

**Е. Г. Смирнова, П. М. Кейзер
Е. И. Симонова, Д. И. Казимирова**

**ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ,
КАРТОНА И КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Учебно-методическое пособие

**Санкт-Петербург
2026**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**Е. Г. Смирнова, П. М. Кейзер
Е. И. Симонова, Д. И. Казимирова**

ТЕХНОЛОГИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, БУМАГИ, КАРТОНА И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Учебно-методическое пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2026

УДК 676.2.026(07)

ББК 35.779я73

Т38

Рецензенты:

доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой процессов и аппаратов химической технологии Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета технологий и дизайна

Н. П. Мидуков;

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии древесных композиционных и целлюлозных материалов Санкт-Петербургского лесотехнического университета им. С. М. Кирова

А. В. Шелоумов

Т38 Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов. Курсовой проект: учебно-методическое пособие / Е. Г. Смирнова, П. М. Кейзер, Е. И. Симонова, Д. И. Казимирова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2026. — 33 с.

Учебно-методическое пособие соответствует программам и учебным планам дисциплины «Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология», профиль «Химическая и биотехнология переработки растительного сырья». В учебно-методическом пособии изложены основные технологические расчеты размольно-подготовительного отдела, переработки оборотного брака и вспомогательного оборудования, прописаны требования при выполнении графической части курсового проекта.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения.

УДК 676.2.026(07)

ББК 35.779я73

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2026

© Смирнова Е. Г., Кейзер П. М.,

Симонова Е. И., Казимирова Д. И., 2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	5
2. РАСЧЕТ ЧАСОВОЙ, СУТОЧНОЙ И ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН.....	5
3. РАСЧЕТ РАСХОДА СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА.....	8
4. ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ.....	9
4.1. Расчет и подбор оборудования для размола волокнистых полуфабрикатов.....	11
4.2. Основные расчеты по цеху химикатов.....	15
5. ПЕРЕРАБОТКА ОБОРОТНОГО БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА	17
5.1. Расчет и подбор оборудования для переработки оборотного брака.....	18
6. РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	20
6.1. Расчет и подбор оборудования для хранения бумажной массы.....	20
6.2. Расчет и выбор массных насосов.....	21
6.3. Расчет и подбор оборудования для очистки бумажной массы	23
7. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	28
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	29
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	30

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мировая бумажная промышленность выпускает свыше 6000 видов бумаги, картона и изделий из них, обладающих разнообразными свойствами: высокопрочные и почти совершенно непрозрачные, электропроводящие и электроизоляционные, толстые картоны, хорошо впитывающие влагу и водонепроницаемые, прочные и слабые, гладкие, паро-, газо-, жиронепроницаемые.

Для достижения требуемых свойств бумаги/картона пользуются следующими методами:

- подбором исходных волокнистых полуфабрикатов, т. е. составлением композиции бумаги;
- изменением технологических режимов одного или нескольких основных процессов (размола, отлива, прессования, сушки);
- введение в бумажную массу различных добавок (минеральных наполнителей, красителей, проклеивающих веществ, связующих веществ и т. д.);
- отделкой бумаги (каландрирование, крепирование, гофрирование, тиснение, армирование, покрытие синтетическими пленками и т. д.);
- обработкой поверхности бумаги химикатами (поверхностная проклейка, окраска, мелование, пластификация, лакирование и т. д.).

Для курсового проектирования предлагаются 2 темы:

1. Произвести расчеты и выбрать оборудование для размольно-подготовительного отдела бумажной фабрики.
2. Произвести расчеты и выбрать оборудование для переработки оборотного брака на бумажной фабрике.

Цель курсового проектирования – закрепление теоретических знаний, полученных при изучении лекционного материала, и приобретение практических навыков при расчете и выборе оборудования размольно-подготовительного отдела бумажной фабрики и оборудования для переработки оборотного брака.

Работа над проектом начинается с получения задания на курсовое проектирование. В задании указываются вид и марка бумаги/картона, масса 1 м² бумаги/картона, композиционный состав бумаги/картона, производительность бумажной фабрики или параметры бумагоделательной машины (скорость и обрезная ширина). Устанавливается срок выполнения проекта, указывается руководитель студента – преподаватель кафедры ТБ и К.

Курсовой проект состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части (детальный чертеж единицы оборудования, технологическая схема РПО).

1. ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И РЕКОМЕНДАЦИИ

Работа выполняется индивидуально с использованием методических указаний. Результаты представляются в виде пояснительной записки, работа должна быть структурирована, пронумерована и содержать следующие элементы:

1. Титульный лист (приложение 1).
2. Лист-задание с рабочим графиком курсового проектирования (приложение 2).
3. Оглавление с указанием основных разделов расчетно-пояснительной записки и нумерацией страниц.
4. Введение.
5. Характеристики продукции, которая должна вырабатываться на проектируемом производстве, в соответствии с ГОСТ или ТУ.
6. Технологическая схема производства бумаги или картона, согласно заданию, и ее описание.
7. Расчеты размольно-подготовительного отдела и выбор оборудования.
8. Расчет переработки оборотного брака и выбор оборудования.
9. Заключение.
10. Библиографический список.
11. Приложения.
12. Чертежи – 2 шт., формат чертежей А3, оформляются в соответствии с требованиями ГОСТ 2.109-73. Единая система конструкторской документации (ЕСКД).

Требования к оформлению пояснительной записки

Шрифт: Times New Roman, обычный, цвет: черный, размер 14 пт.

Выравнивание текста – по ширине.

Межстрочный интервал – полуторный (допускается одинарный).

Красная строка (абзацный отступ) – 1,25 см.

Отступы и интервалы в тексте – 0 см.

Размеры полей: левое – 3,0 см, правое – 1,5 см, верхнее и нижнее – 2,0 см.

Номера страниц – арабскими цифрами, внизу по центру тем же шрифтом и размером, что и основной текст.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц. Номер страницы на титульном листе не проставляют.

2. РАСЧЕТ ЧАСОВОЙ, СУТОЧНОЙ И ГОДОВОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН

Если принять: B_n – необрезная ширина бумаги на бумагоделательной машине (БДМ), м;

$$B_n = B_o + 100 \text{ мм},$$

где B_o – обрезная ширина бумагоделательной машины, м;

V – средняя скорость БДМ, м/мин.

То каждую минуту БДМ может изготавливать: $V \cdot B$ м² бумаги, или $0,001 \cdot V \cdot B \cdot q$ кг бумаги, где q – масса 1 м² бумаги в г.

Соответственно, за 1 час машина может изготовить: $0,06 \cdot V \cdot B \cdot q$ кг бумаги. Однако 1 час выбранной работы машины дает недостаточную информацию о ее практической работе, в процессе которой есть обязательные остановки для проведения необходимых ремонтных работ, а также смены одежды машины (сетки, сукна).

Поэтому обычно интерес представляет хотя бы суточная работа машины с K_1 – фактическим числом часов работы машины в сутки. Здесь следует иметь в виду, что K_1 является фактическим числом работы машины в сутки, средним за длительный период времени, а не за отдельно взятые сутки, в течение которых могут и не производиться ремонтные или другие работы, требующие остановки машины. При проектировании обычно K_1 принимается равным 22,5–23 часа в сутки.

То есть суточная производительность машины составит: $0,06 \cdot V \cdot B \cdot q \cdot K_1$ кг бумаги, при условии, что в процессе выработки не будет брака и обрывов бумажного полотна, вызывающих холостой ход машины, т. е. времени работы машины без продукции на накате. Эта производительность называется **суточной производительностью брутто**. Обычно в зависимости от вида вырабатываемой бумаги, технического состояния бдм и квалификации обслуживающего персонала холостой ход машины составляет 2–5 % от времени работы машины. Следовательно, K_2 – коэффициент, учитывающий холостой ход машины, = 0,98–0,95.

Брак в производстве бумаги зависит от тех же причин, включая кромки при обрезании на перемотно-резательном станке, и составляет от 2 до 12 %. Следовательно, K_3 – коэффициент, учитывающий брак на машине, = 0,98–0,88. Следовательно, суточная производительность: $0,06 \cdot V \cdot B \cdot q \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ кг бумаги. Эта производительность называется **суточной производительностью нетто**.

Приведенная формула показывает пути повышения производительности БДМ. На первый взгляд все просто – нужно увеличить все множители с правой стороны уравнения.

Увеличение B приведет к увеличению производительности, но для одной и той же машины $0,06 \cdot B = \text{const.}$ q – не только нельзя увеличивать, но и нужно строго придерживаться ее значения для производства конкретного вида бумаги. Следовательно, основным путем повышения производительности БДМ является скорость (V), при сохранении одновременно показателей качества бумаги, без увеличения простоев, холостого хода и брака.

Часовая производительность бумагоделательной машины брутто:

$$Q_{ч.бр} = 0,06 \cdot V \cdot B_n \cdot q, \text{ кг / ч,}$$

где 0,06 – коэффициент, учитывающий перевод граммов в килограммы и минут в часы;

V – скорость бумагоделательной машины, м/мин;

B_n – необрезная ширина бумажного полотна на накате, м
($B_n = B_o + 100$, мм (B_o – обрезная ширина бумажного
полотна после продольно-резательного станка, мм);

q – масса 1 м² бумаги, г.

*Максимальная суточная производительность бумагоделательной машины
брутто:*

$$Q_{c.бр} = \frac{Q_{ч.бр} \cdot 24}{1000}, \text{ т/сут};$$

Среднесуточная производительность машины нетто:

$$Q_{c.н} = Q_{c.бр} \cdot K_{эф}, \text{ т/сут},$$

где $K_{эф}$ – коэффициент эффективности использования бумагоделательной
машины.

$$K_{эф} = K_v \cdot K_x \cdot K_t,$$

где K_v – коэффициент использования рабочего времени машины;

K_x – коэффициент учитывающий холостой ход машины;

K_t – технологический коэффициент, учитывающий возможные колебания
скорости машины, связанные с качеством полуфабрикатов и другими
технологическими факторами (0,99–0,98).

$$K_v = \frac{\mu}{24},$$

где μ – фактическое время работы машины в сутки, ч (при скорости ≤ 750 м/мин
 $\mu = 22,5$ ч, при скорости ≥ 750 м/мин $\mu = 22,0$ ч).

$$K_x = K_m \cdot K_p \cdot K_k$$

где K_m – коэффициент, учитывающий брак на машине (0,95–0,98);

K_p – коэффициент, учитывающий брак, образующийся на продольно-
резательном станке (0,99–0,98);

K_k – коэффициент, учитывающий брак образующийся на суперкаландре
(0,99–0,98).

Годовая производительность бумагоделательной машины:

$$Q_{год} = \frac{Q_{c.н} \cdot Z}{1000}, \text{ тыс. т/год},$$

где $Q_{c.н}$ – среднесуточная производительность бумагоделательной машины
нетто, т/сут;

Z – количество дней работы машины в году ($Z = 345$).

3. РАСЧЕТ РАСХОДА СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Расчет расхода воздушно-сухого полуфабриката для производства 1 т бумаги/картона в кг (P_c) рассчитывается по формуле:

$$P_c = \frac{1000 - B - \frac{1000 - B}{100} \cdot 3 - 0,75 \cdot K - 0,6 \cdot K_p - 1,0 \cdot K_{p.пов}}{0,88} + П, \text{ кг},$$

где B – влага, содержащаяся в 1 т бумаги/картона, кг;

3 – зольность бумаги/картона, %;

$0,75$ – коэффициент, учитывающий удержание клея в бумаге/картоне, %;

K – расход клея на 1 т бумаги/картона, кг;

$0,6$ – коэффициент, учитывающий удержание крахмала для внутримассной проклейки в бумаге/картоне, %;

K_p – расход крахмала для внутримассной проклейки 1 т бумаги/картона, кг;

$1,0$ – коэффициент, учитывающий удержание крахмала для поверхностной проклейки, %;

$K_{p.пов}$ – расход крахмала для поверхностной проклейки на 1 т бумаги/картона, кг;

$0,88$ – коэффициент перевода из абсолютно-сухого в воздушно-сухое состояние;

$П$ – безвозвратные потери (промой) волокна 12 % влажности на 1 т бумаги/картона, кг.

Полученные расчетные данные сводятся в таблицу.

Таблица 1. Расчетные данные

Вид	Удельный расход волокна на 1 т продукции (т)	Производительность БДМ/КДМ (фабрики)			
		час	сутки		год
			при безобрывной работе	С учетом $K_{эф}$	
		тонн	тонн	тонн	тыс. тонн
Готовая продукция					
Волокнистый полуфабрикат					

4. ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ

Процесс изготовления бумаги начинается с приготовления бумажной массы и включает следующие операции: роспуск, размол, введение химических вспомогательных веществ, фракционирование (при приготовлении бумажной массы из вторичного волокна), очистку и деаэрацию (рис. 1).



Рисунок 1. Процессы подготовки бумажной массы

Одной из важнейших операций является размол растительных волокон. Размол происходит в водной среде при концентрации 2–8 %. В результате механического воздействия ножей размалывающего аппарата и набухания происходит поперечное укорачивание, продольное расщепление – фибриллирование волокон как с поверхности (поверхностное фибриллирование), так и внутри (внутреннее фибриллирование). Клеточная стенка целлюлозного волокна имеет фибриллярную структуру, которая позволяет делить волокна в продольном направлении. Основной структурной единицей клеточной стенки целлюлозного волокна являются элементарные фибриллы. Они идеально кристаллизованы, пространство между ними заполнено аморфной целлюлозой и гемицеллюлозами. Элементарные фибриллы в клеточной стенке собраны в более крупные пучки – микрофибриллы, а последние еще в более крупные фрагменты – макрофибриллы. Фибрилляция может происходить как на поверхности, так и внутри клеточной стенки.

Различают внешнюю и внутреннюю фибрилляцию.

1. При внешней фибрилляции – поверхность волокна разрушается и от нее отделяются фрагменты фибрилл, образуя своеобразный ворс на поверхности волокна. При внешней фибрилляции ослабевает прочность самого волокна (рис. 2, б).

2. При внутренней фибрилляции отделения фибрилл не происходит, повышается гибкость и пластичность волокна, ослабевают и частично разрушаются связи между фибриллами. Волокну сообщается способность к образованию связей, при этом сохраняется прочность самого волокна (рис. 2, в). Поэтому процесс размола стремятся вести в сторону внутренней фибрилляции.

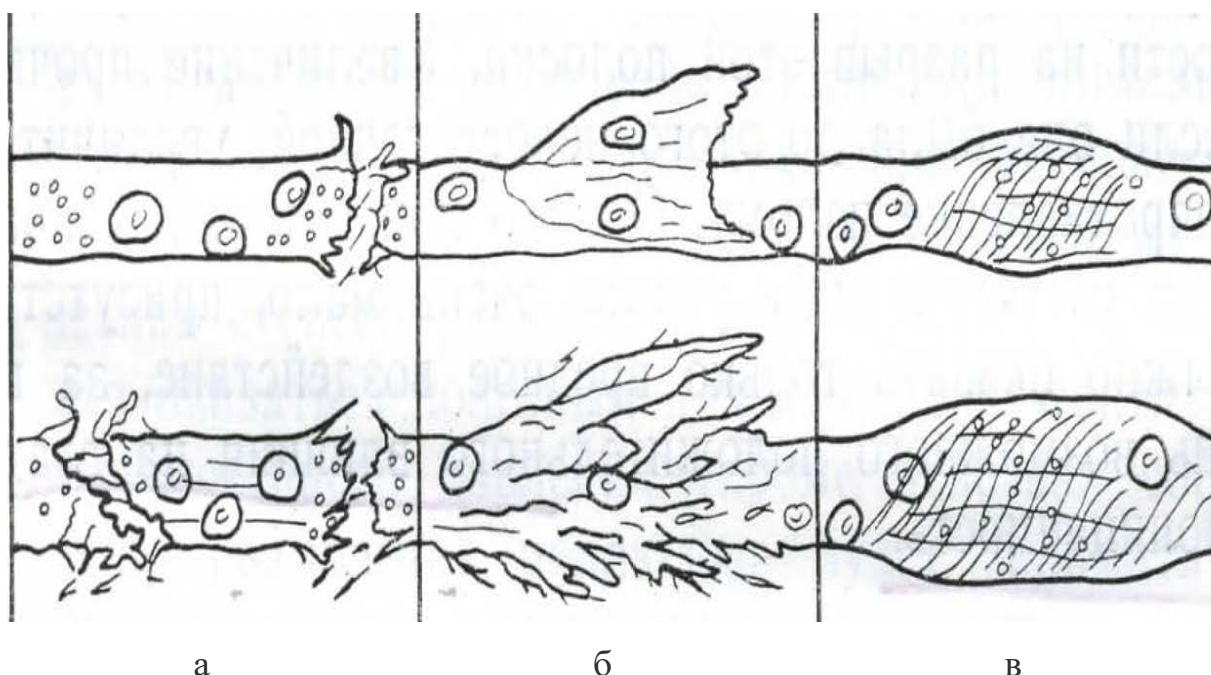


Рисунок 2. Поперечное укорочение: а) фибриляция волокна: б) внешняя; в) внутренняя

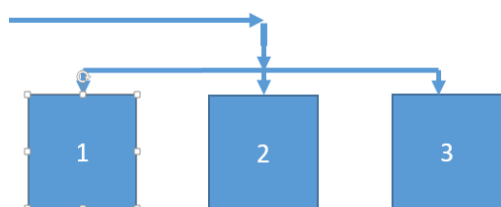
Назначение процесса размола волокнистых полуфабрикатов:

1. Придание волокнистому материалу определенной структуры в отношении размеров волокон по длине и толщине, с тем, чтобы обеспечить требуемую структуру полотна бумаги.

2. Сообщение волокнистому материалу определенной степени гидратации, от которой в значительной мере зависит создание сил сцепления между волокнами в бумаге.

Размол проводят в аппаратах непрерывного действия (конические или дисковые мельницы). Размалывающее оборудование непрерывного действия может быть установлено параллельно и последовательно (рис. 3).

При параллельной установке: $Q_{\text{уст.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$



При последовательной установке: $Q_{\text{уст.}} = Q_1 = Q_2 = Q_3$, но масса будет приобретать все большую степень помола, где Q_1, Q_2, Q_3 - соответственно производительность мельниц.

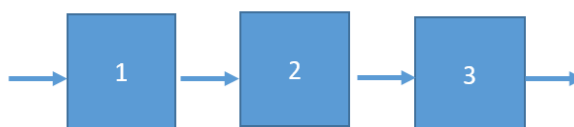


Рисунок 3. Параллельная и последовательная установка размалывающего оборудования

4.1. Расчет и подбор оборудования для размол волокнистых полуфабрикатов

Расчет количества размалывающего оборудования произведен на основе максимального потребления полуфабрикатов и 24-часовой нагрузки оборудования в сутки.

На предприятиях, вырабатывающих массовые виды бумаги и картона, для размол волокнистых полуфабрикатов применяются дисковые мельницы. Необходимое количество дисковых мельниц определяется затратами электроэнергии на размол:

$$A = A_o \cdot Q \cdot (P_k - P_n), \text{ кВт} \cdot \text{ч/сут},$$

где A_o – удельный расход электроэнергии на размол волокнистого полуфабриката, кВт·ч/т·°ШР;

Q – количество воздушно-сухого полуфабриката, направляемого на размол, т/сут;

P_k, P_n – конечная и начальная степень помола полуфабриката, °ШР.

Значения удельных расходов энергии для основных видов полуфабрикатов в зависимости от глубины процесса размол приведены в таблице 2.

Таблица 2. Среднее значение удельных расходов энергии (A_o) при размол основных видов полуфабрикатов

Вид волокнистого полуфабриката	Удельный расход энергии (A_o), кВт·ч/т·°ШР		
	размол от 13–15 до 27–30 °ШР	размол от 27–30 до 65–70 °ШР	размол выше 65–70 °ШР
Сульфатная хвойная небеленая целлюлоза	12–15	6–7	25–30
Сульфатная хвойная беленая целлюлоза	11–12	5–6	-
Сульфитная хвойная небеленая целлюлоза	7–9	4–5	-
Сульфитная хвойная беленая целлюлоза	6–7	3–4	14–16
Сульфатная лиственная беленая целлюлоза	7–8	10	-

Суммарная мощность электродвигателей дисковых мельниц с учетом их круглосуточной работы вычисляется по формуле

$$N = \frac{A}{\eta \cdot z}, \text{ кВт},$$

где z – количество часов работы мельницы в сутки ($z = 24$ ч);

η – коэффициент загрузки электродвигателей ($\eta = 0,85–0,90$).

Количество ступеней размола:

$$n = \frac{P_k - P_n}{\Delta \text{ШР}},$$

где $\Delta \text{ШР}$ – рекомендуемый прирост степени помола волокнистого полуфабриката за одну ступень, °ШР.

Оптимальным режимом работы мельниц считается такой, при котором прирост степени помола за одну ступень составляет 5–8 °ШР. При этом для трудноразмалываемых полуфабрикатов (сульфатная хвойная, хлопковая целлюлоза и др.) рекомендуется прирост степени помола 5–8 °ШР за одну ступень, а для легкоразмалываемых (сульфитная целлюлоза, нейтральносульфитная полуцеллюлоза, сульфатная лиственная целлюлоза и др.) рекомендуется 8–15 °ШР.

Мощность электродвигателей мельниц (рафинеров) по ступеням размола рассчитывается следующим образом: для двух ступеней мощность делят 50 % на 50 %, либо на I ступень – 60 %, на II ступень – 40 %).

$$N_I = N \times \frac{X_I}{100}, \text{ кВт} - \text{ для I ступени};$$

$$N_{II} = N \times \frac{X_{II}}{100}, \text{ кВт} - \text{ для II ступени},$$

$$N_I = N_{II},$$

где X_I и X_{II} – распределение электроэнергии соответственно на I и II ступени размола, %.

Для размола в три ступени на I ступень – 40 % мощности на II и III ступень – по 30 %.

Необходимое количество мельниц (рафинеров) для I и II ступени размола составит:

$$n_I = \frac{N_I}{N_{IM}} \quad \text{и} \quad n_{II} = \frac{N_{II}}{N_{IIM}},$$

где N_{IM} и N_{IIM} – мощность электродвигателей мельниц (рафинеров), предусматриваемых к установке на I и II ступенях размола, кВт.

С целью уменьшения затрат на ремонт и обслуживание рекомендуется принимать к установке размалывающее оборудование как можно с меньшим количеством типоразмеров.

В таблицах 3, 4, 5, 6, 7 приведены технические характеристики дисковых мельниц, в таблице 8 приведены технические характеристики конических мельниц.

Таблица 3. Технические характеристики отечественных дисковых мельниц

Марка	Мощность эл. двигателя, кВт	Окружная скорость ротора, м/с	Диаметр диска, мм	Производительность по в.с. волокну, т/сут
МД-00	45	23	315	5–8
МД-02	90	26	500	10–35
МД-14	132	20	630	20–80
МД-25	315	31	800	25–50
МД-31	500	31	1000	50–200
МДС-00	90	23	315	10–30
МДС-02	200	26	500	20–70
МДС-14	315	24	630	35–120
МДС-24	630	31	800	70–240
МДС-33	1000	31	1000	110–400

Таблица 4. Технические характеристики дисковых мельниц зарубежных фирм

Фирма-изготовитель	Диаметр диска, мм	Частота вращения, мин ⁻¹	Окружная скорость, м/с	Мощность эл. двигателя, кВт	Производительность по в.с. волокну, т/сут
Однодисковые мельницы					
Дефибратор (Швеция)	500	900	24	100–200	10–60
	600	900	28	150–300	15–100
	800	600	25	400	25–150
	900	600	28	500	35–200
	1080	600	34	600	-
Сутерленд (США)	1067	600	33	550	60–110
	1220	500	32	380–750	90–170
	1370	500	36	1100	100–300
Тампелла (Финляндия)	760	600	24	200–400	130
	1067	500	28	470–1000	50–250
Бауэр (США)	813	450–600	19–25	300	100
	610	514–900	16–29	150	50
	1120	400–600	23–35	600	300
Сдвоенные мельницы					
Джонс (США)	660	500–700	17–24	110–220	-
	864	400–600	18–27	220–300	-
	1067	400–600	22–23	300–400	До 200
Спроут-Вальдон (США)	508	900	24	150	60
	660	720	24	180–300	160
	864	600	27	370–580	300
	1067	514	29	730–820	450
Тампелла (финляндия)	600	-	-	250–315	15–100
	760	500–600	20–24	315–500	30–150
	1067	500	28	600–1000	50–300

Таблица 5. Технические характеристики дисковых мельниц компании PARCEL

Марка	Диаметр диска, мм	Частота вращения, мин ⁻¹	Габаритные размеры, мм			Мощность эл.-дв., кВт	Производительность по в.с. волокну, т/сут
			длина	ширина	высота		
Однодисковые мельницы							
D21-XX-2	460	980	2367	1005	840	55/75	15–30
D22-XX-2	508	980				110/130	20–40
D31-XX-1	663	740	2850	1140	1145	110/160/200	30–60
D32-XX-0	750	590				160/200/250	30–70
D32-XX-1	750	740				200/250/315	40–100
D33-XX-1	800	740				250	30–50
D33-XX-1	800	980				315	40–70
Двухдисковые мельницы							
2D21-XX-2	460	980	3810	841	708	110/160	40–60
2D22-XX-2	508	980				200/250	50–80
2D31-XX-1	663	740	4507	1280	1049	250/315/400	60–120
2D32-XX-0	750	590				400/500	60–130
2D32-XX-1	750	740				400/500/600	80–180

Таблица 6. Технические характеристики сдвоенных дисковых мельниц, типа Twin Hydradisc компании KADANT LAMORT

Параметры	Марка мельницы			
	16/18	20/22	26/28/30	38/40/42
Рабочая концентрация, %	3,5–6,0			
Диаметр дисков, мм	400–457	510–560	660–760	960–1060
Частота вращения, мин ⁻¹	1200	900	600–720	450–600
Установочная мощность, кВт	300	350	700	2500
Максимальное давление, кПа	75	100	100	100
Производительность по в.с.в., т/сут	7–100	20–150	30–350	75–90
Габаритные размеры, мм				
Длина	1648	1981	2238	3010
Ширина	711	960	1042	1346
Высота	762	1032	1118	1473

Таблица 7. Технические характеристики сдвоенных дисковых мельниц, типа Twinflo компании ANDRITZ

Параметры	Марка мельницы				
	TF20	TF26	TF34	TF42	TF52
Рабочая концентрация, %	3,5–6,0				
Диаметр дисков, мм	457–610	660–813	864–1016	1067–1219	1270–1473
Частота вращения, мин ⁻¹	1000–800	750–600	600–480	500–400	400–330
Мощность, кВт Установочная Холостого хода	300 60	500 90	900 150	1700 200	2500 450
Производительность по в.с.в, л/мин (при концентрации 4 %)	320–1960	650–4350	1250–8750	2000–14400	5600–21000
Габаритные размеры, мм Длина Ширина Высота	1912 1050 1030	2255 1200 1280	2620 1403 1520	3240 1620 1815	3840 1980 2400

Таблица 8. Технические характеристики конических мельниц, типа OptiFiner компании Metso

Параметры	Марка мельницы					
	RF-0	RF-1	RF-2	RF-3	RF-4	RF-5
Рабочая концентрация, %	2–6					
Производительность, т/сут	5–50	5–150	25–250	50–350	100–500	300–800
Давление (max), кПа	600					
Мощность двигателя, кВт	90–110	150–300	300–500	400–800	800–1500	1500–2600
Частота вращения, мин ⁻¹	900–1800	720–1200	600–900	514–720	450–600	330–514
Габаритные размеры, мм Длина Ширина Высота	1508 810 720	1765 850 400	2200 960 500	2350 1100 600	2775 1300 700	2860 1680 950
Вес без двигателя, кг	780	1300	2600	3700	6700	11000

4.2. Основные расчеты по цеху химикатов

В настоящее время в производстве бумаги применяется большое количество химических вспомогательных веществ. Рассмотрим наиболее важные:

- Минеральные наполнители (каолин, мел, бланфикс, и др.) вводят в бумажную массу для того, чтобы улучшить печатные свойства бумаги (повысить гладкость и лоск после каландрирования, улучшить структуру поверхности),

сделать ее непрозрачной, а также снизить себестоимость. Введение наполнителя в композицию бумажной массы снижает механическую прочность бумаги, проклейку, увеличивает износ рабочих органов оборудования (мельниц, гидроразбивателей, насосов, трубопроводов), поэтому их применение ограничивается 30 % к массе волокна.

- Проклеивающие вещества вводятся в бумажную массу для придания ей гидрофобных свойств, для того, чтобы сделать бумагу пригодной для печати. Для проклейки применяют синтетические клеи на основе димеров алкилкетенов (АКД), а также на основе алкенил-янтарного ангидрида или, как чаще пишется в литературе, алкенил-сукцинонового ангидрида (АСА), а также все еще применяются эмульсии канифольных клеев.

- Связующие вещества вводят в бумажную массу для повышения механической прочности бумаги. Чаще всего для этого используют катионный крахмал, полиакриламид, полиэтиленимин и другие.

- Для повышения удержания мелкого волокна, наполнителя и функциональных химикатов, для обеспечения стабильного формования и для оптимизации обезвоживания в бумажную массу вводят флокулирующие и коагулирующие вещества (системы удержания).

- Красители вводят в бумажную массу для окраски или подцветки бумаги.

- Оптический отбеливатель вводят для повышения белизны белых сортов бумаги.

В таблице 9 приведен ориентировочный расход на 1 т бумаги или картона основных химикатов. Химикаты подбираются и рассчитываются в соответствии с видом вырабатываемой продукции.

Таблица 9. Расход основных химических веществ на производство 1 т вырабатываемой продукции

№	Наименование	Ед. измерения	Принято	Назначение
1	Мел природный тонкодисперсный	кг/т	80–150	Улучшение печатных свойств, оптических показателей, равномерности макроструктуры. Замена растительного беленого волокна
2	Нейтральный клей, водная дисперсия АКД	кг/т	2,0–5,0	Для проклейки в массе с целью придания бумаги или картону ограниченной гидрофобности
3	Крахмал катионный	кг/т	5–15	Для повышения прочности картона, способствует удержанию мелкого волокна и наполнителя

4	Крахмал окисленный (для поверхностной проклейки)	кг/т	5–10	Для повышения прочности поверхности и устойчивости к трению. Осуществляется на клеильном прессе
5	Водный раствор катионной полиаминоэпихлоргидринной смолы	кг/т	0,5–1,5	Для придания бумаге или картону влагопрочности
6	Бикарбонат натрия (NaHCO ₃)	кг/т	2,0–5,0	Для регулирования pH
7	Флокулянт (катионный полиакриламид)	кг/т	0,2–0,5	Для удержания мелкого волокна и наполнителя
8	Оптический отбеливатель	% от массы абсолютно-сухого волокна (а.с.в)	0,1–0,3	Для придания белизны
9	Краситель прямой	% от массы а.с.в.	0,2–0,5 0,5–1,0	Для придания: -оттенка -окраски

Расчет производится по следующей формуле:

$$Q_{\text{суточный}} = P \cdot Q_{\text{с.бр}};$$

$$Q_{\text{годовой}} = P \cdot Q_{\text{год}},$$

где P – расход химиката, кг/т;

$Q_{\text{с.бр}}$ – суточная производительность брутто, т/сут;

$Q_{\text{год}}$ – годовая производительность фабрики, т/год

Данные расчета сводятся в таблицу.

5. ПЕРЕРАБОТКА ОБОРОТНОГО БРАКА В ПРОИЗВОДСТВЕ БУМАГИ И КАРТОНА

Оборотный брак, образующийся на бумагоделательной машине, делится на мокрый и сухой брак. Мокрый брак образуется на сеточном столе и в прессовой части, сухой брак образуется в сушильной части, на каландре, накате, резке и упаковке бумаги.

Для переработки мокрого брака на бумагоделательной машине устанавливают гауч-мешалку. Располагается она под гауч-валом. Гауч-мешалка рассчитана на работу в двух режимах. При безобрывной работе машины она используется для переработки кромок, в ванну гауч-мешалки поступают отсекаемые кромки полотна, вода от смыва кромок, 1-го spryska сетки, отжатая на гауч-вале. В этом случае концентрация массы в ванне низкая (не превышает 0,5– 0,7 %) и поэтому перед введением этой массы в систему подготовки массы подготовительного отдела она насосом подается на сгуститель.

При обрыве в сеточной или в прессовой части она используется в режиме переработки полотна. В этом случае в ванну гауч-мешалки поступает все полотно сухостью до 22 % с гауч-вала, либо после 1-го пресса сухостью до 28%, поэтому необходима подача оборотной воды для смыва полотна с сетки (отбойный спрыск) и для разбавления его до концентрации массы 3 %. Масса, минуя сгуститель, перекачивается насосом в бассейн брака. Так как расход энергии на роспуск мокрого брака значительно меньше, чем на роспуск сухого брака, рабочие органы гауч-мешалки имеют меньшую частоту вращения и для привода их необходим электродвигатель меньшей мощности.

Для переработки сухого брака устанавливают гидроразбиватели: один под накатом, второй под продольно-резательным станком (ПРС). Гидроразбиватели могут быть вертикальные, горизонтальные и комбинированные. Наиболее современные горизонтальные и комбинированные гидроразбиватели показаны на рисунке. 4. Гидроразбиватели могут работать в режиме переработки кромок и переработки брака в количестве, соответствующем машинной выработке продукции при максимальной скорости машины.



Рисунок 4. Гидроразбиватели

5.1. Расчет и подбор оборудования для переработки оборотного брака

Объем гауч-мешалки рассчитывается по формуле:

$$V = \frac{Q_{бр.ч} \cdot (100 - n) \cdot T \cdot 1.2}{C}, \text{ м}^3,$$

где $Q_{бр.ч}$ – часовая производительность, бумагоделательной машины брутто, т/ч;

n – влажность мокрого брака, %;

T – время пребывания массы в гауч-мешалке, ч (стандартно 15–30 минут);

$1,2$ – коэффициент запаса заполнения гауч-мешалки;

C – концентрация массы в гауч-мешалке, %.

Производительность гидроразбивателя под накатом

$$Q_{\text{гр}} = Q_{\text{бр.ч.}} \cdot 24 \cdot 0,8, \text{ т/сут,}$$

где $Q_{\text{бр.ч.}}$ – часовая производительность, бумагоделательной машины брутто, т/ч;

24 – время работы гидроразбивателя, ч;

0,8 – коэффициент, учитывающий производительность гидроразбивателя (составляет от 80–100 % от суточной максимальной производительности бумагоделательной машины).

Производительность гидроразбивателя под продольно-резательным станком (ПРС):

$$Q_{\text{гр}} = \frac{\left(\frac{P}{1000}\right) \cdot Q_{\text{бр.ч.}} \cdot 24}{K_c}, \text{ т/сут,}$$

где P – количество абсолютно-сухого брака, образующегося на машине, кг/ч;

$Q_{\text{бр.ч.}}$ – часовая производительность бумагоделательной машины, брутто, т/ч;

K_c – коэффициент сухости бумаги.

Характеристики гидроразбивателей представлены в таблице 10.

Таблица 10. Характеристики гидроразбивателей

Модель	Производительность, т/сут	Вместимость ванны, м ³	Мощность двигателя, кВт
ГРГ-12	30–120	12	90
ГРГ-16	45–160	16	160
ГРГ-24	75–240	24	315
ГРГ-32	120–320	32	315
Sunds IP11	20	2,0	37
Sunds IP12	40	3,7	55
Sunds IP21	90	7,5	75
Sunds IP22	130	13	90
Sunds IP23	160	17	110
Sunds IP31	200	24	132
Sunds IP32	240	31	160

Модель	Производительность, т/сут	Вместимость ванны, м ³	Мощность двигателя, кВт
Sunds IP33	290	40	200
Mitsubishi Beloit 375	4,0	2,8	45
Mitsubishi Beloit 500	5,3	3,7	55
Mitsubishi Beloit 750	8,6	6,0	75
Mitsubishi Beloit 1000	10,8	7,5	90
Mitsubishi Beloit 1500	15,8	11,5	110
Mitsubishi Beloit 2000	21,6	15	150
Mitsubishi Beloit 3000	32,4	22,5	185
Mitsubishi Beloit 4000	43,2	30	220
Mitsubishi Beloit 6000	64,8	45	300

6. РАСЧЕТ И ПОДБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

6.1. Расчет и подбор оборудования для хранения бумажной массы

Массные бассейны используются в целлюлозно-бумажной промышленности для создания запаса волокнистой массы и ее перемешивания, усреднения концентрации. Конструкция этих аппаратов должна обеспечивать тщательное и быстрое смешение поступающей массы с имеющейся в бассейне. Ранее для этих целей использовались горизонтальные бетонные бассейны (они и сейчас встречаются на старых предприятиях). В настоящее время применяются вертикальные металлические бассейны. Они проще в изготовлении и занимают меньшую площадь. Вертикальные массные бассейны по расположению привода перемешивающих устройств можно разделить на две группы: аппараты с боковым, горизонтально установленным приводом мешалок, и аппараты с верхним расположением приводов мешалок.

Типоразмер бассейна выбирают от объема, вида и концентрации массы.

$$V = \frac{Q \cdot (100 - n) \cdot t}{z \cdot c} \cdot K, \text{ м}^3,$$

где Q – количество воздушно-сухого волокнистого материала, т/сут;

n – влажность воздушно-сухого волокнистого материала, %;

t – время хранения массы, ч;

z – количество рабочих часов в сутки, ч;

c – концентрация волокнистой суспензии в бассейне, %;

K – коэффициент, учитывающий неполноту заполнения бассейна ($K = 1,2-1,3$).

Как правило, продолжительность хранения полуфабрикатов принимается до и после размолы – 2 часа, а бумажной массы в композиционном и машинном бассейнах – 15–30 мин.

Расчет времени, на которое рассчитан запас массы в бассейне определенной емкости:

$$t = \frac{V \cdot z \cdot c}{P(100-n)^{1,2}}, \text{ ч},$$

где P – количество воздушно-сухого волокнистого материала, т/сут;

V – объем бассейна, м³;

n – влажность воздушно-сухого волокнистого материала, %;

t – время хранения массы;

z – количество рабочих часов в сутки;

c – концентрация волокнистой суспензии в бассейне, %;

K – коэффициент учитывающий неполноту заполнения бассейна ($K = 1,2-1,3$).

Емкости бассейнов необходимо унифицировать, чтобы облегчить их изготовление, компоновку эксплуатацию и ремонт. Желательно приводить все бассейны не более чем к двум-трем типоразмерам. Пример унификации объемов бассейнов приведен в таблице 11.

Таблица 11. Унификация емкости бассейнов

Назначение бассейна	По расчету		После унификации	
	объем бассейна, м ³	время хранения массы, ч	объем бассейна, м ³	время хранения массы, ч
Приемный бассейн сульфатной хвойной целлюлозы	319	0,5	350	0,6
Бассейн размолотой небелёной хвойной целлюлозы	1206	1,4	1300	1,6

6.2. Расчет и выбор массных насосов

В целлюлозно-бумажной промышленности применяют насосы для перекачки воды, волокнистой массы, суспензий. По сравнению с насосами для подачи воды центробежные насосы для подачи бумажной массы имеют ряд конструктивных особенностей, которые предотвращают обезвоживание

бумажной массы под влиянием разрежения во всасывающем патрубке. При концентрации массы свыше 3,5 % разрежение может привести к образованию пробок и сгустков массы в патрубке и корпусе. Такие насосы снабжаются дополнительной крылаткой, расположенной на валу насоса внутри всасывающего патрубка, иногда ось патрубка смещена по отношению к оси насоса. Массные насосы устанавливаются так, чтобы масса к ним поступала самотеком. Смесительные насосы, устанавливаемые на потоках подачи массы к БДМ, представляют собой центробежные насосы двойного всасывания или пропеллерные (осевые). Лопасти ротора центробежного насоса на одной стороне всасывания смещены на полшага по отношению к другой стороне всасывания. Производительность центробежного насоса регулируют изменением частоты вращения ротора двигателя, а пропеллерного – угла наклона лопастей.

Выбор насоса производится, исходя из полного напора массы и его производительности.

Расчет полного напора насоса производится после выполнения компоновочных чертежей и точного определения местонахождения насоса. При этом необходимо составить схему трубопроводов с указанием их длины и всех местных сопротивлений (тройников, переходов, отводов и т. д.).

Принцип расчета необходимого напора, который должен создавать насос, и значение коэффициентов местных сопротивлений приведены в специальной литературе.

Обычно для перекачивания волокнистых суспензий в пределах массоподготовительного отдела насос должен обеспечить напор 15–25 м.

Производительность насоса рассчитывается по формуле:

$$Q_H = Q_M \cdot 1,3, \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$Q_M = \frac{P \cdot (100 - W)}{z \cdot C}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где P – количество воздушно-сухого волокнистого материала, т/сут;

W – влажность воздушно-сухого волокнистого материала, %;

z – количество рабочих часов в сутки (принимается 24 ч);

C – концентрация волокнистой суспензии на нагнетающей линии насоса, %;

1,3 – коэффициент, учитывающий запас производительности насоса.

В таблице 12 представлены основные характеристики насосов.

Таблица 12. Основные характеристики насосов

Параметры	Подача м ³ /ч	Напор, м	Мощность двигателя, кВт	Частота вращения, мин ⁻¹	Масса агрегата, кг
БМ 40/16	40	16	5,5	1500	255
БМ 56/31,5	56	31,5	11	1500	314
БМ 67/22,4	67	22,4	11	1500	295
БМ 80/15	80	15	7,5	1000	522

БМ 118/31,5	118	31,5	22	1500	605
БМ 125/20	125	20	18,5	1000	651
БМ 190/45	190	45	55	1500	836
БМ 236/28	236	28	37	1000	1214
БМ 315/15	315	15	30	1000	1134
БМ 355/63	355	63	110	1500	1662
БМ 475/31,5	475	31,5	75	1500	1333

6.3. Расчет и подбор оборудования для очистки бумажной массы

Классификация загрязнений, встречающихся в бумажной массе.

1. Тяжелые включения. К тяжелым включениям относятся включения, масса которых выше удельной массы целлюлозного волокна. Это загрязнения минерального происхождения (гипс, моносльфиты, известь – результат плохой промывки целлюлозы на целлюлозных заводах; песок – результат плохой промывки древесной массы, наполнителя; металлические включения – встречающиеся в макулатуре, осколки от ножей размалывающей гарнитуры, ржавчина и т. д.).
2. Легкие включения. К легким включениям относятся включения, масса которых равна или меньше удельной массы целлюлозного волокна (неотсортированная крупная костра, крупный волокнистый сор, плохо размолотый бумажный брак, узелки массы из-за плохого размола; прочие загрязнения органического происхождения: кусочки резины, комочки смолы, водоросли, попавшие с водой, и т. д.).

Перед изготовлением бумаги волокнистую массу необходимо очистить от различного типа загрязнений. Загрязнения, имеющие плотность большую чем волокна (песок, металл и т. п.), удаляют на вихревых очистителях (центриклинерах), а легкие загрязнения, имеющие плотность, близкую к плотности волокна (непровар, сучки, пучки волокон), удаляются в различных сортировках.

Центриклинер – представляет из себя коническую трубу, в которую по касательной под напором вводится бумажная масса (рис. 5). Масса приобретает завихрение и движется вниз по спирали, ударяясь о стенки аппарата. Тяжелые частицы отбрасываются к стенкам аппарата и удаляются в нижней части. Очищенная масса поднимается вверх и выходит из аппарата.

Обычно центриклинеры для очистки бумажной массы устанавливают в II или III ступени. **При II-ступенчатой системе очистки** на I ступени устанавливают 85–90 % аппаратов, на II ступени – 10–15 % аппаратов. **При III-ступенчатой системе очистки** на I ступени устанавливают 75–80 % аппаратов, на II ступени – 15–20 % аппаратов, на III ступени – 5 % аппаратов (рис. 6).

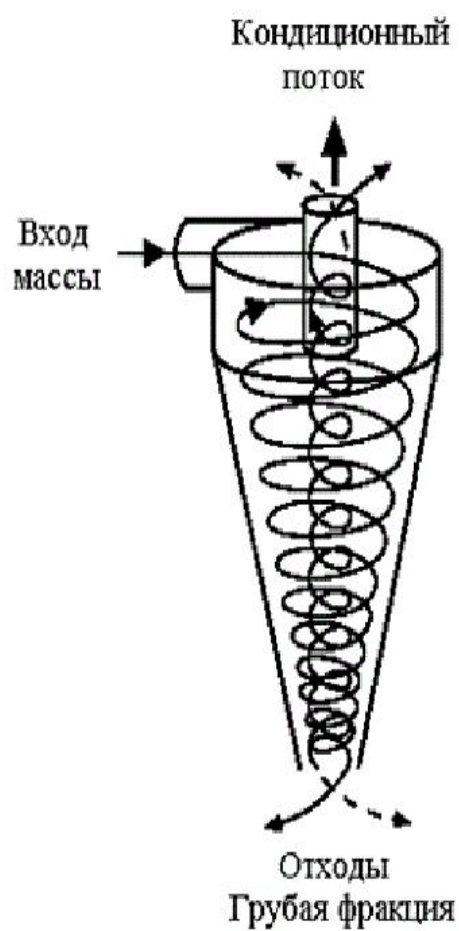


Рисунок 5. Центриклинер

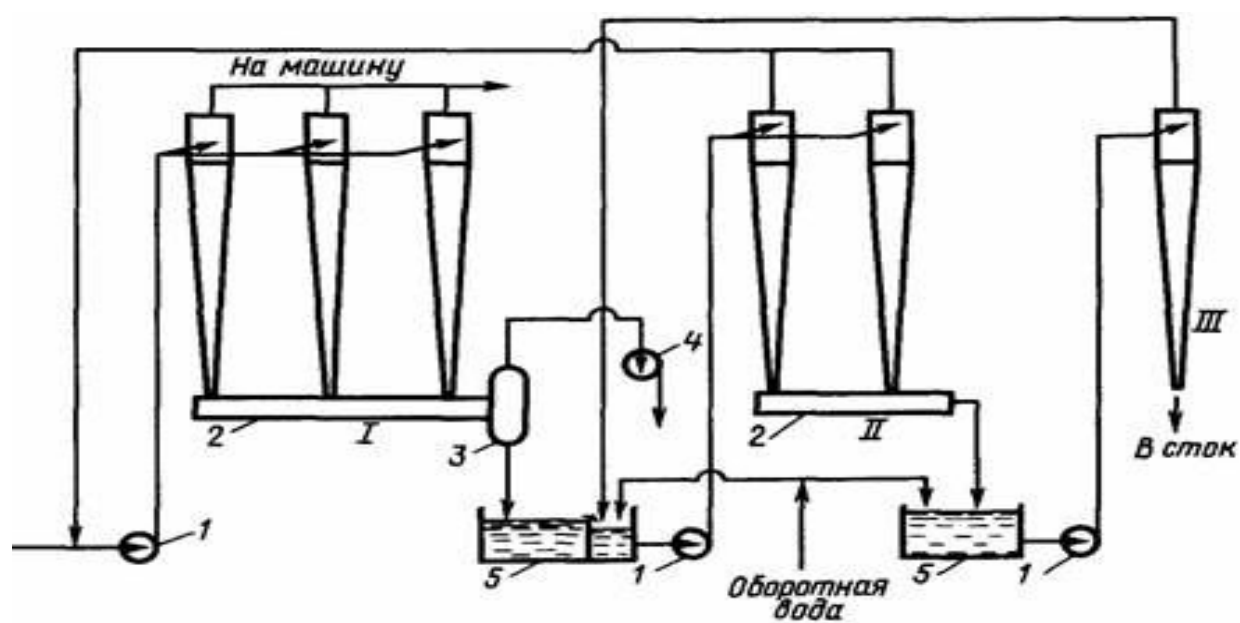


Рисунок 6. Установка центриклинеров в три ступени

Характеристики установок центриклинеров представлены в таблицах 13–15, а сортировок – в таблице 16.

Таблица 13. Технические характеристики установок вихревых очистителей УВК-.-01

Наименование параметров	УВК-15-01	УВК-40-01	УВК- 90-01	УВК-180-01	УВК-300-01	УВК-800-01
Производительность по воздушно-сухому волокну, т/сут	15	40	90	180	300	800
Количество очистителей, шт:						
1-я ступень	19	48	112	208	384	992
2-я ступень	4	8	16	32	48	320
3-я ступень	1	4	8	8	16	80
Установленная мощность, кВт	39	102,5	297	577	610	1737
Габаритные размеры, м:						
Длина	3,60	5,74	8,40	12,23	9,40	17,60
Ширина	2,24	2,74	2,80	2,80	9,24	5,69
высота	2,24	3,20	2,64	2,64	3,69	5,97
Масса, т	1,34	5,27	7,80	15,30	14,30	50,05

Таблица 14. Технические характеристики установок вихревых очистителей УВК-.-02

Наименование параметров	УВК-50-02	УВК-120-02	УВК-180-02	УВК-300-02	УВК-400-02	УВК-500-02	УВК-700-02
Производительность по воздушно-сухому волокну, т/сут	50	120	180	300	400	500	700
Количество очистителей, шт:							
1-я ступень	20	46	70	114	160	184	266
2-я ступень	6	12	18	28	32	34	76
3-я ступень	2	4	3	8	6	8	20
Установленная мощность, кВт	90	327	555	610	945	1495	2037
Габаритные размеры, м:							
Длина	5,84	12,95	6,34	8,72	19,34	7,39	14,92
Ширина	2,97	2,14	6,79	5,93	7,89	5,48	5,63
высота	2,46	2,65	3,15	3,20	3,20	2,82	3,66
Масса, т	4,69	10,45	17,89	14,70	35,95	74,40	47,64

Таблица 15. Технические характеристики установок вихревых очистителей УВК-.-04

Наименование параметров	УВК-90-04	УВК-150-04	УВК-300-04	УВК-500-04	УВК-700-04
Производительность по воздушно-сухому волокну, т/сут	90	150	300	50	700
Количество очистителей, шт:					
1-я ступень	6	10	16	26	36
2-я ступень	2	4	6	10	8
3-я ступень	1	2	2	4	2
Установленная мощность, кВт	327	411	701	1096	907
Габаритные размеры, м:					
Длина	5,50	5,89	13,93	10,11	11,04
Ширина	3,77	6,52	3,88	6,52	6,01
высота	3,73	4,00	4,95	4,29	3,69
Масса, т	9,81	13,45	25,47	28,24	29,20

Установки УВК-01 применяются для очистки полуфабрикатов, в которых строго регламентируется сорность. УВК-02 применяют для очистки древесной массы и некоторых видов целлюлозы. УВК-04 применяются в основном перед бумаго- и картоноделательными машинами, позволяют не только очистить, но и произвести одновременную деаэрацию массы.

Сортирование является заключительным этапом подготовки к отливу волокнистой массы для отлива бумаги и картона. Сущность процесса сортирования заключается в пропускании волокнистой массы через отверстия сита, размер и форма которых обеспечивают разделение содержащихся в ней частиц. В соответствии с ними выбирают сита с различной конфигурацией отверстий, размеры которых должны быть больше, чем размеры волокон, но меньше, чем размеры удаляемых посторонних включений.

Сортировки отличаются большим многообразием конструкций и исполнения. Различия касаются в основном количества ситовых барабанов (один или два), конструкции ротора (с гидродинамическими лопастями или в виде цилиндра с выступами на поверхности), взаимного расположения гидродинамических лопастей ротора и сита (лопасти расположены внутри или снаружи ситовых барабанов), направления движения сортируемой массы (снаружи внутрь ситового барабана или наоборот), расположения гидродинамических лопастей в зоне сортированной или несортированной массы.

В таблице 16 представлены технические характеристики односитовых и двухситовых напорных сортировок с гидродинамическими лопастями, расположенными в зоне несортированной массы, типа УЗ и СЗ, и сортировки с цилиндрическим ротором, типа СЦН, Центрисортер, Радискрин и др.

Таблица 16. Технические характеристики напорных сортировок

Тип сортировки	Производительность в.с.в, т/сут	Концентрация массы, %	Количество отходов, %	Мощность эл. двигателя	Масса, т	Площадь сита, м ³
УЗ-01	10–20	0,3–0,8	До 3,5	5,5	1,437	0,64
УЗ-02	25–50	0,3–0,8	До 3,5	10	2,303	0,17
УЗ-03	35–65	0,3–0,8	До 3,5	30	4,859	1,93
УЗ-12	До 110	0,1–0,3	3,0–5,0	22,0	2,200	1,6
УЗ-13	До 200	До 1,3	3,0–5,0	22,30	3,200	2,92
УЗ-15	300–400	0,9	3,3–5,0	75	8,145	5,69
УЗ-09-01	40–60	До 1,0	3–5	10	0,88	0,90
СЦН-09-01	300	До 3,0	5–7,0	100	2,8	0,93
СЗ-09-01	50–80	До 2,0	8–15	17	0,99	0,90
СЗ-12	До 120	0,5–1,5	8–15	30,40	2,600	1,6
СЗ-13	До 250	1,0–2,0	8–15	55,75	4,200	2,92
Центрисорте р-100	10–80	0–3,0	-	22	0,500	-
Центрисорте р-200	30–150	0–3,0	-	45	0,850	-
Центрисорте р-400	80–350	0–3,0	-	90	3,60	-
Центрисорте р-800	150–950	0–3,0	-	200	-	-
Радискрин	6000 л/мин 25000 л/мин 40000 л/мин 63000 л/мин	До 1,0	10-15	2,2 5 7,5 10	1,5 3,0 4,0 4,5	
Сортировка	1–2000 л/мин	0,6–0,5	До 15	Привода нет	0,200	
Сортировка	2–400000 л/мин	0,6–0,5	До 15	Привода нет	0,500	

7. ГРАФИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Графическая часть курсового проекта – это дополнительные материалы, которые наглядно иллюстрируют практическую работу студента, результаты расчетов и проектные решения. Она используется при защите работы.

В графическую часть в зависимости от задания могут входить:

- Технологическая схема производства размольно-подготовительного отдела.
- Технологическая схема переработки оборотного брака.
- Чертежи основного аппарата с видами, разрезами, сечениями и спецификацией (коническая мельница, одно или двухдисковая мельница, гидроразбиватель вертикальный или горизонтальный и др.).

Объем графической части курсового проекта составляет 1–2 листа формата А3 или других форматов, установленных ГОСТ 2.301-68 (ЕСКД). Чертежи обязательно сопровождаются спецификацией оборудования.

Графические материалы можно создавать автоматизированным методом (с использованием программ КОМПАС, AutoCAD и др.) с последующей распечаткой на бумаге или выполнять вручную (карандашом или фломастером).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Машины для производства бумаги и картона /под. Ред. Курова В. С., Кокушина Н. Н. – СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2017. – 646 с.
2. Иванов, С. Н. Технология бумаги / С. Н. Иванов. –М.: Школа бумаги, 2006. – 695 с.
3. Пузырев, С. С. Технология целлюлозно-бумажного производства. Сырье и производство полуфабрикатов. В 3 т. Ч. 3. Производство полуфабрикатов / С. С. Пузырев, Э. В. Виролайнен и др. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.
4. Комаров, В. И. Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона / В. И. Комаров, Л. А. Галкина, Л. Н. Лаптев и др. – СПб.: Политехника, 2012. – 420 с.
5. Фляте, Д. М. Свойства бумаги / Д. М. Фляте. – Изд. 4-е, испр. и доп. – СПб.: НПО «Мир и семья-95», ООО «Интерлайн», 1999 – 384 с.
6. Пузырев, С. С. Основные технологические расчеты по бумагоделательным машинам: учебное пособие по дипломному и курсовому проектированию / С. С. Пузырев, Е. Г. Смирнова, Ю. В. Храмов. – СПб.: СПбГЛТА, 2003. – 42 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ
Институт (название института)
Кафедра (название кафедры)

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине «Название дисциплины»

на тему:

Тема курсового проекта без кавычек

Выполнил

студент учебной группы №

(фамилия, имя, отчество)

Проверил

(должность, фамилия, имя, отчество)

Санкт-Петербург
202_

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Институт

Кафедра

ЗАДАНИЕ
на курсовой проект

по дисциплине

Обучающийся

1. Тема курсового проекта

2. Срок сдачи обучающимся законченного курсового проекта (работы)

3. Исходные данные по курсовому проекту (работе)

4. Перечень подлежащих разработке вопросов и примерный календарный график

Дата	Содержание выполняемых работ и заданий

5. Перечень иллюстративно-графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

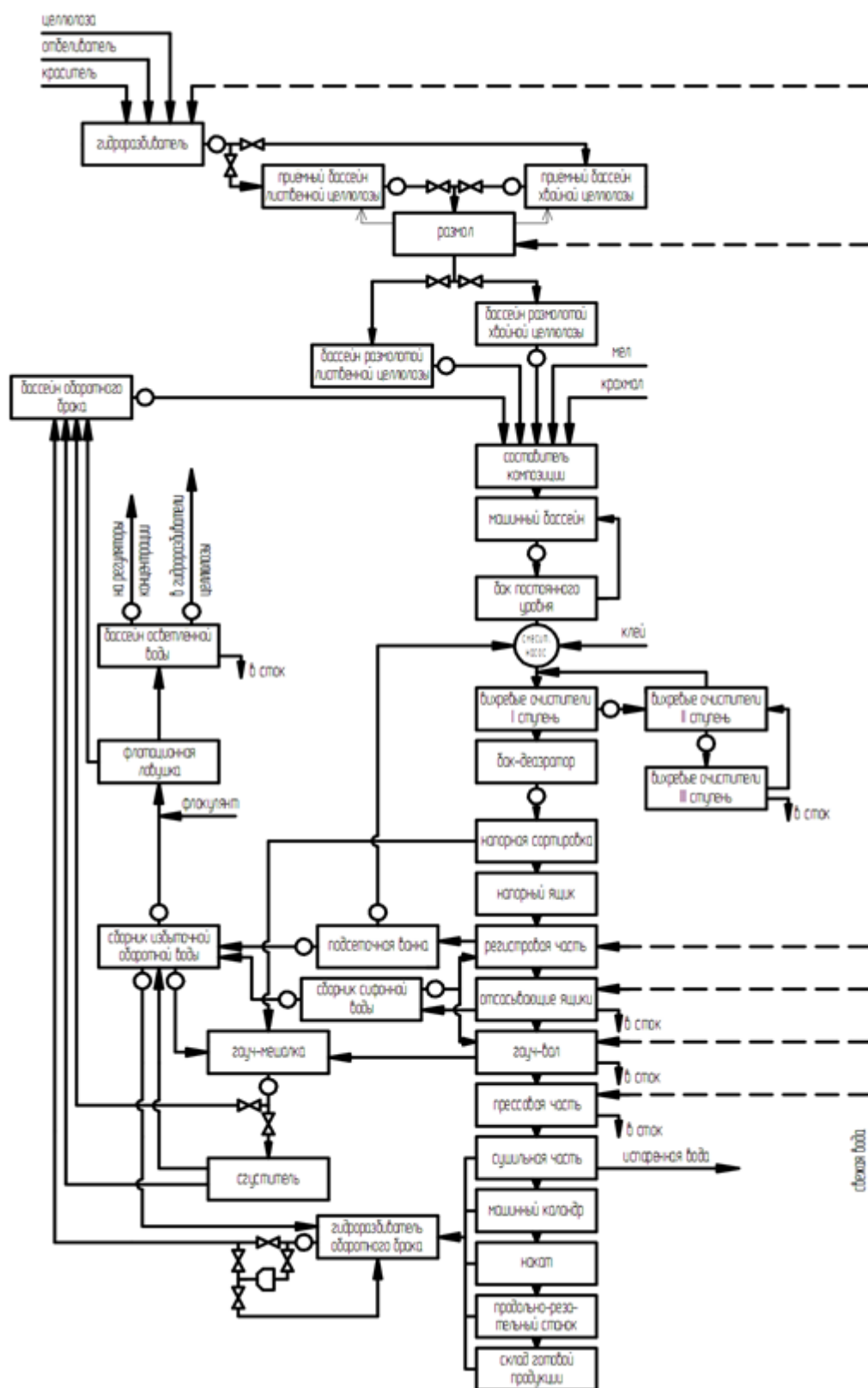
6. Рекомендуемая литература и справочные материалы

Руководитель КП _____.
(Ф.И.О., подпись)

Задание принял(а) к исполнению, _____
подпись обучающегося

_____ (дата)

Принципиальная схема производства бумаги для печати



Учебное издание

**Смирнова Екатерина Григорьевна
Кейзер Павел Матвеевич
Симонова Елена Игоревна
Казиминова Дарья Игоревна**

**Технология целлюлозы, бумаги,
картона и композиционных
материалов**

Учебно-методическое пособие

Редактор и корректор М. Д. Баранова
Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2024 г., поз. 5011

Подписано к печати 21.05.2026.

Формат 60х84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ. л. 2,2.

Уч.-изд. л. 2,2.

Тираж 20 экз.

Изд. № 47. Цена «С».

Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.