

УДК 674.04:658.567.1  
ББК 37.13:30.69  
С21

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

*Рецензенты:*

*директор ЗАО «Ласкрафт» канд. техн. наук Е. К. Воронин  
директор ООО НПО «Политехнологии» канд. техн. наук В. А. Салдаев*

**Сафин Р. Г.**

**С21** Пирогенетическая переработка растительных отходов в активированный уголь : монография / Р. Г. Сафин, В. Г. Сотников; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2022. – 108 с.

ISBN 978-5-7882-3157-0

Представлено современное состояние техники и технологии термохимической переработки сырья растительного происхождения: рассмотрены методы переработки биомассы, механизмы термического разложения древесины, приведены математическая модель, аппаратурное оформление способа термохимической переработки растительных отходов.

Предназначена для инженерно-технических работников, аспирантов и студентов.

Подготовлена на кафедре переработки древесных материалов.

**УДК 674.04:658.567.1  
ББК 37.13:30.69**

ISBN 978-5-7882-3157-0

© Сафин Р. Г., Сотников В. Г., 2022

© Казанский национальный исследовательский  
технологический университет, 2022

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ.....	7
1.1. Растительные отходы, классификация и направления их переработки.....	7
1.2. Основные сведения об активированном угле.....	8
1.3. Способы получения активированного угля.....	11
1.4. Аппаратурное оформление процесса получения активированного угля....	12
Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ В АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ.....	17
2.1. Физическая картина процесса получения активированного угля из растительных отходов.....	17
2.2. Формализация термохимического процесса разложения растительных отходов.....	18
2.3. Математическое описание процесса переработки растительных отходов в активированный уголь.....	19
2.3.1. Математическое описание процесса подготовки отходов к термохимическому разложению.....	20
2.3.2. Математическое описание процесса конвективной сушки отходов.....	23
2.3.3. Математическое описание процесса кондуктивного пиролиза отходов.....	25
2.3.4. Математическое описание процесса паровой активации древесного угля.....	28
2.3.5. Математическое описание процесса конвективного охлаждения активированного угля.....	31
2.3.6. Математическое описание процесса вакуумной сушки активированного угля.....	34
2.3.7. Математическое описание процесса сепарации пиролизных газов.....	35
2.3.8. Математическое описание процесса охлаждения топочных газов и перегрева водяного пара.....	38
2.3.9. Математическое описание процесса абсорбции отработанных топочных газов.....	42

2.4. Алгоритм расчета процесса получения активированного угля .....	45
<b>Глава 3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ....</b>	<b>48</b>
3.1. Описание экспериментального стенда для исследования процесса получения активированного угля, неконденсированного горючего газа и пиролизного дистиллята .....	48
3.2. Методики проведения экспериментов и обработка экспериментальных данных .....	50
3.3. Анализ результатов исследований физического и аналитического моделирования .....	51
3.3.1. Анализ результатов исследований пневматического транспортирования измельченных отходов.....	51
3.3.2. Анализ результатов исследований конвективной сушки измельченных отходов .....	52
3.3.3. Анализ результатов исследований кондуктивного пиролиза отходов .....	54
3.3.4. Анализ результатов исследований сепарации пиролизных газов, активационных газов и технологической воды .....	57
3.3.5. Анализ результатов паровой активации древесного угля .....	58
3.3.6. Анализ результатов исследований конвективного охлаждения активированного угля.....	59
3.3.7. Анализ результатов исследований вакуумной сушки активированного угля .....	60
3.3.8. Анализ результатов исследований теплообмена между топочным газом и водяным паром .....	61
<b>Глава 4. ПРОМЫШЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ В АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ.....</b>	<b>63</b>
4.1. Описание установки для производства активированного угля .....	63
4.2. Исследования органических отходов как объекта пирогенетической переработки .....	66
4.2.1. Методика расчета зоны подготовки отходов.....	66
4.2.2. Методика расчета зоны конвективной сушки .....	68
4.2.3. Методика расчета зоны кондуктивного пиролиза.....	73

4.2.4. Методика расчета зоны паровой активации древесного угля.....	77
4.2.5. Методика расчета зоны конвективного охлаждения активированного угля .....	80
4.2.6. Методика расчета зоны вакуумной сушки активированного угля.....	81
4.2.7. Методика расчета конденсатора пиролизных газов.....	82
4.2.8. Методика расчета пароперегревателя .....	84
4.2.9. Методика расчета абсорбционной установки.....	85
4.3. Техничко-экономическое обоснование термохимической переработки растительных отходов в активированный уголь .....	86
Заключение .....	94
Библиографический список .....	96