

621,31
Ш 264



ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЭС

Ю. И. ШАРОВ



2-е издание



«Инфра-Инженерия»

Ю. И. Шаров

ВНЕДРЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ТЭС

Монография

2-е издание

Москва Вологда
«Инфра-Инженерия»
2025

УДК 621.311
ББК 31.27
Ш25

Рецензент:
доктор технических наук, профессор П. А. Щинников

Шаров, Ю. И.
Ш25 Внедрение современных технологий на ТЭС : монография /
Ю. И. Шаров. – 2-е изд. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. –
348 с. : ил., табл.
ISBN 978-5-9729-2546-9

Изложены теоретические основы современной энергетики. Рассмотрены современные технологии развития оборудования тепловых электростанций, отличия национальных и интернациональных рынков электроэнергии. Представлены пути повышения эффективности и безопасности парогазовых установок, способы оптимизации затрат на тепловые сети.

Для специалистов в области теплоэнергетики. Может быть полезно студентам и аспирантам электроэнергетических направлений подготовки всех форм обучения.

554434

УДК 621.311
ББК 31.27



ISBN 978-5-9729-2546-9

© Шаров Ю. И., 2025
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2025
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Введение.....	5
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННАЯ ЭНЕРГЕТИКА [2, 3].....	9
1.1. Традиционная энергетика	9
1.1.1. Теплоэнергетика	9
1.1.2. Гидроэнергетика	12
1.1.3. Ядерная энергетика	14
1.2. Альтернативная энергетика [2, 3].....	16
1.2.1. Солнечная энергетика	16
1.2.2. Ветровая энергетика	19
1.2.3. Альтернативная гидроэнергетика	21
1.2.4. Геотермальная энергетика	23
1.2.5. Биоэнергетика	24
1.2.6. Водородная энергетика	26
1.2.7. Энергетика на топливных элементах	27
1.2.8. Термоядерная энергетика	29
ГЛАВА 2. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ [4, 5].....	31
2.1. Конкуренция технологий производства электроэнергии.....	31
2.1.1. Технический прогресс	31
2.1.2. Состояние производства электроэнергии.....	32
2.1.3. Области конкуренции	34
2.1.4. Энергетическая политика	36
2.1.5. Конкурентоспособность	41
2.1.6. Технологии производства электроэнергии.....	43
2.2. Инновационные комбинированные системы [23, 24]	49
2.2.1. Комбинированное производство энергий.....	49
2.2.2. Отопление	52
2.2.3. Электроснабжение	53
2.2.4. Концепция виртуальных электростанций	56
2.3. Электроэнергия, теплота и синтезгаз из биомассы [41, 42].....	61
ГЛАВА 3. ПАРОГАЗОВЫЕ УСТАНОВКИ (ПГУ) [54...59]	68
3.1. Пути повышения эффективности и безопасности ПГУ [44]	68
3.2. Математическое моделирование ПГУ с ЦКС [45]	70
3.3. Парогазовая электростанция в Шварце Пумпе [46]	77
3.4. Оборудование и цены теплоснабжения [47, 56]	80
3.5. Оптимизация диаграммы режимов ГТУ [48, 55]	97
3.6. Оптимизация затрат на тепловые сети [49, 57]	110
3.7. Опыт эксплуатации дрезденской ПГУ-ТЭЦ [50, 53, 58].....	119
3.8. Рентабельность мероприятий на дрезденской ПГУ-ТЭЦ [51, 59]	129
3.9. Промышленная ПГУ-ТЭЦ в Эрфурте (Германия) [52, 54, 58]	136
3.10. Энергетическая концепция 2030 для Дрездена [73... 76]	141
3.10.1. Интегрированная программа по энергии и защите климата Дрезден 2030 (IEuKK).....	141

3.10.2. Компания DREWAG Stadtwerke Dresden GmbH.....	156
3.10.3. Вклад компании DREWAG в использование возобновленных источников на рынке электрической и тепловой энергии	166
3.10.4. Состояние окружающей среды по энергетической концепции компании DREWAG [75]	171
3.11. Дрезден на пути к энергоэффективному городу [77, 78]	176
3.12. Опыт становления интегрированной концепции защиты климата города Хемниц [79, 80]	191
3.13. Роль накопителей в энергообороте [82, 83].....	207
3.14. Энергонакопители в строительной технике [84]	226
3.15. Модернизация (санирование) зданий и эффективная энергоподготовка.....	247
3.16. Экономические перспективы использования возобновляемых источников энергии	254
ГЛАВА 4. СИНТЕЗ-ГАЗ В ЭНЕРГЕТИКЕ [2].....	268
4.1. Проблемы газификации [60]	268
4.2. Будущее интегрированной газификации [61, 62]	271
4.3. Синтез-газ из углей и остатков тяжелых фракций нефти	280
4.4. Опыт эксплуатации парогазовой ТЭС в Чехии [63]	284
ГЛАВА 5. ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ НА УГЛЯХ	289
5.1. Проблемы угольных ТЭС [64]	289
5.2. ТЭС на бурых углях Шварце Пумпе [65]	290
5.3. Китайские угольные ТЭС [66]	293
5.4. ТЭС со сжиганием в кипящем слое [67]	297
ГЛАВА 6. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЭС	299
6.1. Учет новых достижений по горячей десульфуризации газов [68].....	299
6.2. Модернизация польских угольных ТЭС [69]	302
6.3. Снижение выбросов SO ₂ на ТЭС Марица Ост в Болгарии [70]	307
6.4. Управление котлами для минимизации их загрязнения [71, 72]	312
ГЛАВА 7. СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЭНЕРГЕТИКИ РОССИИ [2, 3]	316
7.1. Основные цели и стратегии.....	316
7.2. Организационно-экономическая структура энергосистемы	317
7.3. Отраслевые стратегии топливного комплекса России	319
7.3.1. Нефтяная стратегия	319
7.3.2. Газовая стратегия	321
7.3.3. Угольная стратегия	323
7.4. Стратегия развития гидроэнергетики	326
7.5. Стратегия развития ядерно-энергетического комплекса	326
7.6. Возобновляемые энергоресурсы [89]	329
7.7. Произведенные энергетические ресурсы [89].....	330
Библиографический список.....	371

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая монография является переработанным и дополненным новыми данными изданием учебного пособия Ю. И. Шарова «Оборудование тепловых электростанций – проблемы и перспективы [2]», изданным в 2002 г.

Монография предназначена для магистрантов направления 13.04.01 – Теплоэнергетика и теплотехника и бакалавров направления 13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника.

ВВЕДЕНИЕ [1, 2]

Научные основы, прикладные исследования и технические решения должны находить подтверждения на тепловых электростанциях (ТЭС). Поэтому специалистов ТЭС интересуют следующие вопросы:

- обновление функций оборудования тепловых электростанций при различных видах топлив; достижение проектных параметров и потребительской стоимости; производственная безопасность и жизнеспособность при изменяющихся требованиях; надежность; поддержание оборудования в исправном состоянии.

Особое внимание должно быть уделено коэффициенту полезного действия, зависимость которого от максимальной температуры показана на рис. В.1.

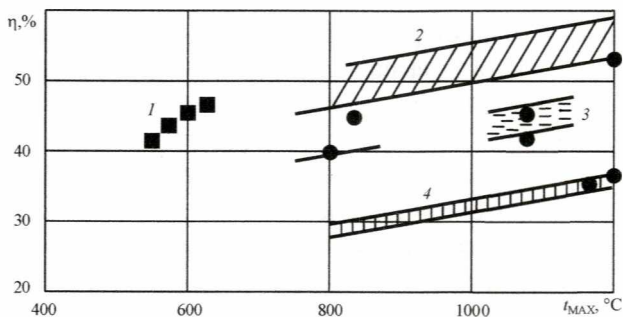


Рис. В.1. Зависимость КПД станционных процессов от температуры:
1 – ПТУ, 2 – ПГУ, 3 – газификация угля, 4 – ГТУ

Совершенствование может быть достигнуто путем:

- повышения параметров свежего пара до $p_0 = 30$ МПа и $t_0 = 600 \dots 650$ $^\circ\text{C}$;
- использования теплоты уходящих газов для подогрева питательной воды;

- повышения КПД агрегатов (например, КПД турбины $\eta_t > 0,9$), в результате чего порядок КПД станции будет порядка $\eta_{ТЭС} \approx 0,45$, и потенциал развития еще останется (рис. В.2).

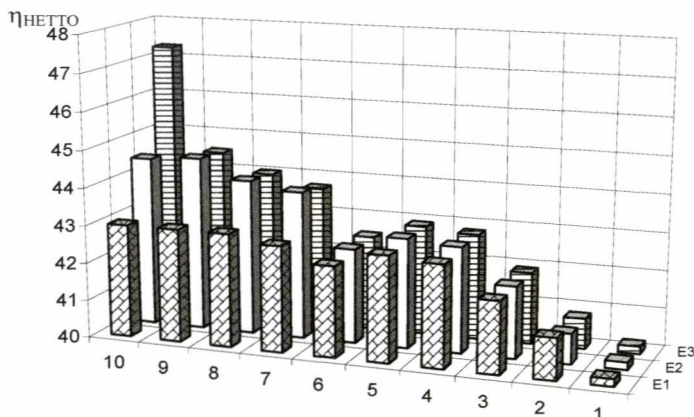


Рис. В.2. Совершенствование процессов:

- 1 – базис; 2 – изоэнтропийный КПД; 3 – параметры пара; 4 – температура перегрева пара; 5 – давление в конденсаторе; 6 – шлаковые потоки; 7 – регенерация теплоты; 8 – газовая турбина для привода дымососа; 9 – двойной промежуточный перегрев пара; 10 – внутренняя сушка угля; E1, E2, E3 – параметры (см. табл. В.1)

Это технологии циркулирующего слоя (атмосферного или под давлением рис. В.3), интегральной газификации углей (рис. В.4), комбинированного парогазового процесса, который стал перспективным благодаря следующим мероприятиям:

- применению высококачественных топлив и их сжиганию с низкими вредными выбросами; достигнутой высокой надежности газовых турбин; материалам, позволяющим реализовать высокие температуры рабочих тел на входе в турбины.

Известно, что ТЭС, использующие ископаемые топлива, имеют значительные вредные выбросы. Поэтому предельно допустимые концентрации вредных веществ (рис. В.5) должны быть значительно снижены. С 01.07.1996 в Германии приняты защитные мероприятия, согласно которым ТЭС оборудованы первичными и вторичными устройствами очистки газов. Необходимо также, чтобы аналогичные меры приняли Польша, Чехия, Венгрия и другие государства. Путь к чистым угольным технологиям предопределен.

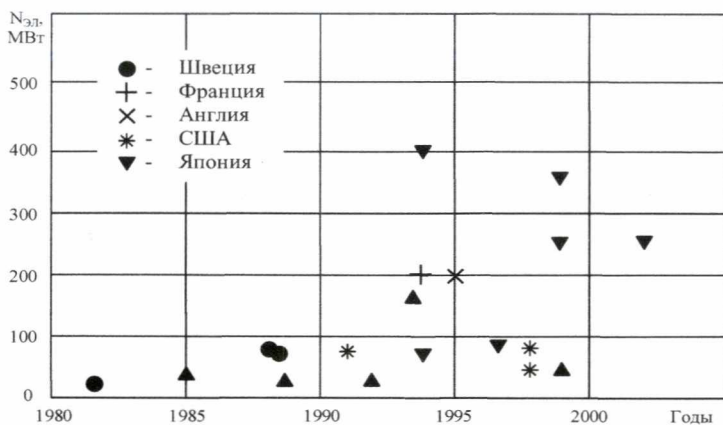


Рис. В.3. ТЭС с сжиганием топлива в псевдоожиженном слое

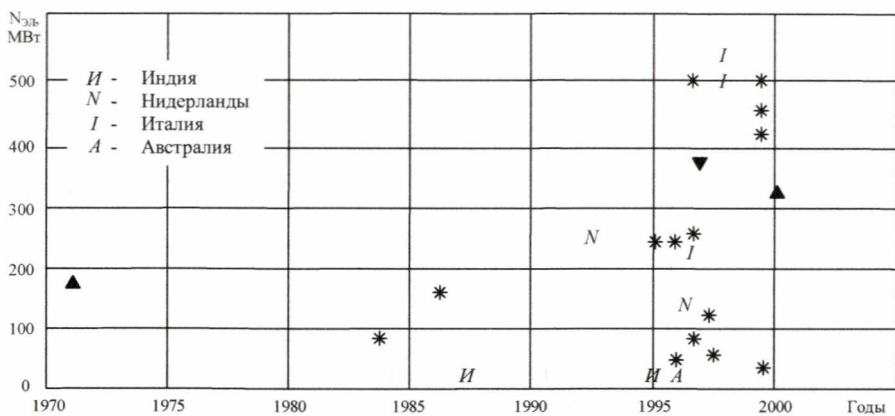


Рис. В.4. ТЭС с интегрированной газификацией

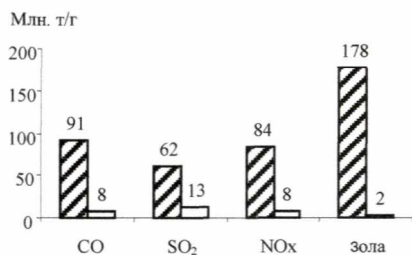


Рис. В.5. Всемирные выбросы угольных ТЭС в 2020 году: штрих – обычные, белые – с учетом мероприятий по уменьшению выбросов

Параметры экономичной, экологически чистой угольной ТЭС

<i>Параметр</i>		<i>Размерность</i>	<i>Шварце Пушпе</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
Электрическая мощность		МВт	800	800	800	800
Угли		—	—	Влажные бурые	—	—
Свежий пар:	p_0	МПа	26	26	30	30
	t_0	°С	547	580	600	600
Поджиг:	$p_{\text{п}}$	МПа	5,14	5,14	8,3/2,6	8,3/2,6
	$t_{\text{п}}$	°С	565	596	620/620	620/620
Конденсатор:	$p_{\text{к}}$	бар	0,04	0,03/0,04	0,03/0,04	0,03/0,04
Питательная вода:	$t_{\text{пв}}$	°С	273	300	300	327
КПД брутто	$\eta_{\text{бр}}$	%	43,1	44,8	46,9	50,7
КПД нетто	$\eta_{\text{нет}}$	%	40,4	42,8	44,8	47,3
Система отпуска тепла		—	+	+	+	+
Сушка углей		—	—	—	—	Внутри процесса

Таким образом, формирование экологически чистой угольной энергетики определяет новую концепцию пылеугольных энергоблоков, эффективность которых достигается за счет совершенствования технологического процесса и перехода на повышенные параметры пара, а снижение выбросов загрязняющих веществ до предельно низких значений обеспечивается установками глубокой очистки дымовых газов.