

УДК 621.438

Методы повышения эффективности лопаточного диффузора центробежного компрессора с применением экспериментальных и расчетных исследований

Ушаков Роман Евгеньевич

ushakovre@bmstu.ru

Доценко Макар Олегович^(*)

dotsenkomakar@student.bmstu.ru

Хомутов Глеб Олегович

khgo@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена исследованию характеристик центробежного компрессора с лопаточными диффузорами различной геометрии. Рассмотрена задача перепрофилирования лопаточного диффузора существующего компрессора с целью повышения его эффективности. Решение задачи осуществлялось с помощью нижеописанной методики. Проведены тестовые пуски центробежного компрессора в составе стенда. Приведены результаты и их анализ при установке исходного лопаточного диффузора и лопаточного диффузора с модифицированной геометрией.

Ключевые слова: лопаточный диффузор, центробежный компрессор, электрокомпрессорный стенд, методика профилирования, газотурбинные и комбинированные установки

Введение. При увеличении в отечественной промышленности тенденции на создание современных энергетических машин собственного производства встает задача о модернизации существующих газотурбинных установок малой мощности [1]. В связи с этим возникает необходимость повышения КПД центробежных компрессоров (ЦБК) при сохранении общих габаритов и конструкции машины.

Материалы и методы; результаты. В данной работе рассматривается один из путей повышения КПД ЦБК при помощи изменения геометрии его лопаточного диффузора (ЛД) [2]. При этом важно отметить, что при перепрофилировании ЛД было необходимо соблюсти несколько важных условий для обеспечения возможности установки ЛД в ступень без изменения ее конструкции. Условия заключались в сохранении диаметров входной и выходной кромок, угла установки лопаток при входе, а также сохранении степени уширения диффузора.

Подбор наиболее оптимальной геометрии ЛД был осуществлен путем последовательного изменения переменных геометрических параметров ЛД и последующего моделирования течения в межлопаточных каналах ступени ЦБК численными методами в программном комплексе Ansys CFX TurboMode с учетом течения как в рабочем колесе (РК), так и в ЛД.

В качестве переменных геометрических параметров были рассмотрены относительная толщина профиля в диапазоне 0,1–0,4 с шагом 0,05; относительное положение наибольшего прогиба профиля 0,1–0,6 с шагом 0,1; коли-

чество лопаток ЛД в диапазоне 3–23 с шагом 2; угол поворота потока в диапазоне 0–30° с шагом 2°.

Таким образом, по результатам проведения расчетов была выбрана геометрия модернизированного лопаточного диффузора, показавшая наиболее высокий КПД ступени ЦБК равный 77 %, что превышает КПД ступени ЦБК с прежним диффузором, эффективность которой, ввиду применения ступени на нерасчетном режиме работы равнялась 52 %.

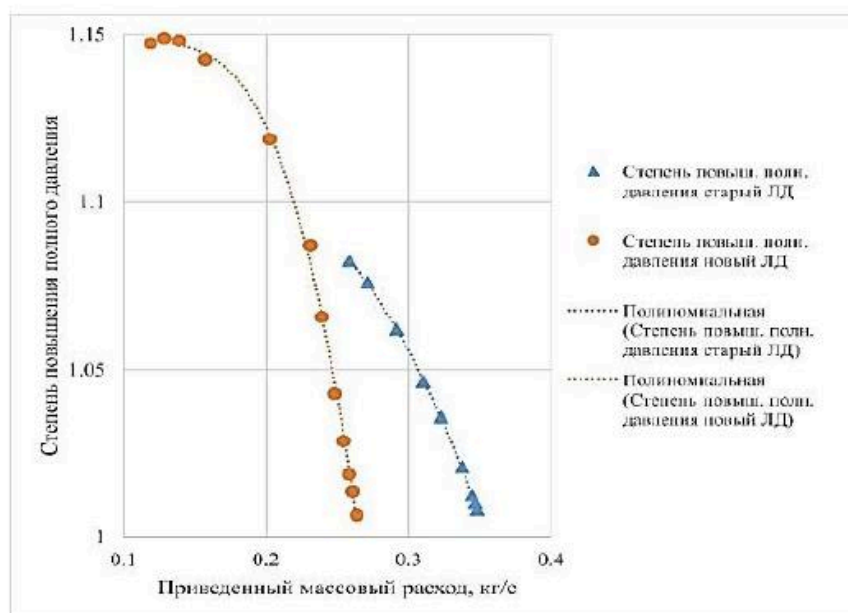


Рис. 1. Зависимость степени повышения полного давления от приведенного расхода при частоте вращения ротора 23 500 мин⁻¹

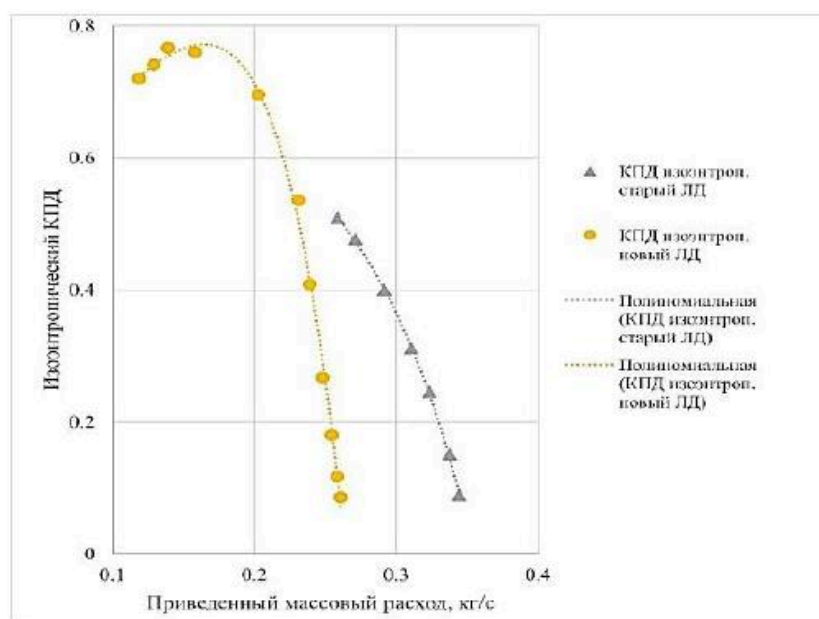


Рис. 2. Зависимость изоэнтропического КПД от приведенного расхода при частоте вращения ротора 23 500 мин⁻¹

С целью подтверждения полученного расчетным путем результата было проведено экспериментальное исследование характеристик ступеней ЦБК с исходным и модернизированным ЛД на экспериментальном оборудовании [3]. Результаты проведенных испытаний представлены на рис. 1, 2.

Заключение. Таким образом, из анализа напорных ветвей видно, что модернизированный ЛД продемонстрировал увеличение степени повышения полного давления на 44,1 % и изоэнтропического КПД на 21,1 % по сравнению с исходным ЛД, что подтверждает расчетные результаты.

Список источников

- [1] Арбеков А.Н., Вараксин А.Ю., Иванов В.Л. *Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023, 770 с.
- [2] Бекнев В.С., Куфтов А.Ф., Тумушев Р.С. *Расчет и проектирование центробежных компрессоров ГТД*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996, 44 с.
- [3] Хорошавцев Д.Р., Ушаков Р.Е., Арбеков А.Н. Экспериментальное исследование характеристики ступени малоразмерного центробежного компрессора. *Насосы. Турбины. Системы*, 2024, № 3, с. 51–58.