



**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Монография

Чебоксары
Издательский дом «Среда»
2022

УДК 31
ББК 621.31
П27

Авторы:

Н. Д. Рогалев, А. Н. Рогалев, О. В. Злышко, В. О. Киндра,
И. И. Комаров, С. К. Осипов

Рецензенты:

профессор кафедры инновационных технологий наукоемких отраслей,
д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»

В. П. Соколов;

начальник отдела двигателей и химмотологии ЦИАМ,
заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук, профессор

Л. С. Яновский

**П27 Перспективные энергетические технологии
для низкоуглеродной энергетики** : монография /
Н. Д. Рогалев, А. Н. Рогалев, О. В. Злышко [и др.]. – Чебоксары:
Среда, 2022. – 96 с.

ISBN 978-5-907561-89-2

Настоящая работа содержит подробное описание совокупности научно-технических решений и высокоэффективных энергетических технологий, обеспечивающих переход к генерации энергии с минимальными углеродными выбросами. В монографии рассматривается два способа масштабного снижения углеродных выбросов на объектах энергетики больших мощностей. Первый заключается в повышении эффективности существующих технологий тепловой генерации – парогазовых и паросиловых установок на природном газе и угле, модернизация которых возможна за счет изменения структуры и параметров тепловых схем, перехода на нетрадиционные окислители (кислород и обогащенный кислородом воздух) и топлива (водород и метано-водородная смесь). Второй способ связан с созданием принципиально новых энергетических установок, базирующихся на полужакрытом цикле Брайтона на сверхкритическом диоксиде углерода с кислородным сжиганием, отличающихся от традиционных установок полным отсутствием вредных выбросов. Для обоих указанных направлений проведен ряд научных исследований, заключающихся в разработке перспективных тепловых схем энергетических комплексов на базе структурно-параметрической оптимизации, конструктивного облика нового энергетического оборудования и функционально-стоимостных моделей. По результатам проведенного технико-экономического анализа сформированы рекомендации по выбору технологий, обеспечивающих максимальную экономическую эффективность производства электроэнергии при различных сценарных социально-экономических условиях.

© Рогалев Н. Д., Рогалев А. Н.,
Злышко О. В., Киндра В. О.,
Комаров И. И., Осипов С. К., 2022

ISBN 978-5-907561-89-2

DOI 10.31483/a-10455

© ИД «Среда», оформление, 2022

Содержание

Введение.....	5
1. Технологии повышения эффективности и экологической безопасности паросиловых установок	8
1.1. Разработка и исследование тепловых схем перспективных паротурбинных энергоблоков	9
1.1.1. Тепловые схемы паротурбинных энергоблоков на сверхкритические параметры пара	9
1.1.2. Тепловые схемы паротурбинных энергоблоков на сверхкритические параметры пара с водородным перегревом пара	15
1.1.3. Тепловые схемы паротурбинных энергоблоков на обогащенном кислороде воздухе с системами улавливания диоксида углерода из дымовых газов.....	17
1.2. Разработка конструктивного облика высокотемпературного паросилового оборудования	20
1.2.1. Конструктивный облик оборудования паротурбинных энергоблоков на сверхкритические параметры пара	20
1.2.2. Конструктивный облик водородно-кислородной камеры сгорания для паротурбинного энергоблока с водородным перегревом пара.....	27
1.2.3. Конструктивный облик энергетического котла на обогащенном кислороде воздухе	29
1.3. Разработка моделей прогнозирования стоимости высокотемпературного оборудования для паротурбинных блоков ...	32
1.3.1. Прогнозирование стоимости создания котельных установок на повышенные параметры пара	35
1.3.2. Прогнозирование стоимости создания высокотемпературной паровой турбины	37
1.3.3. Прогнозирование стоимости создания водородно-кислородной камеры сгорания	39

Перспективные энергетические технологии для низкоуглеродной энергетики

2. Технологии повышения эффективности и экологической безопасности парогазовых установок.....	40
2.1. Парогазовые энергоблоки с энергоустановками для утилизации низкпотенциальной теплоты.....	41
2.2. Парогазовые энергоблоки с метано-водородными камерами сгорания	46
3. Кислородно-топливные энергетические комплексы – перспектива перехода к низкоуглеродной энергетике.....	49
3.1. Разработка и исследование тепловых схем кислородно-топливных установок с рециркуляцией диоксида углерода.....	50
3.2. Разработка конструктивного профиля высокотемпературного оборудования на сверхкритическом диоксиде углерода	56
3.2.1. Охлаждаемая углекислотная турбина.....	60
3.2.2. Кислородно-топливная камера сгорания с углекислотным разбавителем.....	64
3.2.3. Углекислотный регенеративный теплообменник.....	68
3.3. Прогнозирование стоимости перспективного углекислотного оборудования.....	73
4. Сравнительный анализ тепловой экономичности и экологической безопасности перспективных паротурбинных и парогазовых электрических станций	78
Список использованных источников.....	88

Научное издание

Рогалев Николай Дмитриевич
Рогалев Андрей Николаевич
Злышко Ольга Владимировна
Киндра Владимир Олегович
Комаров Иван Игоревич
Осипов Сергей Константинович

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ**

Монография

Чебоксары, 2022 г.

Компьютерная верстка *Е.В. Кузнецова*
Дизайн обложки *Н.В. Фирсова*

Подписано в печать 16.12.2022 г.

Дата выхода издания в свет 23.12.2022 г.

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times. Усл. печ. л. 5,58. Заказ К-1072. Тираж 500 экз.

Издательский дом «Среда»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75, офис 12
+7 (8352) 655-731
info@phsreda.com
<https://phsreda.com>

Отпечатано в Студии печати «Максимум»
428005, Чебоксары, Гражданская, 75
+7 (8352) 655-047
info@maksimum21.ru
www.maksimum21.ru