

Министерство образования и науки Российской Федерации

Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего профессионального образования
«Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени
С. М. Кирова»

Кафедра целлюлозно-бумажного производства, лесохимии и промышленной экологии

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Учебно-методический комплекс по дисциплине
для подготовки дипломированного специалиста по направлению
240000 Химическая и биотехнологии
специальности 240406 «Технология химической переработки древесины»
всех форм обучения

Самостоятельное учебное электронное издание

СЫКТЫВКАР 2012

УДК 676.026
ББК 35.77
Т38

Рекомендован к изданию в электронном виде кафедрой целлюлозно-бумажного производства, лесохимии и промышленной экологии
Сыктывкарского лесного института

Утвержден к изданию в электронном виде советом технологического факультета
Сыктывкарского лесного института

Составитель:

доктор химических наук, профессор **В. А. Демин**

Отв. редактор:

доктор химических наук, профессор **В. А. Демин**

Т38 **Технология целлюлозы** [Электронный ресурс] : учеб.-метод. комплекс по дисциплине для студ. спец. 240406 «Технология химической переработки древесины» всех форм обучения : самост. учеб. электрон. изд. / Сыкт. лесн. ин-т ; сост.: В. А. Демин. – Электрон. дан. – Сыктывкар : СЛИ, 2012. – Режим доступа: <http://lib.sfi.komi.com>. – Загл. с экрана.

В издании помещены материалы для освоения дисциплины «Технология целлюлозы». Приведены рабочая программа курса, методические указания по различным видам работ, библиографический список.

УДК 676.026
ББК 35.77

Самостоятельное учебное электронное издание

Составитель: **Демин** Валерий Анатольевич

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Электронный формат – pdf. Объем 1,1уч.-изд. л.
Сыктывкарский лесной институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет имени С. М. Кирова» (СЛИ),
167982, г. Сыктывкар, ул. Ленина, 39, institut@sfi.komi.com, www.sli.komi.com

Редакционно-издательский отдел СЛИ

© СЛИ, 2012

© Демин В. А., составление, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ	4
ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ, ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	5
СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	6
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	10
МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	23

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ»

для подготовки дипломированного специалиста по направлению
240000 Химическая и биотехнологии
специальности 240406 «Технология химической переработки древесины»

Обязательная

Форма обучения	Очная	Заочная
Всего часов	163	163
Всего аудиторных часов	68	18
Лекции	34	10
Лабораторные	34	8
Самостоятельная работа	95	145
Курсовой проект	7 семестр	5 курс
Экзамен	7 семестр	5 курс

1.1. Цель и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе

1.2. Цель преподавания дисциплины

Природная целлюлоза, или клетчатка, является основным веществом, из которого построены стенки растительных клеток, и поэтому растительное сырье разных видов служит единственным источником производства целлюлозы. Главным видом сырья для производства технической целлюлозы является древесина хвойных и лиственных пород. Применяемые в промышленности и исследованные в лабораторных условиях многочисленные методы производства технической целлюлозы основаны на свойстве лигнина гораздо легче, чем целлюлоза, поддаваться разрушительному действию многих химических реагентов. В основу классификации методов производства целлюлозы положены вид и свойства применяемых реагентов, а при использовании нескольких реагентов - последовательность обработки ими растительного сырья.

Технология целлюлозы представляет собой ведущую специальную дисциплину для подготовки инженеров технологов. Целью преподавания дисциплины «Технология целлюлозы» является обеспечение теоретической подготовки и фундаментальной базы инженеров-технологов. Курс «Технология целлюлозы» состоит из двух разделов: «Технология сульфитной целлюлозы» и «Технология сульфатной целлюлозы».

1.3. Задачи изучения дисциплины

Задача дисциплины — изучение теоретических основ процессов делигнификации и гидролиза гемицеллюлоз древесины на стадии производства целлюлозы, технологии и получения биологически доброкачественных субстратов, а также переработки биологически утилизируемых и не утилизируемых компонентов.

1.4. Перечень дисциплин и тем, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины

Данная дисциплина опирается на курсы органической, физической и коллоидной химии, химии древесины и целлюлозы, микробиологии и биохимии, процессов и аппаратов химической технологии, оборудования предприятий.

1.5. Дополнение к нормам Государственного стандарта 2000 года

Трудоемкость дисциплины специализации «Технология целлюлозы» - 163 часа, из них 34 лекционных, 34 лабораторных работы и 95 часов самостоятельной работы. Требования к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки дипломированного специалиста 240406 Технология химической переработки древесины: методы и режимы сульфитной, сульфатной и других видов варки древесины; целлюлоза нормального и высокого выхода и полуцеллюлоза; приготовление варочной кислоты на различных основаниях, приготовление варочного сульфатного щелока; химизм сульфитной и сульфатной варок; сульфонирование лигнина, гидролиз гемицеллюлоз; влияние различных факторов на выход сахаров; химический состав щелока и предгидролизатов; физические свойства щелока. Нормативные показатели; изменение коллоидных свойств лигносульфонатов; катионозамещение, термополимеризация, образование гелей и комплексов; химическая переработка лигносульфонатов; реакции щелочи с лигнином, реакции деструкции углеводов: побочные продукты сульфатной варки, образование меркаптанов, сульфатного мыла, сульфатного скипидара; влияние основных факторов на скорость варки (температуры, начальной концентрации и расхода щелочи, сульфидности, породы древесины и др.). Области применения сульфитной и сульфатной целлюлозы, виды целлюлозной продукции; техника периодической варки; котлы с принудительно циркуляцией; основные операции

варки; оборот котла. Техника непрерывной варки, преимущества и недостатки; особенности аппаратного оформления; варочные установки типа Камюр; технология непрерывной варки в котле типа Камюр; установки трубчатого типа (Пандия) с механическим перемещением щепы совершенствование щелочной варки: углубленная делигнификация, варка с окислителями и восстановителями, и др., полисульфидная варка и другие способы щелочных варок, регенерация химикатов, содорегенерационные установки; отбелка и облагораживание сульфатной и сульфитной целлюлозы.

2. Содержание дисциплины

2.1. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий

Технология сульфитной целлюлозы

Сульфитные способы варки. Сульфитные, бисульфитные, нейтрально-сульфитные, сульфитно-щелочные. двухступенчатые. Общие положения. Технология сульфитной варки. Требования к сырью. Приготовление варочной кислоты. Сжигание серы и колчедана. Очистка газа от примесей2

Химия сульфитной варки. Характеристика сульфитного щелока. Групповой состав. Физические свойства. Экстрактивные вещества и другие компоненты. Углероды, органические кислоты, карбоксильные соединения. Биохимическая переработка сульфитного щелока Подготовка щелока. Обоснование параметров подготовки щелока; действие SO_2 ; фенольных веществ, фурфуурола.....2

Технологические операции подготовительного отделения. Удаление целлюлозных волокон, десульфитация щелока, нейтрализация и осветление щелока. Материальные расчеты подготовительного отделения.....2

Технические лигносульфонаты. Подготовка сульфитно-спиртовой бражки, концентрирование, сопутствующие реакции полимеризации и деструкции органических веществ, их предотвращение. Концентрирование сульфитно-спиртовой бражки. Материальные расчеты выпарного цеха.....2

Химическая переработка лигносульфонатов. Получение олигоэфиров. Полиэлектролитные комплексы. Привитые сополимеры. Продукт окислительной деструкции лигносульфонатов. Ванилин.....2

Щелочное облагораживание целлюлозы. Химические реакции при горячем щелочном облагораживании. Состав кислот щелока облагораживания. Переработка в производстве кормовых дрожжей...2

Предгидролизаты сульфатных варок. Растворение и частичный гидролиз легкогидролизуемых гемицеллюлоз. Механизм процесса. Состав предгидролизатов. Инверсия предгидролизатов, ферментативная инверсия. Полимеризация лигнинных комплексов. Особенности предгидролиза древесины лиственницы. Выделение арабогалактана. Подготовка предгидролизатов к выращиванию дрожжей. Использование компонентов предгидролизатов в технологии бумаги и картона.....2

Комплексное использование отработанного нейтрально-сульфитного щелока. Состав, свойства щелока Использование. Анализ сульфитного щелока и получаемых из него товарных продуктов. Методы анализа2

Технология сульфатной целлюлозы

Введение. Состояние сульфат-целлюлозного производства в мире и в России, значение щелочных способов варки в развитии отрасли, особенности щелочной делигнификации. технико-экономические, экологические проблемы ЦБП.....2

Теория сульфатной варки, общая характеристика, основные операции, варочный щелок натронной и сульфатной варок, состав и свойства. Реакции щелочи с лигнином, реакции дест-

рукции углеводов. Побочные продукты сульфатной варки, образование меркаптанов, сульфатного мыла, сульфатного скипидара. Механизм и кинетика щелочных (натронной и сульфатной) варок.....2

Влияние основных факторов на скорость варки (температуры, начальной концентрации и расхода щелочи, сульфидности, породы древесины и др.). Области применения сульфатной целлюлозы, виды целлюлозной продукции. Техника периодической варки. Котлы с принудительно циркуляцией. Основные операции варки.оборот котла Медленная и быстрая варки. Выход целлюлозы и расход щелочи варку. Интенсификация работы котлов..... 2

Техника непрерывной варки. Преимущества и недостатки. Особенности аппаратного оформления (загрузочные устройств, выгрузатели и др.) Варочные установки типа Камюр с холодной выдувкой, горячей диффузионной промывкой, наклонным пропиточным сепаратором и др.....2

Технология непрерывной варки в котле типа Камюр. Техничко-экономические показатели. Материальный и тепловой баланс. Эксплуатация и осложнения в работе варочных установок.2

Установки трубчатого типа (Пандия) с механическим перемещением щепы..... 2 Совершенствование щелочной варки: углубленная делигнификация, варка с окислителями и восстановителями, полисульфидная варка. Способы получения щелока, преимущества варки. Щелочная и сульфатная варка с антрахиноном. Ступенчатые варки..... 2 Регенерация химикатов, содорегенерационные установки.....2

Отбелка и облагораживание сульфатной целлюлозы. Отбельные реагенты и их свойства Способы получения диоксида хлора. Схемы комбинированной отбелки целлюлозы.....2

Всего: 34 часа

2.2. Лабораторные занятия, наименование и объем в часах

ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Технология сульфитной целлюлозы

№ п\п	Название лабораторной работы	Кол-во часов
Лаб. работа №1	Приготовление и анализ моносульфитного щелока	2 часа
Лаб. работа № 2	Моносульфитная варка лиственной щепы	7 часов
Лаб. работа № 3	Приготовление и анализ щелочного сульфитного щелока	2 часа
Лаб. работа № 4	Щелочная сульфитная варка лиственной щепы	6 часов

Технология сульфатной целлюлозы

Лаб. работа № 5	Приготовление и анализ белого щелока	4 часа
Лаб. работа № 6	Щелочная варка щепы	7 часов
Лаб. работа № 7	Анализ слабого черного щелока	2 часа
Лаб. работа № 8	Определение содержания лигнина (выбирается один из способов) 8.1. Фотометрическое определение лигнина 8.2. Определение остаточного содержания лигнина в ° Бьеркмана 8.3. Определение остаточного содержания лигнина по ГОСТу 10070-74 (число Каппа) 8.4. Определение остаточного содержания лигнина сернокислым методом	4 часа

2.3. Самостоятельная работа и контроль успеваемости Самостоятельная работа и контроль успеваемости для студентов очной формы

Вид самостоятельных работ	Число часов	Вид контроля успеваемости
1. Проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе	17	ФО, КР
2. Подготовка к лабораторным работам	17	ОЛР
3. Выполнение курсового проекта	21	Оценка за курсовой проект
4. Подготовка к промежуточной аттестации	22	КР
5. Подготовка к экзамену	18	Экзамен
всего	95	

Текущая успеваемость студентов контролируется опросом по лабораторным работам (ОЛР), фронтальным опросом текущего материала (ФО), контрольными работами (КР).

Итоговая успеваемость студентов определяется на экзамене.

Самостоятельная работа и контроль успеваемости для студентов заочной формы

Вид самостоятельных работ	Число часов	Вид контроля успеваемости
1. Проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе	5	ФО, КР
3. Подготовка к лабораторной работе.	4	ОЛР
4. Изучение отдельных вопросов тем, не рассматриваемых на лекциях, по учебной литературе	51	

5. Выполнение курсового проекта	67	Оценка за курсовой проект
6. Подготовка к экзамену	18	Экзамен
всего	145	

2.4. Распределение часов по темам и видам занятий
Распределение часов по темам и видам занятий для студентов очной формы обучения

№ и наименование темы дисциплины	Объем работы студента, ч.					Форма контроля успеваемости
	Лекции	Прак занятия	Лаб. работы	Самост. работа	Всего	
Сульфитные способы варки	4	-	8	4	16	ОЛР
Сульфитный щелок	2	-	6	4	12	ФО
Технические лигносульфонаты	2	-	-	8	10	КО
Облагораживание целлюлозы, пред-гидролизаты	2	-	-	6	8	КО
Анализ сульфитного щелока	2	-	4	7	13	ОЛР
Теория сульфатной варки	4	-	5	2	11	ОЛР, КР
Область применения целлюлозы	2	-	-	3	5	ФО
Техника периодической варки	2	-	4	4	10	КР
Техника непрерывной варки	4	-	7	4	15	КР
Установки трубчатого типа	2	-	-	6	8	КР
Совершенствование щелочной варки	2	-	-	4	6	КР
Другие виды варок	2	-	-	1	3	КР
Регенерация химикатов	2	-	-	1	3	КР
Отбелка и облагораживание	2	-	-	2	4	КР
Подготовка к экзамену				18	18	Экзамен
Подготовка к курсовому проекту				21	21	Диф.зачет за КП
всего	34		34	95	163	

**Распределение часов по темам и видам занятий для студентов
заочной формы обучения**

№ и наименование темы дисциплины	Объем работы студента, ч.					Форма контроля успеваемости
	Лекции	Прак занятия	Лаб. работы	Самост. работа	Всего	
Сульфитные способы варки	2	-	4	5	11	ОЛР, КР
Сульфитный щелок	-	-	-	9	9	ОЛР, ФО
Технические лигносульфонаты	-	-	-	6	6	КО
Облагораживание целлюлозы, пред-гидролизаты	1	-	-	5	6	КО
Анализ сульфитного шелока	-	-	-	4	4	ОЛР
Теория сульфатной варки	2	-	4	6	12	ОЛР, КР
Область применения целлюлозы	1	-	-	2	3	ФО
Техника периодической варки	1	-	-	7	8	КР
Техника непрерывной варки	2	-	-	7	9	ФО Курсов.проект
Установки трубчатого типа	-	-	-	2	2	ФО
Совершенствование щелочной варки	1	-	-	1	2	ОЛР
Другие виды варок	-	-	-	2	2	ФО
Регенерация химикатов	-	-	-	2	2	ОЛР
Отбелка и облагораживание	-	-	-	2	2	КР, ФО, ОЛР
Подготовка к экзамену				18	18	Экзамен
Подготовка к курсовому проекту				67	67	КП
всего	10		8	145	163	

3. Методические указания по самостоятельному изучению дисциплины

3.1. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке теоретического материала

Самостоятельная работа студентов по изучению отдельных тем дисциплины включает поиск учебных пособий по данному материалу, проработку и анализ теоретического материала, самоконтроль знаний по данной теме с помощью нижеприведенных контрольных вопросов и заданий.

Наименование темы	Контрольные вопросы и задания
Сульфитные способы варки	Как изменяется состав кислоты и щелоков сульфитных варочных процессов при переходе от кислой среды к щелочной - Сульфитные, бисульфитные, нейтрально-сульфитные, сульфитно-щелочные. двухступенчатые
Технология сульфитной варки	Что выгоднее для приготовления сульфитной варочной кислоты, и в каком случае: сжигать серу или колчедан. От чего очищают полученный при этом газ? В чем опасность содержания в газе селена и триоксида серы? Какие виды очистки газа от примесей применяют? Что такое электрофильтр, как работает? Чем отличается сырая сульфитная кислота от варочной сульфатной кислоты?
Химия сульфитной варки	Реакции и продукты сульфитирования лигнина (сульфонирования). Реакции диоксида серы с углеводами. Реакции «пилинг», деструкции и гидролиза полисахаридов при варке? От чего зависит выход продукции при варке?
Биохимическая переработка сульфитного щелока	Перечислить основные этапы подготовки щелока к биохимической переработке. Написать схему реакции образования фурфурола и оксиметилфурфурола (гидроксиметилфурфурола). Нарисовать схему производство этилового спирта. Для чего проводят удаление целлюлозных волокон, десульфитацию щелока, нейтрализацию и осветление щелока. Нарисовать схему производства белковых кормовых дрожжей.
Технические лигносульфонаты	Назвать основные свойства и области применения лигносульфонатов (ЛСТ). Написать принципиальную химическую формулу ЛСК.
Химическая переработка лигносульфонатов	Как получают ванилин из ЛСТ.
Щелочное облагораживание целлюлозы	Чем отличается горячее облагораживание от холодного? Назвать состав кислот щелока облагораживания, его переработка в производстве кормовых дрожжей.
Предгидролизаты сульфатных варок	Что такое инверсия предгидролизатов, ферментативная инверсия. Что является катализатором водного гидролиза щепы в отсутствие минеральных кислот.
Особенности предгидролиза древесины лиственницы	Чем отличается состав древесины лиственницы от состава других отечественных пород древесины. Зачем выделяют арабогалактан? До варки или после и почему? Как готовят предгидролизаты к выращиванию дрожжей. Как используют компоненты предгидролизатов в технологии бумаги и картона
Комплексное использование отработанного нейтрально-сульфитного щелока	Состав, свойства и использование щелока. Анализ сульфитного щелока и получаемых из него товарных продуктов. Методы анализа.
Отбелка сульфитной целлюлозы	Реагенты, реакции окислительной делигнификации, технические и экологические характеристики способов отбелки, влияние технологии на состав и токсичность сточных вод
Теория сульфатной варки	Состав и групповые характеристики белого щелока: назвать активную, титруемую, общую щелочь, сульфидность, степень восстановления, степень каустизации. Что такое делигнификация?
Области применения суль-	Требования к целлюлозе для бумаги различных видов, беле-

фатной целлюлозы	ной и небеленой, писчей, книжно-журнальной, офсетной... мешочной, конденсаторной и т.д. Характеристики различных целлюлоз.
Техника периодической варки	Описать основные операции сульфатной варки от загрузки котла до выдувки, назвать параметры процесса (давление, продолжительность, температурный график, концентрацию активной щелочи. Оборота котла (график)
Техника непрерывной варки	В чем состоят особенности технологии непрерывных процессов, как поддерживается температура рабочих зон непрерывных варочных установок.
Варочные установки типа Камюр	Перечислить и схематично изобразить непрерывные варочные установки типа Камюр с диффузионной промывкой, с отдельным промывным оборудованием, с отдельным пропиточным резервуаром, наклонным пропиточным сепаратором.
Установки трубчатого типа (Пандия) с механическим перемещением щепы	Нарисовать схему варочной установки трубчатого типа с механическим перемещением щепы.
Совершенствование щелочной варки	Содово-натронный способ, щелочная моносльфитная варка, варка с зеленым щелоком, варка АСАМ
Полисульфидная варка	Способы получения полисульфидного щелока, преимущества полисульфидной варки.
Регенерация химикатов	Общая схема регенерации. Физико-химические процессы при сжигании упаренного черного щелока. Основные реакции процесса каустизации, схема каустизации.
Отбелка и облагораживание сульфатной целлюлозы	Классификация отбельных реагентов, их свойства, получение и применение на различных ступенях. Влияние последовательности ступеней на результат отбелки сульфитной и сульфатной целлюлозы. Схемы отбелки целлюлозы для химической переработки со стадией холодного или горячего облагораживания.

3.2. Методические рекомендации по самостоятельной подготовке к лабораторным работам

Самостоятельная работа студентов по подготовке к лабораторным работам, оформлению отчетов и защите лабораторных работ включает проработку и анализ теоретического материала, описание проделанной экспериментальной работы с приложением графиков, таблиц, расчетов, а также самоконтроль знаний по теме лабораторной работы с помощью следующих контрольных вопросов и заданий.

Наименование темы	Контрольные вопросы и задания
Лабораторная работа №1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какую роль играет содержание свободного SO₂ в варочном растворе? 2. Какую роль играет содержание связанного SO₂ в варочном растворе? 3. Какое влияние оказывает на показатели целлюлозы, применение растворимых оснований в варочном растворе? 4. Как приготовить моносльфитный щелок в лабораторных условиях?
Лабораторная работа №2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое гидромодуль? 2. Формула определения содержания общего SO₂ в варочном

	щелоке? 3. Устройство автоклава и каковы условия проведения сульфитной варки? 4. Проведение анализа варочной жидкости в процессе варки.
Лабораторная работа №3	1. Каковы реакции лигнина при сульфитной варке целлюлозы? 2. Каково влияния режимов варки на свойства целлюлозы и содержание РВ в щелоке?
Лабораторная работа №4	1. Определение рН варочной жидкости? 2. Особенности варки с сульфитным щелочным раствором. 3. Какие недостатки, присущие сульфитному способу варки? 4. Какая разница между сульфитной и сульфатной варками целлюлозы.
Лабораторная работа №5	1. Назвать состав варочного щелока. 2. Дать определение термину «активная щелочь». 3. Дать определение термину «эффективная щелочь». 4. Привести принцип расчета активной щелочи, необходимой для варки целлюлозы, общего количества щелочи, количества карбоната натрия. 5. Рассказать принцип действия лабораторного автоклава. 6. Привести технологические параметры процесса сульфатной варки. 7. Изобразить схематически процесс варки сульфатной целлюлозы в координатах «время ---- температура, давление». 8. Привести методику определения общей и активной щелочи в черном щелоке.
Лабораторная работа №6	1. Что такое гидромодуль? 2. Определения содержания общей щелочности в варочном щелоке? 3. Определение содержания активной щелочности в варочном растворе? 4. Устройство автоклава и каковы условия проведения сульфатной варки? 5. Проведение анализа варочного щелока в процессе варки.
Лабораторная работа №7	1. Назвать состав варочного щелока. 2. Дать определение термину «активная щелочь». 3. Дать определение термину «эффективная щелочь». 4. Привести принцип расчета активной щелочи, необходимой для варки целлюлозы, общего количества щелочи, количества карбоната натрия. 5. Рассказать принцип действия лабораторного автоклава. 6. Привести технологические параметры процесса сульфатной варки. 7. Изобразить схематически процесс варки сульфатной целлюлозы в координатах «время ---- температура, давление». 8. Привести методику определения общей и активной щелочи в черном щелоке.
Лабораторная работа №8	1. Что такое жесткость целлюлозы? 2. Методы определения жесткости целлюлозы. 3. Прямые и косвенные методы определения остаточного лигнина 4. Оптическая плотность) 5. Закон Бугера-Ламберта-Бера. 6. Метод Бьеркмана.

3.3. Методические указания по выполнению курсового проекта

Целью выполнения проекта является систематизация, расширение и закрепление теоретических и практических знаний по специальности, применение этих знаний при решении конкретных технических и производственных задач. Учебные проекты выполняются на уровне технического проекта и оформляются в соответствии с ГОСТ 2.120-73 ЕСКД (Технический проект).

Последовательность выполнения

1. Ознакомление и изучение научно-технической литературы и технической документации, отчетов по научно-исследовательским работам, статей и патентов по теме курсового проекта.
2. Анализ существующих схем технологического процесса и основного оборудования по теме проекта, выявление недостатков производства, оценка конструкций оборудования, выбор и обоснование новых инженерных решений, которые составят основу проекта.
3. Составление технологической схемы производства с выполнением основных материальных и тепловых расчетов для определения необходимого технологического оборудования. Экологическая оценка принятых в проекте технических решений.
4. Проведение гидродинамических расчетов для определения основных размеров оборудования, намеченного к разработке в проекте. Выбор конструкционных материалов.
5. Расчет и подбор вспомогательного оборудования.
6. Подписание проекта, нормоконтроль и подготовка доклада.

Состав проекта

Ведомость курсового проекта (включается в РПЗ)

Расчетно-пояснительная записка (РПЗ)

Графическая часть

Структура РПЗ

Титульный лист (см. приложение).

Задание на курсовое проектирование.

Ведомость курсового проекта (см. приложение – может быть приложена в конце пояснительной записки).

Содержание.

Введение.

Основная часть (перечень разделов см. приложение).

Заключение.

Список использованных источников (см. приложение).

Приложения.

Объем графической части для курсового проекта составляет 2 листа формата А1.

Лист 1. Схема технологическая принципиальная.

Лист 2. Чертеж общего вида аппарата вспомогательного оборудования или чертеж общего вида проектируемой установки (с разрезом), зданий, цехов. Состав графической части определяет руководитель проекта.

Требования к оформлению курсовой работы

С общими требованиями и методическими рекомендациями по выполнению и оформлению курсовой работы студентам всех специальностей и всех форм обучения можно ознакомиться на сайте Сыктывкарского лесного института по адресу www.sli.komi.com (раздел «Студенту»).

Характеристика разделов РПЗ

Введение

Содержит цель и задачи проекта, актуальность и значимость предлагаемых технических решений и мероприятий. Объем введения 1-3 страницы.

Обзор и анализ научно-технической и патентной информации

В этом разделе рассматриваются различные технические решения поставленной цели, дается сравнительный анализ и выводы о возможности использования принятого решения задачи разрабатываемой в проекте. Содержание подраздела устанавливается руководителем проекта, который рекомендует основную литературу. Объем раздела 10-15 с.

Технологическая часть

Выбор и обоснование схемы технологического процесса.

За основу берут схему существующего производства, которую критически рассматривают и вносят необходимые изменения и дополнения в технологический процесс. Например, заменяют оборудование на более совершенное или выбирают более экономичные и (или) экологически более приемлемые варианты технологических процессов. Схема и технические решения обосновываются с учетом:

- оценки потребности в данном виде продукции;
- оценки технологического процесса и оборудования;
- характеристик действующего производства и возможности его реконструкции или расширения;
- обеспеченности рабочей силой, сырьем, тепло- и электроэнергией, и др.;
- необходимостью повышения эффективности производства.

Описание схемы технологического процесса.

Текст РПЗ должен содержать последовательное изложение всех технологических стадий, характеристику их назначения и сущности, технологические режимы, аппаратурное оформление.

Характеристика исходного сырья и вспомогательных материалов.

Привести химические и физические свойства материалов, технические требования к составу и качеству (ТУ, стандарты), способы транспортировки, сроки и условия хранения.

Характеристика выпускаемой продукции.

Привести основные химические и физические свойства выпускаемой продукции, качественные показатели, вид упаковки, условия транспортировки, сроки хранения, назначение и пункты отправления.

Экологическая оценка технологического процесса.

Указать источники выбросов и их виды: газообразные, жидкие, твердые отходы. Дать характеристику по загрязняющим веществам, привести объемы выбросов и указать класс их опасности. Дать рекомендации по проведению организационно-технических мероприятий по сокращению выбросов, очистке и повторному использованию в производстве полезных компонентов.

Технологические расчеты и выбор основного оборудования.

Составить материальный баланс в соответствии со схемой технологического процесса, учесть потери сырья, материалов на каждой стадии процесса.

Составить тепловой баланс, рассчитать расход пара, воды, электроэнергии, необходимой для проведения технологического процесса.

Провести гидродинамический расчет (по заданию руководителя). По данным материального баланса и кинетики процесса выбирают конструкцию аппарата, рассчитывают основные его размеры и гидравлическое сопротивление, а также количество единиц оборудования данного типа. Привести технические характеристики.

Провести расчет и выбор вспомогательного оборудования. Часть оборудования выбирается, часть рассчитывается (согласно указаниям руководителя проекта). Оборудование должно быть современным и высокопроизводительным.

Рассчитать удельные расходы сырья, материалов, воды, тепловой и электрической энергии на единицу продукции. Результаты привести в виде таблицы.

Заключение

Привести краткие выводы по выполненному проекту, указать новизну и актуальность принятых в проекте технических решений

Примерный перечень заданий на курсовой проект

1. Разработать и вычертить технологическую схему сульфат-целлюлозного завода производительностью Q т/сут воздушно-сухой целлюлозы (по варке, табл. 1). Студент должен составить технологическую схему в соответствии с вариантом задания. Номер варианта задания соответствует последней цифре номера зачетной книжки студента.

Таблица 1

№ варианта	Задание
1.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску крафт-целлюлозы для мешочной бумаги. Непрерывная варка в котле Камюр с диффузионной промывкой массы. Производительность 900 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке
2.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску изоляционной целлюлозы. Варка в котлах периодического действия. Производительность 400 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
3.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску блененной целлюлозы для бумаги. Непрерывная варка в котле Камюр с диффузионной промывкой массы. Производительность 500 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке
4.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску вязкой целлюлозы. Варка с предгидролизом в котлах периодического действия. Производительность 350 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке
5.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску конденсаторной целлюлозы. Варка в котлах периодического действия. Производительность 250 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
6.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску блененной лиственной целлюлозы для бумаги. Непрерывная варка в установке типа Пандия. Производительность 200 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
7.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску целлюлозы высокого выхода (ЦВВ). Непрерывная варка в котле Камюр с диффузионной промывкой массы. Производительность 450 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
8.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску крафт-целлюлозы для мешочной бумаги. Непрерывная варка в котлах Камюр с диффузионной промывкой массы. Производительность 450 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
9.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску блененной целлюлозы для бумаги. Непрерывная варка в котле Камюр с диффузионной промывкой мас-

	сы и отдельным котлом для пропитки щепы. Производительность 500 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
10.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску целлюлозы полуцеллюлозы. Непрерывная варка в установке типа Пандия. Производительность 200 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.
11.	«Проект сульфатцеллюлозного завода» по выпуску вискозной целлюлозы. Варка с водным предгидролизом в котлах непрерывного действия типа Камюр. Производительность 800 т/сут воздушно-сухой целлюлозы по варке.

4. Методические указания по контролю знаний студентов

4.1. Текущие контрольные мероприятия

Текущий контроль знаний студентов необходим для проверки усвоения лекционного материала, знаний, полученных на лабораторных занятиях, а также в ходе самостоятельного изучения дисциплины. Текущий контроль осуществляется в виде контрольной работы, либо теста.

Примерный тест для самоконтроля.

Часть I – производство сульфитной целлюлозы

Все задания имеют три варианта ответа, правильный только один

1. В соответствии с величиной выхода целлюлозы по варке целлюлозой нормального выхода называется продукт

Ответы:

- 1) с выходом от 60 до 80%
- 2) с выходом от 40 до 50%
- 3) с выходом от 50 до 60%

Правильный - 2

2. В соответствии с величиной выхода целлюлозы по варке полуцеллюлозой называется продукт

Ответы:

- 1) с выходом от 60 до 80%
- 2) с выходом от 40 до 50%
- 3) с выходом от 50 до 60%

Правильный - 1

3. В соответствии с величиной выхода целлюлозы по варке целлюлозой высокого выхода (ЦВВ) называется продукт

- 1) с выходом от 60 до 80%
- 2) с выходом от 40 до 50%
- 3) с выходом от 50 до 60%

Правильный – 3

4. В соответствии со степенью провара жесткой целлюлозой называется продукт

- 1) с содержанием лигнина менее 1,5 %
- 2) с содержанием лигнина от 1,5 до 3%
- 3) с содержанием лигнина от 3 до 8%

Правильный – 3

5. В соответствии со степенью провара среднежесткой целлюлозой называется продукт

- 1) с содержанием лигнина менее 1,5 %
- 2) с содержанием лигнина от 1,5 до 3%
- 3) с содержанием лигнина от 3 до 8%

Правильный – 2

6. В соответствии со степенью провара мягкой целлюлозой называется продукт

- 1) с содержанием лигнина менее 1,5 %
- 2) с содержанием лигнина от 1,5 до 3%
- 3) с содержанием лигнина от 3 до 8%

Правильный – 1

7. Облагороженной целлюлозой называют целлюлозу, освобожденную от

- 1) лигнина
- 2) лигнина и гемицеллюлоз
- 3) гемицеллюлоз

Правильный – 2

8. Облагороженной целлюлозой называют целлюлозу, дополнительно обработанную в процессе отбелки

- 1) кислотой
- 2) сульфитом натрия
- 3) щелочью

Правильный – 3

9. Облагороженной целлюлозой называют целлюлозу с высоким содержанием

- 1) альфа-целлюлозы
- 2) золы
- 3) полисахаридов

Правильный – 1

10. Для химической переработки предназначена целлюлоза

- 1) высокого выхода
- 2) беленая
- 3) называемая растворимой

Правильный – 3

11. Для химической переработки предназначена целлюлоза

- 1) небеленая высокого выхода
- 2) беленая из лиственных пород
- 3) с высоким содержанием альфа-целлюлозы

Правильный – 3

12. Для химической переработки предназначена целлюлоза

- 1) получаемая исключительно из соломы злаков
- 2) беленая облагороженная за счет освобождения от гемицеллюлоз путем обработки щелочью
- 3) с высоким содержанием лигнина и гемицеллюлоз

Правильный – 2

13. Для производства белой бумаги для печати предназначена целлюлоза

- 1) высокого выхода
- 2) беленая облагороженная
- 3) беленая нормального выхода

Правильный – 3

14. Техническая целлюлоза для производства хорошей бумаги

- 1) должна содержать гемицеллюлозы
- 2) не должна содержать гемицеллюлозы
- 3) не должна содержать альфа-целлюлозы

Правильный – 1

15. Техническая целлюлоза для производства хорошей бумаги

- 1) должна содержать много смолы для улучшения проклейки
- 2) не должна содержать много смолы, откладывающейся на оборудовании
- 3) содержит гемицеллюлозы

Правильный – 3

16. В основе методов получения сульфитной целлюлозы лежат способы, в которых применяются соединения

- 1) серы в степени окисления 4^+
- 2) серы в степени окисления 2^-
- 3) другие соединения серы

Правильный – 1

17. В основе всех методов получения сульфитной целлюлозы лежат способы, в которых применяются соединения

- 1) бисульфаты, серная кислота
- 2) бисульфиты, сернистая кислота, гидроксид натрия, сульфат натрия
- 3) сульфиты, бисульфиты, сернистая кислота

Правильный – 3

18. Бисульфитной называют целлюлозу, полученную обработкой древесной щепы раствором

- 1) бисульфата и серной кислоты
- 2) бисульфита натрия, аммония или магния
- 3) щелочи и сульфита натрия

Правильный – 2

19. При моносульфитном способе, часто называемом нейтрально-сульфитным, древесную щепу обрабатывают раствором

- 1) сульфита натрия или аммония
- 2) бисульфита натрия, аммония или магния
- 3) щелочи и сульфита натрия

Правильный – 1

20. При моносульфитном способе, часто называемом нейтрально-сульфитным, древесную щепу обрабатывают раствором

- 1) сульфита натрия или аммония
- 2) бисульфита натрия, аммония или магния
- 3) щелочи и сульфита натрия

Правильный – 1

21. Для (кислой) сульфитной варки наиболее подходит

- 1) древесина сосны
- 2) древесина ели и пихты
- 3) древесина лиственницы сибирской

Правильный – 2

22. Сульфитную варку проводят, используя основания

- 1) кальциевое, магниевое, аммониевое и натриевое
- 2) кальциевое, магниевое, цинковое и железное
- 3) кальциевое, бариевое, натриевое

Правильный – 1

23. Сульфитную варку проводят, обычно используя

- 1) щепу из неокоренной древесины, чтобы повысить выход
- 2) щепу из сосновой древесины
- 3) щепу из окоренной еловой древесины

Правильный – 3

24. Сульфитную варку проводят, обычно используя

- 1) сульфитную варочную кислоту, содержащую сульфит натрия и растворенный SO_2
- 2) сульфитную варочную кислоту, содержащую бисульфит натрия и растворенный SO_2
- 3) раствор сернистой кислоты

Правильный – 2

25. При окорке еловых балансов потери составляют

- 1) около 9-10%

2) 15-20%

3) более 20%

Правильный – 1

26. При окорке сосновых и березовых балансов потери составляют

1) менее 10%

2) 12-14%

3) более 20%

Правильный – 2

27. При окорке балансов, доставленных сплавом, потери

1) меньше, чем обычно при доставке по суше

2) такие же, как обычно при доставке по суше

3) больше, чем обычной при доставке по суше

Правильный – 1

28. Сортировку древесной щепы проводят, чтобы

1) сжечь крупную и мелкую щепу

2) обеспечить равномерность пропитки щепы и варки

3) сортировку можно исключить без ущерба для качества целлюлозы

Правильный – 2

29. Сортировку древесной щепы проводят, чтобы

1) выделить для варки фракцию нормальной щепы, проходящую через квадратные отверстия 30×30 мм или продолговатые от 15×75 до 20×90 мм

2) выделить для варки фракцию мелкой щепы, проходящую через сито с отверстиями от 10×10 до 12×12 мм

3) обычно фракции мелкой и нормальной щепы смешивают для совместной варки, отделяя мелкие опилки, пыль и крупную щепу

Правильный – 3

30. При сортировке древесной щепы отделяют фракцию мелких опилок и пыли (которые содержат много загрязняющих веществ, кору, сучки, смолу)

1) проходящую через сито с отверстиями диаметром 5-6 мм

2) проходящую через сито с отверстиями диаметром 2-3 мм

3) проходящую через сито с отверстиями диаметром 10 мм

Правильный – 1

31. Под связанным SO₂ понимают то его количество, которое

1) эквивалентно содержанию в кислоте бисульфита

2) эквивалентно содержанию в кислоте основания

3) связано в сернистой кислоте

Правильный – 2

32. Содержание в сульфитной кислоте основания

1) эквивалентно содержанию в кислоте свободного SO₂

2) эквивалентно содержанию в кислоте связанного SO₂

3) эквивалентно содержанию всего SO₂

Правильный – 2

33. Содержание в сульфитной кислоте основания

1) выражают в эквивалентах CaO, MgO, Na₂O, (NH₄)₂O вместо содержания связанного SO₂

2) эквивалентно содержанию в кислоте свободного SO₂

3) эквивалентно содержанию всего SO₂

Правильный – 1

34. Серный колчедан или пирит в химически чистом виде отвечает формуле

1) Fe₂S₃

2) FeS₂

3) FeS

Правильный – 2

35. Серный колчедан содержит примеси меди, цинка, селена, свинца, из которых жестко регламентируется (не более 120 г/т) из-за вредного каталитического влияния на кислоту содержание

- 1) цинка и меди
- 2) свинца
- 3) селена

Правильный – 3

36. Сырьем для получения диоксида серы и приготовления сульфитной кислоты служит

- 1) сера и колчедан
- 2) природные залежи сульфатов
- 3) тиосульфат

Правильный – 1

4.2. Рубежные контрольные мероприятия

Перечень вопросов для подготовки к экзамену

- 1 Сульфитные способы варки. Сульфитные, бисульфитные, нейтрально-сульфитные, сульфитно-щелочные.
- 2 Сульфатная варка целлюлозы; содорегенерационный цикл, основные реакции и технологические процессы содорегенерационного цикла.
- 3 Анализ сульфитного щелока и получаемых из него товарных продуктов. Методы анализа.
- 4 Хлорные методы отбелки; их экологическая опасность и недостатки. Состав растворов гипохлоритов при разном pH.
- 5 Щелочные способы варки - обзор, достоинства, недостатки.
- 6 Образование, отбор и свойства сульфитного щелока. Сульфитная варка. Химические процессы варки. Жидкостные балансы отбора щелока. Щелокосодержащие сточные воды.
- 7 Отбелка целлюлозы кислородом и пероксидом водорода.
- 8 Факторы варки и их влияние на процесс (степень провара, температура, концентрация свободного SO₂, роль основания и др.).
- 9 Характеристика сульфитного щелока. Групповой состав. Физические свойства. Экстрактивные вещества и другие компоненты. Углеводы, органические кислоты, карбонильные соединения.
- 10 Щелочная варка с антрахиноном. Роль антрахинона. Достоинства и недостатки
- 11 Бесхлорные методы отбелки целлюлозы.
- 12 Особенности предгидролиза древесины лиственницы. Выделение арабогалактана. Подготовка предгидролизатов к выращиванию дрожжей. Использование компонентов предгидролизатов в технологии бумаги и картона
- 13 Основные факторы сульфитной варки и их влияние на качество целлюлозы.
- 14 Быстрая и медленная сульфатные варки периодическим способом.
- 15 Озон и его использование при отбелке целлюлозы.
- 16 Химическая переработка лигносульфонатов. Получение олигоэфиров. Полиэлектролитные комплексы. Продукт окислительной деструкции лигносульфонатов. Ванилин
- 17 Щелочное облагораживание целлюлозы. Химические реакции при горячем облагораживании. Состав кислот щелока облагораживания. Переработка в производстве кормовых дрожжей.
- 18 Непрерывная варка целлюлозы в установке Камюр с горячей диффузионной промывкой.
- 19 Отбелка целлюлозы пероксидом водорода и его производными.
- 20 Основные операции сульфитной варки. (Заполнение котла щепой, щелоком, пропитка, варка, сдувки и пр.)
- 21 Технология варки. Заполнение котла щепой, кислотой, температурный режим, окончание

- варки. Рационализация варки: уплотнение щепы, деаэрация щепы, принудительная циркуляция.
- 22 Комбинированные (ступенчатые) способы варки: с предгидролизом и др. (сульфидно-сульфатный, сероводородно-сульфатная
 - 23 Методы повышения эффективности отбелки целлюлозы кислородом.
 - 24 Приготовление технологической щепы. Требования к сырью для сульфитной варки.
 - 25 Основные методы получения диоксида серы (из серы и колчедана). Очистка газа SO₂. Приготовление варочной кислоты.
 - 26 Сульфатная варка. Затруднения в работе непрерывных варочных установок типа Камюр и их устранение.
 - 27 Комбинированная отбелка целлюлозы, принципы подбора схем обработок.
 - 28 Предгидролизаты сульфатных варок. Растворение и частичный гидролизлегкогидролизуемых гемицеллюлоз. Механизм процесса. Состав предгидролизатов. Инверсия предгидролизатов, ферментативная инверсия, полимеризация лигнинных комплексов.
 - 29 Мокрая очистка газа при подготовке сульфитной варочной кислоты.
 - 30 Достоинства и недостатки щелочных и других видов варки целлюлозы, свойства сульфатной целлюлозы (сравнить с сульфитной целлюлозой)
 - 31 Методы активации остаточного лигнина при отбелке целлюлозы пероксидом водорода и кислородом.
 - 32 Устройство лесной биржи, хранение и подготовка сырья.
 - 33 Состав сульфитных варочных растворов при различных видах варки (кислой, бисульфитной, моноссульфитной, сульфитно-щелочной, ASAM-варки). Достоинства и недостатки различных технологий.
 - 34 Полисульфидная варка целлюлозы, методы получения полисульфидного щелока. Достоинства полисульфидного метода.
 - 35 Свойства отбельных реагентов, селективность их делигнифицирующего действия.
 - 36 Окислители, используемые при отбелке целлюлозы и экологические характеристики процессов отбелки. Отбелка сульфитной целлюлозы без молекулярного хлора.
 - 37 Достоинства и недостатки различных видов варки целлюлозы, свойства сульфатной целлюлозы (сравнить с сульфитной целлюлозой).
 - 38 Параметры отбелки целлюлозы диоксидом хлора, условия получения максимальной белизны целлюлозы при двухступенчатой обработке диоксидом хлора.
 - 39 Кислородно-щелочная делигнификация целлюлозы.
 - 40 Применение азотной кислоты и ее солей при варке и отбелке целлюлозы (в сочетании с обработками кислородом и пероксидом водорода).
 - 41 Варка целлюлозы методом Алцел (этанол-вода). Технологические особенности варки со спиртами.
 - 42 Способы получения диоксида хлора в ЦБП.
 - 43 Варка целлюлозы с карбоновыми кислотами (способ *Милокс*).
 - 44 Применение азотной кислоты и ее солей при отбелке целлюлозы.
 - 45 Полисульфидная варка целлюлозы
 - 46 Принципиальная схема отбелки листовенной сульфатной целлюлозы на АО «Сыктывкарский ЛПК»
 - 47 Реакции углеводов при щелочной (сульфатной) варке. Выход целлюлозы по варке для различных пород древесины. Причины различий.
 - 48 Влияние катионов металлов на деструкцию целлюлозы при отбелке кислородом и пероксидом водорода. Способы нейтрализации их вредного влияния
 - 49 Лигносульфонаты – структура и свойства.
 - 50 Варка целлюлозы по способу ASAM. Свойства целлюлозы.
 - 51 Отбелка целлюлозы озоном.

- 52 Биохимическая переработка сульфитного щелока. Подготовка щелока.. Обоснование параметров подготовки щелока; действие SO₂; фенольных веществ, фурфурола.
- 53 Технология сульфатной варки. Основные операции (от подготовки щепы до выдувки массы из котла).
- 54 Биотехнология сульфитного щелока, особенности. Производство этилового спирта. Технологическая схема
- 55 Технологические операции подготовительного отделения. Удаление целлюлозных волокон, десульфитация щелока, нейтрализация и осветление щелока.
- 56 Получение диоксида хлора и его использование при отбелке целлюлозы. Органосольвентные способы варки (со спиртами и карбоновыми кислотами).
- 57 Технические лигносульфонаты. Подготовка сульфитно-дрожжевой бражки, концентрирование, сопутствующие реакции полимеризации и деструкции органических веществ, их предотвращение
- 58 Производство белковых кормовых дрожжей.
- 59 Отбелка с применением хлора, гипохлорита натрия, хлорноватистой кислоты.

5. Библиографический список

Основная учебная литература

1. Пен, Р. З. Технология целлюлозы. Примеры технологических расчетов [Текст] : учеб. пособие / Р. З. Пен, И. Л. Шапиро ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Сиб. гос. техн. ун-т. – Красноярск : СибГТУ, 2011. – 336 с.

Дополнительная учебная, учебно-методическая литература

1. Иванов, С. Н. Технология бумаги [Текст] : [учеб. пособие] / С. Н. Иванов. – 3-е изд. – Москва : Шк. бумаги, 2006. – 696 с.
2. Технология целлюлозы [Электронный ресурс] : сб. описаний лаб. работ для студ. спец. 240406 "Технология химической переработки древесины" очной и заочной форм обучения : самост. учеб. электрон. изд. / Сыкт. лесн. ин-т – фил. ГОУ ВПО "С.-Петерб. гос. лесотехн. акад. им. С. М. Кирова", Каф. целлюлозно-бумажного производства, лесохимии и промышленной экологии ; сост. Т. П. Щербакова. – Электрон. текстовые дан. (1 файл в формате pdf: 0,6 Мб). – Сыктывкар : СЛИ, 2009. – on-line. – Систем. требования: Acrobat Reader (любая версия). – Загл. с титул. экрана. – Режим доступа : <http://lib.sfi.komi.com/ft/301-000106.pdf>.
3. Фляте, Д. М. Свойства бумаги [Электронный ресурс] : учебное пособие / Д. М. Фляте ; Издательство "Лань" (ЭБС). – Изд. 5-е, стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2012. – 384 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература). – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/3199/>.

Дополнительная литература

1. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; гл. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2005 – 2006.
 - Т. 2 : Производство бумаги и картона, Часть 1 : Технология производства и обработки бумаги и картона. – 2005. – 423 с.
 2. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; гл. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2005 – 2006.
 - Т. 2 : Производство бумаги и картона, Часть 2 : Основные виды и свойства бумаги, картона, фибры и древесных плит. – 2006. – 499 с.

3. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : справочные материалы : в 3-х томах. Т. 1. Часть 1 / Всерос. научно-исслед. ин-т цел.-бум. пром-сти ; отв. ред. П. С. Осипов. – Санкт-Петербург : ЛТА, 2002. – 425 с.

4. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] : в 3-х томах. Т.1 . Сырье и производство полуфабрикатов . Ч. 2. Производство полуфабрикатов. – Санкт-Петербург : Политехника, 2003. – 633 с.