

## КОМПЛЕКСНОЕ УЛУЧШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ 16-СТУПЕНЧАТОГО ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА

Попов Г.М.<sup>1</sup>, Михеев М.Г.<sup>1</sup>, Зубанов В.М.<sup>1</sup>, Фишер Е.Е.<sup>2</sup>, Воробьев А.К.<sup>2</sup>,  
Непомнящий В.О.<sup>2</sup>, Горячкин Е.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский университет, г. Самара

<sup>2</sup>ПАО “Силовые машины”, г. Санкт-Петербург, Fisher\_ER@power-m.ru

*Ключевые слова:* осевой компрессор, аэродинамический анализ, модернизация, доводка, форсирование, оптимизация, запасы устойчивой работы; эффективность.

В работе описаны результаты исследований, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик 16-ступенчатого осевого компрессора силовой газотурбинной установки мощностью 65 МВт. Испытания компрессора, проведенные в составе двигателя, а также испытания отдельного входного блока компрессора из 6 первых ступеней выявили потенциал для улучшения коэффициента повышения давления, адиабатического КПД, а также повышения запасов устойчивости. В настоящее время ведутся работы по модернизации двигателя и улучшению его параметров до современного уровня. По этим причинам необходимо модернизировать существующий компрессор таким образом, чтобы увеличить: расход воздуха на 6%, коэффициент повышения давления на 2%, адиабатический КПД на 1%, запасы стабильной работы до 15%.

Модернизация компрессора проводилась в несколько этапов. Первоначально были созданы CFD-модели рабочего процесса компрессора (рис. 1).

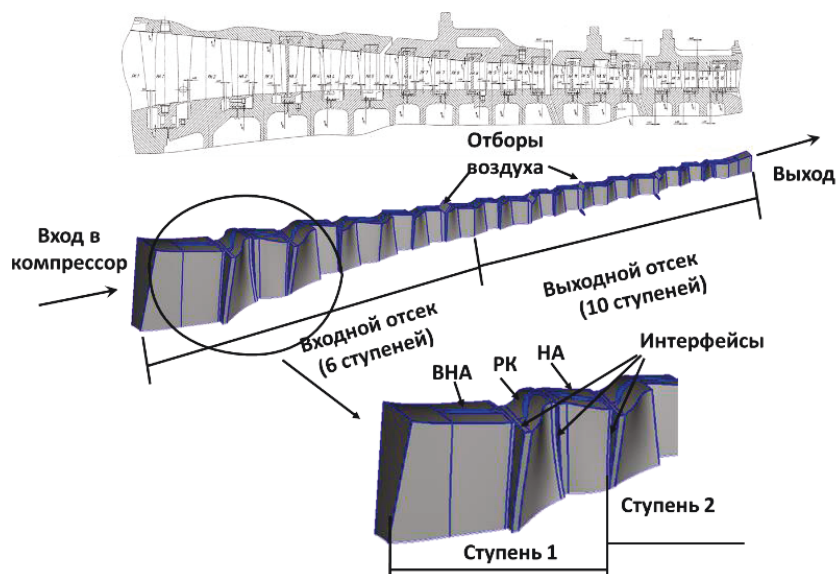


Рис. 1 – Внешний вид расчетной модели компрессора

CFD-модели рабочего процесса компрессора были проверены имеющимися экспериментальными данными. Эти модели позволили детально проанализировать процессы, происходящие в компрессоре [1, 2]. Выявлен существенный потенциал повышения полного давления во входном блоке базового компрессора, определены проблемы взаимодействия отдельных ступеней. Полученные данные позволили найти запасы повышения КПД и пути модернизации 16-ступенчатого компрессора под новые условия эксплуатации. При поиске оптимальной конфигурации компрессора использовались математические методы оптимизации. Однако оптимизация всего компрессора была затруднена из-за большого количества ступеней. Поэтому он был разделен на 2 части, которые были оптимизированы по отдельности. Такой подход позволил параллельно проектировать блоки, а также снизить

требования к вычислительным ресурсам. В результате было найдено несколько десятков возможных вариантов обоих блоков. Затем найденные варианты были объединены в один компрессор и был проведен анализ его рабочего процесса. Было рассмотрено более 10 перспективных вариантов модернизации компрессора. В результате был получен вариант компрессора, отвечающий всем газодинамическим требованиям.

На следующем этапе будут проведены проектные исследования и прочностные расчеты. По их результатам будут скорректированы первые ступени найденного варианта модернизации для устранения выявленных проблем.

В результате исследования был найден вариант модернизации существующего / 16-ступенчатого осевого компрессора, обеспечивающий увеличение массового расхода воздуха на 18%, адиабатического КПД на 3,5%, а также запас газодинамической устойчивости до 16% при соблюдении условий статической и динамической прочности.

#### **Список литературы**

1. Cumpsty N.A. Compressor aerodynamics. New York: Longman Scientific & Technical, 1989.
2. Bullock, R.O., Johnsen, I.A. Aerodynamic Design of Axial Flow Compressors. Technical Report No. NASA SP 36, 1965.

#### **Сведения об авторах**

Попов Григорий Михайлович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Михеев Максим Георгиевич, научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Зубанов Василий Михайлович, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Фишер Евгений Робертович, канд. техн. наук, начальник отдела компрессоров СКБ ГТУ. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Воробьев Алексей Константинович, начальник группы отдела компрессоров. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Непомнящий Владимир Олегович, главный конструктор проекта ГТЭ-65. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Горячкин Евгений Сергеевич, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

### **COMPREHENSIVE PERFORMANCE IMPROVEMENT FOR A 16-STAGE AXIAL COMPRESSOR**

Popov G.M.<sup>1</sup>, Miheev M.G.<sup>1</sup>, Zubanov V.M.<sup>1</sup>, Fisher E.E.<sup>2</sup>, Vorobyev A.K.<sup>2</sup>,  
Nepomnyaschiy V.O.<sup>2</sup>, Goriachkin E.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara National Research University, Samara, Russia

<sup>2</sup> Power machines JSC, St Petersburg, Russia, Fisher\_ER@power-m.ru

*Keywords: axial compressor, aerodynamic analysis, modernization, development, optimization, stability margins; efficiency.*

The paper describes the process of aerodynamic development of a 16-stage compressor for an industrial GTU under new operating conditions.