

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

На правах рукописи

МАКСЮТА ДМИТРИЙ ИГОРЕВИЧ

УДК 621.165

**КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ СТУПЕНИ ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ**

Специальность 05.05.16 – турбомашинны и турбоустановки

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
Бойко Анатолий Владимирович
доктор технических наук,
профессор

Харьков – 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4	
РАЗДЕЛ 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА		
ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОТОЧНЫХ		
ЧАСТЕЙ ОСЕВЫХ ТУРБИН.....		11
1.1. Развитие направления оптимального проектирования турбомашин	11	
1.2. Современные способы повышения эффективности осевой турбинной ступени	15	
1.3. Расчет протечек в турбинном канале.....	27	
Выводы по разделу и постановка задач исследования:	35	
РАЗДЕЛ 2 МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И		
ВЕРИФИКАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ЧИСЛЕННЫХ		
ИССЛЕДОВАНИЙ		36
2.1. Исходная турбинная ступень	36	
2.2. Общие принципы проведения в работе CFD расчетов	38	
2.3. Оценка эффективности (КПД) и потерь при расчетах элементов турбинной ступени.....	39	
2.4. Верификация расчетной модели.....	41	
2.4.1 Верификация двумерного CFD расчета изолированного рабочего профиля при различных углах атаки	42	
2.4.2 Верификация результатов CFD расчета по влиянию удара на рабочую лопатку при работе в турбинной ступени	48	
2.4.3 Верификация результатов трехмерного расчета работы турбинной ступени с учетом периферийной протечки	54	
Выводы по разделу:	62	
РАЗДЕЛ 3 РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО МЕТОДА		
АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТУПЕНИ		
ОСЕВОЙ ТУРБИНЫ		63
3.1. Поиск оптимального решения	63	

3.2	Выбор управляющих параметров для комбинированного метода оптимизации турбинной ступени	64
3.2.1	Влияние законов закрутки направляющих и рабочих лопаток на пространственный характер течения в ступени	66
3.2.2	Влияние входного геометрического угла рабочей решетки	68
3.3	Комбинированный метод одномерной и трехмерной оптимизации ступени осевой турбины.....	75
3.3.1	Алгоритм оптимизации	79
3.3.2	Оптимизация исходной модельной турбинной ступени	81
	Выводы по разделу:	86
РАЗДЕЛ 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ УПЛОТНЕНИЙ		
	СТУПЕНЕЙ ОСЕВЫХ ТУРБИН	87
4.1	Трехмерное моделирование осерадиального уплотнения	88
4.2	Разработка методики оценки качества осерадиальных уплотнений турбин.....	92
4.3	Влияние различных форм шероховатости бандажа на эффективность работы уплотнения.....	98
	Выводы по разделу:	113
РАЗДЕЛ 5 ОПТИМИЗАЦИЯ НАТУРНОЙ ТУРБИННОЙ СТУПЕНИ С		
	ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРАБОТАННОГО МЕТОДА	114
5.1	Исходная турбинная ступень для оптимизации	114
5.2	Одномерная оптимизация турбинной ступени	119
5.3	Трехмерная оптимизация турбинной ступени	124
5.4	Детальный анализ причин повышения эффективности в ходе оптимизационного процесса в трехмерной постановке.....	129
	Выводы по разделу:	134
	ВЫВОДЫ.....	135
	СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ	138
	ПРИЛОЖЕНИЯ.....	152