

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДИФFUЗОРА КОМПРЕССОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК ОПТИМИЗАЦИИ

А.К. Воробьев, Ф.А. Малышев, Султанов Р.Ф.

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

Ключевые слова: диффузор, потери полного давления, оптимизация.

В связи с постоянно растущими требованиями к эффективности и надежности турбомашин, а также расширению диапазона параметров и условий эксплуатации газовых турбин, происходит непрерывный процесс их конструктивного и технологического совершенствования. Этому также активно способствует внедрение и распространение методов расчета вязкого трехмерного течения в ступенях проточных частей газотурбинных установок, которые позволяют применять данный подход в задачах повышения эффективности и мощности турбомашин.

В рамках работ по проектированию газовой турбины большой мощности в АО «Силовые машины» была поставлена задача проведения аэродинамического проектирования диффузора под параметры компрессора газотурбинной установки ГТЭ-170.2. Требованиями к проектированию являлись максимизация коэффициента повышения статического давления C_p и минимизация потерь полного давления ζ в диффузоре. Обеспечение данных требований необходимо осуществить для широкого диапазона работы газотурбинной установки.

В рамках аэродинамического проектирования закомпрессорного диффузора в качестве расчетного инструмента использовался алгоритм оптимизации IOSO [4] в связке с ПО Numeca AutoBlade, Autogrid5 [2], Ansys CFX [3] и Ansys Mechanical [3].

Перед проектированием диффузора предварительно был проведен анализ течения потока в диффузоре на параметры компрессора ГТЭ-170.1 (рис. 1) и определена стратегия модернизации. По результатам предварительного анализа номинального режима работы компрессора ($T_{вх} = +15^\circ\text{C}$), а также для режимов «холодного дня» ($T_{вх} = -20^\circ\text{C}$) и «горячего дня» ($T_{вх} = +40^\circ\text{C}$), для модернизации диффузора под параметры компрессора ГТЭ-170.2 были выбраны три варианта перепроектирования:

- оптимизация лопатки направляющего аппарата (НА) 16 ступени компрессора;
- оптимизация НА 16 ступени и обводов диффузора;
- оптимизация НА 16 ступени, обводов диффузора и силовой стойки диффузора.

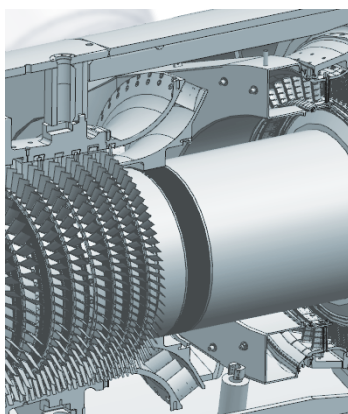


Рисунок 1 – Общий вид диффузора газотурбинной установки ГТЭ-170.1

Данные варианты определяли «глубину» модернизации, отличались технологичностью исполнения и вносимым вкладом в интегральные параметры установки ГТЭ-170.2. При этом хвостовые соединения и присоединительные размеры, а также количество лопаток не изменялись и были аналогичны базовому компрессору ГТЭ-170.1.

Модернизация лопатки НА 16 ступени и силовой стойки диффузора осуществлялась в части изменения углов установки, входа-выхода и отдельно вводились «навалы» в тангенциальном направлении для лопатки НА 16 ступени. Одним из ограничений при модернизации лопатки НА 16 ступени выступал коэффициент нагрузки на 16 ступень компрессора с целью сохранить распределение работ в выходном блоке компрессора, что могло повлиять на согласование ступеней и запасы устойчивой работы компрессора в целом. Обводы диффузора перепроектировались в части изменения проходных площадей по длине диффузора с учетом загромождения кольцевого канала силовыми стойками, а также с учетом особенностей течений на частичных режимах работы компрессора.

В ходе серий оптимизационных расчетов были получены три варианта модернизированной геометрии диффузора компрессора ГТЭ-170.2. Каждый из вариантов рассчитывался для трех режимов работы компрессора: номинальный, «холодный день» и «горячий день». Относительное повышение коэффициента статического давления C_p в сравнении с базовой геометрией диффузора составило от 14% до 20,5%, а снижение коэффициента потерь полного давления ζ от 42,2% до 64,2%, соответственно.

Кроме этого, для каждого из полученных вариантов оценены запасы устойчивой работы компрессора, которые находятся в пределах требований ТЗ на проектирование компрессора ГТЭ-170.2.

По результатам проведенного проектирования диффузора компрессора ГТЭ-170.2 получено три варианта различной «глубины» модернизации:

- модернизация НА 16 ступени компрессора;
- модернизация НА 16 ступени и обводов диффузора;
- модернизация НА 16 ступени, обводов и силовой стойки диффузора.

Выбор оптимального варианта модернизации диффузора будет основываться на совокупности таких факторов как: влияние на интегральные параметры установки ГТЭ-170.2, технологичность изготовления модернизированной конструкции, капиталоемкость выбранного варианта.

Список литературы

1. АО «Силовые машины»: [сайт]. URL: <https://power-m.ru/>
2. Numeca: [сайт]. URL: <http://www.numeca.com/home/>
3. ANSYS: [сайт]. URL: <http://www.ansys.com/>
4. «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.

Султанов Р.Ф., начальник отдела регулирования. Область научных интересов: Проектирование газотурбинной техники, термодинамика ГТУ/ГТД.

DEVELOPMENT OF GTE-170.2 COMPRESSOR EXHAUST DIFFUSER

Vorobyev A.K., Malyshev F.A.

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

Keywords: diffuser, total pressure loss, optimization.

For aerodynamic designing compressor exhaust diffuser were using optimization algorithm IOSO, with CFD model of diffuser. CFD model of diffuser were based on Numeca AutoBlade, Autogrid5, Ansys CFX and were included parametrical model of compressor outlet guide vane, diffuser hub shroud wall and diffuser strut.

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