

МОДЕРНИЗАЦИЯ КОМПРЕССОРА ГТЭ-170.2

А.К. Воробьев, Ф.А. Малышев

Акционерное общество «Силовые машины – ЗТЛ, ЛМЗ, Электросила, Энергомашэкспорт», г. Санкт-Петербург, vorobyev_ak@power-m.ru, malyshev_fa@power-m.ru

Ключевые слова: газотурбинная установка, осевой компрессор, оптимизация.

Повышение технико-экономических показателей газотурбинных установок является одной из основных задач современного газотурбомашиностроения. Активное внедрение и распространение методов расчета вязкого трехмерного течения в ступенях проточных частей газотурбинных установок позволяет использовать этот подход в задачах повышения эффективности и мощности турбомашин.

В ходе выполнения работ по проектированию установки ГТЭ-170.2 на повышенные параметры поставлена задача разработать компрессор с увеличенным расходом воздуха на 6,4%, степенью сжатия на 8,3% относительно базового компрессора. Также задание предполагало увеличение коэффициента полезного действия на величину не менее 0,5% и сохранение запасов устойчивой работы в сравнении с базовым компрессором.

Базовым компрессором для установки ГТЭ-170.2 является 16 ступенчатый осевой компрессор установки ГТЭ-170.1. Модернизация этого компрессора проводилась за счет перепроектирования входной группы ступеней (с 1 по 5 ступень). Перепроектирование осуществлялось в части изменения углов рабочих и направляющих лопаток и изменением C_{max} профиля с сохранением присоединительных размеров и диаметральных обводов.

Для аэродинамического перепроектирования входной группы ступеней в качестве расчетного инструмента использовался алгоритм не прямой оптимизации на основе самоорганизации IOSO [5] в связке с ПО Numeca AutoBlade, Autogrid5 [3] и Ansys CFX [4] (рис. 1). Для оценки прочностных параметров использовалось ПО Ansys Mechanical [4].

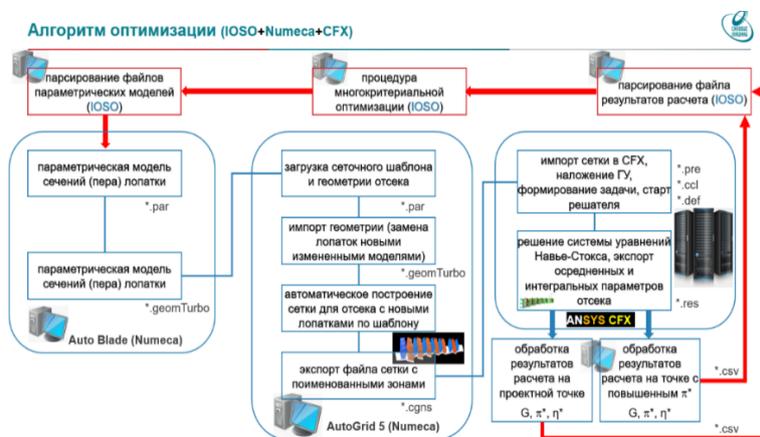


Рисунок 1 – Алгоритм оптимизации проточной части компрессора ГТЭ-170.2

Модернизация компрессора ГТЭ-170.2 проходила в два этапа. На первом этапе определена концепция усовершенствования проточной части в части увеличения расхода воздуха и повышения степени сжатия за счет первых двух ступеней. На втором этапе проходила оптимизация лопаточного аппарата входной группы ступеней компрессора по коэффициенту полезного действия.

В связи с ограничением максимального количества входных переменных IOSO (100 переменных) группа входных ступеней в ходе аэродинамической оптимизации разбивалась на несколько блоков.

Первый блок состоял из ВНА и первой ступени компрессора, во втором блоке оптимизировались ступени со второй по четвертую. И отдельно доводились пятая и шестая рабочие лопатки компрессора.

По результатам серий оптимизационных расчетов разработана геометрия проточной части компрессора ГТЭ-170.2, удовлетворяющая всем требованиям технического задания. Расход воздуха через компрессор в рабочей точке увеличен на 7%, степень сжатия – на 9%, КПД – на 0,7%. Характеристика компрессора (с учетом прочностной доводки) при температуре наружного воздуха при плюс 15⁰С приведена на рис. 2.

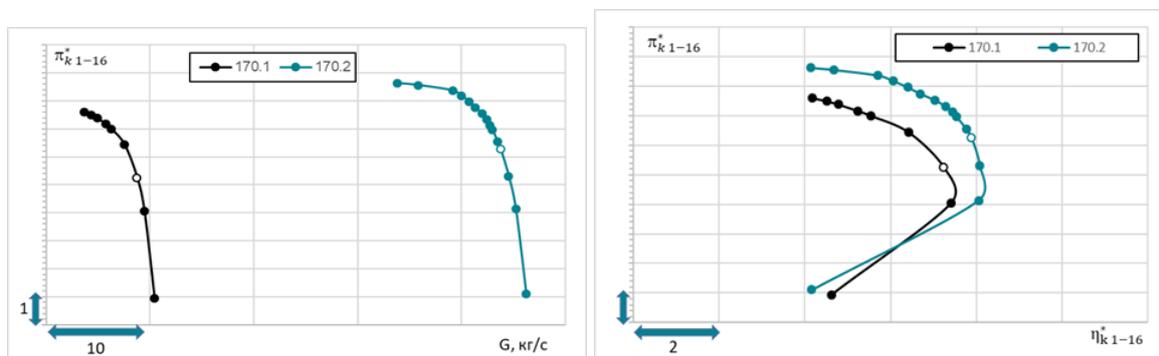


Рисунок 2 – Расчетные характеристики модернизированного компрессора 170.2

В ходе комплексной поэтапной аэродинамической и прочностной доводки 16-ступенчатого компрессора ГТЭ-170.2 разработанная и апробированная математическая модель трехмерной оптимизации проточной части с помощью IOSO в связке с ПО Numeca AutoBlade, Autogrid5, Ansys CFX и вычислительным кластером, показала высокую эффективность. По результатам работ спроектирована проточная часть компрессора ГТЭ-170.2, соответствующая требованиям технического задания.

Список литературы

1. Schnoes M. A Database of Optimal Airfoils for Axial Compressor Throughflow Design / M. Schnoes, E. Nicke // Proceedings of the ASME Turbo Expo. 2016. Paper No. GT2016-56241. P. 1-12.
2. АО «Силовые машины»: [сайт]. URL: <https://power-m.ru/>
3. Numeca: [сайт]. URL: <http://www.numeca.com/home/>
4. ANSYS: [сайт]. URL: <http://www.ansys.com/>
5. «Сигма Технология»: [сайт]. URL: <http://www.iosotech.com/ru/optimization.htm>.

Сведения об авторах

Воробьев А.К., начальник сектора расчетов. Область научных интересов: Расчет и исследование пространственных течений в осевых турбомашинах.

Малышев Ф.А., ведущий инженер-конструктор. Область научных интересов: Расчет и исследование пространственных течений в осевых турбомашинах.

DEVELOPMENT OF GTE-170.2 COMPRESSOR

Vorobyev A.K., Malyshev F.A.

JSC “Power machines – ZTL, LMZ, Electrosila, Energomachexport”

Keywords: gas turbine unit, axial compressor, optimization.

The article presents the numerical studies results of improving the GTE-170.2 compressor parameters regarding to the GTE-170.1 baseline 16-stage axial compressor.

According to development task massflow to be increase required by 6.4%, pressure ratio to be increase by 8.3%, adiabatic efficiency to be increase by 0.5% relative to the baseline compressor while maintaining stall margin with respect to the baseline compressor.

For aerodynamic redesigning the inlet group of stages were using optimization algorithm IOSO, with CFD model of compressor. CFD model of compressor were based on Numeca AutoBlade, Autogrid5, Ansys CFX.

The GTE-170.2 compressor flow path was developed due to series of optimization calculations. Geometry corresponds to all requirements of the development task.