

Л.Г. БОЙКО, Е.С. БАРЫШЕВА

621.431.75  
Б 77



**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ  
КОМПРЕССОРНЫХ СТУПЕНЕЙ**

**85-летию**  
Харьковского авиационного института  
посвящается

**Л. Г. БОЙКО, Е. С. БАРЫШЕВА**

**ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ВЫСОКОНАПОРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ  
КОМПРЕССОРНЫХ СТУПЕНЕЙ**

Харьков  
2015

УДК 621.452.3:621.515.01

ББК 39.15:31.76

Б 81

Рекомендовано к опубликованию Ученым Советом Национального аэрокосмического университета "ХАИ" (протокол №6 от 25.02.2015 г.)

#### **Рецензенты:**

Митрохович М. М. — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины

Терещенко Ю. М. — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины

Б 81 Бойко Л. Г., Барышева Е. С. Численное исследование газодинамических параметров высоконапорных центробежных компрессорных ступеней. — Монография. - Харьков: Издатель «Диса плюс», 2015. — 144 С. Ил. 78. Табл. 0. Библиогр.: 105 назв.

ISBN 978-617-7064-39-7

Настоящая монография посвящена исследованию газодинамических процессов в центробежных компрессорных ступенях различного назначения. Представлен разработанный авторами метод поверочного расчета трансзвукового течения в центробежных ступенях, соответствующий программный комплекс, а также результаты его верификации. Приведены данные, полученные в ходе анализа влияния геометрических параметров лопаток и проточной части на структуру течения в ступени и суммарные характеристики. Особо выделены вопросы отбора рабочего тела. Показаны результаты модернизации центробежной компрессорной ступени.

Монография может представлять интерес для специалистов в области компрессорной и газотурбинной техники, а также студентов старших курсов, магистров и аспирантов соответствующих специальностей.

УДК 621.452.3:621.515.01

ББК 39.15:31.76

© Бойко Л. Г., 2015

© Барышева Е. С., 2015

ISBN 978-617-7064-39-7

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ, СОКРАЩЕНИЙ, ТЕРМИНОВ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К ИССЛЕДОВАНИЮ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТУПЕНЕЙ.....	10
1.1. Особенности объекта исследования.....	10
1.2. Существующие подходы к расчету течения в центробежных компрессорных ступенях.....	17
1.3. Расчет осесимметричного течения в центробежной компрессорной ступени.....	24
2. МЕТОД РАСЧЕТА ТРАНСЗВУКОВОГО ДВУМЕРНОГО ТЕЧЕНИЯ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТУПЕНЯХ С ОСЕРАДИАЛЬНЫМИ РАБОЧИМИ КОЛЕСАМИ.....	31
2.1. Основные уравнения.....	31
2.2. Постановка граничных условий.....	40
2.3. Определение геометрических параметров лопаточных венцов центробежной компрессорной ступени.....	44
2.4. Определение углов отставания и коэффициентов потерь в элементах проточной части.....	47
2.5. Осреднение параметров потока по высоте проточной части. Интегральные параметры ступени.....	54
3. ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА.....	56
3.1. Программная реализация метода расчета.....	56
3.2. Методические исследования.....	59
3.2.1. Влияние густоты расчетной сетки.....	60
3.2.2. Исследование влияния "искусственной сжимаемости".....	62
3.3. Моделирование течения в центробежном компрессоре NASA LSCC.....	70
4. АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕЧЕНИЯ В ВЫСОКОНАПОРНОЙ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТУПЕНИ.....	74

4.1. Объект исследования.....	74
4.2. Расчет трансзвукового течения в рабочем колесе.....	77
4.3. Исследование влияния формы проточной части на входе на структуру течения и суммарные характеристики ступени.....	82
4.4. Расчет трансзвукового течения в "модернизированном" варианте рабочего колеса.....	85
5. ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСЗВУКОВОГО ТЕЧЕНИЯ В МОДЕЛЬНОЙ КОМПРЕССОРНОЙ СТУПЕНИ.....	91
5.1. Моделирование трансзвукового течения в ступени центробежного компрессора.....	91
5.2. Влияние изменения геометрических параметров центробежной ступени на ее газодинамические характеристики.....	100
5.2.1. Влияние формы лопаточного диффузора.....	100
5.2.2. Влияние изменения положения лопаточного диффузора в радиальном направлении.....	104
5.2.3. Влияние высоты проточной части на входе в лопаточный диффузор.....	108
5.2.4. Влияние угла установки лопаток диффузора.....	109
5.3. Влияние закрутки потока на входе на структуру течения и суммарные характеристики.....	112
5.4. Влияние отбора рабочего тела на характер течения в ступени.....	115
5.4.1. Определение интегральных параметров центробежной ступени с учетом отбора воздуха...	116
5.4.2. Влияние расхода отбираемого воздуха на суммарные характеристики и структуру течения.....	117
5.4.3. Влияние расположения места отбора рабочего тела.....	123
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	128
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	130