

- расчет переходных режимов работы и динамических характеристик;
- идентификация параметров;
- моделирование полетного цикла;
- и т.д.

Таким образом, система АСТРА-4 является следующим шагом в разработке комплексной, универсальной автоматизированной системы, охватывающей весь цикл термогазодинамического проектирования газотурбинного двигателя, а также его термогазодинамической доводки.

УДК 629.7.036.33(075.8)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ ТУРБИН И НАПОРНОСТИ КОМПРЕССОРОВ ТРДД НА ЕГО МАССУ

Кузьмичёв В.С., Крупенич И.Н., Кулагин В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

### INVESTIGATION OF TURBINE AND COMPRESSOR LOADING INFLUENCE ON BYPASS ENGINE MASS

*Kuzmichev V.S., Krupenich I.N., Kulagin V.V. Influence of turbine and compressor loading of bypass engine turbocompressor on its mass is described.*

В качестве объекта исследований рассматривается двухвальный ТРДД без подпорных ступеней типа CFM56-5B-8 с высокими параметрами рабочего процесса, большой степенью двухконтурности и величиной суммарного расхода воздуха через двигатель.

В качестве исходных данных при проектировании проточной части задавались результаты проектного термогазодинамического расчета, а также следующие параметры: число ступеней вентилятора, относительный втулочный диаметр на входе в вентилятор, коэффициент напора вентилятора по периферии, относительный втулочный диаметр на выходе КВД, средний коэффициент напора компрессора ВД, параметр нагрузки турбины ВД, число ступеней турбины ВД, материал рабочих лопаток турбины ВД, коэффициент запаса прочности рабочих лопаток турбины ВД, параметр нагрузки турбины НД, число ступеней турбины НД. Форма проточной части всех элементов турбокомпрессора задавалась постоянством среднего диаметра.

Здесь и далее под относительной массой  $\bar{M}_i$  будем понимать отношение массы при текущем значении параметра к макси-

мальной массе в исследуемом диапазоне  $\bar{M}_i = M_i / M_{\max}$ .

С увеличением коэффициента напора вентилятора по периферии масса двигателя монотонно увеличивается, что объясняется уменьшением окружных скоростей вентилятора и соответствующим уменьшением частоты вращения каскада НД (поскольку число ступеней и геометрические параметры вентилятора заданы). Уменьшение частоты вращения приводит к росту габаритов и массы турбины НД, масса вентилятора при этом остается постоянной (рис. 1).

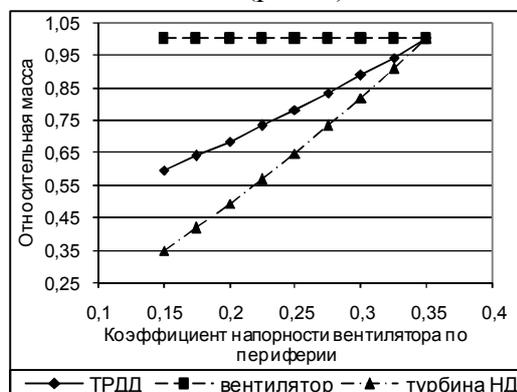


Рис. 1. Зависимость относительной массы двигателя, вентилятора и турбины НД от коэффициента напора вентилятора по периферии

Влияние среднего коэффициента напора компрессора ВД рассмотрим при следующих дополнительных условиях: при постоянстве приведенной скорости на периферии входа и при постоянстве числа его ступеней.

При постоянстве приведенной скорости рост коэффициента напора КВД приводит к монотонному уменьшению его массы, связанному с уменьшением числа ступеней (рис. 2). Однако влияние этого параметра на массу двигателя в целом незначительно, поскольку масса КВД составляет около 10% от массы ТРДД.

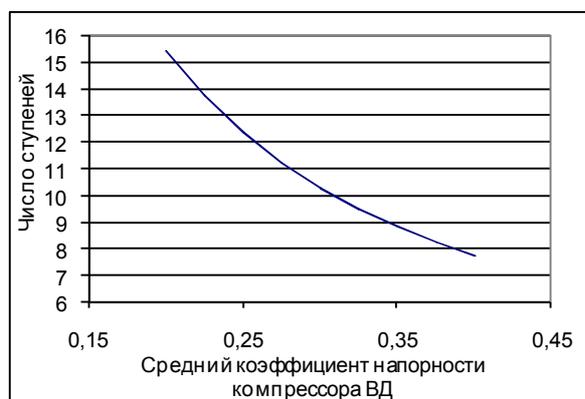


Рис. 2 – Зависимость числа ступеней КВД от среднего коэффициента его напора

При постоянном числе ступеней КВД рост коэффициента его напора приводит к уменьшению окружных скоростей и соответствующему уменьшению диаметральных размеров компрессора, которое определяет снижение его массы (рис. 3).

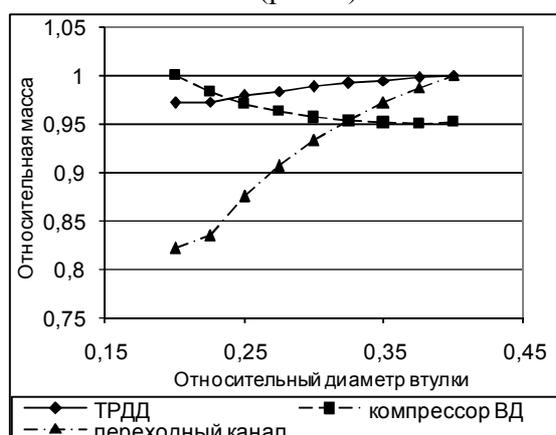


Рис. 3 – Зависимость относительной массы двигателя, компрессора ВД и переходного канала от среднего коэффициента напора КВД

Однако уменьшение диаметральных размеров КВД приводит к увеличению длины и массы переходного канала от вентилятора к КВД (рис. 3), преобладающее влияние этого фактора приводит к незначительному росту массы двигателя в целом.

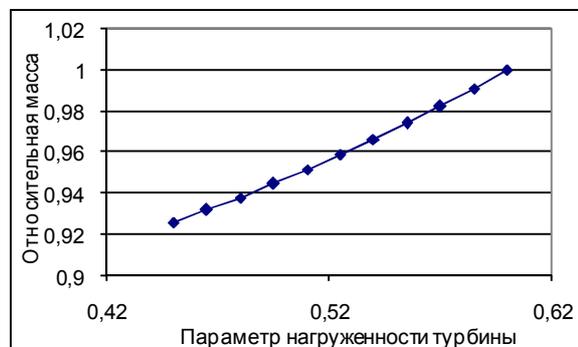


Рис. 4 – Зависимость относительной массы двигателя от параметра нагруженности ВД

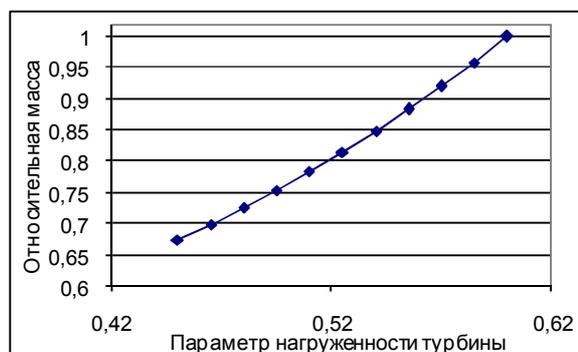


Рис. 5 – Зависимость относительной массы двигателя от параметра нагруженности НД

Влияние параметра нагруженности турбин ВД и НД на массу ТРДД аналогично: рост параметра нагруженности приводит к увеличению окружных скоростей турбины, а при заданных числе ступеней и частоте вращения это приводит к монотонному росту габаритов и массы турбины. Необходимо отметить, что масса турбины НД больше массы турбины ВД, поэтому влияние параметра нагруженности ТНД на массу двигателя в целом более существенно (рис. 4 и 5).

Приведенные закономерности изменения массы элементов ТРДД позволяют разработать общие рекомендации по выбору конструктивно-геометрических параметров.