

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

А. Б. Сухоцкий

ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ



*Рекомендовано
учебно-методическим объединением по образованию
в области энергетики и энергетического оборудования
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений высшего образования
по специальности 1-43 01 06 «Энергоэффективные
технологии и энергетический менеджмент»*

Минск 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ



ВВЕДЕНИЕ	3
1. ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ И ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВА ЗА СЧЕТ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ	4
1.1. Выход вторичных энергетических ресурсов и экономия топлива за счет их использования	8
1.2. Источники вторичных энергетических ресурсов в промышленности строительных материалов	12
1.3. Источники вторичных энергетических ресурсов в пищевой промышленности.....	13
1.4. Источники вторичных энергетических ресурсов в металлургии и машиностроении.....	15
1.5. Источники вторичных энергетических ресурсов в лесном комплексе	16
1.6. Отходы сельского хозяйства и животноводства.....	18
1.7. Бытовые и промышленные отходы	19
2. ГОРЮЧИЕ ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	23
2.1. Классификация, характеристика и способы сжигания вторичных энергетических ресурсов	23
2.1.1. Характеристика топлива	23
2.1.2. Способы переработки топлива	24
2.1.3. Характеристика древесного топлива	26
2.2. Утилизация горючих вторичных энергетических ресурсов.....	28
2.2.1. Установка для сжигания топлива.....	28
2.2.2. Этапы сжигания топлива.....	28
2.2.3. Теория горения твердого углерода (кокса)	32
2.3. Топки для сжигания топлив	33
2.3.1. Основные виды топочных процессов	33
2.3.2. Слоевая горизонтальная топка	36
2.3.3. Шахтная топка с вертикальным зеркалом горения	38

2.3.4. Шахтная топка с наклонным зеркалом горения	39
2.3.5. Шахтная топка со ступенчатой наклонной решеткой	39
2.3.6. Топка Померанцева с зажатым слоем топлива	40
2.3.7. Топка с цепной колосниковой решеткой и предтопком Макарьева	41
2.3.8. Топка с кучевым сжиганием	42
2.3.9. Основные параметры топочных устройств слоевого типа	42
2.3.10. Теория кипящего слоя	44
2.3.11. Сжигание в кипящем слое	46
2.4. Камерные топки	49
2.5. Технология сжигания топлива	51
2.5.1. Особенности сжигания древесного топлива	54
2.5.2. Системы утилизации теплоты и возможности повышения КПД установки	57
2.5.3. Особенности сжигания газообразных и жидких промышленных отходов	58
2.6. Неглубокая переработка твердых горючих вторичных энергетических ресурсов	62
2.7. Термохимические способы переработки топлива	64
2.7.1. Пиролиз (сухая перегонка)	64
2.7.2. Слоевая газификация топлива	68
2.7.3. Газификация в кипящем слое	73
2.7.4. Уравнение теплового баланса газификации топлива	75
2.7.5. Газификация под давлением	77
2.7.6. Газификация топлива твердым высокотемпературным теплоносителем	79
2.7.7. Другие термохимические способы переработки топлива	83
2.8. Термическая переработка твердых бытовых и промышленных отходов	85
2.8.1. Недостатки термической переработки твердых бытовых отходов	85
2.8.2. Технологии термической утилизации твердых бытовых отходов	87
2.9. Анаэробная переработка топлива	89
2.9.1. Технология анаэробной переработки	89

2.9.2. Факторы, влияющие на процесс брожения	92
2.9.3. Особенности переработки отходов животноводства и растениеводства	93
2.9.4. Получение биогаза в метантенках.....	96
2.9.5. Методика определения технических параметров биогазогенератора	98
2.9.6. Добыча и утилизация свалочного газа.....	99
2.9.7. Подготовка к использованию и аккумулярование биогаза	103
2.9.8. Получение тепловой энергии при аэробном окислении.....	106
3. ТЕПЛОВЫЕ ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ	107
3.1. Термодинамический анализ систем утилизации тепловых вторичных энергетических ресурсов	107
3.2. Утилизация теплоты дымовых газов.....	110
3.2.1. Классификация и характеристики котлов-утилизаторов.....	112
3.2.2. Теплообменные элементы котла-утилизатора....	117
3.2.3. Совместная работа котлов-утилизаторов с воздухоподогревателями	124
3.2.4. Использование энергии дымовых газов для выработки механической и электрической энергии	126
3.2.5. Химическая регенерация теплоты отходящих газов.....	127
3.3. Утилизация среднепотенциальных тепловых вторичных энергетических ресурсов	128
3.3.1. Использование теплоты отработанного пара	128
3.3.2. Использование теплоты загрязненных стоков	130
3.3.3. Использование теплоты вторичного вскипания	133
3.3.4. Использование теплоты рабочих сред систем охлаждения	136
3.3.5. Использование теплоты технологических продуктов	138
4. ВТОРИЧНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ ИЗБЫТОЧНОГО ДАВЛЕНИЯ.....	142
4.1. Утилизация паровыми турбинами.....	142
4.1.1. Принцип работы турбины	142

4.1.2. Использование энергии избыточного давления острого пара.....	145
4.1.3. Устройство турбин с противодавлением.....	150
4.1.4. Расчет энергетических параметров.....	152
4.2. Использование энергии избыточного давления природного газа.....	154
4.3. Повышение давления (компрессия) отработанного пара.....	159
4.4. Использование отработанного пара для выработки электроэнергии.....	167
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	169