

УДК 621.516
ББК 31.76
И15

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

Рецензенты:
д-р техн. наук, доц. Г. Р. Мингалева
д-р техн. наук, проф. А. В. Щукин

Ибраев А. М.
И15 Роторный нагнетатель внешнего сжатия : монография / А. М. Ибраев, М. С. Хамидуллин, С. В. Визгалов; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2023. – 236 с.

ISBN 978-5-7882-3379-6

Рассмотрены вопросы профилирования и анализ влияния различных типов кривых, очерчивающих профили роторов, на характеристики нагнетателей. Приведено описание математической модели нагнетателя, сравнение результатов численных экспериментов с экспериментальными данными реальных машин.

Предназначена для магистров, изучающих дисциплины, связанные с исследованием и проектированием роторных нагнетателей внешнего сжатия, а также для специалистов проектных организаций, работающих в области компрессоростроения.

Подготовлена на кафедре холодильной техники и технологии.

УДК 621.516
ББК 31.76

ISBN 978-5-7882-3379-6

© Ибраев А. М., Хамидуллин М. С.,
Визгалов С. В., 2023

© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. ОБЗОРНАЯ ИНФОРМАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ, ПОСВЯЩЕННЫХ НАГНЕТАТЕЛЯМ ВНЕШНЕГО СЖАТИЯ	9
1.1. Краткий обзор схем и конструкций роторных компрессоров	9
1.2. Обзор работ по исследованию геометрии проточной части роторных компрессоров	23
2. ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОМЕТРИИ ПРОФИЛЕЙ РОТОРНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО СЖАТИЯ	39
2.1. Задачи профилирования роторов и требования, предъявляемые к профилям.....	39
2.2. Методика расчета и геометрического анализа теоретических профилей роторных компрессоров	40
2.3. Методика расчета действительного профиля и профильных зазоров	47
2.4. Исследование геометрических характеристик теоретических профилей	56
2.4.1. Тип профиля – эллипс на головке зуба	59
2.4.2. Тип профиля – линейный на впадине	63
2.4.3. Тип профиля – эллипс на рейке	67
2.4.4. Тип профиля – линейный на рейке	71
2.4.5. Влияние параметров ψ_n и \bar{A} на геометрические характеристики профилей	74
2.5. Стыковка участков профиля	79
2.6. Анализ влияния различных факторов на величину минимально необходимого зазора между роторами	86
3. ЦИФРОВОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНОГО КОМПРЕССОРА ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА	91
3.1. Интерполяция координат профиля ротора кубической сплайн-функцией для определения координат точки контакта сопряженных профилей.....	91
3.2. Расчет зависимостей объемов рабочих полостей шестеренчатых компрессоров от угла поворота ротора.....	98
4. АНАЛИЗ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ. МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК, ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РОТОРНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО СЖАТИЯ	129
4.1. Математическая модель роторного нагнетателя внешнего сжатия	129
4.1.1. Дифференциальные уравнения рабочих процессов	129
4.1.2. Основные положения и допущения математической модели.....	132
4.1.3. Описание математической модели и реализующей ее компьютерной программы	134
4.2. Упрощенная методика расчета энергетических и объемных показателей роторного нагнетателя внешнего сжатия	149

4.3. Методика расчета сил и моментов, действующих на роторы	159
4.3.1. Первая расчетная схема	161
4.3.2. Вторая расчетная схема.....	164
4.3.3. Третья расчетная схема.....	167
5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОТОРНЫХ НАГНЕТАТЕЛЕЙ ВНЕШНЕГО СЖАТИЯ.....	170
5.1. Описание экспериментального стенда и метрологического оборудования.....	170
5.1.1. Методика обработки результатов	172
5.1.2. Оценка погрешностей измерений	173
5.1.3. Описание конструкций исследуемых нагнетателей.....	177
5.2. Анализ экспериментальных характеристик роторных нагнетателей	183
5.3. Методика и результаты индицирования роторного нагнетателя внешнего сжатия.....	190
5.4. Методика и результаты термометрирования роторного нагнетателя внешнего сжатия.....	198
5.5. Методика и результаты определения коэффициентов расхода для всасывающего и нагнетательного окон роторного нагнетателя.....	201
6. АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РОТОРНОГО НАГНЕТАТЕЛЯ	207
6.1. Влияние типа кривых, очерчивающих профиль	207
6.2. Анализ влияния угла подрезки	211
6.3. Влияния отношения $\bar{A} = A/D$	214
6.4. Влияние сочетания материалов ротора и статора.....	215
6.5. Влияние величин монтажных зазоров	217
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	221
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	222