

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
В ЭНЕРГЕТИКЕ

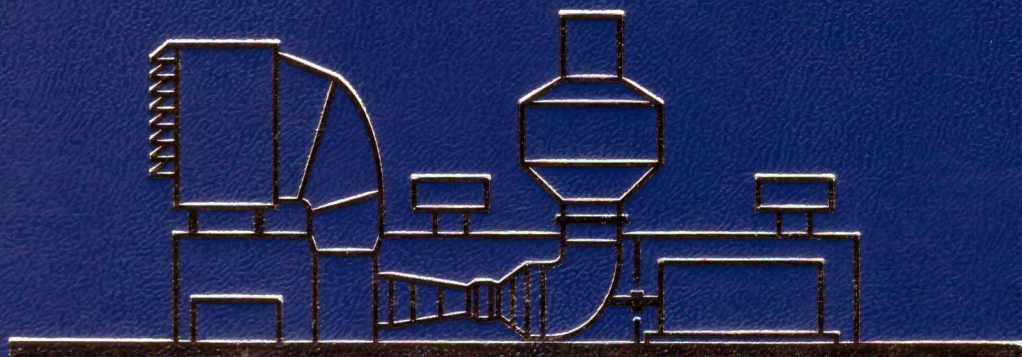
В. Н. Клименко, А. И. Мазур, П. П. Сабашук

КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

С ТЕПЛОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

Часть **1**



УДК 621.31(03)

ББК 31.2я2

К49

Клименко В. Н.

К49 Когенерационные системы с тепловыми двигателями: справочное пособие. – В 3-х частях / Клименко В. Н., Мазур А. И., Сабашук П. П.; под ред. А. И. Мазура; Ин-т прикладных исслед. в энергетике. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008 – ISBN 978-966-8449-25-3

Часть 1: Общие вопросы когенерационных технологий. – К.: ИПЦ АЛКОН НАН Украины, 2008. – 560 с.: ил. 231 + 26 (z), табл. 121 + 5 (z). ISBN 978-966-8449-26-0

В первой части справочного пособия представлен системный обзор основных вопросов комбинированной выработки тепловой и электрической энергии, а также холода – когенерации, включая роль и место когенерации в структуре экономики, выбор тепловых схем и порядок оптимального проектирования когенерационных систем, интеграции их в тепловые и электрические сети. Рассмотрены технические и экологические характеристики основного оборудования и способы управления выбросами оксидов азота. Показаны перспективы развития когенерации в зарубежных странах.

УДК 621.31(03)
ББК 31.2я2

ISBN 978-966-8449-25-3 (Общий)
ISBN 978-966-8449-26-0 (Ч. 1)

© В. Н. Клименко, А. И. Мазур,
П. П. Сабашук, 2008
© ИПЦ АЛКОН НАН Украины,
оформление, 2008

ОГЛАВЛЕНИЕ

От авторов.....	10
Введение	13
Глава 1. КОГЕНЕРАЦИЯ – ЭФФЕКТИВНАЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ	21
1. СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ КОГЕНЕРАЦИИ И ТЕПЛОФИКАЦИИ.....	21
2. СОСТОЯНИЕ ТЭЦ УКРАИНЫ	32
3. ТЕПЛОФИКАЦИЯ В РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЯХ	45
4. МИРОВОЙ РЫНОК ГАЗОТУРБИННЫХ И ПОРШНЕВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	51
5. ВЗАИМОСВЯЗЬ КОГЕНЕРАЦИИ С АКТУАЛЬНЫМИ ПРОБЛЕМАМИ ЭКОНОМИКИ	56
5.1. Когенерация в секторе комбинированного производства электроэнергии и теплоты	56
5.2. Модернизация паротурбинных ТЭС и ТЭЦ.....	60
5.3. Возможность ввода новых генерирующих мощностей	67
5.4. Объединение газотурбинной и пылеугольной технологий для реабилитации угольных ТЭС	70
5.5. Повышение эффективности и надежности энергоснабжения на региональном уровне	73
5.6. Эффективное производство холода	80
5.7. Повышение эффективности работы газотранспортной системы Украины	83
6. РОЛЬ КОГЕНЕРАЦИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ.....	89
6.1. ГТУ в производстве хлора и каустической соды	89
6.2. Газотурбинные энерготехнологические комплексы утилизации пластиков.....	91
6.3. Когенерация в нефтехимическом производстве.....	95
6.4. Когенерация в производстве цемента	96
7. КОГЕНЕРАЦИЯ И КИОТСКИЕ СОГЛАШЕНИЯ.....	99
7.1. Рыночные механизмы Киотского протокола.....	99
7.2. Когенерационные проекты совместного осуществления и сокращения выбросов CO ₂	104
8. НОВЫЕ КОГЕНЕРАЦИОННЫЕ СТАНЦИИ В УКРАИНЕ (после 2000 г.)	110
Литература.....	122

Глава 2. РАЗНОВИДНОСТИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ВЫБОР ТЕПЛОВЫХ СХЕМ	125
1. НЕОБХОДИМОСТЬ ПРЕДПРОЕКТНОГО ЭНЕРГОАУДИТА	125
2. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК	129
3. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ	139
3.1. Порядок выбора системы и конструкции	140
3.2. Профили нагрузок	142
3.3. Режимы работы когенерационных систем	146
3.4. Применение метода математического моделирования для оценки энергетической эффективности работы КОУ	149
4. УТИЛИЗАЦИОННЫЕ И СБРОСНЫЕ СХЕМЫ КОГЕНЕРАЦИЙ	150
5. РАЗНОВИДНОСТИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	153
6. ВЫБОР ГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАЙОННОЙ ОТОПИТЕЛЬНОЙ КОТЕЛЬНОЙ	163
6.1. Модернизация системы теплоснабжения на базе ГПД	163
6.2. Модернизация районной отопительной котельной на базе использования паровых противодавленческих турбин	166
7. СОПОСТАВЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СХЕМ С ПАРОВЫМИ И ГАЗОВЫМИ ТУРБИНАМИ	167
8. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ НАДСТРОЙКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ	174
8.1. Балансовые уравнения и определение основных показателей схемы с предвключенной ГТУ	175
8.2. Анализ возможных вариантов системы «двигатель+печь»	179
8.3. Влияние коэффициента избытка воздуха в печи на характеристики комбинированной установки	182
8.4. Влияние коэффициента избытка воздуха в выхлопных газах двигателя на характеристики комбинированной установки	186
8.5. Когенерационная надстройка теплотехнологических печей газопоршневыми двигателями	188
9. ПАРОТУРБИННЫЕ НАДСТРОЙКИ ДЛЯ ПАРОВЫХ КОТЕЛЬНЫХ	190
10. ИНТЕГРАЦИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ В КОМБИНИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ	202
11. ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГТУ-ТЭЦ, ВКЛЮЧЕННЫХ В МЕСТНУЮ СИСТЕМУ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ	208
12. ОПЫТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ	213
13. ИНТЕГРАЦИЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНУЮ ЭЛЕКТРОСЕТЬ	228
Литература	238

Глава 3. ТОПЛИВО И ТОПЛИВНЫЕ КОМПРЕССОРЫ ДЛЯ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК	240
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТОПЛИВ	240
1.1. Жидкие топлива. Октановое и цетановое числа	241
1.2. Газообразные топлива. Метановое число	251
2. НЕФТЯНЫЕ ГАЗЫ	266
2.1. Попутные нефтяные газы	266
2.2. Искусственные нефтяные газы	268
3. КОКСОВЫЙ И ДОМЕННЫЙ ГАЗЫ	270
4. ГЕНЕРАТОРНЫЕ ГАЗЫ	275
5. ВНУТРИЦИКЛОВАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ В ПГУ	285
5.1. Газификация угля в кипящем слое	286
5.2. Газификация угля в потоке	290
6. ШАХТНЫЙ МЕТАН	293
7. БИОГАЗ	296
7.1. Биогаз из биомассы растительного и животного происхождения	298
7.2. Биогаз из осадков канализационных очистных станций	302
7.3. Биогаз из полигонов ТБО (свалочный газ)	306
8. ТОПЛИВНЫЕ ДОЖИМНЫЕ КОМПРЕССОРЫ	311
8.1. Поршневые компрессоры	313
8.2. Винтовые компрессоры	319
8.3. Центробежные компрессоры	329
Литература	337
Глава 4. УПРАВЛЕНИЕ ВЫБРОСАМИ NO_x В КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ	339
1. О НОРМАХ ВЫБРОСОВ NO _x В ТОПЛИВОСЖИГАЮЩЕМ ОБОРУДОВАНИИ	339
2. МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОКСИДОВ АЗОТА ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА	348
3. ЭМИССИЯ ТОКСИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЯХ	352
4. ЭМПИРИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫБРОСОВ NO _x ДЛЯ ГАЗОМАЗУТНЫХ КОТЛОВ	356
4.1. Основные положения методики	356
4.2. Расчет эмиссии оксидов азота при сжигании природного газа в среде забалластированного окислителя	363
5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА	368
6. МЕТОДЫ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА	371
6.1. Методы, основанные на снижении температуры в зоне горения	373

6.2. Механизм влияния впрыска воды/пара на эмиссию NO_x	377
6.3. Методы, основанные на снижении избытка воздуха	380
6.4. Примеры реализации ступенчатого сжигания природного газа в малых паровых котлах	385
6.5. Конструкции низкоэмиссионных горелок	390
7. ПОДАВЛЕНИЕ ЭМИССИИ NO_x В КАМЕРАХ СГОРАНИЯ ГТУ ...	399
8. УПРАВЛЕНИЕ ЭМИССИЕЙ NO_x В ВЫХЛОПНЫХ ГАЗАХ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	411
9. СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ АЗОТА ПУТЕМ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ.....	421
9.1. Высокотемпературное бескаталитическое восстановление оксида азота	423
9.2. Каталитическое восстановление с помощью аммиака	423
10. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА КОГЕНЕРАЦИОННЫХ СИСТЕМ	433
Литература.....	443

**Глава 5. КОГЕНЕРАЦИОННО-ХОЛОДИЛЬНЫЕ СТАНЦИИ.
О СПЕЦИФИКЕ И ДЕТАЛЯХ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.
ПЕРСПЕКТИВЫ КОГЕНЕРАЦИИ ЗА РУБЕЖОМ.....**

1. КОГЕНЕРАЦИОННО-ХОЛОДИЛЬНЫЕ СТАНЦИИ.....	445
1.1. Принцип действия абсорбционных холодильных машин.....	446
1.2. Термодинамический расчет абсорбционной холодильной машины.....	455
1.3. Некоторые свойства АХМ.....	462
1.4. Когенерационно-холодильные станции	466
1.5. Теплонасосные установки	473
1.6. Тригенерационная система энергоснабжения зданий	481
2. О СПЕЦИФИКЕ И ДЕТАЛЯХ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ.....	489
2.1. Промышленная газотурбинная ТЭЦ на базе гибридных ГТУ ...	490
2.2. ПГУ, работающие на смеси коксового и доменного газов.....	496
2.3. Муниципальная отопительная газотурбинная ТЭЦ мощностью 4 МВт.....	503
2.4. Когенерационные установки утилизационной и сбросной схем, обеспечивающие бесперебойность работы КУ в технологических процессах	507
2.5. Когенерационные станции на базе ГПД	515
2.6. Отопительная ТЭЦ на биомассе	519
2.7. Когенерационные станции на основе использования сбросной теплоты ГТУ газоперекачивающих агрегатов.....	524
3. ПЕРСПЕКТИВЫ КОГЕНЕРАЦИИ ЗА РУБЕЖОМ.....	529
3.1. Когенерация в США.....	529
3.2. Когенерация в Японии	534
3.3. Когенерация в странах Евросоюза.....	537
3.4. Когенерация в Великобритании.....	542

3.5. Когенерация в Канаде	545
3.6. Когенерация в Австралии	547
3.7. Когенерация в Китае	550
3.8. Когенерация в Мексике	552
3.9. Когенерация в Турции	554
Литература.....	556
Основные условные обозначения.....	558
Принятые сокращения	559
Перечень ZOOM-страниц	
1. Реклама когенерации	25
2. Когенерация экономит топливо	50
3. Преимущества когенерации.....	103
4. Пользование номограммой	161
5. Диаграмма энергий современного дизельного двигателя.....	189
6. Когенерационная станция с ГПД для районного теплоснабжения...	214
7. Схема газотранспортной системы Украины	257
8. ГПД на станции очистки канализационных стоков	303
9. Мини-ТЭЦ с ГПД для больничного комплекса.....	326
10. Диаграмма потоков эксергии для ГТУ с воздушным охлаждением ...	367
11. Когенерационная станция с ГТУ и котлами-утилизаторами.....	401
12. Датчик содержания кислорода в выхлопных газах	413
13. Когенерационная газопоршневая установка для банковского здания.....	479
14. Соотношения между единицами измерений.....	527