

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ВХОДНОГО КАНАЛА КОМПРЕССОРА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

И.Н. Егоров, Г.В. Кретинин, К.С. Федечкин
ПАО «ОДК-УМПО» ОКБ им. А. Льюльки, г. Москва, fedeconst@mail.ru

Ключевые слова: компрессор, оптимизация, проточная часть компрессора.

В процессе развития газотурбинных двигателей постоянно ужесточались требования к газодинамическим и конструктивным параметрам компрессоров. Желание уменьшить вес и размеры авиационного двигателя, при сохранении или улучшении его параметров, привело к созданию высоконагруженных компрессоров с очень компактным расположением каскадов (рис. 1). Это естественным образом отразилось как на характере протекания характеристик компрессора низкого давления (КНД) и высокого давления (КВД), так и на увеличении взаимного влияния друг на друга.

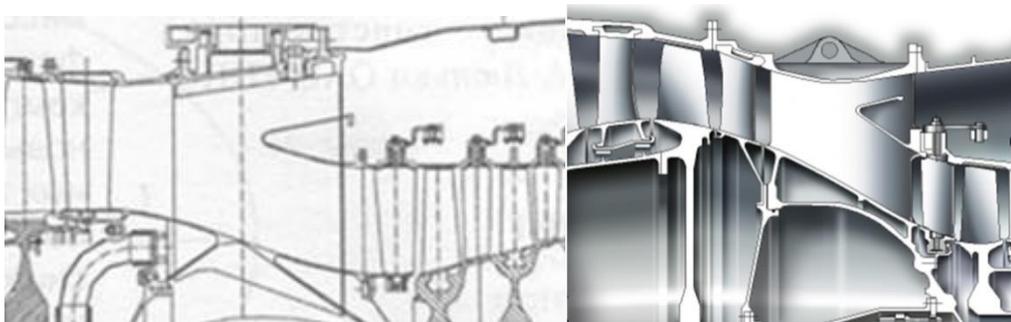


Рисунок 1 – Взаимное расположение КНД и КВД для серийного и опытного двигателя

Для решения современных задач проектирования компрессоров и учета при этом взаимного влияния каскадов друг на друга в работе применен 3D-CFD метод расчета течения. Выбор 3D-CFD расчетного метода для оценки течения в компрессоре обусловлен приемлемым качественным и количественным описанием его при значительном снижении стоимостных и временных ресурсов по сравнению с экспериментальными исследованиями.

Одним из аспектов, требующих внимания при разработке современного компактного двухконтурного двигателя, является взаимное расположение компрессоров низкого и высокого давления, а также форма канала промежуточного корпуса, по которому течет воздух первого контура. В рамках данной работы были рассмотрены различные варианты формы входного канала КВД: цилиндрический, канал серийного двигателя, канал опытного двигателя. Как показали результаты расчета рассмотренных вариантов, форма канала влияет не только на потери полного давления в самом канале промежуточного корпуса, но и на характер протекания напорных веток характеристики КВД.

Для оценки возможности поиска формы канала на входе в КВД с минимальными потерями полного давления и минимальным влиянием на характеристику компрессора была создана расчетная модель для поиска оптимальной геометрической формы входного канала КВД (рис. 2). Варьируемыми величинами в задаче оптимизации были значения радиусов контрольных точек по длине канала, через которые проходит сплайн, описывающий форму проточной части. В качестве критериев оптимизации рассматривались потери полного давления в промежуточном корпусе и КПД компрессора в заданных точках характеристики при ограничении ряда газодинамических параметров компрессора.

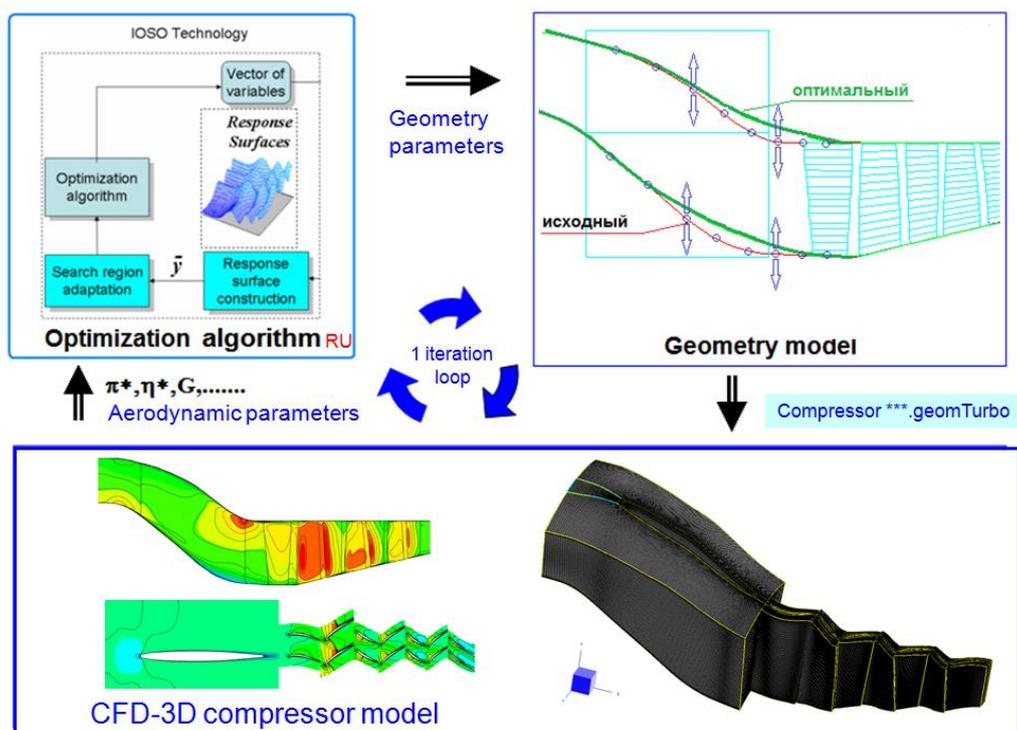


Рисунок 2 – Расчетная модель для поиска оптимальной формы входного канала КВД

В результате выполненного исследования была найдена геометрическая форма проточной части, обеспечившая уменьшение потерь полного давления по сравнению с прототипом и минимальное изменение характеристик КВД (рис. 3).

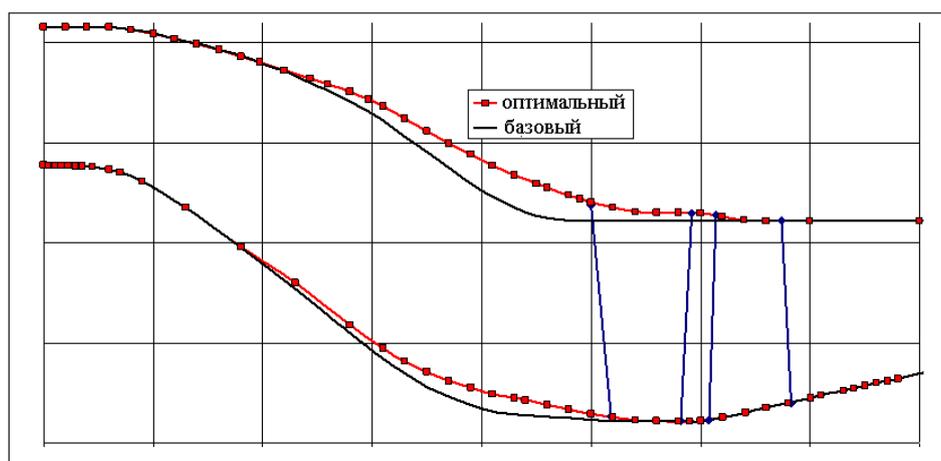


Рисунок 3 – Результат решения задачи оптимизации. Проточная часть КВД с базовой и оптимальной формой входного канала

Сведения об авторах

Егоров Игорь Николаевич, д.т.н., профессор, заместитель ГК. Область научных интересов: рабочие процессы в газотурбинных двигателях, оптимизация сложных технических систем.

Кретинин Геннадий Валентинович, д.т.н., профессор, начальник отдела. Область научных интересов: рабочие процессы в тепловых машинах, оптимизация сложных технических систем.

Федечкин Константин Сергеевич, к.т.н., доцент, главный специалист. Область научных интересов: аэродинамика, проектирование компрессоров, оптимизация турбомашин.

HIGH PRESSURE COMPRESSOR INLET FLOW PATH OPTIMIZATION

I.N. Egorov, G.V. Kretinin, K.S. Fedechkin

«UEC-YMPO» named after A. Lulka, Moscow, fedconst@mail.ru

Keywords: compressor, optimization, flow part of compressor.

During the turbofan engines evolution there was a constant increase of requirements to gas dynamic parameters and construction of the compressor. The desire to reduce the mass and size of an engine while keeping or increasing its general parameters lead to designing of high-loaded compressors with very compact stages placement. (fig. 1). Naturally, compressor maps nature course of both LPC and HPC changed and their influence on each other increased significantly.

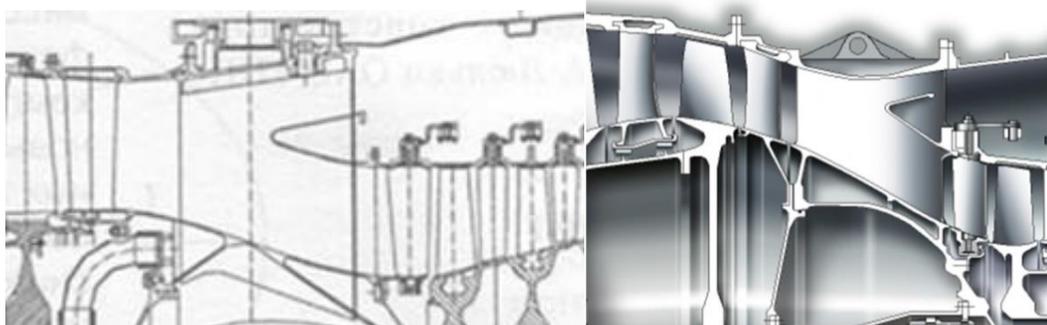


Fig. 1 – The locations of LPC and HPC for a serial and experimental engine

In order to solve modern compressor design problems and to calculate the influence of the different group of stages on each other 3D-CFD method was implemented. The nowadays level of 3D calculation advancement allows acquiring results almost as reliable as experimental data, which satisfy the engine developer requirements. The 3D-CFD calculation method for assessing the flow in the compressor gives acceptable qualitative and quantitative description with a significant reduction in cost and time resources compared to experimental studies.

The development of a modern compact bypass engine requires attention to the relative position of the low and high-pressure compressors, as well as the shape of the flow path of the connective casing where the air of the primary circuit flows. The various options for the shape of the input path of HPC were considered in this work: cylindrical, path of a serial engine, path of an experimental engine. The results of calculations for the considered options shows that the form of the flow path affects not only loss of total pressure in the connective casing itself, but also HPC maps nature.

To find the shape of flow path which allows the minimal total pressure loss and does not affect the compressor map dramatically the calculation model was created (fig.2). The shape of the flow path is described by the spline. The variables in the optimization problem were the radii of the control points along the length of the channel, which form the spline. The optimization criteria are the total pressure losses in the connective casing and the compressor efficiency at the specified points of the characteristic. A number of gas-dynamic parameters of the compressor were limited.

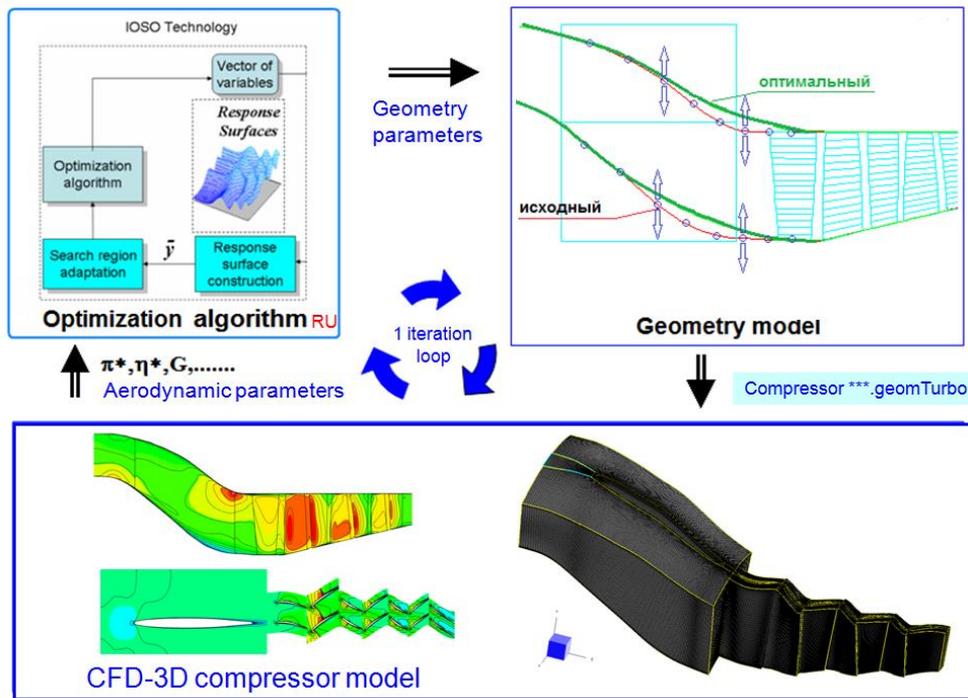


Fig. 2 – Computational model for finding the optimal shape of the HPT inlet

As a result of the study, the geometric shape of the flow path was found, which ensured a decrease in total pressure losses compared to the prototype and a minimal change in the HPC map (Fig. 3).

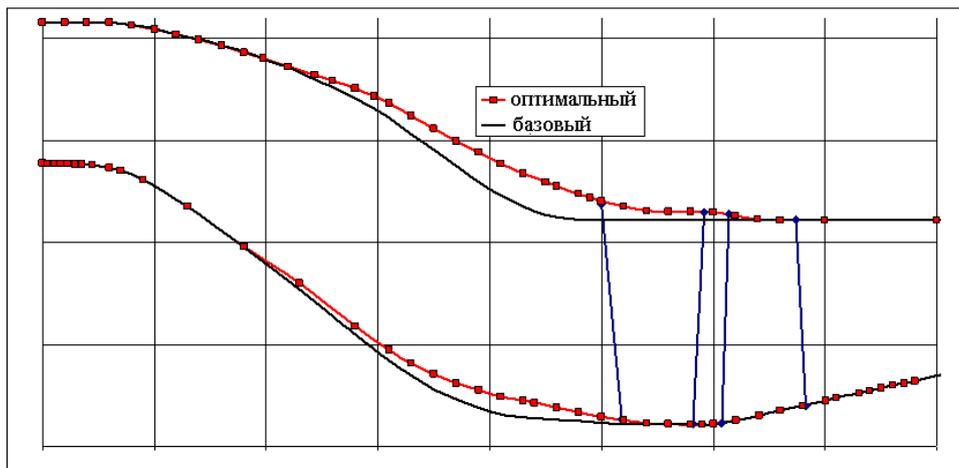


Fig. 3 – The result of solving the optimization problem. The flow part of HPC with the basic and optimal shape of the inlet