

УДК 674(075)  
ББК 37.13я7

**Сафин Р. Г.**

Актуальные проблемы технологических процессов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств : учебное пособие / Р. Г. Сафин; М-во образ. и науки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2016. – 408 с.

ISBN 978-5-7882-1993-6

На основе анализа технологических процессов лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств рассмотрены актуальные проблемы, возникающие при разработке новых процессов и альтернативного оборудования.

Предназначено для бакалавров и магистров направлений подготовки 35.04.02 «Технология лесозаготовительных и деревообрабатывающих производств», 15.04.02 «Технологические машины и оборудование».

Подготовлено на кафедре «Переработка древесных материалов».

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

Рецензенты: директор ООО «Энерголеспром», доктор техн. наук, профессор *А. Н. Грачев*  
директор НТЦ «Альтернативная энергетика», доктор техн. наук, профессор *Н. Ф. Тимербаев*

ISBN 978-5-7882-1993-6

© Сафин Р. Г., 2016

© Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ	8
1.1. Проблемы истощения лесных ресурсов. Концепция непрерывного и неистощительного лесного хозяйства	8
1.2. Экологические и социальные проблемы лесной деревообрабатывающей промышленности	13
1.3. Сохранение лесной среды и учет естественной динамики леса при ведении хозяйственной деятельности	18
Глава 2. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	28
2.1. Движущая сила процессов, градиент, условия равновесия	28
2.2. Законы сохранения, переноса тепла, массы импульса для стационарных и нестационарных процессов	29
2.3. Дифференциальные уравнения переноса массы, энергии и импульса в движущихся средах	38
2.4. Термодинамические основы процесса сжатия газов	52
2.5. Технологическое оформление процессов	60
Глава 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	63
3.1. Математическое моделирование	63
3.2. Физическое моделирование	64
3.3. Основы теории подобия	64
3.4. Метод анализа размерностей	76
3.5. Аналогия переноса импульса, теплоты и массы	81
3.5.1. Гидродинамическая аналогия Рейнольдса	81
3.5.2. Термодифузионная аналогия	83
3.5.3. Тройная аналогия	85
3.6. Метод оптимальных технологических процессов	85
Глава 4. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	87
4.1. Измельчение	87
4.2. Классификация и сортировка материала	91
4.3. Смешение твердых материалов	93
4.4. Методы формования изделий	95
4.4.1. Формование изделий прессованием	95
4.4.2. Формование изделий экструзией	100

4.4.3. Каландрование	104
4.4.4. Формование изделий литьем под давлением	106
Глава 5. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	110
5.1. Проблемы перемещения жидкостей, газов	110
5.2. Проблемы сепарации неоднородных смесей	112
5.3. Проблемы при организации псевдооживленных процессов	121
5.3.1. Псевдооживление	121
5.3.2. Пневмотранспорт	126
Глава 6. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ	131
6.1. Теоретические сведения о теплообмене	131
6.2. Проблемные вопросы при организации процессов нагрева или охлаждения	137
6.3. Проблемы выпаривания	147
6.3.1. Многокорпусные выпарные аппараты	151
6.3.2. Барбатажные выпарные аппараты	156
Глава 7. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАССООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ	159
7.1. Общие сведения о массообменных процессах	159
7.1.1. Виды процессов массопередачи	159
7.1.2. Скорость массопередачи	167
7.2. Проблемы организации сушильных процессов	176
7.2.1. Теоретические сведения о сушильных процессах	176
7.2.2. Аппаратурное оформление сушильных процессов. Сушилки для измельченной древесины	191
7.3. Актуальные проблемы организации адсорбционных процессов	213
7.3.1. Теоретические сведения об адсорбционных процессах	213
7.3.2. Проблемы регенерации адсорбентов	220
7.3.3. Ионообменные процессы	232
7.4. Актуальные проблемы организации абсорбционных процессов	235
7.5. Проблемы организации процессов дистилляции	243
7.5.1. Простая перегонка	249
7.5.2. Ректификация	255
7.6. Проблемы организации процессов экстрагирования	267
7.6.1. Основные сведения об экстракции	267

7.6.2. Проблемы жидкостной экстракции	269
7.6.3. Проблемы экстракции веществ из древесных материалов	279
7.6.4. Экстрагирование смолистых веществ из древесины	283
7.6.5. Совершенствование технологии комплексной переработки древесной зелени	285
7.7. Актуальные проблемы при пропитке древесных материалов	288
7.7.1. Виды пропитки	288
7.7.2. Установки для пропитки древесины	293
7.8. Мембранные процессы	296
7.8.1. Общие сведения	296
7.8.2. Аппараты для мембранного разделения смесей	301
7.9. Кристаллизация	307
7.9.1. Теоретические сведения о кристаллизации	307
7.9.2. Аппаратурное оформление процесса	314
Глава 8. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	320
8.1. Теоретические основы холодильных процессов	320
8.2. Аппаратурное оформление холодильных процессов	327
8.2.1. Компрессионные паровые холодильные машины	327
8.2.2. Абсорбционные холодильные машины	333
8.3. Проблема охлаждения оборотной технической воды	335
Глава 9. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ	339
9.1. Общие сведения о химических процессах	339
9.1.1. Основные технологические понятия химической кинетики	341
9.1.2. Основы микро- и макрокинетики	344
9.2. Термомодификация	356
9.3. Газогенерация	360
9.4. Пиролиз	369
9.4.1. Углевывжигание	369
9.4.2. Сухая перегонка древесины	370
9.4.3. Пути развития пирогенетической переработки древесины	371
9.4.4. Продукты пирогенетического разложения древесины	375
9.5. Гидролиз	387

9.5.1. Характеристика продукции гидролизного производства	387
9.5.2. Основы теории гидролиза растительного сырья	388
9.5.3. Гидролизное сырье и его характеристика	389
9.5.4. Техника и технология гидролиза	389
9.6. Проблемы варки целлюлозы	400
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	407