

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н. Е. ЖУКОВСКОГО
«ХАРЬКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ»

На правах рукописи

Фесенко Ксения Владимировна

УДК 621.515.01(043)

**МЕТОД РАСЧЕТНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ ТЕЧЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИК СТУПЕНЕЙ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ**

Специальность 05.05.16 – турбомашин и турбоустановки

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Бойко Людмила Георгиевна

Харьков – 2015

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ И СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	7
РАЗДЕЛ 1 ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕЧЕНИЯ В СТУПЕНЯХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	15
1.1 Особенности работы и конструкции ступени центробежного нагнетателя.....	16
1.2. Существующие подходы к численному исследованию структуры течения и суммарных характеристик центробежных нагнетателей	24
1.3. Расчет осесимметричного течения в ступени центробежного нагнетателя	31
1.4. Учет реальных свойств потока.....	34
1.5. Постановка задачи исследования.....	35
РАЗДЕЛ 2 МЕТОД РАСЧЕТА ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ТЕЧЕНИЯ В ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ	37
2.1 Основная система уравнений.....	37
2.2 Осреднение основной системы уравнений в окружном направлении.....	39
2.3 Уравнение для определения функции тока	40
2.4 Уравнение для расчета плотности.....	43
2.5 Граничные условия.....	43
2.6 Построение расчетной сетки.....	47
2.7. Разностная схема для уравнения функции тока.....	51
2.8 Разностная схема для уравнения плотности.....	56
2.9 Алгоритм расчета.....	57
2.10 Модификация уравнения движения для учета вязких эффектов....	58
2.11 Определение углов отставания	60
2.12 Определение коэффициентов потерь	61
2.12.1 Рабочее колесо.....	63
2.12.2 Щелевой, лопаточный и безлопаточный диффузоры.....	64
2.12.3 Обратный направляющий аппарат.....	66

2.12.4 Криволинейные переходные каналы между лопаточными аппаратами.....	68
2.13 Осреднение параметров потока по высоте проточной части.....	70
Выводы по разделу 2.....	70
РАЗДЕЛ 3 ТЕСТИРОВАНИЕ И ВЕРИФИКАЦИЯ МЕТОДА РАСЧЕТА	72
3.1 Программная реализация метода расчета.....	72
3.2 Методические исследования.....	74
3.2.1 Влияние размеров ячеек расчетной сетки на сходимость решения.....	74
3.2.2 Геометрически подобные ступени.....	78
3.3 Верификация метода расчета.....	81
3.3.1 Невязкое течение в каналах сложной формы, сопоставление с аналитическим решением.....	81
3.3.2 Сопоставление с результатами экспериментальных исследований ЛПИ.....	83
3.3.3 Сопоставление с результатами экспериментальных исследований первой ступени ЦБН НЦ-6,3/67К-1,7.....	88
3.3.4 Сопоставление расчета модельной ступени 1 с результатами экспериментальных исследований.....	103
3.3.5 Сопоставление с результатами экспериментальных исследований расчета модельной ступени 2.....	108
Выводы по разделу 3.....	111
РАЗДЕЛ 4 ИССЛЕДОВАНИЕ И МОДЕРНИЗАЦИЯ СТУПЕНЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ.....	113
4.1 Модификация геометрических параметров лопатки рабочего колеса ступени «А».....	115
4.2 Модификация проточной части и геометрических параметров лопаточного диффузора ступени «Б».....	119
4.3 Модернизация ступени «В» путем изменения типа диффузора.....	125
Выводы по разделу 4.....	132
ВЫВОДЫ.....	134
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	136