

УДК 621.452.33.001.57:51

Е.Л. КАРПЕНКО

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина***ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ КОМПРЕССОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТД**

Представлены результаты исследования влияния изменения геометрических параметров меридиональных обводов проточной части компрессора низкого давления газотурбинного двигателя на его интегральные параметры. Данное исследование выполнено с помощью математической модели газотурбинного турбовального двигателя собственной разработки, которая позволяет проводить расчеты эксплуатационных характеристик на установившихся режимах с учетом отбора и перепуска воздуха, а также оценивать влияние изменения геометрических параметров лопаточных венцов многоступенчатого осевого компрессора и проточной части с целью совершенствования характеристик ГТД.

Ключевые слова: математическая модель, газотурбинный двигатель, эксплуатационные характеристики, осевой многоступенчатый компрессор.

Введение и постановка задачи

Целью данной статьи является исследование влияния изменения геометрических параметров меридиональных обводов проточной части компрессора низкого давления (КНД) газотурбинного привода на его эксплуатационные характеристики. Для достижения поставленной цели применен метод расчета газотермодинамических параметров газотурбинного турбовального двигателя на установившихся режимах работы на основе его поузлового моделирования, особенностью которого является повенцовое описание течения в многоступенчатом осевом компрессоре [1 – 3]. Этот подход дает возможность при проектировании определять влияние изменения геометрических параметров лопаточных венцов и проточной части компрессора, программы регулирования поворотных статорных лопаток, перепуска и отбора воздуха непосредственно из тракта компрессора на такие параметры двигателя, как мощность, коэффициент полезного действия (КПД), удельный расход топлива, запасы газодинамической устойчивости, что содействует повышению качества выполнения проектных работ и сокращению сроков разработки двигателей.

Анализ результатов исследования

В качестве объекта исследования выбран турбовальный газотурбинный двигатель с двухкаскадным газогенератором.

Рассмотрены три модификации газотурбинного двигателя (ГТД), имеющие различные формы проточной части компрессора низкого давления: исход-

ный вариант – с заданными геометрическими параметрами, вариант 1 – с уменьшенным на 1% относительным втулочным диаметром вдоль всей проточной части, вариант 2 – имеющий уменьшенный на 1% наружный диаметр вдоль всей проточной части. На рис. 1 представлены полученные расчетным путем характеристики трех модификаций компрессора.

Из рис. 1 видно, что сравнительно небольшое изменение диаметров, определяющих обводы проточной части компрессора, приводит к существенному изменению его характеристики.

Так, при $\bar{n}_{пр}=1$ уменьшение на 1% относительного втулочного диаметра всех ступеней привода приводит к смещению напорной ветви характеристики вправо в сторону больших приведенных расходов воздуха. Для режимов, лежащих на линии рабочих режимов (ЛРР), это увеличение расхода по сравнению с исходным вариантом компрессора составляет $\approx 1,6\%$ (т. 1 на рис. 1). Для варианта 2 уменьшение расхода вследствие уменьшения наружного диаметра компрессора на 1% составляет $\approx 2,5\%$ (т. 2 на рис. 1).

На рис. 2 показано изменение площади F_1 на входе в каждую ступень для различных модификаций КНД по отношению к ее исходной величине $\bar{F}_1 = \frac{F_1}{F_{исх}}$. При уменьшении $\bar{d}_{вТ}$ всех ступеней на 1% относительная площадь вдоль проточной части компрессора возрастает от $\bar{F}_1=1,007$ на первой ступени до $\bar{F}_1=1,025$ на последней, а при уменьшении D_K на 1% площадь соответственно уменьшается от $\bar{F}_1=0,98$ до $\bar{F}_1=0,97$. Такое изменение площади проходных сечений приводит к заметному рассогласо-

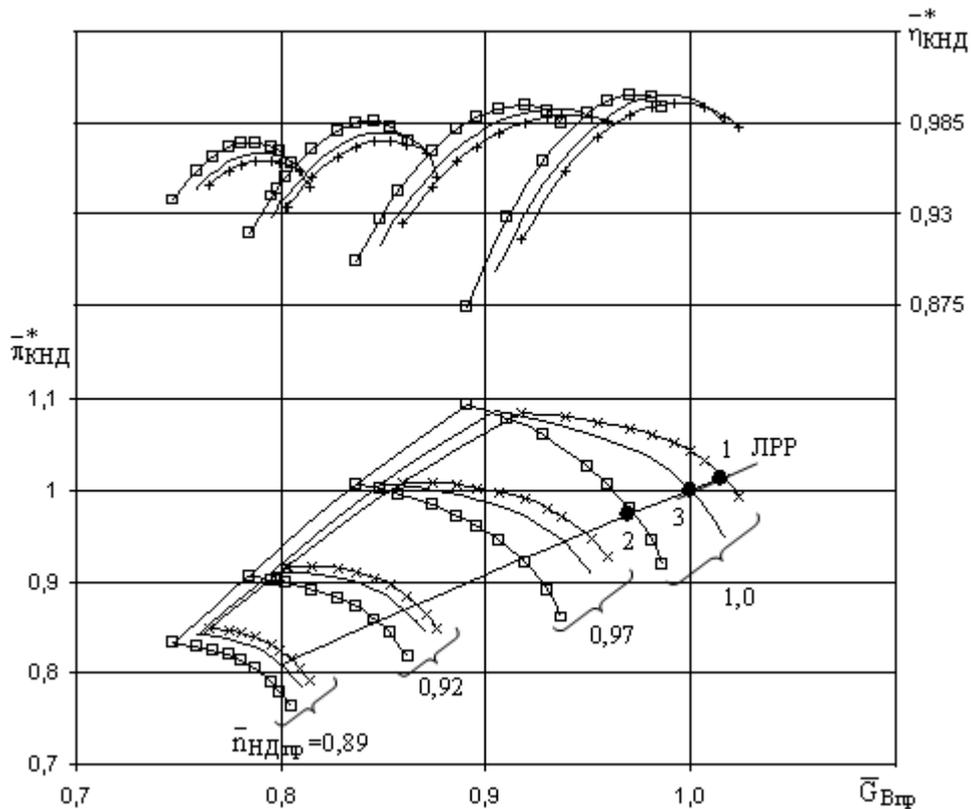


Рис. 1. Влияние изменения меридиональных обводов проточной части компрессора на его характеристику
 — исходный вариант, —×— вариант 1, —□— вариант 2

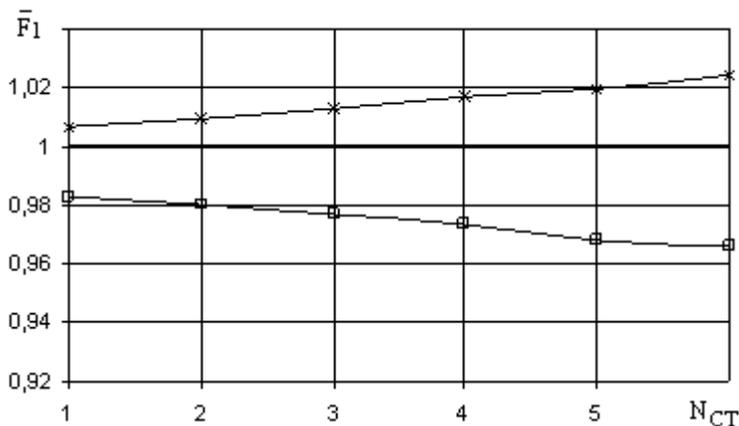


Рис. 2. Влияние отклонения геометрических параметров проточной части КНД на изменение площади проходных сечений рабочих колес
 — исходный вариант, —×— вариант 1, —□— вариант 2

ванию режимов ступеней. Уменьшение втулочных диаметров ступеней сопровождается увеличением угла натекания на РК последней ступени и уменьшением $i_{РК}$ 1-й ступени.

При уменьшении наружного диаметра компрессора характер рассогласования ступеней изменяется: первые ступени переходят на большие положительные углы натекания, а последние – на меньшие отрицательные. Такое отклонение режимов работы первой ступени при указанных приращениях площади \bar{F}_1 достаточно полно объясняет

полученное в расчетах количественное изменение расхода воздуха через компрессор и смещение напорных ветвей на характеристике компрессора.

Сравнение распределения углов натекания $i_{РК}$ по ступеням для различных вариантов проточной части на линии рабочих режимов приведено на рис. 3.

На рис. 4 и 5 представлены дроссельные характеристики 3-х модификаций ГТД, имеющих различные формы проточной части КНД, в виде безразмерных зависимостей мощности и удельного расхода

да топлива: $\bar{N}_e = \frac{N_e}{N_{ep}}$, $\bar{C}_e = \frac{C_e}{C_{ep}}$ (индекс p – опре-

деляет «расчетный» режим) от частоты вращения ротора высокого давления $\bar{p}_{ВД}$.

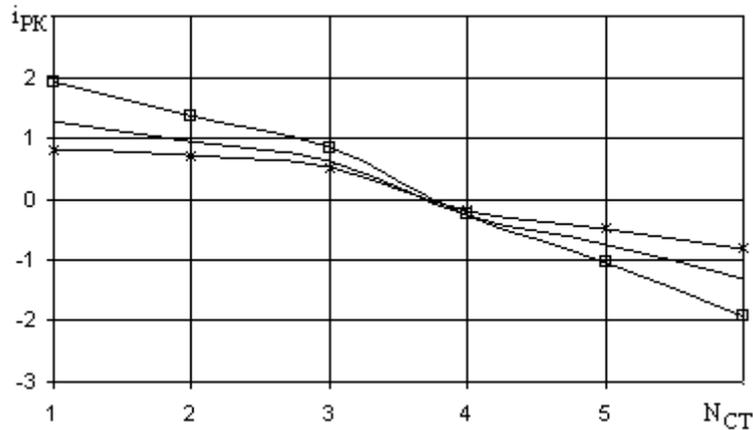


Рис. 3. Влияние изменения меридиональных обводов проточной части КНД на распределение углов натекания на среднем радиусе на лопатки рабочих колес
 — исходный вариант, —×— вариант 1, —□— вариант 2

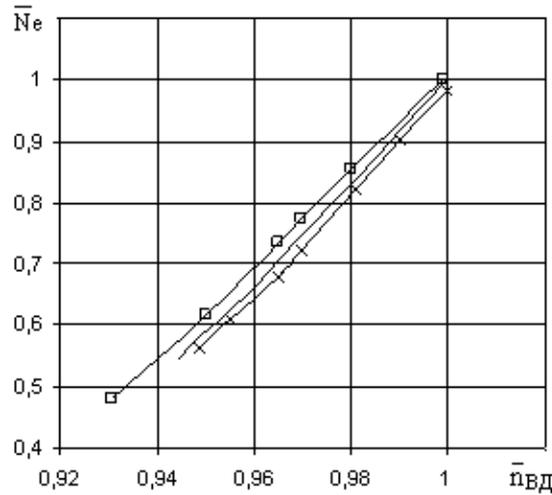


Рис. 4. Влияние изменения значений $\bar{d}_{ВТ}$ и D_K на величину мощности

— исходный вариант, —×— вариант 1, —□— вариант 2

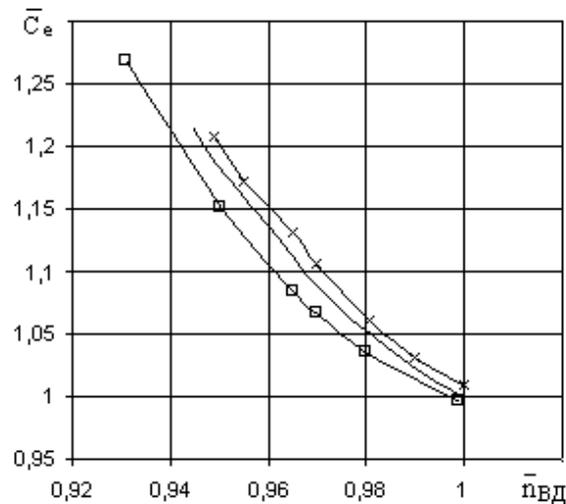


Рис. 5. Влияние изменения значений $\bar{d}_{ВТ}$ и D_K на величину удельного расхода топлива

— исходный вариант, —×— вариант 1, —□— вариант 2

В рассмотренном диапазоне режимов работы двигателя по частоте вращения ротора высокого давления $\bar{n}_{ВД} = 0,93 \div 1,0$ при уменьшении относительного втулочного диаметра наблюдается снижение мощности, эффективного КПД и увеличение удельного расхода топлива ГТД вследствие понижения КПД КНД.

Заключение

Представленные результаты позволяют сделать вывод о том, что используемый метод расчета газотермодинамических параметров турбовального ГТД расширяет возможности для исследования параметров и анализа эксплуатационных характеристик на этапах проектирования и доводки, а также разработку его модификаций.

Литература

1. Бойко, Л.Г. Метод расчета характеристик турбовального двигателя с повенцовым описанием многоступенчатого осевого компрессора [Текст] / Л.Г. Бойко, Е.Л. Карпенко // Вестник двигателестроения. – 2007. – №3. – С. 143-146.
2. Бойко, Л.Г. Влияние угла установки лопаток входного направляющего аппарата на эксплуатационные характеристики газотурбинного двигателя [Текст] / Л.Г. Бойко, Е.Л. Карпенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – №4. – С. 43 – 50.
3. Бойко, Л.Г. Математическая модель газотурбинного двигателя с повенцовым описанием многоступенчатого осевого компрессора и ее практическое применение [Текст] / Л.Г. Бойко, Е.Л. Карпенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2008. – №6. – С. 71 – 77.

Поступила в редакцию 30.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Харьков.

ВПЛИВ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОТОЧНОЇ ЧАСТИНИ КОМПРЕСОРА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТД

Е.Л. Карпенко

Представлені результати дослідження впливу зміни геометричних параметрів меридіональних обводів проточної частини компресора низького тиску на інтегральні параметри газотурбінного двигуна. Це дослідження виконано за допомогою математичної моделі газотурбінного турбовального двигуна власної розробки, яка дозволяє проводити розрахунки експлуатаційних характеристик на сталих режимах з урахуванням відбору і перепуску повітря, а також оцінювати вплив зміни геометричних параметрів вінців лопаток багатоступеневого осевого компресора та проточної частини з метою вдосконалення характеристик ГТД.

Ключові слова: математична модель, газотурбінний двигун, експлуатаційні характеристики, осевий багатоступеневий компресор.

INFLUENCE OF COMPRESSOR SETTING GEOMETRICAL PARAMETERS CHANGING ON THE GAS-TURBINE ENGINE CHARACTERISTICS

H.L. Karpenko

The researching results of influence of low-pressure compressor setting geometrical parameters changing on gas-turbine engine integral parameters are presented. This research was executed by the developed mathematical model of the turboshaft engine. The model makes it possible to determine operating characteristics on the steady state conditions taking into account air bypass. Also, this model can estimate influence of axial multistage compressor blade rows geometrical parameters changing on improvement of gas-turbine engine characteristics.

Keywords: mathematical model, gas-turbine engine, operating characteristics, axial multi-stage compressor.

Карпенко Елена Леонидовна – канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры теории авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: k201@d2.khai.edu.