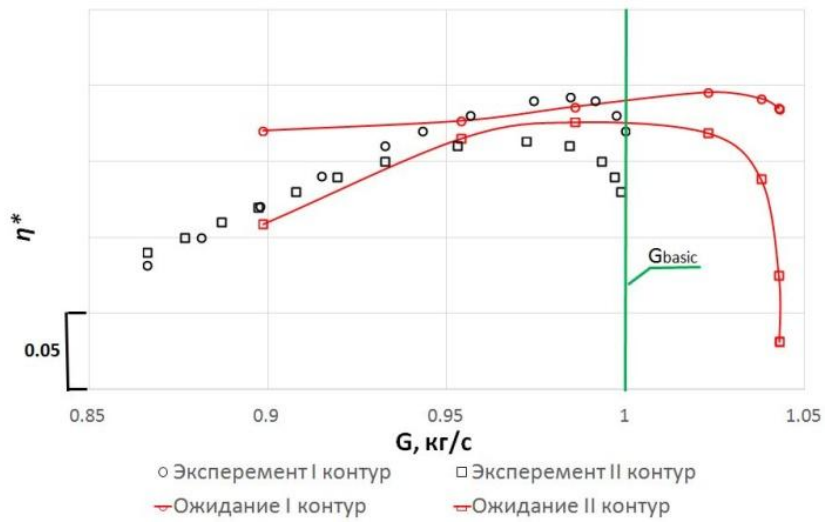


Рис. 2. КПД-характеристики для модели PBS\_ver

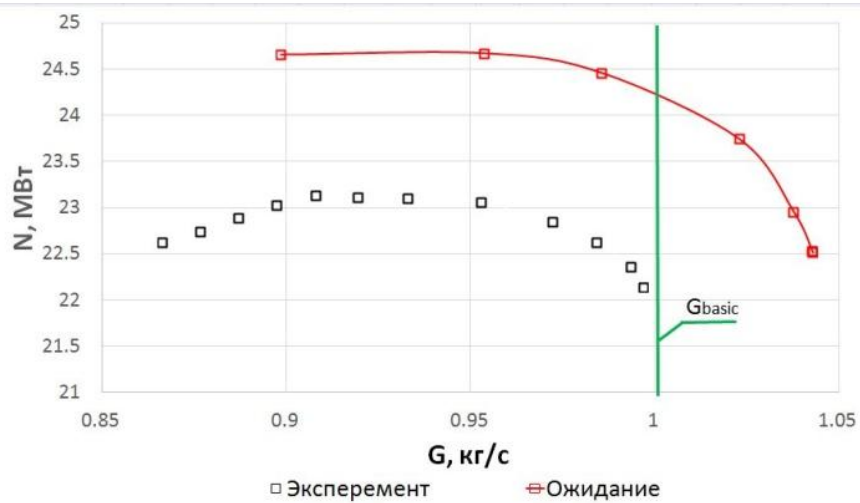


Рис. 3. Зависимость суммарной мощности на валу PBS\_ver от относительного расхода воздуха

Из сравнения экспериментальных и расчётных зависимостей были сделаны следующие выводы.

1. Расчётные зависимости повторяют вид и форму экспериментальных зависимостей.

2. Погрешность в определении мощности между расчётной и экспериментальной моделью составляет 10%.

3. Погрешность в определении расхода составляет 4,6%.

4. Созданную расчётную модель можно использовать при газодинамическом проектировании пневмотормоза при учёте погрешностей в определении мощности и расхода.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки РФ) в рамках проекта по постановлению Правительства РФ № 218 от 09.04.2010 (шифр темы 2013-218-04-4777).