

М.В. ВАНЧАКОВ, А.В. КУЛЕШОВ, Г.Н. КОНОВАЛОВА

**ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ**

ЧАСТЬ II

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

**Санкт-Петербург
2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРОВ

М.В. Ванчаков, А.В. Кулешов, Г.Н. Коновалова

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ

ЧАСТЬ II

2-е издание, исправленное и дополненное

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

*Данное учебное пособие рекомендуется
Государственным образовательным учреждением высшего
профессионального образования «Московский государственный университет
леса» к использованию в образовательных учреждениях, реализующих
образовательные программы ВПО по специальности 240406 «Технология
химической переработки древесины по направлению подготовки
240400 «Химическая технология органических веществ и топлива»*

Санкт-Петербург
2011

ББК 35.77
В 176
УДК 676.038.2 (075)

Ванчаков М.В., Кулешов А.В., Коновалова Г.Н. Технология и оборудование для переработки макулатуры: учебное пособие. - 2-е изд-е, испр. и доп. - СПбГТУРП. СПб., 2011. Ч. II. - 84 с.: ил. 44. - ISBN 978-5-91646-033-9

В пособии приводятся принципы технологии и общее описание оборудования для переработки макулатурного сырья. Приведены основные характеристики и специфические особенности макулатуры как волокнистого сырья. Отдельные разделы посвящены процессам роспуска, сортирования, очистки, термодисперсионной обработки и размола макулатурной массы. Рассмотрены принципы облагораживания макулатурной массы и особенности систем водопользования предприятий, перерабатывающих макулатуру. Даны методики расчета основных параметров технологии и оборудования.

Пособие предназначено для студентов специальностей 150405 «Машины и оборудование лесного комплекса» и 240406 «Технология химической переработки древесины». Может быть использовано на факультете повышения квалификации специалистов лесохимической отрасли.

Рецензенты: доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, профессор СПбГТИ (ТУ) А.Н. Веригин;
кандидат технических наук, доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии СПбГТУРП Ю.А. Тихонов.

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

Редактор и корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2011 г., поз. 65

Подп. к печати 19.04.11. Формат 60×84/16. Бумага тип. 1.

Печать офсетная. Уч.-изд. л. 5,25. Усл. печ. л. 5,25.

Тираж 50 экз. Изд. № 65. Цена «С». Заказ

Ризограф ГОУВПО Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

ISBN 978-5-91646-033-9

© Ванчаков М.В., Кулешов А.В.,
Коновалова Г.Н., 2011

© ГОУВПО Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных
полимеров, 2011

7. РАЗМОЛ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Основная цель размола волокнистой массы для производства бумаги и картона заключается в подготовке волокон к образованию межволоконных связей в бумажно-картонном полотне. Помимо термина «размол» в литературе широко используется термин «рафинирование». Эти термины являются синонимами, однако термин «рафинирование», в случае обработки макулатурной массы, ближе к сути происходящих процессов.

В общем случае, в размольных аппаратах под действием механических и гидродинамических усилий пучки волокон и отдельные волокна разрушаются. Одновременно идет процесс внутреннего и внешнего фибриллирования структуры волокон, отделение от них тонких частиц и, как результат, увеличение их способности к набуханию. В свою очередь, набухание способствует расщеплению и фибриллированию волокон. Это происходит за счет увеличения площади внешней поверхности волокна, на которой освобождаются полярные гидроксильные группы, способные адсорбировать воду и образовывать связи через водородные мостики.

Существующие аппараты для размола можно разделить на две группы: безножевые (гидродинамические, пульсационные) и ножевые мельницы.

В гидродинамических пульсационных мельницах (энтштипперах) при вращении ротора канавки на его кольцевых выступах периодически перекрываются кольцевыми выступами с канавками статора, в результате чего площадь живого сечения для прохода массы резко сокращается, что вызывает гидродинамические удары, воздействующие на массу (рис. 7.1).

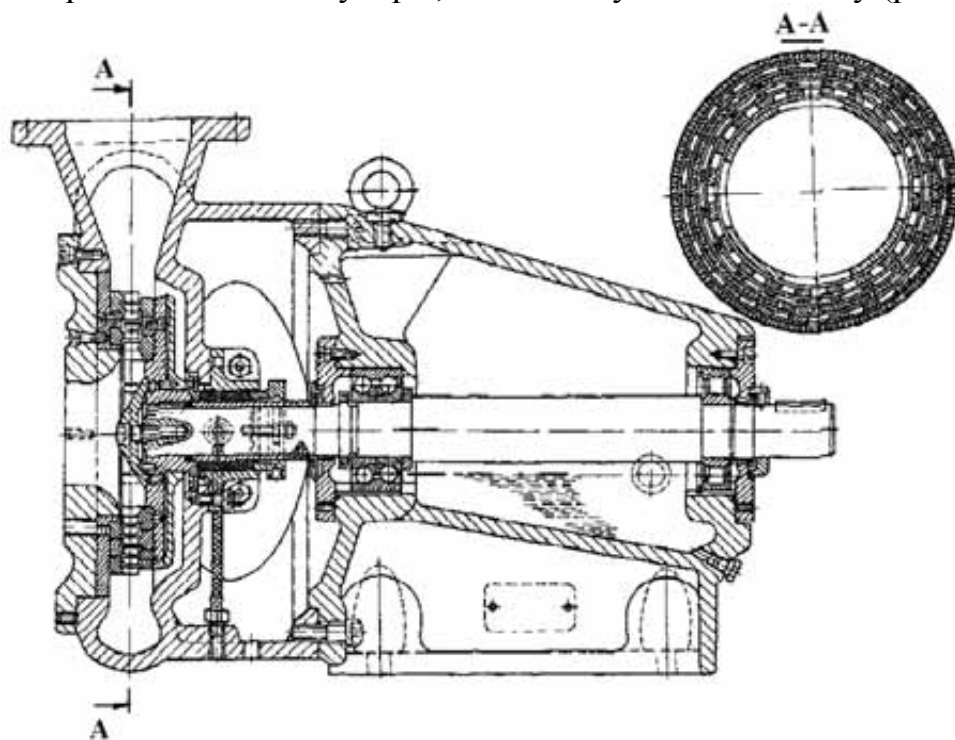


Рис. 7.1. Схема энтштиппера

Частота гидравлических пульсаций (ударов) зависит от частоты вращения ротора и числа канавок в каждом ряду выступов гарнитуры ротора и статора и достигает 2000 пульсаций в секунду. Кроме этого имеют место чисто ударные столкновения частиц массы с поверхностью рабочих выступов при переходе из канавок ротора в канавки статора и наоборот, кавитационное воздействие, жидкостное трение в зазоре и, наконец, чисто механическое воздействие (сжатие-сдвиг) на пучки волокон, размеры которых превышают величину зазора. Чем больше скорость движения массы по канавкам гарнитуры, тем выше частота пульсаций давления и эффективность воздействия на волокна.

Основной результат использования таких мельниц - значительное снижение содержания пучков и пластификация волокон. Как следствие - несколько повышается разрывная длина, сопротивление излому и, в меньшей степени, сопротивление продавливанию. Измельчения волокон практически не наблюдается.

Значительного повышения механических показателей массы достигают при использовании мельниц с ножевой гарнитурой. На рис. 7.2 представлены конфигурации волокон при прохождении между роторными и статорными ножами гарнитуры мельницы. Попадая в зазор между ножами, волокна сдавливаются и прижимаются к поверхности ножей. Они находятся под действием фрикционных сил сдвига, величина которых определяется коэффициентом трения между волокном и металлом, а также между волокном и волокном. Передняя сторона ножевой кромки проходит по слою материала. Волокна, расположенные рядом с ножом, стремятся следовать за ним, а волокна, находящиеся в середине слоя, испытывают нагрузку разрыва (среза). Чем острее кромка ножей и меньше зазор между ними, тем больше срезающий эффект, который ведет к разрыву и разрушению волокон.

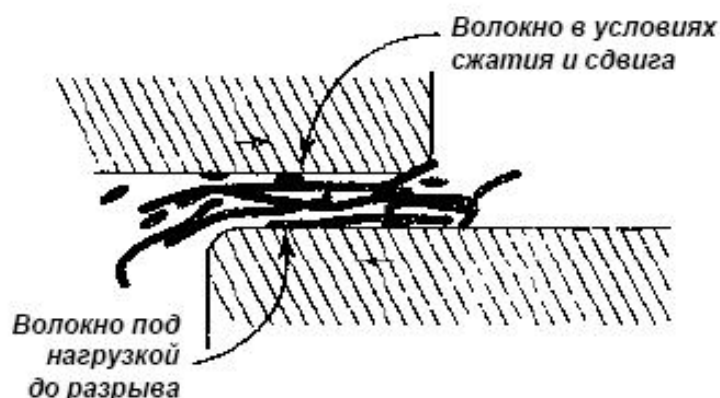


Рис. 7.2. Конфигурация волокон при прохождении между ножами ротора и статора

Одновременно происходит внешняя фибрилляция волокон и внутренние изменения их (расслоение, внутренняя фибрилляция, набухание). В результате, значительно возрастают основные механические показатели массы и степень помола, но снижается средняя длина волокон.

Основными параметрами процесса рафинирования являются удельный расход энергии (контролируемый параметр) и, для ножевых мельниц, удельная нагрузка на нож (ограничивающий параметр).

Удельный расход энергии (кВт·ч/т) равен отношению полезной мощности размола N_p к пропускной способности аппарата по волокну Q . Полезная мощность размола - это разность между рабочей мощностью мельницы N и мощностью, затрачиваемой на холостой ход N_{xx} . Эта мощность (N_{xx}) определяется при работе мельницы с массой, когда зазор между рабочими поверхностями таков, что непосредственное силовое воздействие ножей на волокна отсутствует.

Удельная нагрузка на кромку ножа V_s равна отношению полезной мощности размола N_p к секундной длине режущей кромки гарнитуры L , т.е. к общей длине пересечения ножей гарнитуры статора ножами ротора за единицу времени.

Средние значения оптимальной удельной нагрузки на кромки ножей V_s Дж/м, для различных видов макулатурного должны составлять 0,2-0,6 Дж/м.

Для расчета размалывающих машин используют показатель, называемый полезной удельной энергоемкостью размола E_n . Величина E_n показывает, какая работа затрачивается в межножевом зазоре мельницы для того, чтобы 1 т а.с. волокна размолоть на 1 °ШР. Значение полезной удельной энергоемкости для макулатурной массы зависит от ее вида и состава волокна. Кроме того, существенен и тот факт, что макулатурный материал уже подвергался размолу. Средние значения E_n (МДж/(т·°ШР)) в диапазоне степени помола 20-60 °ШР для различных видов волокна приведены ниже.

Вид волокна:

- сульфатная небеленая целлюлоза 29-17;
- сульфатная беленая целлюлоза 27-15;
- сульфитная небеленая целлюлоза 19-12;
- сульфитная беленая целлюлоза 17-9;
- полуцеллюлоза (древесная масса) 12-9.

Приведенные значения полезной удельной энергоемкости позволяют вычислить полезную мощность размола, которая обеспечит получение требуемой производительности Q , т а.с. волокна/сут:

$$N_p = \frac{QE_n D^{\circ}ШР}{24 \cdot 3,6}, \text{ кВт},$$

где $D^{\circ}ШР$ - разность между конечной и начальной степенью помола.

Рабочую мощность мельницы можно оценить с помощью коэффициента эффективности работы мельницы

$$\varepsilon = N_p / N.$$

Величина этого коэффициента зависит от удельной нагрузки на кромки ножей B_s и окружной скорости ротора мельницы V . Указанные зависимости в виде графиков представлены на рис. 7.3.

Рис. 7.3. Зависимость коэффициента эффективности работы мельницы от удельной нагрузки на нож и скорости вращения ротора

Графики $\eta = f(V)$ на рис. 7.3 показывают предельные значения коэффициента эффективности, которые могут быть достигнуты при данных значениях B_s и V независимо от диаметра гарнитуры; например, при значениях $B_s=3,0$ Дж/м и скорости $V=30$ м/с величина η не превышает 0,83, а при $V=50$ м/с $\eta \leq 0,63$.

Графики $\eta = f(B_s)$ дают возможность оценить характер изменения η в зависимости от B_s при различных скоростях ротора. При скорости ротора $V \leq 25$ м/с коэффициент эффективности мельницы довольно быстро возрастает, достигая значения 0,7 при сравнительно небольшой нагрузке $B_s=1$ Дж/м. При больших скоростях (50-60 м/с) η растет весьма медленно и при $B_s=1$ Дж/м составляет всего 0,3-0,35.

Пользуясь этими графиками при известных значениях N_p , B_s и V , находим величину η и, соответственно, рабочую мощность мельницы ($N=N_p/\eta$).

Величина зазора при данной удельной нагрузке зависит не только от концентрации массы и вида волокнистого материала, но и от требуемой степени помола.

Для правильного выбора типоразмера мельницы используют понятие предельной работы мельницы $[A_n]$, которое показывает, какую предельную работу над единицей массы волокна может совершить мельница без ухудшения качества размола и при обеспечении благоприятных условий работы гарнитуры.

Пользуясь параметром $[A_n]$, оптимальный типоразмер мельницы L , м/с, при заданной производительности Q , определим из соотношения

$$L = \frac{10^3 Q [A_n]}{24 \cdot 3,6 B_s}, \text{ м/с.}$$

На основе производственных данных можно принять для целлюлозного материала $[A_n]=250-300$ МДж/т.

Реальное значение удельной работы мельницы будет равно

$$\Delta A_n = \frac{E_n D^{\circ} \text{ШР}}{24 \cdot 3,6}, \text{ МДж/т.}$$

Различают два вида рафинирования: преимущественно фибриллирование и преимущественно укорочение волокон (рубка). Первый вид рафинирования дает повышение прочностных характеристик продукции, высокую плотность бумаги, малое измельчение волокон, высокую степень набухания, повышенную прозрачность бумаги. Второй вид - пониженные прочностные характеристики, высокую пухлость и пористость, значительное измельчение волокон, высокую непрозрачность бумаги.

Для оценки вида размола используют параметр, называемый коэффициентом укорочения волокна

$$K = \frac{\ln(l_{исх}/l_k)}{\text{°ШР}_k - \text{°ШР}_{исх}}, \text{ 1/°ШР,}$$

где $l_{исх}$ и l_k - исходная и конечная средняя длина волокна массы;
 $\text{°ШР}_{исх}$ и °ШР_k - исходная и конечная степень помола массы.

Для ведения размола в мягком режиме, при необходимости минимальной степени измельчения волокна, должно быть $K \leq 0,009 \text{ 1/°ШР}$. Этот режим предпочтителен для размола макулатурного волокна и, особенно, для его короткой фракции.

Для размола в жестком режиме, сопровождаемого укорачиванием волокна, должно быть $K \geq 0,015 \text{ 1/°ШР}$. Средний режим наблюдается в диапазоне промежуточных значений коэффициента. Если необходим средний

режим, то статоры мельниц оснащают диском с гарнитурой укорачивающего типа (Р), а ротор - диском фибриллирующего типа (Ф). Такой режим используют для нефракционированной массы или для длиноволокнистой фракции.

На работу размольного оборудования и ее результат оказывают влияние ряд факторов. В том числе:

- контролируемые переменные факторы: расход (объем потока), концентрация массы, рН и температура среды, давление в корпусе мельницы;
- регулируемые (активные) факторы: зазор между гарнитурой статора и ротора, частота и направление вращения ротора;
- пассивные переменные факторы: геометрия гарнитуры. Для ножевых мельниц это угол наклона и число ножей, ширина ножей и впадин между ними, материал и шероховатость ножей.

Выбор типа и параметров работы рафинирующего оборудования зависит от характеристик размалываемого сырья и требований к конечной продукции.

7.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМОЛА МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Особенности технологии размола макулатурной массы связаны с тем, что макулатурное волокно обладает более низкой, по сравнению с первичным целлюлозным волокном, стойкостью (прочностью) при воздействии размола. Это обусловлено технологическими процессами изготовления бумаги и картона, которые со временем становятся макулатурой. Существенную роль играет то, что этот вид сырья уже претерпел ранее, по крайней мере, один цикл размола до того, как стал макулатурой. Фактически, процесс рафинирующей обработки макулатурной массы должен сводиться к восстановлению утраченного потенциала бумагообразующих свойств, т.е. не к «размолу», а, скорее, к «подмолу» массы.

Эффективность обработки макулатурной массы в мельницах зависит от вида и марки макулатуры.

Так, при одном цикле размола в гидродинамических (пульсационных) мельницах степень помола массы из книжно-журнальной макулатуры (МС-7Б) повышается на 4-5 °ШР, а из мешочной и картонной макулатуры (МС-4А, МС-5Б) - на 1-2 °ШР. При этом показатель средней длины волокна практически не меняется.

Установка пульсационных мельниц со специфической гарнитурой оправдана в случае обработки массы из книжно-журнальной макулатуры (МС-7Б), исходная степень помола которой превышает 30-40 °ШР, и одной гидродинамической обработки достаточно для восстановления требуемых бумагообразующих свойств. Такие мельницы можно устанавливать также в качестве первой (подготовительной) ступени размола перед обработкой в ножевых аппаратах.

Для существенного восстановления бумагообразующих свойств макулатурных волокон и при высоких требованиях к механическим показателям продукции, необходима обработка массы в ножевых аппаратах. В среднем, механические показатели после обработки в ножевых аппаратах повышаются в 1,5-2,5 раза больше, чем при обработке в безножевых аппаратах для одной и той же исходной макулатуры.

При наличии в схеме подготовки макулатуры операции фракционирования волокон, можно рекомендовать отдельный размол длинно- и коротковолокнистой фракций. В целях экономии энергии на многих предприятиях размол коротковолокнистой фракции не производят.

Исследованиями установлен факт значительного роста степени помола коротковолокнистой фракции при незначительном размалывающем воздействии. Так, обработка этой фракции, полученной из макулатуры марки МС-7Б, в гидроразбивателе и затем на дисковой мельнице повышает степень помола с 31 до 48 °ШР за 1 мин 10 с воздействия. Длинноволокнистая фракция в тех же условиях повышает степень помола с 22 до 35 °ШР. Размол массы, не разделенной на фракции, приводит к приросту степени помола преимущественно за счет коротковолокнистой фракции.

Значительного роста эффективности работы ножевых размалывающих аппаратов и, в частности дисковых мельниц, можно достичь, применяя фракционирование макулатурной массы перед размолом. При этом, во-первых, можно будет использовать мельницы меньшего типоразмера, ввиду меньшего объема потока отдельной фракции, а во-вторых, применять различные типы гарнитуры для размола различных фракций, с максимальным эффектом при оптимальных затратах.

Обычная концентрация макулатурной массы при размоле составляет от 3 до 6 %. Иногда используют рафинирование и при концентрации массы до 30 %. В этом случае говорят не о размоле, а скорее о диспергировании массы. Для рафинирования массы при высокой концентрации используют специальные рафинеры или диспергаторы (см. разд. 8).

В табл. 7.1 представлены данные по повышению прочностных показателей макулатуры темных сортов (МС-4А, МС-5Б) для производства тест-лайнера. При рафинировании масса низкой концентрации трижды проходила через двухдисковую мельницу при удельной нагрузке на кромку ножа 1500 Вт·с/км.

Данные, приведенные в табл. 7.1, свидетельствуют о том, что для экономии расхода энергии при достижении сходного результата необходимо применять мягкий ножевой размол при нормальной концентрации.

Существенным фактором, влияющим на результаты размола макулатурной массы в ножевых аппаратах, является удельная нагрузка на кромку ножей. Она, как указывалось, обратно пропорциональна величине секундной режущей длины ножей. Более высокий показатель удельной нагрузки означает, что при размоле волокна будут, в основном, укорачиваться. Более низкое значение этого показателя свидетельствует о

более ярко выраженном эффекте фибрилляции. Удельная энергия, затрачиваемая непосредственно на размол, при постоянной удельной нагрузке на кромку ножей должна быть как можно выше. В связи с этим для размолу макулатурной массы используют гарнитуры с возможно большей режущей длиной кромки ножа за счет уменьшения ширины ножей и канавок. Такая гарнитура обеспечивает так называемый «мягкий размол».

Таблица 7.1. Влияние режима рафинирования на физико-механические свойства вторичного волокна

| Показатели | Размерность | Размол при нормальной концентрации | | Размол ДВФ при высокой концентрации | |
|----------------------------------|--|------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|
| | | до | после | до | после |
| Концентрация | % | 4,2 | | 37 | |
| Удельная нагрузка на кромку ножа | $\frac{\text{Вт} \cdot \text{с}}{\text{км}}$ | 1500 | | - | |
| Удельный расход энергии | $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{т}}$ | 3×30 (на 1 ступень) | | 127 | |
| | | до | после | до | после |
| Степень помола | °ШР | 35 | 54 | 19 | 24 |
| Разрывная длина | км | 3,5 | 4,5 | 3,5 | 4,5 |
| Продавливание | кПа | 158 | 200 | 162 | 220 |
| Торцевое сжатие | кН/м | 1,55 | 1,87 | 1,53 | 1,69 |

Поэтому для размолу массы, например, из макулатуры МС-5Б (коробки из гофрокартона), предназначенной для изготовления флутинга и тест-лайнера, требуется не менее двух последовательно установленных мельниц, оснащенных гарнитурой, обеспечивающей минимальную нагрузку на кромки ножей.

Набухание и гидратация волокон в процессе размолу макулатурной массы, содержащей преимущественно целлюлозные волокна, сопровождается выделением тепла. Поэтому понижение температуры массы перед размолом приводит к повышению способности волокон массы связывать воду и набухать. Практика показывает, что процесс размолу легче и быстрее протекает в зимнее время года, в более холодной производственной воде. В таких условиях волокна лучше фибриллируются, что положительно сказывается на прочности изготавливаемой бумаги.

Это не относится к макулатурной массе, содержащей преимущественно древесную массу. Подогрев такой массы полезен и приводит к повышению механической прочности размолотой массы. В данном случае повышение температуры приводит к пластификации лигнина и гемицеллюлоз волокон, что обеспечивает размол, так как этот процесс превалирует над снижением степени набухания целлюлозного компонента волокна. Вторичные волокна механической массы улучшают свои бумагообразующие свойства при рафинировании в условиях высокой концентрации массы. Это происходит, в основном, за счет уменьшения толщины стенки клетки волокна, сопровождающегося освобождением части фибрилл.

7.2. ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗМОЛА МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Типичными машинами для гидродинамического размола макулатурной массы являются пульсационные мельницы МП-03 и МП-04 (рис. 7.4), которые реализуют принцип радиально-осевого и импульсного перемещения массы в рабочей зоне. Для создания такого движения гарнитура ротора 2 и статора 1 имеет три ряда пазов и выступов на конических поверхностях. Существенным достоинством этих мельниц является жесткая и прочная конструкция крепления рабочих выступов, а также высокий эффект роспуска пучков волокон за один проход. Так, при размоле оборотного брака при производстве тарного картона содержание пучков за один проход уменьшается с 10 до 2 %, т.е. производится почти полное разделение макулатуры на волокна. Степень помола при этом увеличивается на 1-2 °ШР, укорочение волокон практически не происходит.

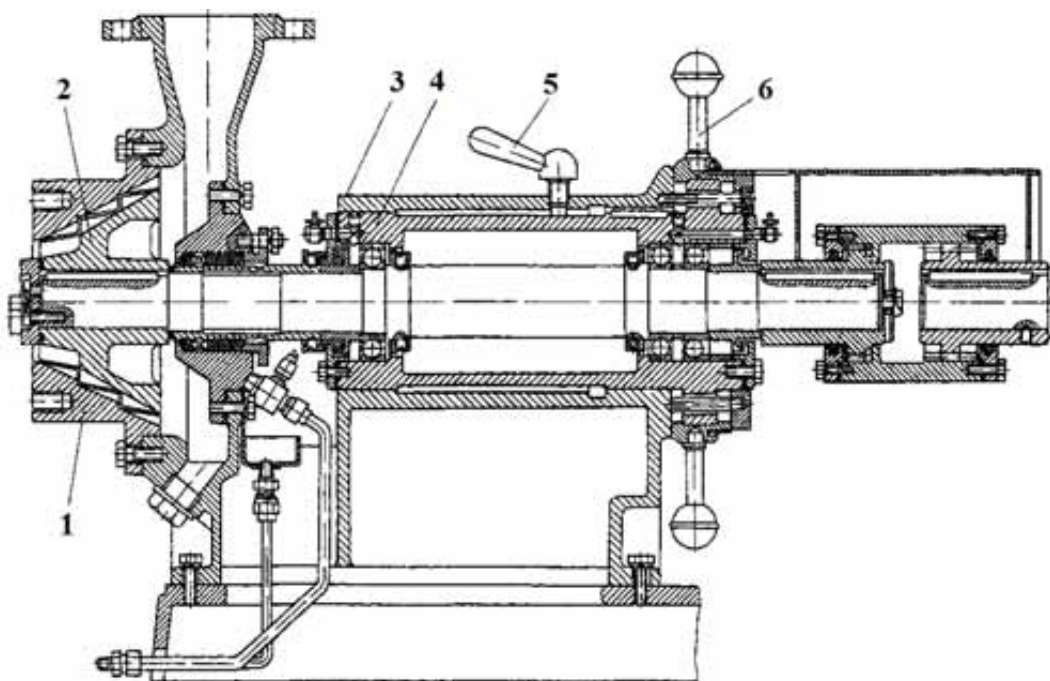


Рис. 7.4. Конструкция пульсационной мельницы:

1 - статор; 2 - ротор; 3 - станина; 4 - стакан ротора; 5 - стопор для фиксации положения ротора; 6 - механизм перемещения ротора

В табл. 7.2 представлены результаты размола различных видов макулатуры на мельнице МП-03 для производства коробочного и тарного картона. Производительность потока 80-90 т/сут.

Из табл. 7.2 видно, что пульсационная мельница может эффективно использоваться как для доразволоknения макулатурной массы, так и для конечного размола без значительного изменения массового показателя средней длины волокна и степени помола. За один проход массы через мельницу степень разволоknения повышается от 80-90 до 95-98 %, в зависимости от состава макулатуры при энергетических затратах 20-25 кВт·ч/т. При

двухступенчатом включении мельниц степень разволокнения достигает 99 % при энергетических затратах 40 кВт·ч/т. Размол в пульсационной мельнице повышает степень помола массы из книжно-журнальной макулатуры на 6-8 °ШР, а из картонной макулатуры на 1-2 °ШР. При этом массный показатель средней длины волокна практически не меняется.

Таблица 7.2. Результаты размола различных видов макулатуры в пульсационной мельнице типа МП

| Вид макулатуры | До размола | | | После размола | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| | | | | за 1 проход | | | за 2 прохода | | |
| | степень помола, °ШР | средняя длина волокна, дг | степень роспуска, % | степень помола, °ШР | средняя длина волокна, дг | степень роспуска, % | степень помола, °ШР | средняя длина волокна, дг | степень роспуска, % |
| Книжно-журнальная (МС-7Б) | 26 | 54 | 86,0 | 32 | 50 | 96,2 | 34 | 50 | 98,7 |
| Картонно-мешочная (МС-4А, МС-5Б) | 23 | 85 | 89,7 | 24 | 83 | 98,0 | 25 | 83 | 99,1 |
| Несортированная (МС-13) | 24 | 62 | 80,4 | 27 | 60 | 95,1 | 29 | 59 | 97,6 |

При выборе ножевых мельниц (рис. 7.5) для установки в технологический поток переработки макулатуры следует уделять внимание соответствию типоразмера мельницы производительности потока. Ввиду того, что при размоле макулатурной массы применяются низкие удельные нагрузки на кромки ножей, для повышения использования мощности двигателя мельница должна эксплуатироваться на производительности, близкой к максимальной. При этом в мельнице должна устанавливаться размалывающая гарнитура с максимальной режущей длиной, что обеспечивает мягкие условия размола и достаточно высокую загрузку двигателя. Так, для технологических потоков производительностью 30 т/сут рекомендуется применять дисковые мельницы МД-02, оснащенные гарнитурой с режущей длиной 70 км/с; для 20-80 т/сут - МД-14 - с такой же режущей длиной; для 35-120 т/сут - МДС-14 с гарнитурой, имеющей режущую длину 140 км/с.

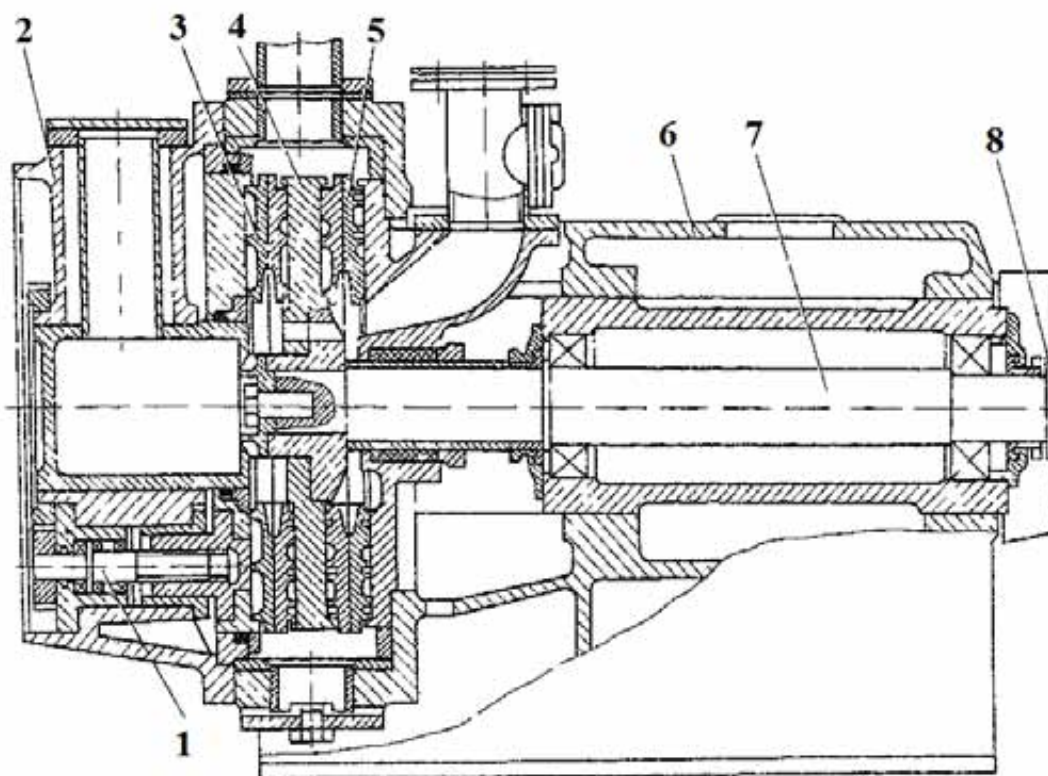


Рис. 7.5. Сдвоенная мельница типа МДС-1:

- 1 - винтовая пара; 2 - крышка камеры; 3 - статор; 4 - диск ротора;
 5 - гарнитура размалывающая; 6 - станина; 7 - вал ротора; 8 - муфта

Как известно, результат размола достигается между ножами гарнитуры статора и ротора. Поэтому важным требованием при размоле является контроль точного сохранения величины зазора между ножами ротора и статора в комбинации с использованием размольной гарнитуры, правильно подобранной для данной массы.

Стабильную работу и равномерный результат размола обеспечивает консольная конструкция конической мельницы OptiFiner фирмы Metso Paper с фиксированным статором и равномерно передвигаемым ротором (рис. 7.6). Стабильность зазора между ножами ротора и статора поддерживается системой контроля и тонкой регулировки. Благодаря углу конуса изменение величины зазора составляет только 1/3 от осевого перемещения ротора. Конфигурация потока между размольными гарнитурами ротора и статора обеспечивает высокую плотность покрытия ножей волокном. Это, в комбинации с длинной зоной размола, способствует длительному нахождению волокон между гарнитурами и обеспечивает оптимальный результат обработки волокна.

Типоразмерный ряд мельниц OptiFiner RF включает диапазон производительности от 5 до 800 т/сут при мощности привода от 90 до 2600 кВт и частоте вращения от 300 до 1800 об/мин.

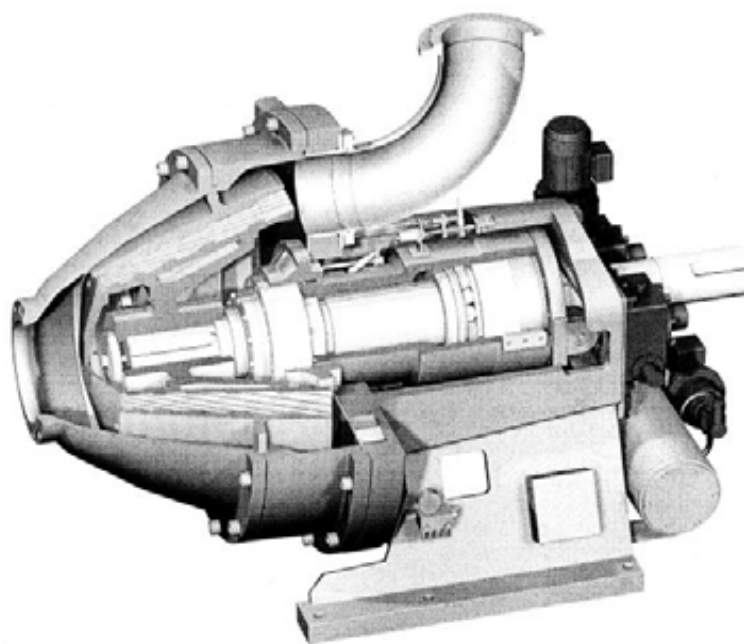


Рис. 7.6. Общий вид мельницы OptiFiner RF-4

Другим распространенным видом мельниц для размола макулатурной массы является мельница Conflo (рис. 7.7) Ротор мельницы - конический, малой длины с малым углом конуса, консольной конструкции. Питание мельницы осуществляется по центральному патрубку в узкую часть конуса (что принципиально отличает ее от конических мельниц старого поколения и приближает к дисковым мельницам).

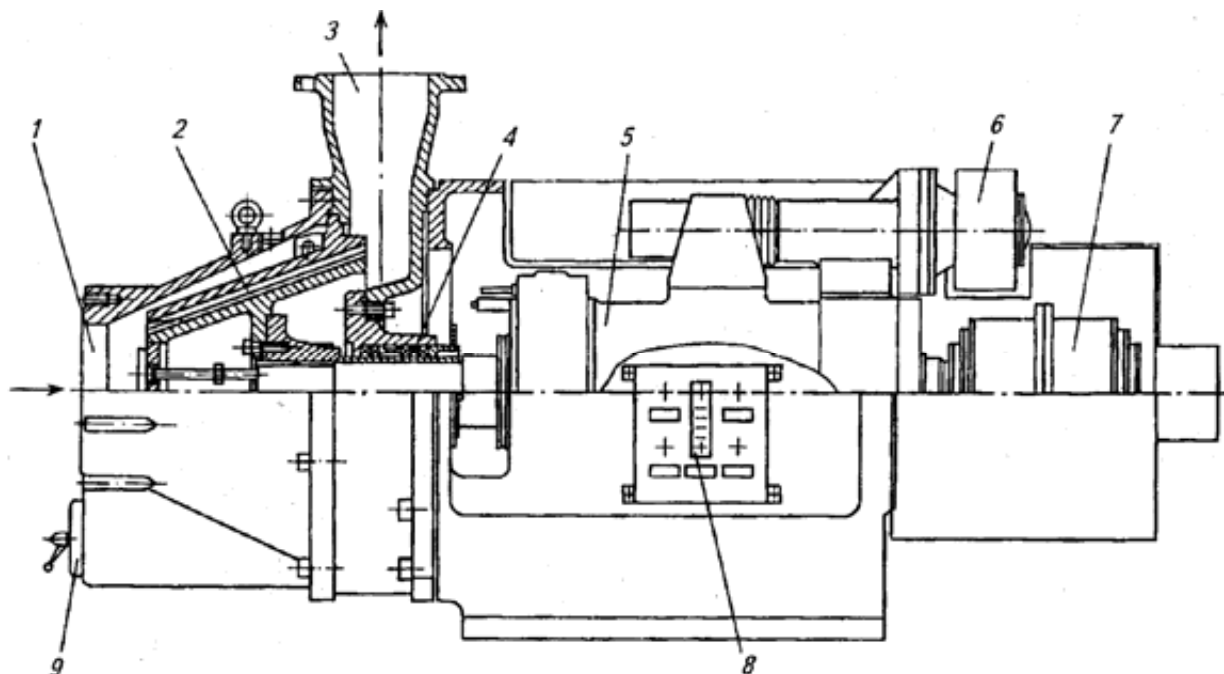


Рис. 7.7. Конструкция мельницы Conflo модели IC-01:

- 1 - вход массы; 2 - гарнитура размалывающая; 3 - выход массы;
- 4 - уплотнение вала; 5 - сборочный узел вала; 6 - механизм присадки;
- 7 - зубчатая муфта; 8 - расходомер уплотнительной воды; 9 - грязевик

Конструктивные особенности мельницы Conflo обеспечивают более длительное нахождение массы в зоне размола. Большая поверхность размола и высокая секундная режущая длина ножей мельницы обеспечивают равномерный фибриллирующий размол, что особенно важно для обработки макулатурной массы. Размол на мельнице производится при низком удельном расходе энергии, обеспечивая высокую эффективность размола независимо от размеров мельницы. Конструкция мельницы отличается простотой, надежностью, легкостью обслуживания, низкими эксплуатационными расходами. Замена размалывающей гарнитуры может быть произведена за 1-3 ч в зависимости от исполнения. Мельница Conflo может быть использована для размола различных полуфабрикатов.

7.2.1. Гарнитура ножевых размалывающих аппаратов

Гарнитура ножевых мельниц работает в жестких условиях. Это абразивный износ, значительное давление между ножами (1,0-1,2 МПа), кавитация, диапазон рН от 2 до 12, температура среды до 190 °С. Указанные факторы приводят к износу, деформации гарнитуры, а также перенаклепу, усталости и коррозии металла. В связи с этим ограничивается срок службы гарнитуры. Повышение концентрации массы С требует увеличения рабочего зазора между ножами ротора и статора, за счет чего увеличивается срок службы гарнитуры. Ориентировочные данные:

| С, % | Срок службы, сут |
|-------|------------------|
| до 6 | 6-8 |
| до 12 | 18-24 |
| до 25 | 30-40 |

Срок службы гарнитуры гидродинамических мельниц составляет обычно 1-2 года. Долговечность гарнитуры зависит от качества очистки массы, химического состава материала, метода изготовления, термомеханической обработки и условий эксплуатации.

Заново установленная гарнитура в начале своей работы (~5 % срока службы) преимущественно рубит волокно, и качество массы понижено. Этот период называют периодом «прицековки». По мере износа гарнитуры зазор между ножами постепенно уменьшают, что приводит к повышению энергоемкости процесса и снижению производительности. В конце срока службы - износ максимальный и снова наблюдается укорочение волокна из-за минимального зазора между ножами.

Для решения проблем неравномерности работы гарнитуры в период срока службы используют системы мельниц, гарнитуры которых заменяются в разное время.

О разнообразии вариантов геометрии гарнитуры дисковых мельниц можно судить по рис. 7.8. Оно обусловлено различием свойств размалываемой массы, ее концентрации и задач размола. На практике, наиболее часто используются два варианта рисунков гарнитуры: в первом

варианте используют расходящиеся ножи, расположенные по касательной к некоторой вспомогательной окружности, во втором ножи параллельны друг другу в пределах одного сектора.

Рис. 7.8. Варианты конфигурации ножевой гарнитуры дисковых мельниц:
I - параллельное однонаправленное; II, VI - параллельное разнонаправленное (зеркальное); III, IV, V - расходящиеся ножи: под углом к радиусу (III, V) и радиальные (IV); VII - спиральное; VIII - шипообразная гарнитура; *a* - сечение гарнитур I, II, III типов для массы низкой концентрации; *b* - сечение гарнитур IV, V, VI типов для массы высокой концентрации

Регулирование соотношения фибриллирующего и укорачивающего воздействия на волокна возможно путем подбора угла скрещивания ножей ротора и статора. Кроме того, определенную роль играет угол наклона ножей к радиусу (для дисковой мельницы). Если этот угол равен 0° , происходит преимущественно режущее действие при минимальной удельной энергоемкости. При угле наклона, равном 45° , происходит расчесывание (фибрилляция) волокна при максимальной удельной энергоемкости. На практике, этот угол принимают равным $12-25^\circ$.

Имеет значение и направление вращения ротора по отношению к наклону ножей гарнитуры. Если направление совпадает, то мельница работает в режиме удержания массы в зоне размола, если нет - то увеличивается пропускная способность мельницы (режим прокачивания).

В процессе эксплуатации гарнитура ротора мельницы истирается интенсивнее, чем статора. Это объясняется тем, что волокнистый слой при размоле образуется преимущественно на ножах гарнитуры статора, способствуя защите его рабочей поверхности. Поэтому желательно гарнитуру ротора изготавливать из более твердых материалов, чем гарнитуру статора.

8. ТЕРМОДИСПЕРСИОННАЯ ОБРАБОТКА МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Многие виды картонно-бумажной продукции, используемой в качестве макулатуры, содержат такие загрязнения как битум, воски, парафины, латексы, смолы, клеевые частицы, печатные краски. Наличие этих загрязнений в массе приводит к появлению на поверхности изготовленной из макулатуры продукции различных точек, пятен и других проявлений, ухудшающих ее внешний вид. Крупные фрагменты загрязнений забивают сетки и сукна, налипают на валы и цилиндры, что приводит к ухудшению работы БДМ. Удаление указанных загрязнений с помощью процессов очистки и сортирования массы труднодостижимо, а иногда и экономически нецелесообразно. Поэтому для придания продукции из макулатуры, содержащей указанные загрязнения, приемлемого внешнего вида используют термодисперсионную обработку (ТДО) массы. Она базируется на общем свойстве данных загрязнений пластифицироваться (плавиться) и диспергироваться (измельчаться) в условиях повышенных температур. Она применима при выпуске картона для плоских слоев гофрокартона, бумаги санитарно-гигиенического назначения и писче-печатных бумаг, в композиции которых используется макулатурное сырье.

ТДО это многофункциональный процесс, включающий ряд последовательных операций и служащий для решения комплекса задач, главной из которых является диспергирование частиц плавких загрязнений до размеров, не фиксируемых человеческим глазом (менее 40 мкм), и равномерное распределение их в массе. В результате этого достигается улучшение внешнего вида продукции.

Дополнительные результаты ТДО это, во-первых, доразволокнение оставшихся в массе пучков и узелков волокон и, во-вторых, отделение загрязнений, закрепленных на поверхности волокон, что дает возможность удаления их на последующих стадиях обработки массы. Повышенная температура процесса способствует стерилизации массы, необходимой для некоторых видов продукции. Высокая концентрация массы в сочетании с нагревом дает возможность совмещения ТДО и отбеливания вторичного волокна.

Если ТДО массы проводится при атмосферном давлении и температуре до 95 °С, то процесс называют «холодным». Если обработка проводится при повышенном давлении (0,2-0,5 МПа) и температуре свыше 100 °С то - «горячим». Выбор режима термодиспергирования зависит от точки плавления преимущественных загрязнений в массе, а также от требований, предъявляемых к конечной продукции.

Необходимость повышения концентрации обрабатываемой массы до 25-35 % продиктована стремлением к экономии расхода пара на ее прогрев. За счет повышения концентрации в процессе термодиспергирования массы существенно повышается взаимное трение волокон друг о друга, обеспечивающее отделение загрязнений и дополнительное выделение тепла.

Система ТДО макулатурной массы обязательно включает стадии: сгущения, нагревания и диспергирования.

8.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ТЕРМОДИСПЕРСИОННОЙ ОБРАБОТКИ

На первой стадии ТДО производят сгущение макулатурной массы с обычной концентрации 3 % на входе до концентрации 30-35 % на выходе. Оно сопровождается удалением, вместе с фильтратом, растворенных загрязнений, мелких фрагментов волокон и других включений. В отдельных случаях сгущение массы производят в две ступени: предварительное (до концентрации 8-12 %) и окончательное. Для сгущения массы применяют различные шнековые и сеточные прессы. При использовании шнековых прессов в массе возникают дополнительные силы сдвига, обеспечивающие предварительное диспергирование загрязнений и, в случае необходимости, хорошее распределение отбеливающих химикатов в массе.

Следующей стадией ТДО является нагрев массы. Его производят в трубчатом горизонтальном аппарате, внутри которого установлен транспортирующий массу шнек. Пар для нагрева подают через патрубки, равномерно распределенные вдоль аппарата. Как правило, зона нагрева массы изолируется от внешней среды с помощью уплотняющей пробки из массы. Это делает зону нагрева закрытой и снижает возможные потери пара. Для равномерного прогрева массы ее предварительно обрабатывают в рыхлителе, превращая уплотненный материал в «крошку». Продолжительность нахождения массы в нагревателе составляет 2-4 мин, что вполне достаточно для пластификации загрязнений, сокращения содержания бактерий и спор в массе, а также, в случае необходимости, для действия отбеливающих химикатов. Обычно расход насыщенного пара составляет 300-400 кг на тонну массы.

Последней стадией ТДО является механическая обработка сгущенной и разогретой массы. При этом происходит диспергирование плавких частиц и частиц краски. Одновременно могут измельчаться и частицы покрытий, отделенные от поверхности волокон. Наблюдается пластификация, скручивание и изгибание самих волокон. Если обработка ведется при температуре свыше 100 °С, используют специальные пропарочные камеры, образующие пробку из массы, которая обеспечивает поддержание давления в аппарате.

Для диспергирования применяют два вида диспергирующих аппаратов: быстроходные дисковые с движением массы в радиальном направлении и тихоходные валковые, смесительного (перемешивающего) типа с осевым движением массы. Иногда в процессе диспергирования массу разбавляют оборотной водой до концентрации 4-5 %.

Экономичность процесса термодисперсионной обработки макулатурной массы зависит от удельного расхода энергии и

производительности системы. Снижения удельного расхода энергии можно добиться путем увеличения производительности установки за счет повышения мощности привода. Увеличение мощности привода дает рост производительности установки в большей, чем пропорциональной мере. Дополнительное снижение удельного расхода энергии возможно получить в результате увеличения зазора между размалывающими элементами диспергатора при сохранении концентрации массы и производительности аппарата.

При неизменных производительности установки и концентрации массы наибольшие значения потребляемой мощности и удельного расхода энергии требует масса из макулатуры, содержащей преимущественно небеленую сульфатную целлюлозу. Наименьшие - при обработке массы, содержащей преимущественно сульфитную беленую целлюлозу. Обычно расход энергии колеблется в пределах от 30 до 130 кВт·ч/т, в зависимости от вида волокна и параметров установки.

На рис. 8.1 представлена диаграмма изменения качественных показателей массы из газетной и книжно-журнальной макулатуры (МС-7Б, МС-8В) в зависимости от температуры при удельном расходе энергии на диспергирование 63-69 кВт·ч/т а.с. волокна и концентрации массы 24-26 %. Как видно на рис. 8.1 при повышении температуры с 60 до 90-98 °С и далее до 135-140 °С практически все физико-механические характеристики массы снижаются. Исключение составляет показатель воздухопроницаемости, который с увеличением температуры резко возрастает.

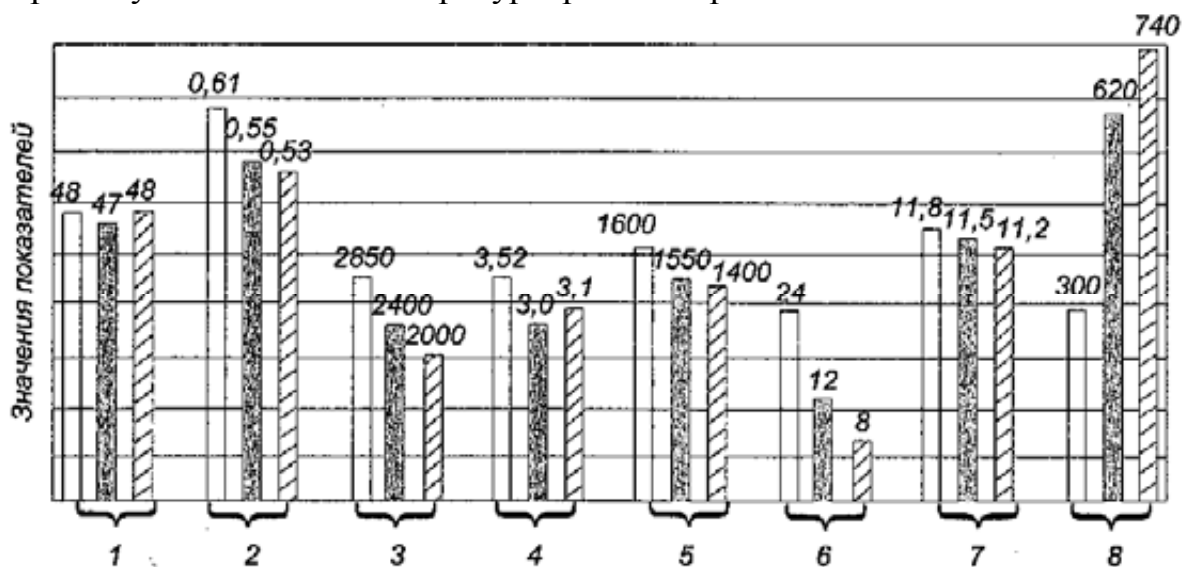


Рис. 8.1. Диаграмма изменения качественных показателей массы после термодисперсионной обработки при температуре 60 °С (□), 90-98 °С (■) и 135-140 °С (▨): 1 - степень помола, °ШР; 2 - удельная масса, кг/дм³; 3 - разрывная длина, м; 4 - среднее удлинение, %; 5 - сопротивление продавливанию, кПа; 6 - число двойных перегибов; 7 - сопротивление раздиранию, мН·м²/г; 8 - воздухопроницаемость, см³/мин

При переработке бумажных мешков и картонных ящиков, обработанных влагостойкими веществами с точкой плавления выше 100 °С

(битум, парафин, полимерные покрытия), в режиме горячего термодиспергирования в течение 6-8 мин при температуре 130-150 °С происходит хорошее диспергирование указанных включений и, одновременно, снижаются бумагообразующие свойства волокон. Поэтому после проведения горячей термодисперсионной обработки для восстановления утраченных бумагообразующих свойств массы рекомендуется дополнительный последующий ее подмол.

8.2. ПРИМЕРЫ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕРМОДИСПЕРСИОННОЙ ОБРАБОТКИ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

В качестве наиболее современных и типичных термодисперсионных установок (ТДУ) рассмотрим системы, предлагаемые фирмами АО Петрозаводскмаш, Cellwood Machinery, Voith и Escher-Wiss.

АО Петрозаводскмаш предлагает ТДУ типа УМ для обработки макулатуры, содержащей до 10 % легкоплавких неволокнистых включений (рис. 8.2).

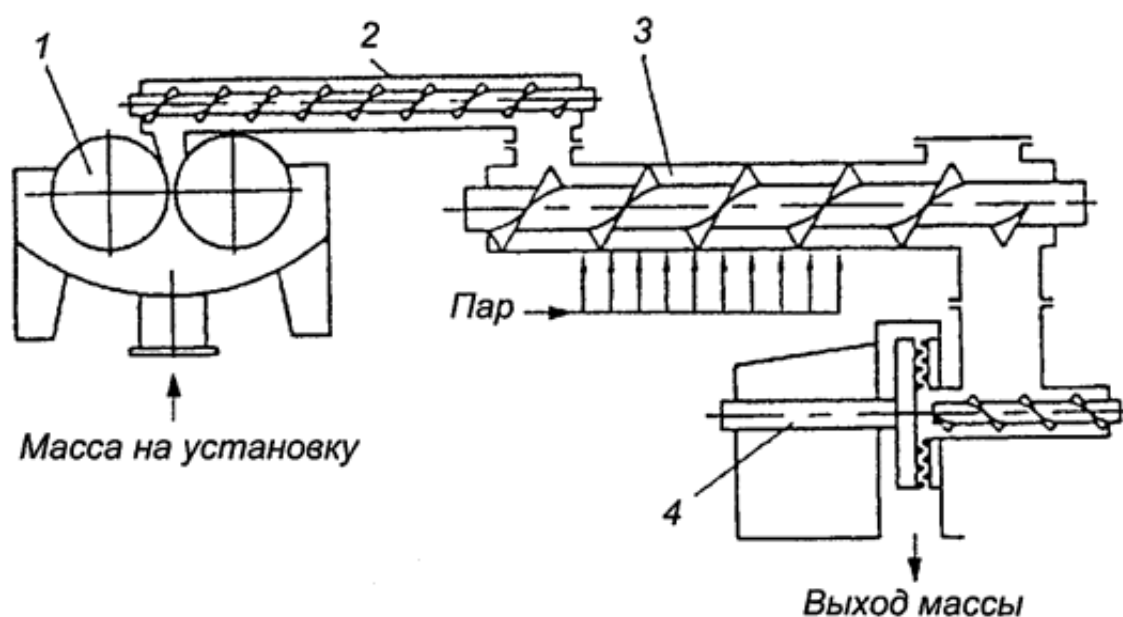


Рис. 8.2. Схема термодисперсионной установки типа УМ для подготовки макулатурной массы

Установка состоит из сгустителя 1, рыхлителя 2, пропарочной камеры 3 и диспергатора 4. Сгуститель - двухбарабанный, типа С2В. Обезвоженная до концентрации 30-35 % масса разрыхляется и поступает в пропарочную камеру, где прогревается паром до температуры 95 °С (холодное диспергирование). Пропарочная камера - трубчатого типа с центральным валом, на котором установлены перемешивающие и транспортирующие лопасти. Диспергатор представляет собой дисковую мельницу со шнековым питателем и гарнитурой из пирамидальных зубьев. Такая форма зубьев позволяет вести процесс диспергирования без существенного укорочения

длины волокна с минимальными затратами энергии. На периферию диска диспергатора подается обратная вода для разбавления массы. Выход разбавленной массы из диспергатора - свободный. Установка позволяет использовать макулатуру низкого качества и получать из нее оптически однородную продукцию. Кроме того, ее применение уменьшает проблемы засмаливания сеток на БДМ. Выпускают два типоразмера установок: УМ-05-1 и УМ-06-2 производительностью 40-90 и 150-230 т/сут при установленной суммарной мощности электродвигателей 247 и 786 кВт соответственно.

Фирма Cellwood Machinery предлагает ТДУ типа Krima (рис. 8.3), предназначенную для обработки макулатурной массы как при атмосферном (холодный способ), так и при повышенном давлении (горячий способ).

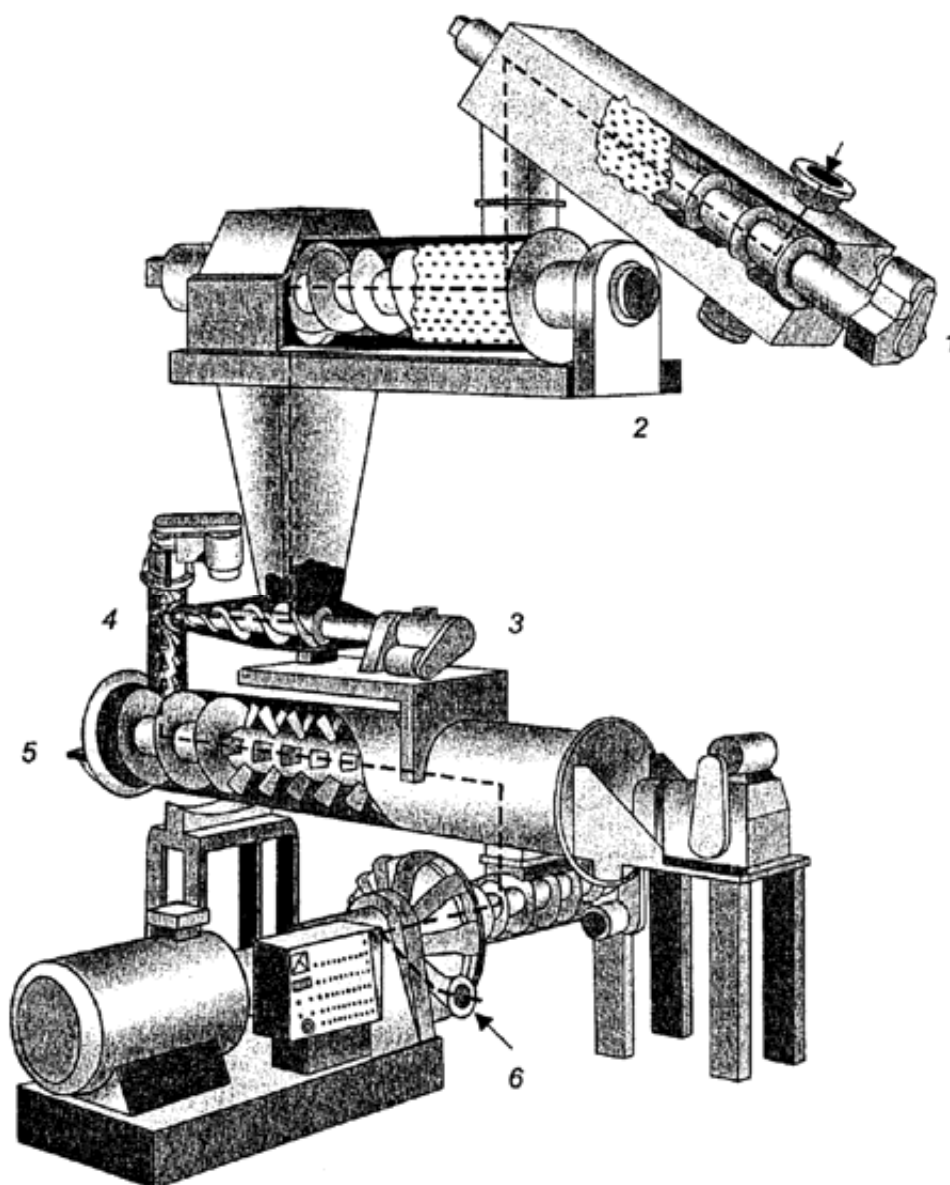


Рис. 8.3. Термодисперсионная установка типа Krima

Установка включает оборудование для сгущения массы, в состав которого входит аппарат для предварительного обезвоживания 1 и винтовой

пресс 2, подогреватель массы 5 с пробкообразователем 3 и вертикальным рыхлителем 4, и диспергатор 6. В аппарате для предварительного обезвоживания типа SDC масса сгущается от 3 % на входе до 8-12 %; при этом происходит частичное удаление из массы мелких посторонних включений. Винтовой пресс типа RR (рис. 8.4) сгущает массу до 35 %. Предварительно сгущенная масса поступает в зону отжима. В результате постепенного увеличения диаметра вала винта и сокращения, вследствие этого, пространства между ним и ситом давление на массу возрастает, а ее объем уменьшается. Выход массы из зоны отжима осуществляется через дискообразную щель между крайним винтом шнека и конической поверхностью диска. Степень отжима массы регулируется путем установки оптимальной ширины щели перемещением конического диска с помощью пневматического цилиндра. Подогреватель массы представляет собой винтовой конвейер, заключенный в трубчатый герметичный корпус. Часть винтовых лопастей конвейера имеют прорези, образуя элементы для рыхления массы в процессе транспортирования. Для исключения потерь пара масса подается в зону прогрева при помощи конического винтового пробкообразователя. Образующаяся пробка перед подачей в камеру прогрева разрыхляется в вертикальном измельчителе. Нагрев массы прямой - при помощи насыщенного пара. Среднее потребление пара составляет 300 кг/т массы.

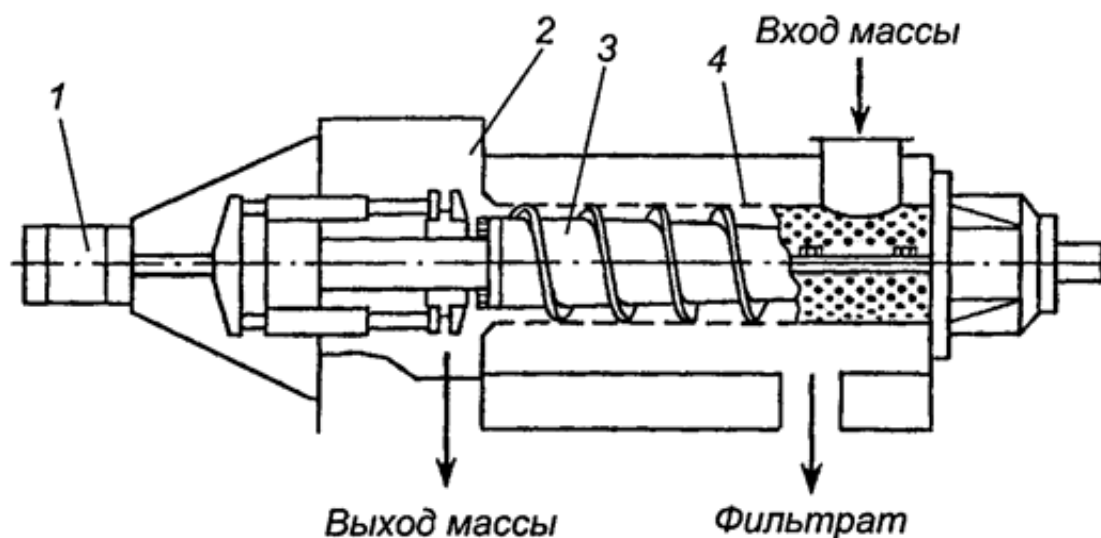


Рис. 8.4. Схема винтового пресса RR:

- 1 - пневматический цилиндр; 2 - встречный конус;
- 3 - винтовой конвейер с коническим валом; 4 - сито

Диспергатор типа КД (рис. 8.5) работает по принципу дискового рафинера. Рабочие поверхности дисков снабжены пирамидальными зубьями, получившими название «волчьих».

Зубья выполнены в виде половинок пирамиды, разделенной плоскостью от вершины до квадратного основания. Зубья располагаются на дисках таким образом, чтобы их плоская сторона была направлена в сторону вращения. Расстояние между вершинами зубьев ротора и статора может

регулироваться в пределах 0,2-2,0 мм. Поскольку элементы гарнитуры диспергатора не пересекаются в процессе работы, то волокна не укорачиваются. Производительность установки, в зависимости от типоразмера, колеблется от 60 до 550 т/сут по а.с. волокну. Средний расход энергии на диспергирование составляет около 30 кВт·ч/т. Общее энергопотребление всей ТДУ составляет около 60 кВт·ч/т.

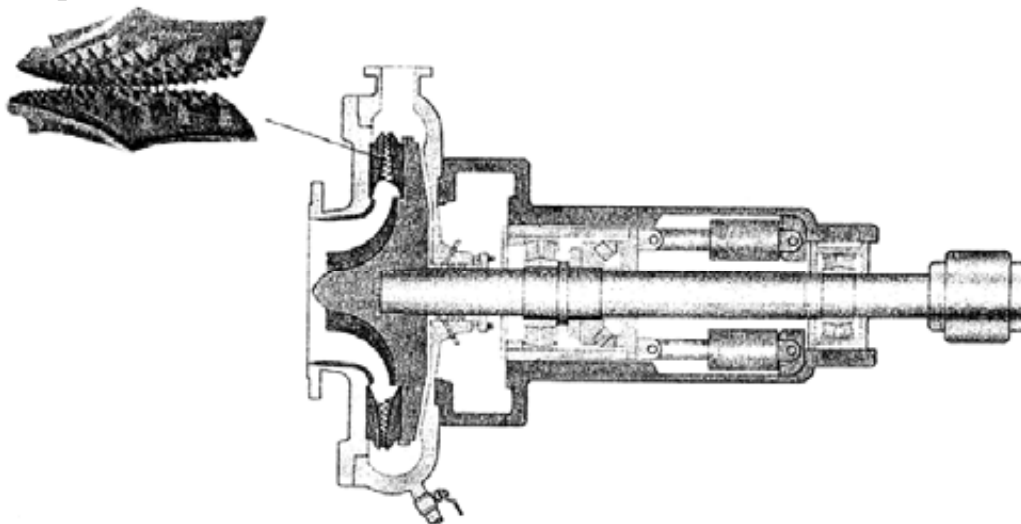


Рис. 8.5. Конструктивная схема диспергатора KD термодисперсионной установки Krima

Фирмой Voith разработано два типа ТДУ для холодной и горячей обработки макулатурной массы. Схема установки для ТДО массы в режиме горячей обработки представлена на рис. 8.6.

Распушенная и очищенная макулатурная масса поступает на ленточный друк-фильтр, где сгущается до концентрации 30-35 %. Далее масса при помощи системы винтовых транспортеров подается в устройство для подогрева, состоящее из винтового питателя и подогревателя. Винтовой питатель подает массу в подогреватель и одновременно создает пробку из нее, препятствующую выходу пара из него. В подогревателе, снабженном винтовым конвейером, масса нагревается насыщенным паром до температуры 130-150 °С при давлении 0,3-0,5 МПа и перемешивается. После термообработки масса поступает на одновальный диспергатор. Ввиду того, что в данной схеме диспергатор работает при высоком давлении, масса из него выдувается через специальное разгрузочное устройство в циклон. Для разбавления массы в циклоне используется холодная обратная вода, подача которой способствует быстрому сбросу давления (декомпрессии) и разделению массы на отдельные волокна. Разбавленная масса насосом подается на вибрационную сортировку. При сильно загрязненной массе фирма рекомендует вместо вибрационной сортировки устанавливать турбосепаратор. Отжатая на ленточном фильтре вода направляется на разбавление массы в циклоне.

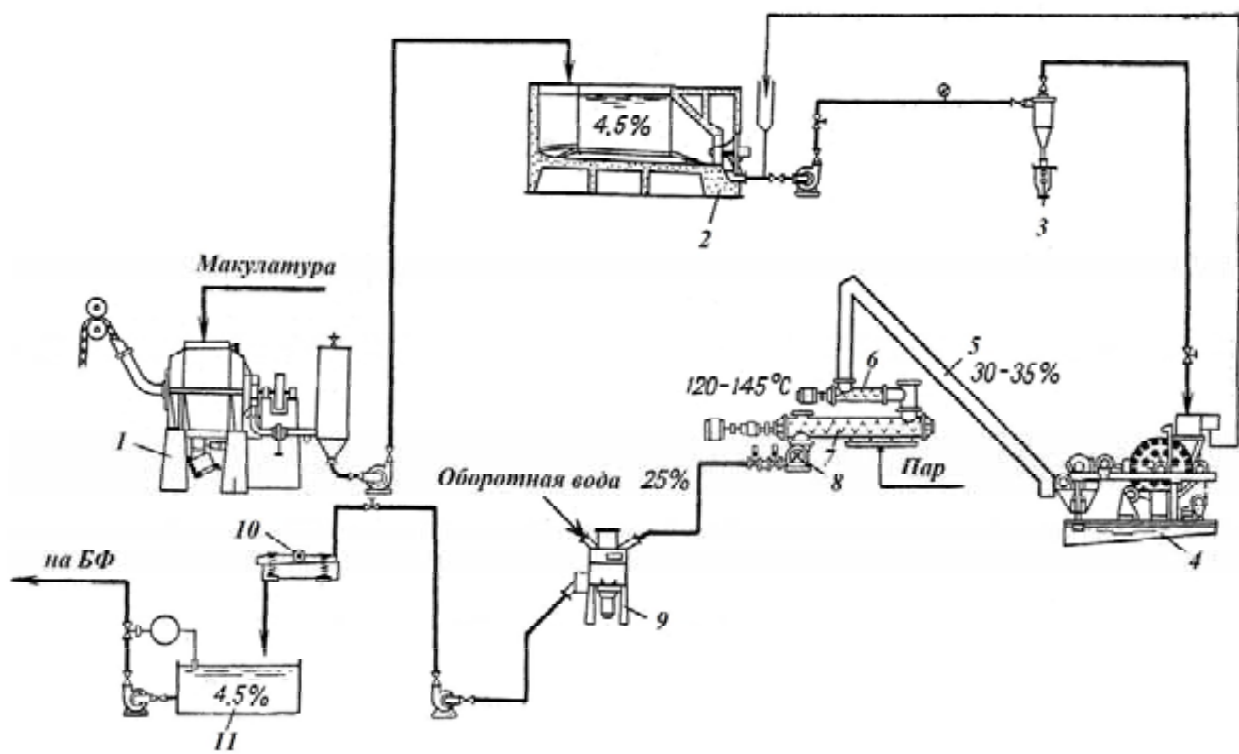


Рис. 8.6. Термодисперсионная установка фирмы Voith:

- 1 - гидроразбиватель; 2, 11 - бассейны; 3 - очиститель;
- 4 - ленточный друк-фильтр; 5 - система шнековых транспортеров;
- 6 - винтовой питатель; 7 - подогреватель; 8 - одновальный диспергатор;
- 9 - циклон; 10 - вибрационная сортировка

Устройство одновального диспергатора со снятой крышкой показано на рис. 8.7.

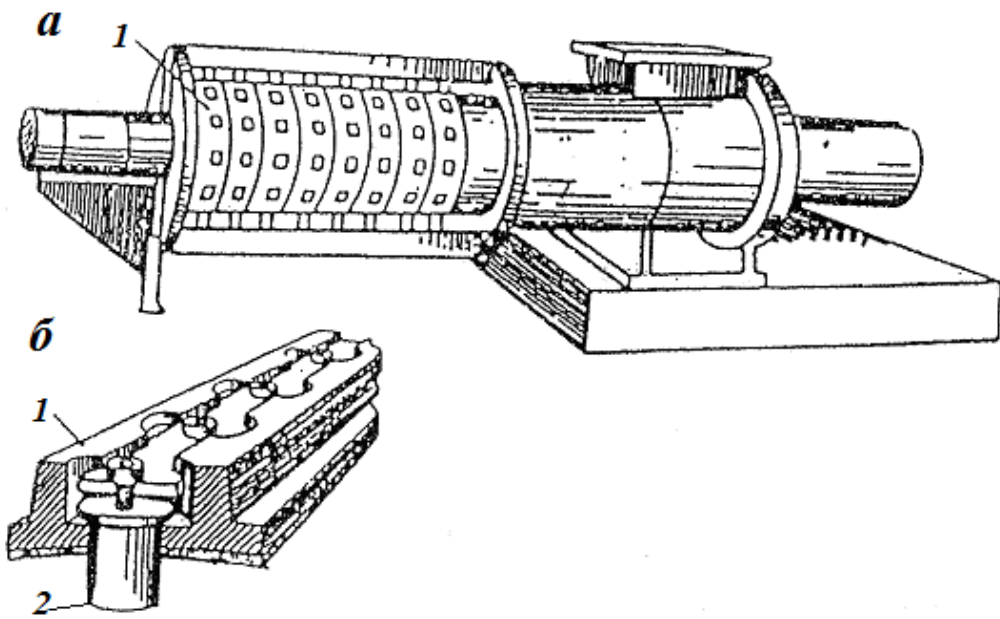


Рис. 8.7. Схема одновального диспергатора:

- а - одновальный диспергатор; б - крепление размалывающих элементов

Роторные сегменты 1 служат для диспергирования и продвижения массы. На сегментах ротора и внутренней поверхности статора расположены съемные размалывающие элементы 2 цилиндрической формы. Выгружающее устройство состоит из двух тарельчатых задвижек, между которыми находится шлюзовая камера. Задвижки имеют пневматический привод. Такой способ выгрузки препятствует потере пара и позволяет перемещать выгружаемую массу по трубопроводу за счет избыточного давления. По данным фирмы, удельный расход энергии на диспергирование составляет 40-60 кВт·ч/т а.с. волокна, расход пара 0,45-0,50 т на 1 тонну массы.

Другим распространенным видом диспергирующего устройства является двухшнековая машина Frotapulper (рис. 8.8). Разработкой его различных модификаций занимались различные фирмы многих стран. АО Петрозаводскмаш выпускает аналогичные аппараты типа АТ-197 и АТ-302. Frotapulper состоит из корпуса 1, двух параллельных валов с закрепленными на них подающими и рабочими лопастными витками 6 и 5, верхней крышки 7 с загрузочной воронкой, лобовой крышки 4, лопастных витков 3, механизма регулирования размера разгрузочного отверстия 2. Витки на параллельных валах перекрывают друг друга.

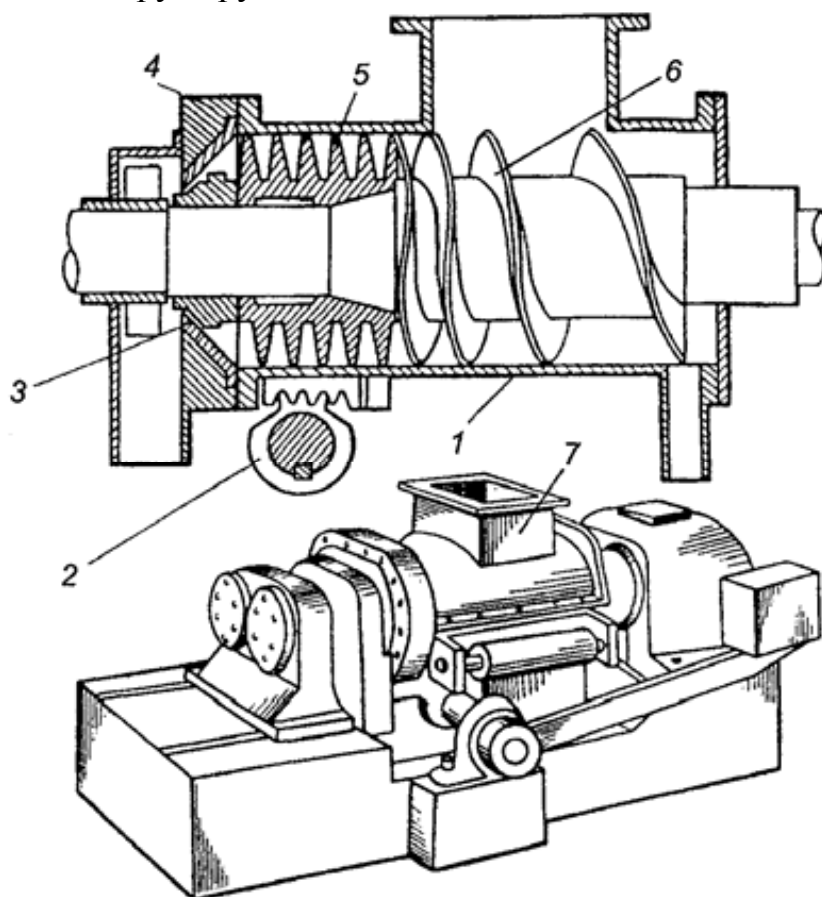


Рис. 8.8. Двухшнековый аппарат типа Frotapulper

Обрабатываемый волокнистый материал подхватывается подающими витками и поступает в зону диспергирования. Здесь, в зазоре между противоположными рабочими витками, происходит интенсивная обработка

волокон под действием сил сжатия и сдвига. Возникают значительные силы трения волокон друг о друга и о металлические поверхности внутри аппарата. Действие сил сжатия и сдвига приводит к роспуску пучков волокон без размалывающего эффекта. Между корпусом и винтовыми поверхностями шнеков существует стабильный обратный поток массы, который способствует расчесыванию волокон и выравниванию качества массы. В результате такой механической обработки фибриллы начинают выступать над поверхностью волокон в виде густого покрова, создавая условия для свойлачивания волокон. Для повышения эффективности механического воздействия в массу подается слегка подщелаченная вода. Волокна скручиваются и изгибаются, что затрудняет связи между ними, но сами волокна не укорачиваются и не раздавливаются. Микроскопические исследования показывают, что обработанные таким образом волокна лишаются наружных стенок, скручиваются и расщепляются. При этом степень помола массы практически не меняется. Воск и битум хорошо диспергируются. Пластмассовые пленки скатываются в жгуты и затем легко удаляются при сортировании. Такой метод обработки является достаточно «мягким», что подтверждается низким содержанием мелочи, а также тем, что пластмассовые включения не разрушаются в мелкие фрагменты.

Обработанное волокно выгружается через кольцевые зазоры, образованные внутренними коническими поверхностями лобовой крышки и лопастными витками. Для автоматического регулирования выгрузки обработанной массы служит рычажно-грузовой механизм. По мере заполнения аппарата массой увеличивается давление на лобовую крышку, которая препятствует свободному выходу массы. При значении давления, превышающем противодействие рычажно-грузового механизма, корпус крышки перемещается, кольцевой зазор увеличивается, и происходит выдавливание обработанной массы из аппарата. С уменьшением подачи массы и снижении давления на лобовую крышку ее корпус, под действием рычажно-грузового механизма, перемещается обратно, уменьшая кольцевой зазор. Таким образом, поддерживается постоянство мощности, потребляемой аппаратом. Производительность аппаратов в зависимости от типоразмера составляет от 10 до 100 т/сут по в.с. волокну, а удельный расход мощности 80-120 кВт·ч/т.

Фирма Escher-Wiss предлагает схему ТДУ (рис. 8.9) для холодной обработки макулатурной массы, включающей двухсеточный пресс 1 для сгущения массы до концентрации 25-30 %, винтовой транспортер-рыхлитель 2, наклонный винтовой конвейер 3, транспортирующий массу к подогревателю 4, питательный шнек 5 и дисковый диспергатор 6. Отжатая прессом из массы вода накапливается в бассейне 8, откуда подается в оборот. Обработанная масса после диспергирования поступает в бассейн 7, где разбавляется до концентрации 4-5 %.

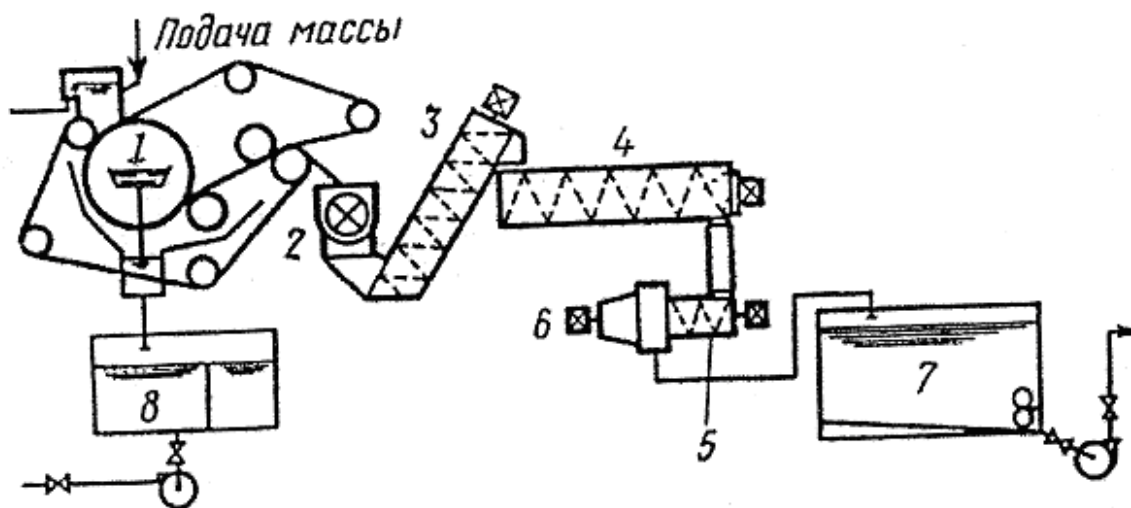


Рис. 8.9. Термодисперсионная установка фирмы Escher-Wiss

В данной схеме для сгущения массы используют сеточный пресс, изображенный на рис. 8.10. Обезвоживаемая масса концентрацией 3-5 % поступает из напорного ящика 1 в пространство между бесконечными сетками 3 и 7. Через систему натяжных роликов 4 и прижимного валика 6 сетки охватывают барабан 2, где отжимаемая вода проходит через сетки внутрь барабана и, частично, через наружную сетку, и концентрация массы повышается до 6-8 %. Затем масса в виде папки этими же сетками подается в двухвальный пресс 5, где обезвоживается до концентрации 25-30 %. Отжимаемая в прессе вода используется в дальнейшем для разбавления массы. После прессы верхняя и нижняя сетки расходятся, и освобождаемая папка в виде ленты сбрасывается в винтовой рыхлитель.

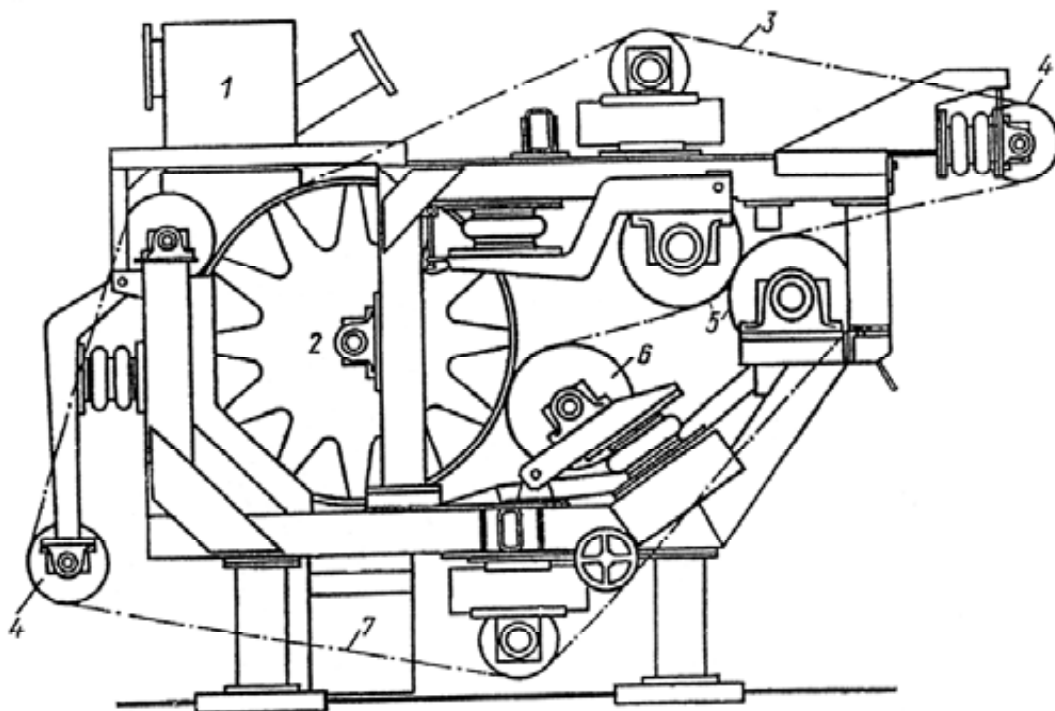


Рис. 8.10. Конструкция сеточного прессы

Производительность таких прессов составляет 25-70 т/сут а.с. волокна при рабочей ширине барабана 1100 мм. Удельный расход энергии равен 4-5 кВт·ч/т.

Разрыхленная масса при помощи наклонного конвейера поступает в подогреватель. Он оборудован системой патрубков для подачи пара. Масса нагревается до температуры 90-95 °С. После прогрева, массу с помощью питательного шнека подают через центр диска к зубчатым многоступенчатым размалывающим элементам в виде концентричных колец. Расстояние между размалывающими элементами статора и ротора устанавливают от 1 до 5 мм. Ввиду большого зазора между размалывающими элементами и незначительного периода теплового воздействия при атмосферном давлении волокна не укорачиваются, и механические показатели массы заметно не ухудшаются. Диспергаторы типа НД имеют производительность от 15 до 120 т/сут а.с. волокна. Удельный расход энергии составляет 70-150 кВт·ч/т а.с. волокна.

8.3. ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ТЕРМОДИСПЕРСИОННОЙ ОБРАБОТКИ

На рис. 8.1 мы наблюдали стабильное повышение показателя воздухопроницаемости макулатурной массы в результате ТДО. Одновременно, на данном рисунке видно снижение удельной массы полотна с увеличением температуры диспергирования. Как правило, эти показатели напрямую связаны с пористостью материала. При этом, как показала практика, при диспергировании не наблюдается изменение длины волокон, а показатели прочности систематически снижаются.

Указанные явления могут быть объяснены, в первую очередь, изменением формы волокон в массе при диспергировании. Это предположение подтверждается анализом полученных с помощью микроскопа изображений конфигурации волокон до и после диспергирования. Наблюдается заметное увеличение степени изогнутости волокон, которое называют завиванием. Показателем степени завивания служит индекс завивания, или фактор формы. Он определяется отношением реальной длины волокна к расстоянию между его крайними точками в массе.

В принципе, деформация волокон в той или иной степени происходит при любой механической обработке массы, но особенно заметно она проявляется после ТДО макулатурной массы.

Если завивание волокон произошло в течение некоторых стадий процесса приготовления массы, это вовсе не означает, что в таком виде волокна сохранятся до напорного ящика БДМ. Часть завитости волокон, в зависимости от композиции и технологических параметров, обратима (латентна). Например, присутствие большой доли волокна с обратимым завиванием наблюдается в макулатурной массе после стадии ее сгущения до высокой концентрации и диспергирования.

Степень завитости волокон и ее обратимость сильно зависят от композиции. Макулатурная масса, содержащая древесную массу, (МС-8В) имеет высокую долю обратимого завивания, в то время как завивание волокон в массе без древесных волокон в значительной степени необратимо. Обратимость завивания волокон суспензии, содержащей древесную массу, приписывают упругой структуре древесного волокна.

На завиваемость волокон влияет температура обработки массы. Так как волокна пластифицируются и легче деформируются при высокой температуре, то завивание в этом случае становится более интенсивным.

Сравнение показывает, что завивание волокон при диспергировании происходит в любом случае, но при этом оно заметно меньше в диспергаторах дискового типа, особенно в горячем режиме. Большой эффект завивания наблюдается в диспергаторах перемешивающего типа. При оценке влияния диспергирования на прочностные характеристики массы установлено, что дисковый диспергатор понижает их в меньшей степени, чем диспергатор перемешивающего типа.

Завивание волокна в процессе термодисперсионной обработки макулатурной массы вызывает следующие эффекты:

- повышение растяжимости бумажного полотна во влажном состоянии и его усадки при сушке;
- снижение удельной массы;
- повышение абсорбционной (поглотительной) способности и пористости;
- повышение способности к обезвоживанию на БДМ;
- понижение стандартной (по двум крайним точкам) длины волокна.

Во многих случаях эти эффекты и уменьшение прочностных характеристик, нежелательны. С другой стороны, завивание волокон иногда полезно, например, для большей мягкости и пористости бумаги санитарно-гигиенического назначения.

Сокращение площади пятен от загрязнений при горячем диспергировании экспоненциально зависит от удельного расхода энергии на диспергирование. Так, при удельной энергии диспергирования, равной 65 кВт·ч/т, число пятен загрязнений размером более 50 мкм составило 160 на 1 м². Диспергирование проводилось при температуре 55 °С, материал - газетно-журнальная макулатура.

В заключение следует отметить, что попытки диспергированием добиться повышения механической прочности волокна не имеют перспективы. Сохранения или даже небольшого повышения механической прочности возможно добиться путем использования холодного диспергирования с дополнительным подмолотом при низкой концентрации массы, т.е. после разбавления.

8.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТДО В СИСТЕМАХ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Как отмечалось выше, в дисковых диспергаторах отделение частиц типографской краски и других загрязнений в макулатурной массе происходит в результате ударного воздействия гарнитуры быстро вращающегося диска (1200-1800 об/мин). Действие же диспергаторов перемешивающего типа основано на трении массы высокой концентрации о размалывающие элементы, закрепленные на медленно вращающемся валу (100-200 об/мин).

Быстроходные дисковые диспергаторы особенно эффективны для измельчения крупных посторонних включений, а также для отделения частиц типографской краски от крупных волокон. В то же время дисковые диспергаторы не способны отделять частицы типографской краски от поверхности мелких волокон и частиц наполнителей. Оптимальной для работы дисковых диспергаторов является температура ниже точки размягчения типографской краски, поскольку при этом краска сохраняет твердость, легче отделяется и измельчается ударным действием элементов гарнитуры диспергатора.

Аппараты перемешивающего (разминающего) типа, напротив, лучше приспособлены для удаления частиц типографской краски с поверхности мелких волокон и наполнителей. Они лучше работают при повышенных температурах (выше точки размягчения типографской краски) и предназначены для диспергирования в массе небольших остаточных количеств краски. При этом необходимо предпринимать соответствующие меры против повторного осаждения краски на волокнах. Рекомендуется проводить обработку массы в диспергаторе в щелочной среде (например, в процессе перекисной отбели).

Таким образом, высокоскоростные дисковые диспергаторы и тихоходные аппараты не конкурируют, а дополняют друг друга в системах облагораживания макулатурной массы. При этом дисковые диспергаторы целесообразно устанавливать на более ранних стадиях технологического процесса до первой флотации, то есть ближе к гидроразбивателю и грубому сортированию, а тихоходные диспергаторы лучше устанавливать между первой и второй ступенями флотации.

9. ОБЛАГОРАЖИВАНИЕ МАКУЛАТУРНОГО ВОЛОКНА

Комплекс технологических процессов обработки макулатурного сырья, обеспечивающих максимальное отделение и удаление частиц краски из макулатурной массы, а также обесцвечивание и повышение степени белизны вторичных волокон, называют облагораживанием макулатурного волокна (ОМВ).

Основная цель процесса облагораживания массы вторичных волокон из запечатанной макулатуры - восстановление ее белизны и чистоты до уровня, обеспечивающего возможность замены первичного целлюлозного волокна в отдельных видах писче-печатной и санитарно-гигиенической продукции. Критерием уровня белизны, достигаемого в процессе облагораживания, является белизна незапечатанных участков поверхности бумаги, использованной в качестве макулатурного сырья. Запечатанная макулатура - нестабильный вид сырья не только по своему композиционному составу, но и по способу нанесения печати, по количеству и составу краски, по условиям высыхания и закрепления краски. Все это оказывает влияние как на отделение краски с поверхности волокна, так и на удаление частиц краски из макулатурной массы.

Определяющими факторами эффективности процесса обесцвечивания являются состав печатной краски и способ нанесения печати. Большинство типографских красок состоит из пигмента (15-30 %) и связующих веществ (85-70 %). При печати книг, журналов и газет расход красителя к массе бумаги в среднем составляет от 0,5 до 2 %, а толщина нанесенного слоя краски 1,5-3,0 мкм.

В качестве связующего в печатных красках используются различные композиции смол, синтетических полимеров, масел и органических растворителей. Появление новых связующих приводит к созданию новых красок. Например, новые фотополимеризующиеся печатные краски, содержат в качестве связующего жидкий фотополимер, отверждающийся под действием ультрафиолетового излучения. Непрерывно происходит процесс создания новых красок, в частности, водосовместимых красок для применения в высокой и глубокой печати, влагозакрепляемых красок для печатания на крафт-бумагах и картоне способами высокой и офсетной печати, красок для высокоскоростной ротационной печати с использованием термопластичных смол, красок для глубокой и флексографической печати на спиртовой основе, красок для плоской офсетной печати, не требующих применения сушильных устройств и др.

В связи с широким распространением множительной техники используются новые технологии для передачи и фиксации изображений на основе электрической и световой энергии. Проявление изображений в фотоэлектрических процессах производится электрически заряженными красящими веществами в виде порошков или жидкостей.

Внедрение новых типов связующих, красок и современных процессов печати требует от переработчиков макулатурного сырья непрерывного совершенствования технологии облагораживания. По инициативе Европейской ассоциации производителей обесцвеченной макулатурной массы с участием печатников и изготовителей печатных красок разрабатываются экологические проекты создания и использования таких технологий печати, которые позволяют успешно использовать макулатуру для получения облагороженного волокна.

9.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОЦЕССАХ ОБЛАГОРАЖИВАНИЯ

Облагораживание макулатурного волокна начинается с отделения частичек краски от волокна в процессе разволокнения (ропуска) в гидроразбивателе. Отделение частичек краски от волокна улучшается с повышением концентрации массы при роспуске в периодическом режиме и в гидроразбивателях барабанного типа в непрерывном режиме. С целью более полного отделения частиц краски в массу при роспуске добавляют химические вещества и осуществляют нагрев массы. Под воздействием щелочных реагентов, тепла связующие вещества омыляются, и краски теряют вяжущую способность. В процессе разволокнения макулатуры рН массы поддерживают на уровне 9-10 за счет подачи едкого натра. Волокна в щелочной среде набухают, что также способствует отрыву частиц краски с их поверхности. В случае избытка щелочи повышается абсорбционная способность набухшего волокна, что сопровождается повторным осаждением краски на его поверхность. В роли буфера рН используют жидкое стекло (силикат натрия). Одновременно жидкое стекло препятствует повторному осаждению частиц краски на волокнах.

Для более полного отделения частиц краски от волокон рекомендуется использование поверхностно-активных веществ, улучшающих смачиваемость краски водой за счет снижения поверхностного натяжения. Краска становится гидрофильной, что интенсифицирует процесс ее отделения и диспергирования.

Имеются сведения об отделении печатной краски от волокна с помощью биологической обработки макулатурной массы с использованием различных ферментов. Их можно сгруппировать. Действие первой группы ферментов (целлюлазы и гемицеллюлазы) базируется на деградации компонентов волокна, связанных с краской. Процесс сопровождается частичными потерями волокна. Действие второй группы ферментов (липазы, экстразы) заключается в разрушении связующих компонентов типографской краски на основе растительных масел. Обычно ферменты добавляют в начале процесса подготовки массы, заменяя ими традиционные химикаты.

Помимо операции разволокнения, отделение и диспергирование частиц краски происходит на стадиях сортирования, термодисперсионной обработки и размола.

Удаление отделенных от волокна частиц краски из массы производят на следующих стадиях облагораживания: промывки волокна (физико-механический процесс), флотации (физико-химический процесс) или комбинации этих процессов. Дополнительное повышение значения показателя белизны основано на химических процессах обесцвечивания или отбеливания вторичного волокна.

Эффективность отделения и удаления частиц краски зависит от способа нанесения ее на поверхность бумаги и картона. Так, краски для высокой и глубокой печати сравнительно легко отделяются от волокна по сравнению с офсетной печатью. Краска для офсетной печати может вызывать проблемы отделения при «старении» печатного изделия в связи с отверждением алкидных связующих. Удаление методом флотации флексографических красок на водной основе затруднено. Их удаление без особых проблем производят методом промывки.

Установлено, что хорошо диспергированные частицы краски, содержащиеся в волокнистой суспензии, свободно проходят через фильтрующую перегородку с размером отверстий около 8 мкм, не осаждаются на волокнах. Это происходит оттого, что размеры пор в сетке волокон, образующейся на фильтрующей перегородке, больше, чем размеры частиц диспергированной краски и наполнителей. Когда все частицы краски достаточно диспергированы, на каждой ступени промывки можно удалить до 85 % частиц, а при использовании трех и более ступеней промывки до 99 %. Практически добиться такой степени удаления частиц краски невозможно, поскольку отдельные частицы краски вновь осаждаются на волокнах.

При использовании процесса промывки потери волокна и наполнителей могут составлять до 30-35 %, а при переработке макулатуры, содержащей сильно мелованную бумагу, потери могут достигать 50 %. Промывка макулатурной массы необходима, например, при производстве низкозольной бумаги санитарно-гигиенического назначения.

Флотация представляет собой метод удаления загрязнений, основанный на различной смачиваемости разделяемых компонентов. В нашем случае частицы типографской краски более гидрофобны, чем целлюлозные волокна.

В разбавленную до концентрации 0,8-1,5 % массу подают воздух, который, поднимаясь на поверхность в виде пузырьков, попутно захватывает гидрофобные частицы краски, а гидрофильные волокна остаются в суспензии. Смесь пузырьков воздуха и частиц печатной краски с водными прослойками образует пену, которую удаляют с поверхности массы с помощью скребков, перелива или вакуумного отсоса.

Большое значение имеет размер пузырьков воздуха. Так, с увеличением их размеров усиливается турбулентность потоков при их движении во флотационных камерах. Это приводит к перемешиванию массы и ухудшению процесса разделения. Процесс флотации идет оптимально при размерах частиц загрязнений в пределах 20-40 мкм. Размер пузырьков воздуха должен составлять 1,0-1,5 мм.

В отличие от процесса промывки массы, где требуется максимальная диспергированность загрязнений, процесс флотации требует агломерации посторонних частиц. Для этого используют химикаты группы собирателей. Их добавляют в гидроразбиватель или непосредственно перед флотацией массы.

В качестве собирателей применяют химикаты, полученные на основе жирных кислот, мыла, а также полусинтетические и синтетические вещества. Широко распространено применение натриевого мыла. Оно реагирует в массе с ионами кальция, формируя нерастворимое кальциевое мыло, которое осаждается на поверхности частиц краски, сообщая им более гидрофобный характер, с одновременной агломерацией этих частиц в более крупные агрегаты. В регионах с «мягкой» водой (при содержании менее 100 мг СаО на литр) процесс флотации требует добавления гидроксида или хлорида кальция. Недостатками использования натриевого мыла являются необходимость высокой дозировки и возможность кальциевых отложений на частях БДМ.

Избежать этих недостатков позволяет применение синтетических и полусинтетических собирателей (эмульсий), полученных на основе жирных кислот. Их реакционная способность не зависит от жесткости воды. Используют также комбинации собирателей в различной композиции. Соотношение компонентов выбирают в зависимости от решаемых задач. Если приоритетом является высокая белизна, желателно использовать больше мыла, если - минимальные отложения на БДМ, - увеличивают долю эмульсии.

Способ флотации отличается более высоким выходом облагороженного волокна - около 85-95 % от поступающего на очистку волокна, поскольку практически не удаляются мелкое волокно и наполнитель.

Отбелка вторичного целлюлозного волокна основана на тех же принципах, что и отбелка первичного волокна. Однако при переработке макулатуры, содержащей беленое целлюлозное волокно, процессы диспергирования, промывки и флотации, а также биохимической (ферментной) обработки, приводящие к увеличению показателя белизны массы, также можно отнести к процессам «отбелки» вторичного волокна. Кроме того, в процессе роспуска макулатурного сырья, который проводят в щелочной среде во избежание пожелтения массы, в гидроразбиватель вводят отбеливающий раствор, состоящий из пероксида водорода, силиката натрия и гидроксида натрия. При термодисперсионной обработке запечатанной макулатуры в массу иногда добавляют отбеливающий раствор гидросульфита натрия. Во многих случаях отбелку пероксидом водорода и гидросульфитом натрия можно рассматривать как окончательную ступень обработки для обеспечения требуемой белизны массы.

Основным отличием массы из вторичного волокна, поступающей на отбелку, является неоднородность ее состава, как по волокну, так и по массовой доле зольных компонентов. В технологических параметрах отбелки

макулатурного волокна это следует учитывать для создания необходимых условий максимального воздействия основного отбеливающего компонента.

9.2. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОМЫВКИ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Удаление печатной краски из массы методом промывки базируется на процессе ее сгущения в определенных условиях. Процесс сгущения сводится к разделению волокнистой суспензии при помощи фильтрующей перегородки на влажный осадок и жидкую фазу - фильтрат. Фильтрат с определенным количеством диспергированной краски, наполнителя и мелких волокон проходит сквозь перегородку, а сгустившаяся масса откладывается на поверхности, образуя слой волокна, который непрерывно удаляется. Движущая сила процесса сгущения - разность давлений по обеим сторонам фильтрующей перегородки. Скорость истечения фильтрата через перегородку прямо пропорциональна перепаду давлений и обратно пропорциональна сопротивлению перегородки и отложившегося слоя волокна. Сопротивление волокнистого осадка значительно выше сопротивления фильтрующей перегородки (сетки, сита).

Наиболее важными показателями массы, от которых зависит производительность сгущающего оборудования, являются степень помола, концентрация, температура, фракционный состав и вид массы. Для получения высокого эффекта промывки частички краски должны быть хорошо диспергированы. Этого можно добиться с помощью термодисперсионной обработки и размола массы, а также использованием специальных реагентов - диспергаторов. Диспергаторами для макулатурной массы, содержащей древесную массу, могут служить жидкое стекло, перекись водорода и едкий натр. Для других видов макулатуры чаще используют смесь синтетических ПАВ. При выборе диспергирующего агента следует учитывать следующие условия:

- диспергатор должен эффективно смачивать бумагу;
- должен отделять краску от волокна;
- частицы краски должны оставаться диспергированными, то есть не коагулировать;
- не должно быть пенообразования массы и фильтрата;
- диспергатор должен быть легко разлагаем микроорганизмами (при биологической очистке стоков).

Фильтрат от промывки обычно подвергается очистке на специальных ловушках, оборудованных установками для микрофлотации (см. разд. 10). Диспергатор не должен препятствовать очистке фильтрата. При выборе диспергатора необходимо найти разумный компромисс между высокой эффективностью диспергирования печатной краски и возможностью достижения требуемой степени очистки фильтрата. Очистка фильтрата необходима, так как является единственным средством выведения краски из системы водооборота.

Для промывки (сгущения) массы используют различные виды оборудования. Традиционные аппараты - это сгустители барабанного типа. К ним относятся шаберные сгустители и сгустители двухбарабанного типа. Первые способны повышать концентрацию массы до 7 %, а вторые - до 20-40 %.

Конструктивная схема шаберного сгустителя представлена на рис. 9.1. Он состоит из перфорированного металлического, обтянутого сеткой цилиндра 1, который вращается в ванне 2. Над цилиндром установлен прижимной вал 4 с шабером 5. Для предотвращения разбрызгивания массы ванна сверху закрыта колпаком 3. Фильтрат, попадающий внутрь цилиндра, сливается через его открытый торец. Регулировка уровня воды производится подвижными шаберами в открытом торце цилиндра. Прижимной вал изготовлен из стальной трубы и покрыт мягкой резиной. Усилие прижима регулируется. К рычагам прижимного вала крепится корпус шабера с регулируемым зазором. Промывка сетки сгустителя осуществляется с помощью неподвижного спрыска 6.

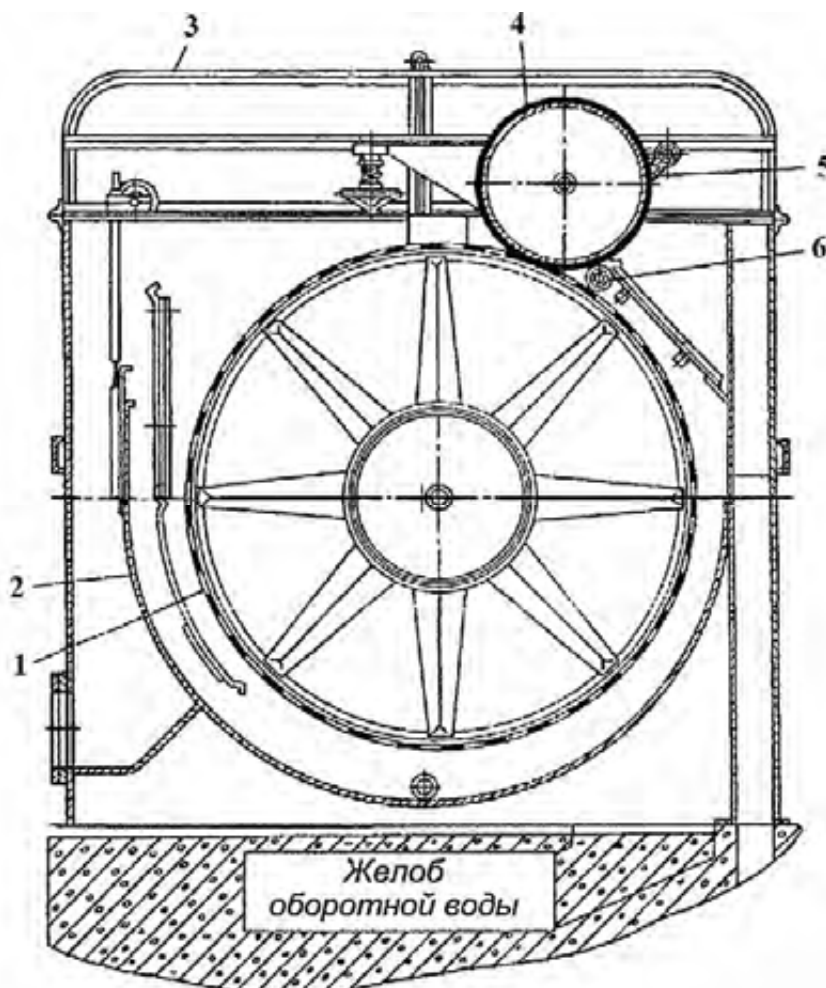


Рис. 9.1. Конструктивная схема шаберного сгустителя типа СШ

Масса на сгущение поступает в приемный отсек через два отверстия в нижней части корпуса сгустителя. При достижении верхнего уровня регулировочного щита масса переливается через него и заполняет ванну. Под действием статического давления, создаваемого за счет разности

уровней массы в ванне и фильтрата в цилиндре, вода с частью мелкого волокна проходит через сетку внутрь цилиндра и удаляется через его торец из сгустителя. На поверхности цилиндра образуется слой сгущенной массы, который в зазоре между цилиндром и прижимным валом дополнительно обезвоживается, переходит с сеточного цилиндра на прижимной вал, снимается с него шабером и по наклонному щиту через приемный бункер выводится из сгустителя в бассейн сгущенной массы.

Производительность шаберных сгустителей в зависимости от типоразмера аппарата находится в пределах 8-65 т/сут (в.с. волокна) при установленной мощности привода от 2,2 до 15,0 кВт. Площадь фильтрующей поверхности цилиндра составляет от 6 до 32 м². При прочих равных условиях производительность сгустителя возрастает с повышением концентрации и температуры входящей массы, снижением степени помола, увеличением перепада давления и частоты вращения цилиндра (12-18 об/мин). Большое значение имеет чистота фильтрующей сетки цилиндра.

Широкое распространение для сгущения массы имеют дисковые фильтры. К примеру, фирмой Celleco разработаны варианты конструкции дискового фильтра Centerdisc CDI (рис. 9.2) и Hedemora VDF. Широкий диапазон производительности этих фильтров в сочетании с их способностью обрабатывать массу с высокой степенью помола делает их применение экономически более выгодным по сравнению с барабанными фильтрами. Преимущества эксплуатации и обслуживания фильтров обусловлены особенностями конструкции ротора.

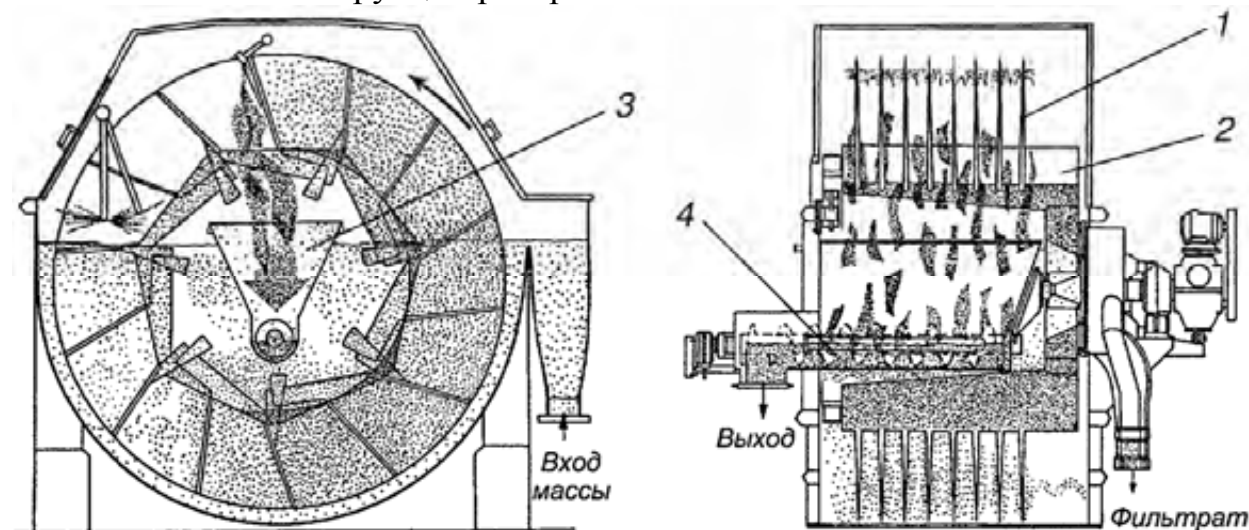


Рис. 9.2. Схема работы дискового фильтра типа Centerdisc CDI

У этих фильтров отсутствует центральный вал, используемый в других дисковых фильтрах. Фильтрующие элементы 1 насажены на ротор 2, выполненный в виде шестиугольной рамной конструкции, внутри которой размещается ванна 3 с разгрузочным шнеком 4 для сбора сгущенной массы. Такая конструкция ротора обеспечивает хорошее перемешивание массы в ванне, что дает следующие преимущества: равномерную концентрацию массы во всем объеме ванны; удаление слизи между дисками; возможность

работы фильтра при концентрации подаваемой массы до 2 %. Производительность фильтра может достигать 150 м³/мин, фильтрующая поверхность - до 1000 м², концентрация массы на выходе - 14 %.

Фильтрующие элементы дисковых фильтров обычно состоят из отдельных секторов, на которые натянуты сетчатые мешки. В последнее время появились новые конструкции бессеточных секторов (рис. 9.3). Они представляют собой конструкцию из двух рифленых листов нержавеющей стали, имеющих мелкую перфорацию. Это позволило увеличить производительность на единицу фильтрующей поверхности и срок ее службы. Размер перфорации больше, чем размер ячейки сетчатого мешка, но следует помнить, что перфорация выполняет функцию фильтра лишь в первый момент процесса обезвоживания. Затем образуется волокнистая папка, которая становится основным фильтрующим материалом.



Рис. 9.3. Бессеточный сектор Baglees дискового фильтра

В качестве промывного оборудования используют и обезвоживающие устройства типа винтовых прессов или винтовых экстракторов. Принцип действия таких прессов аналогичен принципу действия сгустителей для ТДО (см. п. 8). Так, винтовой пресс типа CHS представляет собой шнек, вращающийся внутри перфорированного цилиндра, один конец которого сопряжен с конусом, образующим зону компрессии. Здесь давление на массу постепенно увеличивается, и вода выдавливается из массы. Из зоны компрессии материал попадает в зону выгрузки, где достигается окончательная степень обезвоживания. Ее можно регулировать за счет изменения диаметра выходного отверстия. Фильтрат собирается в коллекторе, расположенном в основании пресса. Концентрация массы на входе от 2 до 10 %, концентрация на выходе 20-35 %. Производительность до

100 т/сут в.с. волокна. Близкие характеристики имеют винтовые presses типа СДС-22 и SDPP.

Оригинальной конструкцией аппарата для промывки макулатурной массы является промыватель DNT фирмы Kadant Lamort (рис. 9.4). Промыватель состоит из распределяющего массу напорного ящика, грудного вала, гауч-вала, синтетической сетки, шнекового конвейера. Промываемая масса через напорный ящик подается в зазор между грудным валом и сеткой. Высокая скорость подачи массы в зазор способствует эффективному обезвоживанию и высокой производительности промывки при сравнительно небольших габаритах установки. Затем слой массы дополнительно обезвоживается между сеткой и гауч-валом и подается на шнековый конвейер, с помощью которого удаляется из аппарата при концентрации 8-12 %.

Аппарат закрыт кожухом, защищающим его от разбрызгивания воды и массы. Фильтрат собирается и выводится через нижнюю секцию. Неподвижное устройство sprыски низкого давления и вибрационное устройство sprыски высокого давления обеспечивают постоянную очистку сетки после разгрузки продукта.

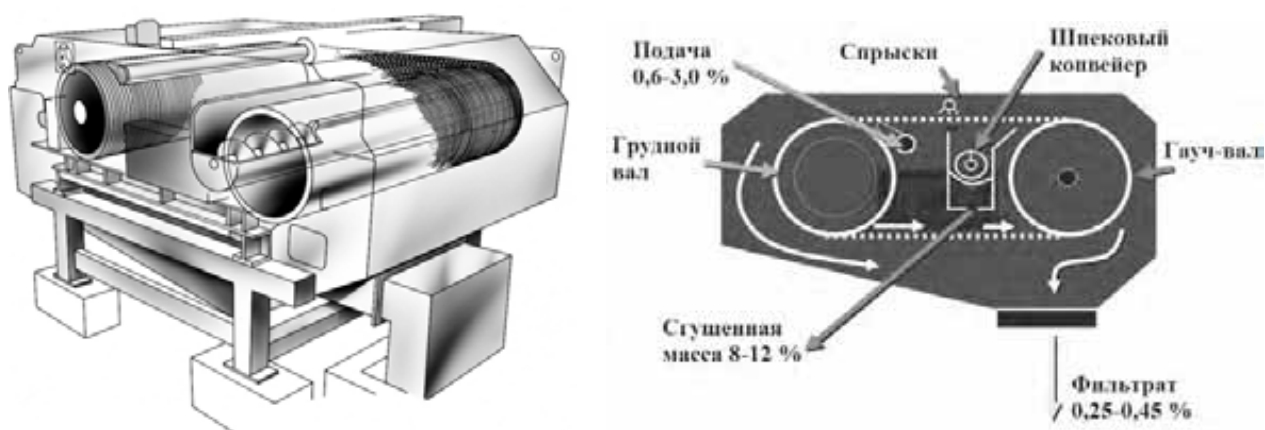


Рис. 9.4. Внешний вид и схема работы установки для промывки массы DNT

Фирмой Celleco изготовлен промывной барабан со струйным нанесением суспензии FDW (рис. 9.5). Он предназначен для промывки, фракционирования и сгущения волокнистой массы и обладает высокой эффективностью удаления золы и частиц краски (до 90 %) и микрочастиц клейких включений. Концентрация шлама в отходящем потоке фильтрата может достигать 20-30 %. Принципиальной особенностью работы фильтра FDW является способ подачи массы на цилиндр. Вместо традиционной ванны масса подается на сетку вращающегося цилиндра в виде струй из питающих головок и форсунок. Мелочь, зола, частички краски и другие вымываемые компоненты массы «проталкиваются» через сетку из очищаемой массы за счет напора струй и отправляются в сток.

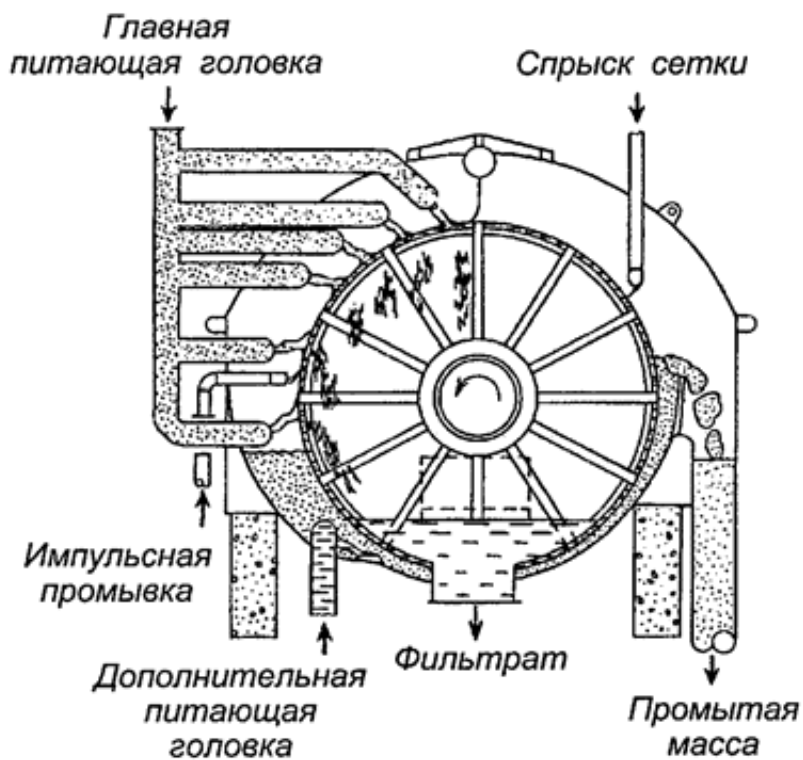


Рис. 9.5. Схема работы промывного барабана типа FDW

Поскольку работа FDW основана на принципе «проталкивания», разрезания не требуется. При изменении характеристик очищаемой макулатурной массы в процессе работы можно регулировать скорость вращения цилиндра, давление на каждой питающей головке, зону уплотнения, уровень фильтрата в ванне, расход и давление sprысковой воды.

9.3. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ФЛОТАЦИИ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Как отмечалось выше (см. п. 9.1), метод флотации для удаления частиц краски из массы основан на различной смачиваемости разделяемых компонентов. Волокно технической целлюлозы (первичное волокно) гидрофильно, а частицы краски - гидрофобны. Однако на поверхности вторичного волокна (макулатуры) возможно как наличие гидрофобных примесей (частиц краски), так и гидрофильных частиц (например, зольных элементов, адсорбированных из воды на гидрофобной поверхности частиц краски), что может несколько сближать их по смачиваемости. Кроме того, поверхность частиц в диапазоне размеров 1-10 мкм покрывается гидратированной пленкой, и они могут стать вполне смачиваемыми и не способными к флотации. Для агломерации таких частиц в более крупные агрегаты используют химические вещества - собиратели (см. п. 9.1). При флотации очень важно соблюдение требуемой концентрации массы. Завышение уровня концентрации затрудняет подъем хлопьев загрязнений, уносимых пузырьками воздуха. Занижение уровня приводит к тому, что

вместе с пузырьками воздуха в слой пены могут попадать целлюлозные волокна, усиливается турбулентность потока.

Для проведения процесса флотации АО Петрозаводскмаш выпускает флотационные установки типа ФМ-1 (рис. 9.6).

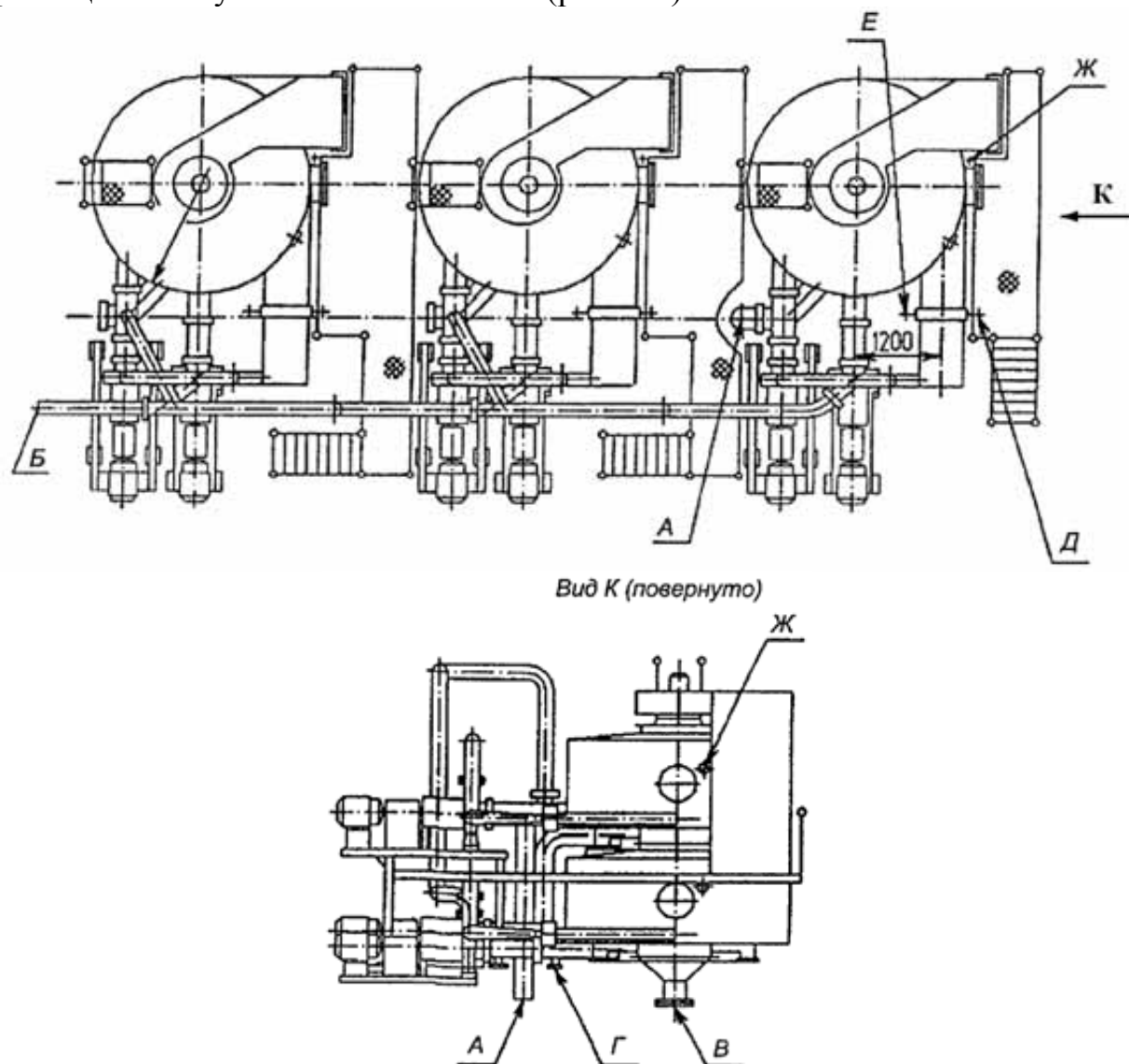


Рис. 9.6. Схема флотационной установки ФМ-1:

- А - подвод массы; Б - отвод массы; В - отвод отходов; Г - слив массы;
- Д - подвод воздуха; Е - вода на промывку; Ж - вода на спрыск

Установка состоит из трех (двух) блоков флотации, соединенных между собой системой трубопроводов с необходимой аппаратурой. Блок флотации включает в себя две флотационные камеры, установленные вертикально (одна под другой) и систему удаления отходов, состоящую из вентилятора, воздухопроводов и пеноотделителей. Разбавленная до требуемой концентрации масса последовательно проходит через три (два) блока. Внутри каждого блока флотации масса поочередно проходит через обе флотационные камеры. Перед входом в каждую из них происходит смешение массы с воздухом. Внутри флотационных камер происходит образование пузырьков воздуха и адсорбция на их поверхности частиц краски. Пена, образующаяся на поверхности массы внутри флотационной камеры,

непрерывно отводится. Очищенная масса из установки отбирается насосом. Производительность установки 60-120 т в.с. волокна/сут, установленная мощность 138-342 кВт.

Фирма Kadant Lamort выпускает многозонный флотатор типа Mac Cell. Основной частью установки является флотационная камера, состоящая из трех-пяти флотационных ячеек, установленных одна над другой (рис. 9.7). Работа флотационной камеры происходит следующим образом. Неочищенная масса после насыщения воздухом инжектором подается в верхнюю камеру через патрубок E1. Масса, выходящая из верхней ячейки через патрубок A1, насосом подается на вход E2, перед которым вновь насыщается воздухом. Из патрубка A2 масса подается на вход E3 и т.д. до самой нижней ячейки, откуда через патрубок A5 отводится очищенная масса. Отходы собираются в верхней части камеры и отводятся по центральному каналу R. Воздух подается в волокнистую суспензию через специальные смесительные устройства с инжекторами, которые расположены снаружи камеры. Это позволяет, в случае необходимости, регулировать количество подаваемого воздуха. Флотационная камера закрыта и воздух в ней рециркулирует. Удаление отходов происходит при небольшом избыточном давлении, его можно регулировать для предотвращения уноса волокна вместе с пеной. Благодаря этому, в большинстве случаев нет необходимости в обработке массы во вторичных флотационных установках. Производительность установок Mac Cell составляет от 75 до 240 т/сут по в.с. волокну.

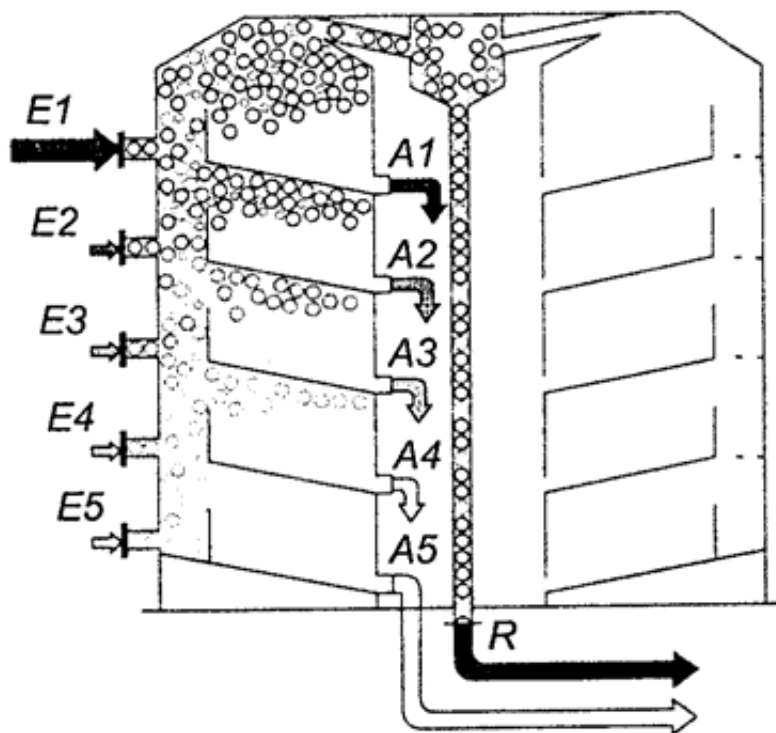


Рис. 9.7. Схема флотационной камеры MAC-5A, содержащей пять ячеек

В настоящее время ведется активный поиск и разработка новых конструкций флотационных установок. Одновременно исследуется

эффективность и области возможного применения различных активизирующих процесс флотации реагентов. При выборе соответствующих реагентов учитывают состав волокна макулатурной массы (целлюлоза или древесная масса) и жесткость производственной воды.

9.4. ОТБЕЛКА МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ

Любые процессы технологии переработки макулатуры, сопровождающиеся повышением показателя белизны массы, можно рассматривать как процессы отбеливания. Степень прироста значения показателя белизны массы, независимо от типа процесса отбеливания, определяется множеством различных факторов, действующих как по отдельности, так и в комплексе. К ним относятся:

- вид и состав перерабатываемой макулатуры;
- показатель общей щелочности массы (ОЩ = $\text{NaOH} + 0,112 \text{Na}_2\text{SiO}_3$, % к массе а.с. волокна), рН массы;
- жесткость воды;
- количество, вид и соотношение химических реагентов, место их введения в массу по технологической цепочке;
- технологические режимы процесса (продолжительность, концентрация массы, температура, давление и т.п.).

Необходимый уровень белизны массы определяется требованиями к готовой продукции.

Величина ОЩ определяется количеством щелочных элементов, добавляемых в массу для интенсификации процесса роспуска макулатуры. Для сохранения или увеличения показателя белизны массы оптимальным считают ОЩ = 0,5-1,0 %, а величину рН - около 9,0. Превышение этого уровня обычно приводит к пожелтению массы. Если в качестве регулятора показателя ОЩ в указанных пределах используют силикат натрия в количестве до 5 %, то можно получить прирост белизны массы до 15 % ISO. При этих же условиях добавление в ванну гидроразбивателя 2 % перекиси водорода позволяет получить прирост белизны массы до 22 % ISO.

Введение силиката натрия в массу дает и дополнительные эффекты. Во-первых, он является коллектором (собирателем) частиц краски в агломераты, что повышает эффективность процесса дальнейшей флотации массы. Во-вторых, использование силиката натрия при отбеливании макулатуры из целлюлозы оказывает влияние на стабилизацию пероксида водорода, склонного к разложению в присутствии ионов металлов переменной валентности в массе.

На рис. 9.8 приведен график прироста белизны масс, полученных из запечатанной и незапечатанной макулатуры, в зависимости от расхода пероксида водорода, подаваемого в гидроразбиватель при оптимальной величине ОЩ и расходе силиката натрия 2,5 %.

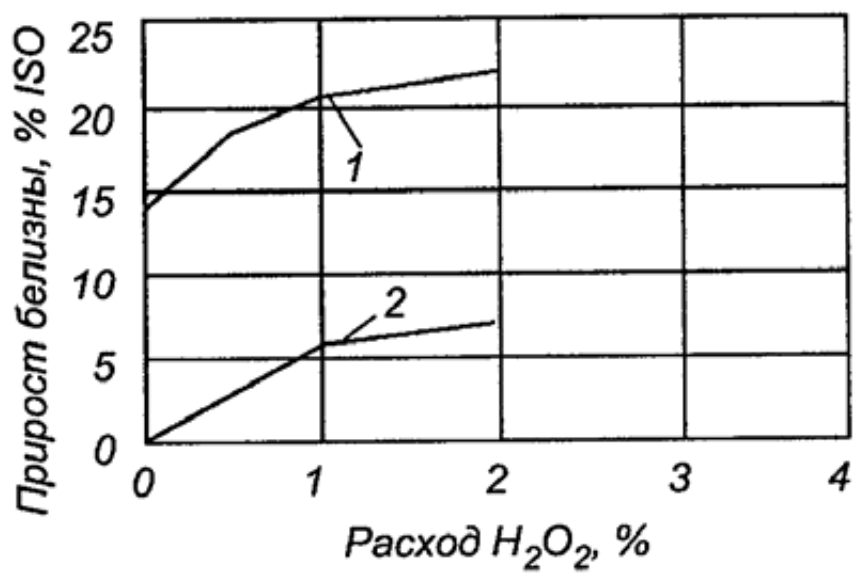


Рис. 9.8. Зависимость прироста белизны масс, полученных из запечатанной (1) и незапечатанной (2) макулатуры, от расхода пероксида водорода

Связь между показателем ОЩ и приростом белизны представлена на рис. 9.9. По рисунку видно, что при расходе пероксида водорода в пределах 1-2 % прирост степени белизны массы из запечатанной макулатуры практически стабилизируется на уровне 20-22 % ISO, независимо от ОЩ массы. Эта стабильность сохраняется достаточно долго при некотором остатке пероксида водорода в массе после роспуска.

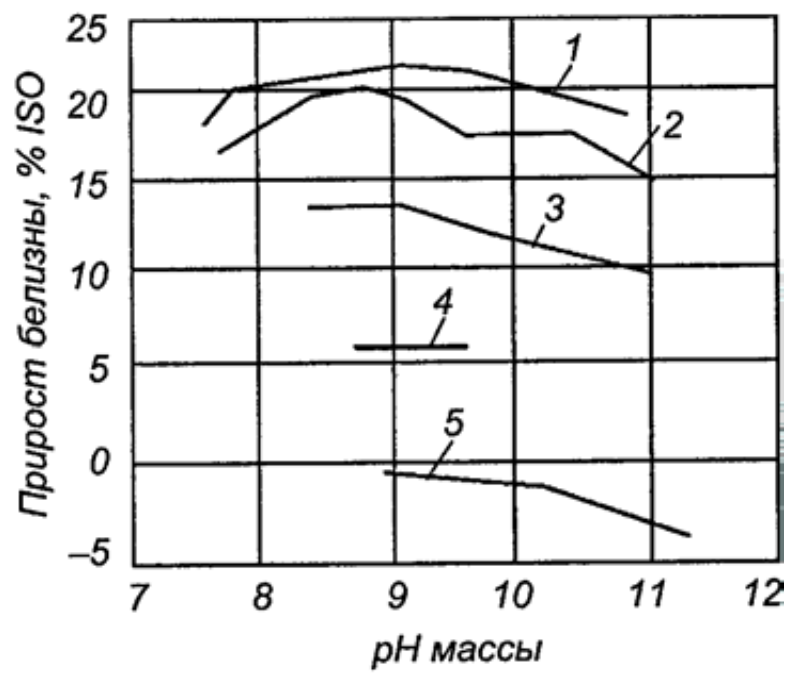


Рис. 9.9. Зависимость прироста белизны масс, полученных из запечатанной (1-3) и незапечатанной (4,5) макулатуры, от значения ОЩ при фиксированном расходе Na₂SiO₃ равном 2,5 %, и различном расходе пероксида водорода H₂O₂:
 1 - 2 %; 2 - 1 %; 3 - 0 %; 4 - 1...2 %; 5 - 0 %

В целом, условия процесса роспуска макулатуры в гидроразбивателе не оптимальны для проведения процесса отбели, которую, при наличии возможности, следует проводить как самостоятельную ступень. При сравнении результатов использования пероксида водорода, подаваемого в ванну гидроразбивателя и непосредственно на ступень отбели массы, установлено, что подача его, при прочих равных условиях, на ступень отбели обеспечивает более высокий прирост белизны. Небольшое количество (0,5-1,0 % H_2O_2 к а.с.в.) можно добавлять в гидроразбиватель для обеспечения стабильности исходной белизны массы на фоне возможных изменений ОЩ.

Для обесцвечивания вторичных волокон применяют двухступенчатую отбелку. На первой ступени производят отбелку с использованием пероксида водорода и/или кислорода при повышенном давлении, а на второй - отбелку в восстановительной среде, где в качестве реагентов применяется гидросульфит натрия или формамидинсульфоная кислота (FAS). Условия проведения процесса обесцвечивания изменяются в зависимости от содержания волокон древесной массы в макулатуре. Для повышения эффективности обработку гидросульфитом натрия проводят при температуре 80-100 °С и рН 7 и выше. Отбелка макулатуры с повышенным содержанием древесной массы (МС-8В) проводится гидросульфитом натрия при рН 5,5-7,5, температуре 50 °С и концентрации массы 3-4 %. При расходе гидросульфита натрия 0,2-1,0 % к массе волокна прирост белизны составляет от 4 до 6 % ISO.

Использование молекулярного кислорода или озона возможно тогда, когда макулатурное сырье содержит минимальное количество древесной массы. Обработка массы пероксидом водорода совместно с молекулярным кислородом намного повышает эффективность отбели.

На рис. 9.10 представлена схема отбели смешанной офисной макулатуры, разработанная фирмой Valmet. Здесь первая ступень - высокотемпературная отбелка пероксидом водорода под давлением - позволяет обесцвечивать макулатурное волокно и повышать степень его белизны. В этих условиях хорошо обесцвечивается также окрашенное небеленое целлюлозное волокно. Вторая ступень - отбелка FAS или гидросульфитом натрия - обеспечивает максимальное повышение степени белизны вторичного волокна.

Масса высокой концентрации после обезвоживающего пресса транспортируется в подогреватель и далее на стадию ТДО. После ТДО масса разбавляется до средней концентрации в питающей трубе и насосом через подогреватель и смеситель под давлением подается в нижнюю часть отбельной башни. После отбели пероксидом водорода масса (после заключительной ступени флотации) поступает на ступень отбели восстановительного характера. Этот процесс обычно производится в башне хранения массы.

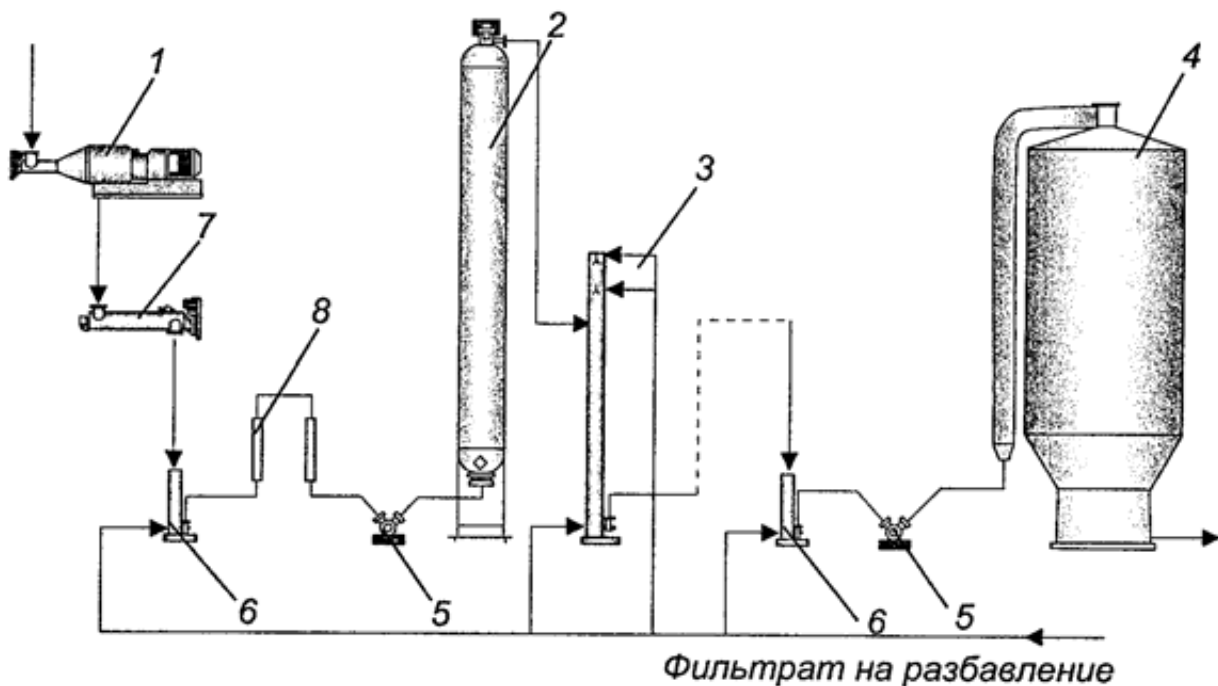


Рис. 9.10. Двухступенчатая схема отбели вторичного волокна на основе смешанной офисной макулатуры:
 1 - диспергатор; 2 - башня для отбели H_2O_2 при высокой температуре; 3 - питающая труба; 4 - башня хранения; 5 - смеситель; 6 - МС-насосы; 7 - винтовой конвейер; 8 - нагреватель

Та же фирма разработала технологию пероксидной отбели макулатурного волокна при высокой концентрации массы (рис. 9.11). Такая технология отбели дает следующие преимущества:

- возможность повышения концентрации отбеливающих реагентов;
- увеличение скорости реакций в аппаратах;
- усиление процессов окислительной деструкции окрашивающих веществ, содержащихся в небеленой целлюлозе (обесцвечивания).

При отсутствии отдельной ступени отбели в системе облагораживания макулатурного волокна для отбели можно использовать ступень ТДО. В связи с тем, что в процессе ТДО массы обычно происходит некоторое снижение ее белизны, необходимо принимать меры для компенсации потерь и повышения значения этого показателя.

Возможный вариант схемы облагораживания в этом случае предусматривает после проведения роспуска, сортирования и очистки - ступень флотации массы, а затем ТДО и повторную флотацию. Падение белизны массы после ТДО может достигать 5 % по сравнению с белизной массы после первичной флотации. Добавка химикатов (гидросульфита натрия) на ступень ТДО дает возможность получить более высокую белизну массы после второй ступени флотации.

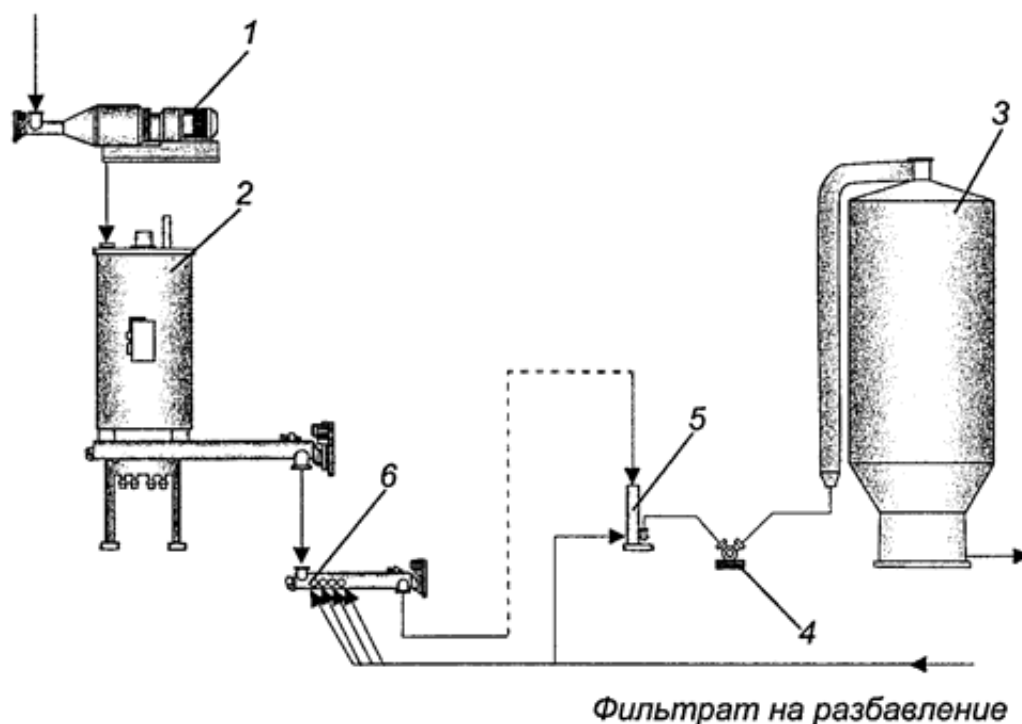


Рис. 9.11. Схема отбеливания вторичного волокна на основе смешанной газетно-журнальной макулатуры:
 1 - диспергатор; 2 - башня для отбеливания H_2O_2 ; 3 - башня хранения;
 4 - смеситель; 5 - МС-насосы; 6 - винтовой конвейер

В связи с тенденцией ухудшения качества собираемой макулатуры, системы ее облагораживания будут постоянно совершенствоваться.

9.5. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ ОБРАБОТКА МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Наиболее ценным и крупнотоннажным источником волокна для производства тароупаковочных видов бумаги и картона является макулатура марки МС-5Б. Однако макулатура данной марки характеризуется повышенным содержанием в своем составе различных крахмалопродуктов. В макулатуре может содержаться:

- катионный крахмал, который вводится в массу в качестве связующего для повышения прочности - 6-20 кг/т бумаги;
- окисленный крахмал для поверхностной проклейки - 30 кг/т бумаги;
- нативный крахмал для склейки слоев гофрокартона - 40 кг/т гофрокартона;
- окисленный в составе мелованного покрытия - 20 кг/т бумаги;
- деградированный крахмал с предыдущих циклов переработки.

Итого в 1 тонне макулатуры может содержаться более 90 кг крахмалопродуктов.

Практика переработки такой макулатуры показывает, что процесс подготовки бумажной массы сопровождается существенными

технологическими трудностями, обусловленными присутствием различных видов крахмала в макулатурной массе. Это выражается в ухудшении обезвоживания макулатурной массы при формовании на сеточном столе, что объясняется наличием коллоидных частиц, увеличивающих вязкость макулатурной массы. Из-за наличия деградированного крахмала макулатурная масса характеризуется повышенной степенью помола (в литературе встречаются такие термины как «псевдопомол», «кажушаяся степень помола», «нетехнологическая степень помола» и т.д.), что обусловлено способностью крахмала набухать в водной среде. Кроме этого, крахмалопродукты, содержащиеся в макулатурной массе, являются хорошей питательной средой для различных видов микроорганизмов, способствующих образованию слизи в технологическом потоке машины. Наличие крахмала в оборотной воде снижает эффективность работы очистного оборудования, в результате чего снижается качество очистки оборотной воды.

Крахмалы в кислой или слабощелочной среде способны коагулировать с образованием слипшихся мелких агрегатов темного цвета. Эти агрегаты, образованные гидрофобными компонентами макулатурной массы в составе клеев, латексов и клейких веществ представляют собой липкие частички. Данные липкие загрязнения не удаляются на стадии сортирования и вызывают проблемы, связанные с образованием отложений на оборудовании, ухудшением внешнего вида вырабатываемой продукции, обрывами бумажного полотна, снижением срока службы сеток и сукон, необходимостью частых остановов для чистки одежды машины, валов и прочего оборудования.

Фрагменты деградированного крахмала наряду с другими компонентами макулатурной массы при повторной переработке приобретают отрицательный заряд, становясь источником анионных загрязнений («анионный мусор»). Наличие анионных загрязнений приводит к увеличению катионной потребности бумажной массы и резкому снижению эффективности дорогостоящих химических вспомогательных веществ, проклеивающих реагентов, «свежего» катионного крахмала.

Кроме вышеперечисленных технологических трудностей, остро стоит проблема снижения прочностных характеристик продукции, вырабатываемой на основе макулатуры, содержащей значительные количества крахмала.

Составителями настоящего учебного пособия были проведены исследования влияния ферментативной обработки макулатурной массы на показатели прочности образцов лабораторного изготовления.

Макулатура марки МС-5Б размалывалась до 35 °ШР, затем полученную макулатурную суспензию обрабатывали при помощи фермента - препаратом α - амилазы «Aquazyme 120L» с расходом 5 кг/т а.с. волокна. Обработка проводилась при температуре 50 °С в течение 3 ч. Кроме этого в исходную макулатурную массу и в массу после ферментативной обработки вводился катионный крахмал «Perlcote B35» со степенью замещения 0,04 и расходом 10 кг/т. Затем на листоотливном аппарате ЛА-4 изготавливались

лабораторные образцы с массой 1 м² - 100 г. У полученных отливок определяли прочностные и деформационные характеристики. Результаты представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1. Результаты определения прочностных и деформационных характеристик образцов лабораторного изготовления

| № композиции | Вариант обработки | Прочностные и деформационные характеристики | | | | | | |
|--------------|--|---|--------------------|---------------|---------------------------|----------------------------------|------------------------------|---|
| | | разрушающее усилие, Н | разрывная длина, м | деформация, % | Т.Е.А., Дж/м ² | сопротивление продавливанию, кПа | сопротивление раздиранию, мН | прочность на излом при многократных перегибах, ч.д.л. |
| 1 | Исходная макулатурная масса на основе МС-5Б (без обработки и добавок) | 84 | 5700 | 2,1 | 80 | 230 | 700 | 220 |
| 2 | Исходная макулатурная масса на основе МС-5Б после ферментативной обработки α - амилазой (5 кг/т) | 91 | 6200 | 2,2 | 96 | 250 | 820 | 350 |
| 3 | Исходная макулатурная масса на основе МС-5Б с добавлением катионного крахмала (10 кг/т) | 101 | 6850 | 2,4 | 104 | 280 | 950 | 270 |
| 4 | Исходная макулатурная масса на основе МС-5Б после ферментативной обработки α - амилазой (5 кг/т) и с добавлением катионного крахмала (10 кг/т) | 109 | 7400 | 2,5 | 119 | 340 | 1090 | 540 |

Как следует из представленных данных, ферментативная обработка макулатурной массы позволяет значительно повысить прочностные и деформационные характеристики изготавливаемых образцов. Кроме этого, повышается эффективность катионного крахмала, вводимого в качестве связующего, значительно снижается отрицательное влияние крахмала, содержащегося в макулатуре. Так, рост показателей прочности макулатурной массы, прошедшей ферментативную обработку, по сравнению с образцами из исходной массы составил: по разрывной длине и сопротивлению продавливанию - 9 %, по сопротивлению раздиранию - 17 %, а рост прочности на излом при многократных перегибах составил почти 60 %.

Это объясняется следующими соображениями. При повторной переработке деградированный крахмал переходит в разряд анионных загрязнений, повышая катионную потребность бумажной массы, при этом снижается эффективность вводимого в массу "свежего" крахмала. Ферментативная обработка ускоряет гидролиз и деполимеризацию крахмала, в результате чего он сравнительно легко отделяется от волокон, переходит в суспензию или растворяется и может быть удален из технологического потока, например, при помощи промывки или сгущения с последующим разбавлением.

10. ВОДОПОЛЬЗОВАНИЕ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МАКУЛАТУРУ. ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ

Все процессы подготовки макулатурной массы и производства из нее бумаги и картона происходят в водной среде. Для уменьшения количества сбросов и снижения удельного расхода свежей воды значительная часть ее используется повторно за счет рециркуляции в системе производства. Типовая блок-схема производства бумаги и картона представлена на рис. 10.1. Согласно блок-схеме все виды рециркулируемой (оборотной) воды можно разделить на:

- собственно оборотную воду от подсеточной части БДМ, используемую без обработки для разбавления массы машинного бассейна (короткая циркуляция);
- осветленную оборотную воду, после внутрицеховой локальной очистки от волокна, используемую для подготовки массы (длинная циркуляция);
- очищенную оборотную воду после установок для химико-механической и биологической очистки сточных вод, используемую для подготовки массы и частично сбрасываемую в сток.

На осветление (отделение волокон) подают избыточную подсеточную воду от БДМ после отбора части ее в короткую циркуляцию. Из осветлителя поток регенерированного волокна возвращается в отдел подготовки массы. Часть осветленной воды поступает в тот же отдел, а избыток - на установку для очистки стоков. Основной объем воды после очистки также направляется в отдел подготовки массы, а небольшая часть очищенной воды сбрасывается в сток для выведения из системы и поддержания водного баланса. В отдельных случаях шлам очистных сооружений в небольших количествах используется в производстве, но чаще всего обезвоживается и удаляется из системы.

Совершенствование систем водопользования имеет целью минимизацию расхода свежей воды и максимальную степень очистки сточных вод при экономически оправданных затратах. Количество производственной воды, направляемой для выведения из системы, должно быть примерно равно количеству свежей воды, получаемой производством из внешних источников (с учетом безвозвратных потерь). Снижение количества стоков, а значит и потребления свежей воды, возможно только за счет максимального использования циркулирующей в системе производства (оборотной) воды. Степень рециркуляции воды ограничивается установленными требованиями к качеству готовой продукции и качеству стоков.

Использование воды в технологическом потоке сопровождается попаданием в нее отдельных компонентов сырья (макулатурного волокна, наполнителей, химикатов), а также химических вспомогательных веществ (ХВВ), применяемых в технологических процессах. В силу нестабильности

свойств макулатурного сырья количество и характер этих веществ трудно предсказуемы. Наличие этих веществ в оборотной воде вызывает серьезные проблемы в системе подготовки макулатурной массы.

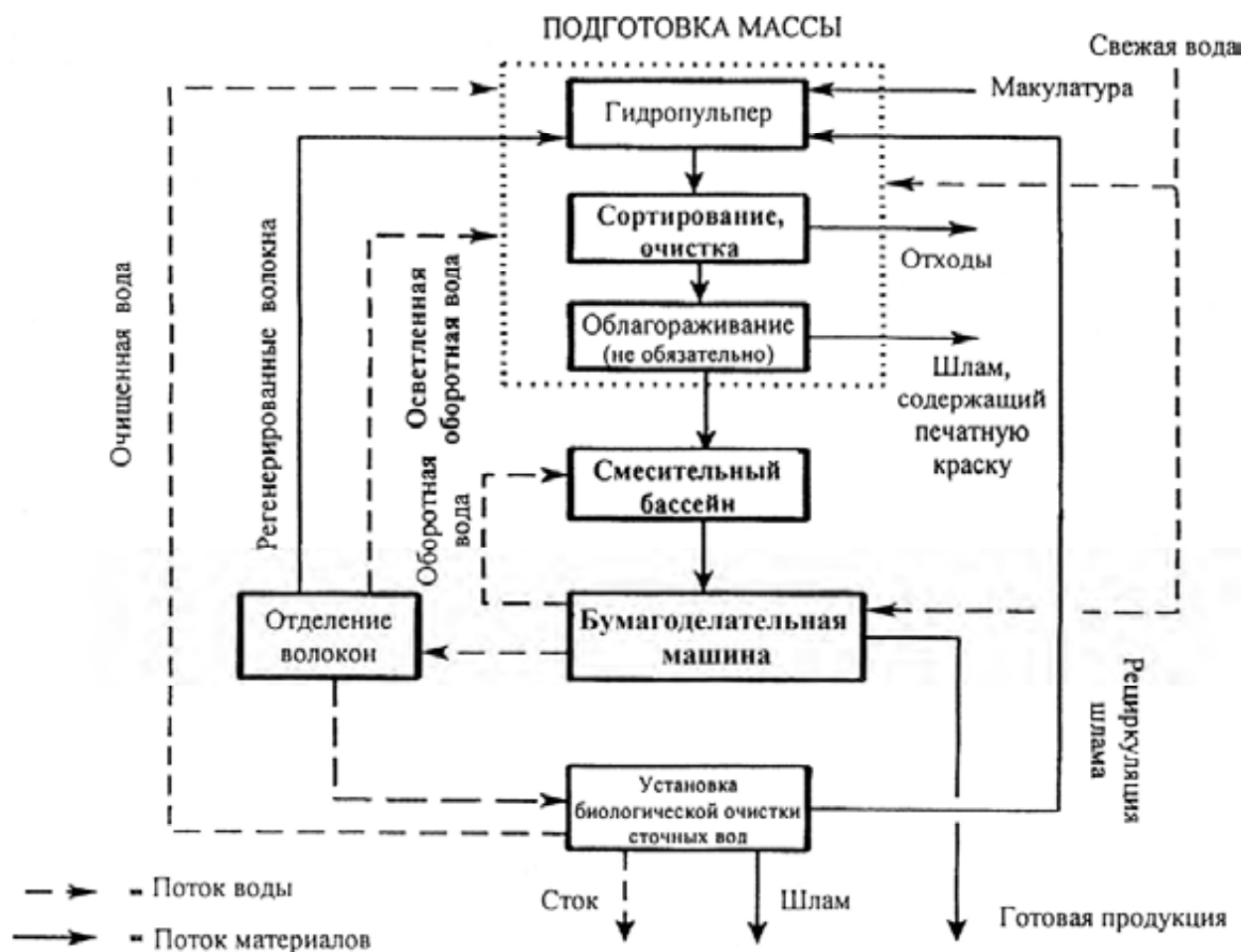


Рис. 10.1. Блок-схема процесса производства бумаги и картона из макулатуры

Для решения этих проблем используют внутрицеховые системы очистки волоконсодержащих вод, назначение которых состоит в улавливании волокна и обеспечении требуемого качества повторно используемой воды. Особенность системы внутрицеховой очистки сточных вод производства, перерабатывающего макулатуру, состоит в том, что из очищаемой воды необходимо извлечь только волокнистую составляющую, а не всю массу взвешенных веществ. На большинстве предприятий для улавливания волокна при переработке макулатуры используют дисковые фильтры различных систем, флотоловушки, осветлители со взвешенным слоем и отделители волокна (фракционаторы).

Одним из вариантов устройства для регенерации волокна из фильтратов является фракционатор Spray Filter фирмы Krofta. Диапазон допустимой концентрации взвешенных веществ обрабатываемых потоков от 20 до 5000 мг/л. В качестве фильтрующего элемента для отделения волокна от наполнителя применяют набор тонких сеток с отверстиями

от 50 до 500 мкм. Фракционер оборудован промывным спрыском, который увеличивает срок службы сетки.

Схема включения установки в технологический поток представлена на рис. 10.2. Фильтрат (подсеточная вода с БДМ или с установки облагораживания массы) по трубопроводу поступает в бак-усреднитель 3, откуда насосом через патрубок 2 под давлением около 800 кПа подается на фракционирование в Spray Filter 1. Через специальные отверстия (сопла) фильтрат равномерно распыляется на тонкую эластичную сетку, натянутую на барабан. Барабан приводится во вращение электродвигателем. Фракция, содержащая волокно, стекает вниз по внутренней стороне цилиндра, покрытого сеткой, и отводится через трубу 4 в бассейн для повторного использования. Фракция, содержащая различную мелочь, проходит через сетку и отводится через трубу 5 в резервуар для повторной очистки. Импульсный спрыск промывает сетку отфильтрованной водой. В зависимости от модификации аппарата его производительность составляет от 60 до 360 м³/ч.

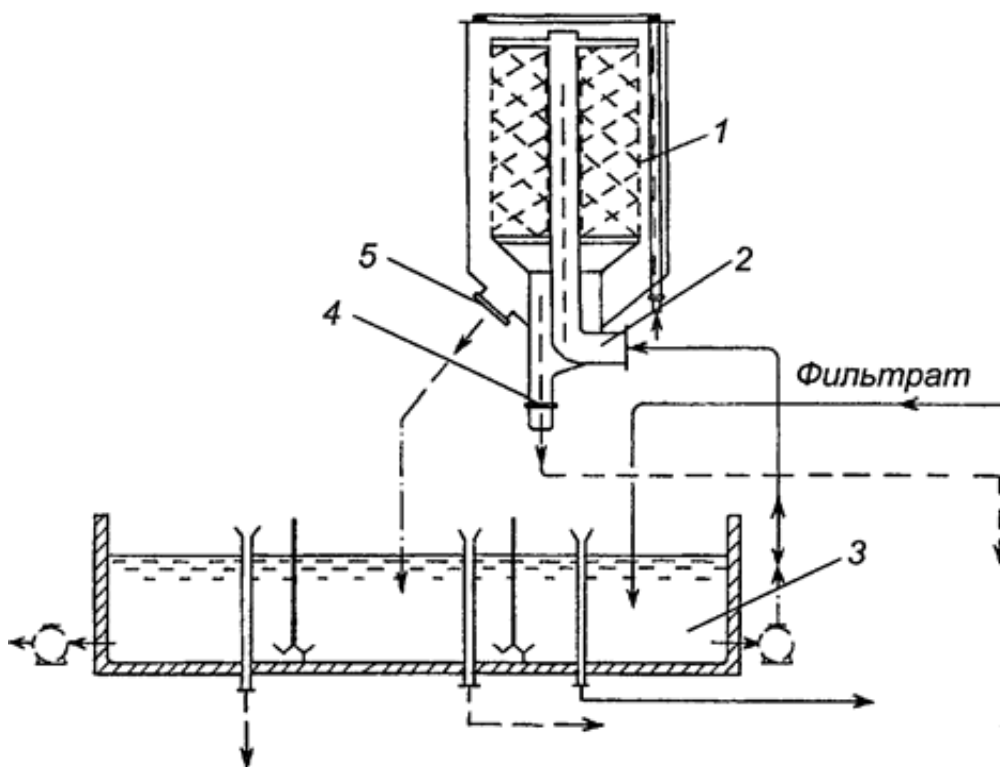


Рис. 10.2. Схема работы фракционера Spray Filter в технологическом потоке

Опыт эксплуатации указанных выше аппаратов показал, что они не всегда обеспечивают требуемое качество повторно используемой воды. В этих случаях, перед подачей такой воды в производство, она должна пройти дополнительную механохимическую очистку с целью удаления волокнистой мелочи, непригодной для повторного использования в продукции, отработанного наполнителя, коллоидных и субколлоидных веществ. Как правило, такая очистка производится с помощью коагулянтов и флокулянтов в сооружениях типа отстойников. Осадок от механической очистки

практически не должен содержать ценного волокна и к повторному использованию не рекомендуется.

Все многообразие систем водоотведения, очистки и возврата повторно используемой воды, может быть сведено к двум основным вариантам.

По первому варианту отведение всех сточных вод на очистку (механическую или биологическую) осуществляется одним потоком. Недостатком этого варианта является то, что в один поток смешиваются сточные воды с различными по характеру компонентами загрязнений, что не позволяет в полной мере использовать возможности различных методов очистки.

По второму варианту отведение сточных вод на очистные сооружения организовано двумя потоками. В один из них собираются стоки от стадии подготовки макулатурной массы, а во второй - избыточные оборотные воды от БДМ или КДМ. При этом первый поток, содержащий преимущественно органические вещества с низкомолекулярной массой, легко поддающиеся биоокислению, направляется на сооружения биологической очистки. Вторым потоком, содержащим преимущественно высокомолекулярные хорошо коагулируемые вещества, подвергают механохимической и, при необходимости, биологической очистке.

Раздельное отведение сточных вод позволяет снизить нагрузку на систему биологической очистки, уменьшить объем стоков, подвергаемых механохимической очистке и повысить эффективность каждого метода очистки.

Минимальное количество потребляемой свежей воды и максимальная степень очистки стоков отвечают требованиям охраны окружающей среды от последствий производственной деятельности.

10.1. СВЕЖАЯ ВОДА

При создании систем водопотребления и водоотведения удельный расход свежей воды определяется необходимым минимумом, вводимым в систему для поддержания показателей воды на уровне, при котором не возникает серьезных затруднений при проведении технологических процессов. Этот уровень зависит от вида и количества используемой макулатуры, применяемых ХВВ, степени удержания этих веществ готовой продукцией, параметров технологического процесса и т.п.

Свежая вода должна быть подготовлена, чтобы отвечать требованиям технологического процесса. Если необходимо, из нее удаляются железо, марганец, а иногда водоросли и мутность. Для этого используются флокуляция, обработка комплексонами и/или фильтрация ее через песчаные фильтры.

Из общего количества потребляемой свежей воды не более 30 % расходуется непосредственно на технологические нужды (спрыски БДМ и КДМ, приготовление химикатов и др.) и контактирует с волокнистой массой. Остальная ее часть расходуется на обслуживание оборудования (уплотнение,

охлаждение, создание водяного кольца вакуум-насосов, обслуживание систем теплорекуперации и др.) и с массой не контактирует. Опыт работы ряда предприятий показывает, что значительная часть свежей воды, при определенных условиях, может быть заменена водой, повторно используемой после механохимической или биологической очистки.

Важным резервом сокращения расхода свежей воды является сбор и рациональное использование охлаждающей и уплотняющей воды, а также возвращение в технологический процесс свежей воды от всевозможных переливов и утечек. Такая вода содержит, в основном, механические загрязнения, вследствие чего ее целесообразно не смешивать с загрязненными волокном сточными водами, а использовать повторно отдельно от них. Свежая вода, после использования в качестве охлаждающей, может накапливаться в сборнике и затем, после фильтрации, направляться на промывку одежды машин, в спрысковые системы, а также для уплотнения оборудования.

Основное требование, предъявляемое к качеству воды для уплотнения насосов и перемешивающих устройств, - это отсутствие в ней абразивных частиц типа песка, железа и др. Для выполнения этого требования уплотнительная вода после обычной очистки должна пройти ступень микрофильтрации. Систему уплотнения оборудования (насосов, мешалок) следует строить таким образом, чтобы уплотнительная вода не полностью попадала в массу, поскольку накопление ее в бассейнах приводит к переполнению их (особенно во время остановов БДМ) и попаданию воды и массы в канализацию.

Главным условием, позволяющим экономить свежую воду на уплотнение вакуум-насосов, является наличие водоотделителей для каждого или группы насосов, работающих под одним вакуумом. Наличие этого оборудования позволяет отделить отсасываемую из бумажного полотна и сукон мокровоздушную смесь, содержащую волокно и наполнитель, от чистой уплотнительной воды, возвращаемой в систему уплотнения. При этом расход свежей воды для вакуум-системы можно снизить на 50 % и более.

10.2. ОБОРОТНЫЕ ВОДЫ

Основными источниками образования загрязненных стоков, включаемых в водооборот, являются шаберные сгустители, прессы ТДУ, вихревые очистители и сортировки в отделе подготовки макулатурной массы. В постоянной части БДМ сточная вода образуется при тонкой очистке массы в центриклерах. Дополнительным источником образования стоков являются также воды после мытья сеток и сукон.

В целом, водопотоки производства продукции из макулатуры отличаются высоким содержанием взвешенных веществ. Поэтому особое значение приобретают вопросы рационального использования оборотных вод и внутрицеховой очистки волоконсодержащих стоков.

Важной проблемой, от решения которой зависит возможность создания малоотходных систем водооборота, является стабилизация качества оборотной воды.

Наибольшую степень загрязнения при производстве бумаги и картона из макулатуры имеет вода, контактирующая с сырьем и продукцией на протяжении всего технологического процесса. При этом концентрация загрязнений в этой воде возрастает со снижением удельного потребления свежей воды. С повышением степени замкнутости системы, концентрации загрязняющих веществ в оборотной воде могут достичь таких значений, при которых резко возрастает скорость процессов коррозии и слизиобразования оборудования, а также ухудшается качество продукции.

Для обеспечения нормальной работы предприятия целесообразно не превышать некоторый уровень замкнутости водооборота, за которым начинается интенсивное развитие указанных явлений. Этот уровень понижают путем использования различных методов очистки оборотной воды.

Оборотная вода от стадии отлива бумаги и картона (подсеточная) используется для разбавления массы в смесительных насосах (короткая циркуляция) и после ТДУ, а также для роспуска оборотного брака. Избыточная оборотная вода размольно-подготовительного отдела и отлива бумаги и картона собирается в соответствующих сборниках и направляется на аппараты внутрицеховой очистки для улавливания волокна. Сточные воды от прессов, промывки сукон, как и стоки из нерегулируемых источников (переливы) также поступают на цеховую очистку.

При анализе состава загрязнений, попадающих в водные потоки в результате их замыкания, помимо волокнистой составляющей, выделяются следующие компоненты.

Прежде всего, это накапливаемые в воде взвешенные дисперсные вещества. Они приводят к засорению одежды машин и росту количества микроорганизмов, многие виды которых являются причиной слизиобразования оборудования. Кроме того, наблюдается накапливание в водных потоках растворенных минеральных компонентов, в частности, анионов, вызывающих коррозию оборудования. Особенно резкое повышение концентрации сульфат-ионов при сокращении расхода свежей воды наблюдается на предприятиях, где в качестве основного сырья используется макулатура. Наконец, в системах водооборота накапливаются растворенные вещества органического происхождения. Они вызывают изменения свойств воды и могут оказывать отрицательное влияние на качество готовой продукции, технологический процесс и оборудование. Степень такого влияния зависит от уровня содержания в воде комплекса органических соединений, экстрагируемых из сырья (углеводородов, органических кислот, ароматических соединений и др.). Эти вещества, наряду с минеральными солями, являются основным источником питания микроорганизмов, в том числе и слизиобразующих. Они же являются причиной появления вторичных взвесей.

В результате анаэробного разложения органических и минеральных веществ образуется дополнительное количество органических кислот и сероводорода. Это способствует созданию агрессивной среды, обуславливающей интенсификацию коррозионных процессов.

Выведение дисперсных и коллоидных веществ из оборотной воды производится методами механохимической очистки: коагуляцией электролитами, фракционированием либо фильтрацией. Механохимические методы могут обеспечить извлечение 94-96 % взвесей, а также снижение количества микроорганизмов на 1-2 порядка. Для удаления растворимых органических веществ, помимо механохимических методов, рекомендуется биохимическая очистка.

Использованные воды, образующиеся в процессе облагораживания макулатуры, загрязнены значительно больше, чем при ее чисто механической обработке, поскольку в них, наряду с мелким волокном и наполнителем, попадают красители, щелочь, пероксид водорода, ПАВ и другие химикаты, используемые при облагораживании (см. разд. 9), а также вещества, переходящие в растворенное состояние под воздействием химикатов.

Основные объемы загрязненной воды при облагораживании массы методом флотации образуются на ступенях флотации (отходы флотации) и тонкой очистки на вихревых очистителях (отходы очистки), а также при сгущении облагороженной массы (фильтрат сгустителя). Твердые отходы последней ступени флотации состоят на 50 % из волокна. Для возможности повторного использования в технологическом процессе осветленной после облагораживания массы воды, кроме максимального удаления из нее взвесей, необходимо обеспечить прозрачность и низкую цветность для того, чтобы не снизить белизну облагороженного полуфабриката.

Исходя из характера загрязнений в водах после облагораживания макулатурной массы (высокая концентрация взвешенных веществ с одной стороны, и наличие ПАВ - с другой), лучшим для их осветления мог бы быть аппарат, совмещающий принципы очистки седиментацией и флотацией («седифлот»). В качестве альтернативы может быть использована технология осветления воды, представленная на рис. 10.3. На первой ступени очистки установлен фракционатор струйного типа. Применение его на потоке отходов флотации позволяет уловить до 10 % волокна и вернуть его в технологический поток. Поток воды, прошедший фракционатор, через деаэратор направляется в конусную ловушку для реагентной очистки.

Примером установки, осуществляющей принцип микрофлотации, является установка Poseidon, разработанная фирмой Kadant Lamort (рис. 10.4).

Большие объемы фильтрата, получаемые при облагораживании макулатурной массы методом промывки, перед подачей его в оборот необходимо очищать. Одним из способов обработки таких стоков, находящим все более широкое распространение благодаря высокой степени очистки при небольших габаритах, является микрофлотация с применением растворенного воздуха. Принцип ее действия заключается в следующем.

Небольшая часть фильтрата (10-15 % от общего объема) насыщается воздухом при входе в реактор под давлением 0,5-0,7 МПа. При выходе из зоны высокого давления в зону атмосферного - в смеси образуются мелкие пузырьки воздуха (диаметром 10-70 мкм). Частицы краски, содержащиеся в фильтрате, прилипают к этим пузырькам и поднимаются на поверхность в виде пены, удаляемой механическим способом. Для повышения эффекта очистки к обрабатываемым стокам добавляют различные химикаты. Таким способом удаляется до 98 % взвешенных веществ в одну ступень.

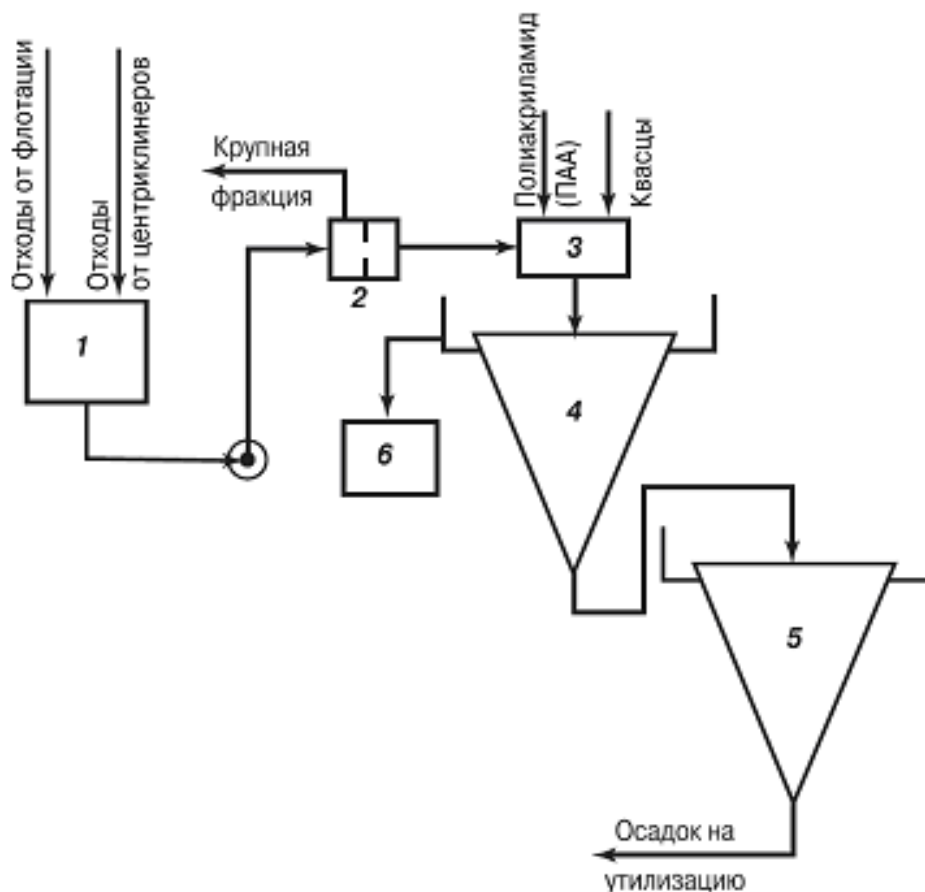


Рис. 10.3. Схема установки для очистки сточных вод линии облагораживания макулатуры: 1, 6 - бассейны; 2 - фракционер; 3 - смеситель; 4 - деаэрация; 5 - конусная ловушка

С повышением степени замкнутости водооборота на фабриках, использующих макулатуру, наблюдается увеличение отложений в бассейнах и машинах. Эти отложения представляют собой пленку из смеси шлама, волокон и других добавок. В такой пленке жизнедеятельствует множество микроорганизмов, причем некоторые анаэробные бактерии могут выделять летучие жирные кислоты и сульфид водорода (H_2S), который является дурнопахнущим, высокотоксичным и взрывоопасным, особенно в смеси с водородом, газом. Если слой шлама достаточно толстый, его куски могут отрываться, попадать в бумажное полотно и служить причиной его обрывов.

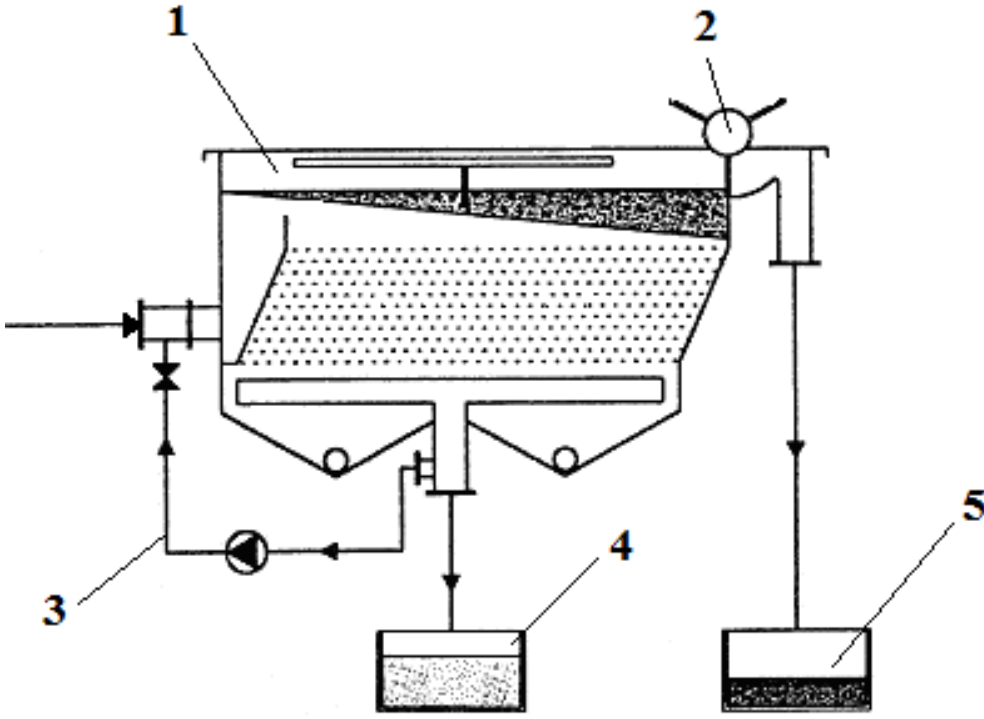


Рис. 10.4. Схема флотационной установки Poseidon:
 1 - реактор; 2 - устройство для сбора скопа; 3 - рециркуляция;
 4 - бак осветленной воды; 5 - бак отходов

Такие нежелательные явления как появление запаха, слизиобрастание, повышенная коррозия оборудования могут возникать при работе предприятия с расходом свежей воды менее 20 м³ на тонну вырабатываемой продукции.

Серьезной проблемой является попадание спор микроорганизмов в конечную продукцию, особенно при производстве санитарно-гигиенической бумаги и бумаги для упаковки пищевых продуктов. Известно, что некоторые споры не погибают даже при воздействии высоких температур в сушильной части БДМ. Источниками поступления микроорганизмов являются макулатурное сырье и свежая вода. Так как их содержание в макулатуре не поддается контролю, следует особое внимание уделять бактериологическому контролю свежей воды. Кроме того, в бумажном производстве в массу вносят много разных добавок, таких как крахмал, проклеивающие вещества, наполнители и полимеры, которые являются питательной средой для микроорганизмов и способствуют их неконтролируемому росту. Это приводит к порче химических добавок и меловальных паст.

Для подавления процесса размножения и действия микроорганизмов необходимо вносить в воду предохраняющие биоциды и принимать меры для повышения эффективности их применения. В качестве биоцидов рекомендуется использовать окисляющие химические реагенты, содержащие, например, надуксусную кислоту, дополненную небольшим количеством галогенов (хлор, гипохлорит, бром). Постоянная добавка биоцидов может предупредить образование биопленки.

Замыкание цикла водооборота способствует значительному пенообразованию, так как при этом происходит накопление растворимых минеральных и органических веществ, экстрагируемых из используемого сырья, а также взвешенных мелкодисперсных частиц, стабилизирующих пену. Основной характеристикой пены является стабильность или прочность ее пленок, которая зависит как от вида пенообразователя, так и наличия стабилизаторов пены. Такими стабилизаторами являются электролиты и дисперсные твердые частицы.

Наиболее устойчивую и обильную пену дает макулатура, содержащая остатки затаренной в мешки продукции (каолин, мел, цемент, сода и др.), а также коробки из под стиральных порошков. Остаточное количество затаренных продуктов либо способствует пенообразованию (сода, латекс и др.), либо, адсорбируясь на поверхности пузырьков пены, способствует ее стабилизации (тальк, асбест, мука и др.). Применение макулатуры из использованной гофротары приводит к пенообразованию из-за наличия в ней силикатного клея, изредка еще используемого для проклейки компонентов гофрокартона.

Пенообразование в массе затрудняет процесс формования бумажного полотна, снижает производительность машин, а переливы пены через стенки напорных ящиков бассейнов и ванн приводят к потерям волокна и химикатов, загрязняют промышленные стоки, снижают культуру производства.

Для предупреждения негативных эффектов, связанных с пенообразованием, используют различные пеногасители. К использованию в производственных условиях рекомендуются пеногасители ЭАП-40 (однородная силиконовая эмульсия, хорошо разбавляемая водой во всех соотношениях), Неопол В1020-2 (продукт оксиэтилирования вторичных спиртов фракции С₁₀-С₂₀) и другие. Эти пеногасители обладают пониженной токсичностью и высокой экологичностью. Тип, место подачи и эффективный расход пеногасителя необходимо подбирать для каждого производства отдельно в зависимости от конструкции БДМ, технологической схемы производства, используемого сырья, химикатов и других особенностей.

Наличие очистных сооружений на предприятиях обеспечивает возможность повторного использования воды после очистки в тех процессах технологического потока, где часто используют исключительно свежую воду. Современные очистные сооружения обеспечивают достаточно высокую степень очистки по взвешенным веществам. Поэтому использование очищенной воды взамен свежей не повлечет за собой забивания sprays и засорения одежды машин дисперсными веществами.

Для sprays сгустителей, сортировок, сеточных цилиндров, наружных sprays прессовых валов, прессовых сукон и уплотнения сальников оборудования может успешно использоваться очищенная вода (прошедшая механохимическую или биологическую очистку), а в отдельных случаях и подсеточная вода, фильтрат сгустителей и дисковых фильтров, уплотнительная вода вакуум-системы.

10.3. СТОЧНЫЕ ВОДЫ

Сбросы сточных вод бумажного предприятия и образование отходов тесно связаны с требованиями, предъявляемыми к производимой продукции, с качеством макулатуры и используемыми технологиями. Применяемые химические добавки, управляемость производственными процессами и техническое состояние оборудования также влияют на уровни загрязнения сточных вод.

Сточные воды на предприятиях, производящих продукцию на основе макулатуры, в основном образуются на стадии очистки, сортирования и облагораживания макулатурной массы. Общей практикой является сброс сточных вод там, где производственная вода загрязняется в наибольшей степени. Места образования таких вод различны на разных предприятиях. Так, наиболее грязная вода образуется во время промывки макулатурной массы, удаления печатной краски и регенерации волокон. Поэтому сточные воды на предприятиях, использующих макулатуру, включают:

- воду с этапа отделения отходов на сортировках и очистителях;
- фильтрат от установок промывки, сгущения и обработки осадка;
- избыток оборотной воды в системе рециркуляции.

Сточные воды от бумажно-картонного производства сбрасываются непосредственно в открытые водоемы после первичной (химико-механической) и биологической очистки на месте или, после первичной очистки от взвешенных частиц, на муниципальные очистные сооружения.

Состав загрязнений сточных вод характеризуется показателями ХПК и БПК₅, биогенными и взвешенными веществами, содержанием тяжелых металлов, абсорбируемого органического хлора (АОХ), различных солей и т.д.

Загрязнения, измеряемые показателем ХПК, появляются из сырья и вспомогательных химических веществ. Процесс удаления печатной краски из макулатуры и ее отбелка приводят к более высоким значениям ХПК стоков. Это объясняется тем, что в процессе подготовки макулатурной массы без удаления печатной краски большая часть загрязнений, приводящих к росту ХПК, задерживается в продукции.

Данные об уровне БПК₅ после биологической очистки свидетельствуют о незначительной разнице в значениях этого показателя при переработке макулатуры с удалением печатной краски и без него. На хорошо работающих очистных сооружениях величина БПК₅ после очистки стоков, как правило, менее 20 мг/л, независимо от того, какой она была до очистки. Разница в удельной нагрузке по БПК₅ зависит, в основном, от разницы в расходах воды. Соотношение БПК₅/ХПК в стоках бумажных предприятий после первичной очистки, равное около 0,5, показывает, что эти стоки легко поддаются биологической очистке.

Как свидетельствует практика, стоки после очистных сооружений содержат достаточно низкие концентрации таких биогенных веществ, как азот и фосфор. Эти соединения добавляются для эффективной работы сооружений биологической очистки в обычном соотношении БПК₅/N/P=100/5/1.

Органически связанные соединения азота могут поступать в массу в составе некоторых химических добавок. В процессе биологической очистки часть их обычно гидролизуются, а часть трансформируется в нитраты.

Повышенное содержание в стоках взвешенных веществ наблюдается на тех бумажных фабриках, где плохо работают очистные сооружения. При наличии некоторых органических веществ в сточной воде предприятия может наблюдаться тенденция к росту уровня образования избыточного активного ила на биологических очистных сооружениях. Для предотвращения этого явления следует принимать специальные меры.

Концентрация тяжелых металлов в сточных водах бумажных предприятий, как правило, не велика. Однако, если на предприятии используется процесс удаления печатной краски из макулатуры, стоки могут содержать повышенные концентрации ионов свинца, меди и цинка. Основным источником появления тяжелых металлов считаются типографские краски из макулатуры. В сточных водах они находятся в форме стабильных органических комплексов.

Источниками абсорбируемых органических соединений являются некоторые химические добавки (средства для повышения прочности мокрого полотна), макулатура из целлюлозы, беленой хлором и краски для печати. Поскольку отбелка хлором теперь практически не применяется, то поступление соединений, содержащих хлор, в последние годы сокращается.

Соли, преимущественно сульфаты и хлориды, поступают в сточную воду из макулатурной массы и некоторых химических добавок, типа сульфата алюминия или квасцов. В зависимости от типа макулатуры, используемой в качестве сырья, и степени замкнутости системы водопользования, концентрация сульфатов может быть достаточно высокой, даже если в основном процессе не использовался сульфат алюминия.

В связи с особенностями технологического процесса подготовки макулатурной массы, загрязнения сточных вод предприятий имеют разное содержание грубодисперсных, коллоидных и растворенных органических веществ, что определяет их различную способность к коагуляции. Для характеристики загрязнений сточных вод можно использовать отношение показателей химического поглощения кислорода и количества растворенных органических веществ (ХПК/РОВ). Если показатель ХПК/РОВ сточной воды меньше единицы, то можно утверждать, что в ней находятся преимущественно растворенные органические вещества. Если показатель ХПК/РОВ больше единицы, то преимущественно - грубодисперсные вещества и коллоиды.

При подготовке массы с применением ТДО образующаяся сточная вода имеет большую цветность при небольшой мутности. Это свидетельствует о наличии в ней достаточного количества растворенных органических веществ при минимальном содержании дисперсных взвешенных и коллоидных веществ. Сточные воды, полученные при обработке массы без термического воздействия, характеризуются незначительной цветностью и высокой

мутностью, что говорит о повышенном содержании грубодисперсных взвешенных и коллоидных веществ.

Коагуляция грубодисперсных взвешенных и коллоидных веществ требует большего расхода коагулянта (сульфата алюминия и полиакриламида), чем коагуляция растворенных органических веществ. Применение предварительной реагентной обработки (коагуляции) воды перед биологической очисткой позволяет снизить концентрацию взвешенных частиц в сточной воде в 2-2,5 раза. Это дает возможность получить максимальный эффект осветления сточной воды после биологической очистки.

Основная масса РОВ удаляется на первой ступени биологической очистки. После второй ступени - удаление РОВ возрастает, но незначительно.

10.4. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ, ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ МАКУЛАТУРУ

Совершенствование систем водопользования направлено на улучшение экономических и экологических показателей производства. Соответствующие технологии относятся как к внутрицеховым мероприятиям, так и к технологиям «на конце трубы». Цеха по переработке макулатуры обычно находятся на территории бумажно-картонных предприятий. Поэтому существуют некоторые общие моменты в производстве массы из макулатуры, с одной стороны, и в подготовке массы для отлива бумаги и картона на машине, с другой стороны. Рассмотренные ниже варианты технологий не исчерпывают всех возможных решений и поэтому список их может быть расширен.

10.4.1. Отделение менее загрязненных вод от более загрязненных с их рециркуляцией

Как отмечалось выше, отделение чистой охлаждающей воды от производственных стоков и ее повторное использование для других нужд является мерой по снижению расхода свежей воды. Если вода для охлаждения сбрасывается в систему канализации, то не следует ее смешивать с загрязненной технологической водой, чтобы процесс очистки сточных вод был более эффективным и затраты на очистку были меньше.

Для создания вакуума в отсасывающей части БДМ используются водокольцевые вакуум-насосы, потребляющие воду для уплотнения и перекачки в количестве приблизительно 1 л/мин на 1 кВт установленной мощности. Уплотнительная вода водокольцевого насоса может быть в некоторой степени загрязнена волокном. Одновременно увеличивается ее температура. Необходимость в свежей воде для работы такого насоса можно значительно уменьшить, если осуществить рециркуляцию воды от него через теплообменники или градирни. Иногда эту воду до поступления в

теплообменник очищают при помощи, например, специальных сит. Это может оказаться необходимым и при контроле рН в системе оборотной воды.

Повторное использование отделенной более чистой воды в технологических процессах подготовки массы может потребовать увеличения объема технологических бассейнов. Это позволит избежать перелива оборотной воды во время остановов. Увеличение объема емкостей означает необходимость установки дополнительных баков, трубопроводов и насосов.

Основной эффект от данной технологии заключается в заметном снижении расхода свежей воды, затрат на ее подготовку и уменьшении объемов сброса сточных вод.

10.4.2. Оптимальное использование воды и ее очистки

В современных системах водооборота технологическая вода используется несколько раз, как это показано на рис. 10.5.

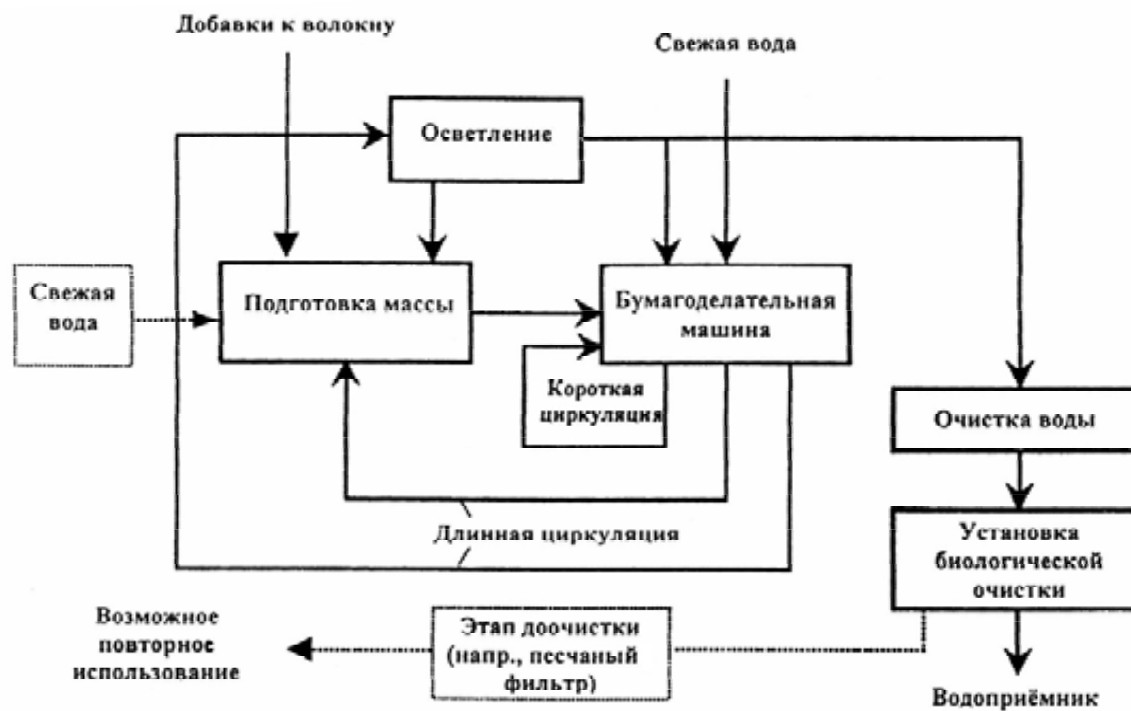


Рис. 10.5. Схема водоснабжения бумажного предприятия с разделением водных циклов и системой противотока

Повторное использование технологической воды заключается в возврате ее в систему и противотоке ее в волокнистую массу. Все бумажные предприятия используют неочищенную оборотную воду с большим содержанием волокна, которая поступает от БДМ для разбавления массы из машинного бассейна, расположенного до поступления композиции в БДМ (короткая циркуляция или первичный цикл) и на этап подготовки массы (длинная циркуляция или вторичный цикл).

Часть оборотной воды очищается от волокна (осветление) фильтрацией (дисковые или барабанные фильтры), флотацией или осаждением (отстойники). Осветленная вода повторно используется в качестве замены свежей воды, например, для промывки одежды машин (сетки, сукна). Избыточная осветленная вода поступает на очистные сооружения. В отдельных случаях осветленная вода частично используется снова в качестве технологической воды, например, при производстве бумаги для гофрирования и картона тестлайнера из макулатуры. Таким образом, расход свежей воды при производстве тонны такой продукции можно снизить до 4-7 м³.

На многих бумажных предприятиях свежую воду используют только для разведения химикатов и в тех частях БДМ, где требуется качественная вода без взвешенных веществ, например, на спрысках. Однако замыкание водооборота имеет как преимущества, так и недостатки, сводка которых дана в табл. 10.1.

Таблица 10.1. Некоторые преимущества и недостатки замкнутого водооборота на бумажных предприятиях

| Преимущества | Недостатки |
|---|--|
| Меньший расход свежей воды | Накопление взвешенных веществ |
| Меньше затрат на водоподготовку | Накопление растворимых органических и неорганических веществ |
| Меньше стоков | Усложнение процессов |
| Увеличение объема производства не препятствует обработке воды на «конце трубы» | Коррозия оборудования |
| Снижение потерь волокна и наполнителя | Увеличение расхода вспомогательных веществ |
| Повышение температуры воды улучшает обезвоживание полотна на сеточной части БДМ | Возможность засорения оборудования |
| Экономия энергии | Проблемы с качеством продукции |
| | Образование накипи и минеральных отложений |
| | Повышение температуры технологической воды |

При высоком уровне замкнутости водных систем в производстве тестлайнера и бумаги для гофрирования из макулатуры могут возникнуть дополнительные проблемы, с которыми необходимо бороться:

- значительное снижение содержания кислорода в технологической воде, приблизительно до анаэробных условий. Это приводит к микробиологическому восстановлению сульфатов в сероводород и образованию дурнопахнущих низкомолекулярных жирных кислот;
- интенсивный рост микроорганизмов;

- сильная коррозия оборудования, вызванная повышенными температурами и высоким содержанием хлоридов, сульфатов и органических кислот;
- сильные запахи в сушильной части БДМ;
- снижение качества производимой продукции и наличие у нее запаха;
- большой расход химикатов для борьбы со слизиобразованием.

Для решения этих проблем необходимо:

- устанавливать внутризаводские системы очистки технологической воды от органических веществ;
- поддерживать расход свежей воды не менее 4-7 м³ на тонну производимой продукции;
- использовать для сточной воды комбинацию анаэробной и аэробной очистки или только аэробную очистку;
- оптимизировать работу очистных сооружений.

10.4.3. Снижение расхода свежей воды за счет разделения водных потоков в сочетании с использованием системы противотока

Основным принципом этого мероприятия является противоток оборотной воды от бумажного производства, подаваемой в систему подготовки массы, с направлением движения ее в производстве вплоть до изготовления продукции. Таким образом, избыточная оборотная вода поступает на предыдущий этап подготовки массы, где качество воды не столь существенно. Очень важно, чтобы как можно меньше оборотной воды поступало в том же направлении, что и поток волокна, т.е. из отдела подготовки массы на БДМ. Это достигается путем сокращения количества воды в потоке волокнистой массы (повышением ее концентрации) при поступлении ее в машинный бассейн, т.е. до поступления ее на БДМ. Таким образом, снижается степень переноса загрязняющих веществ в систему относительно чистой технологической воды.

На рис. 10.6 приведена блок-схема организации самостоятельных водных циклов.

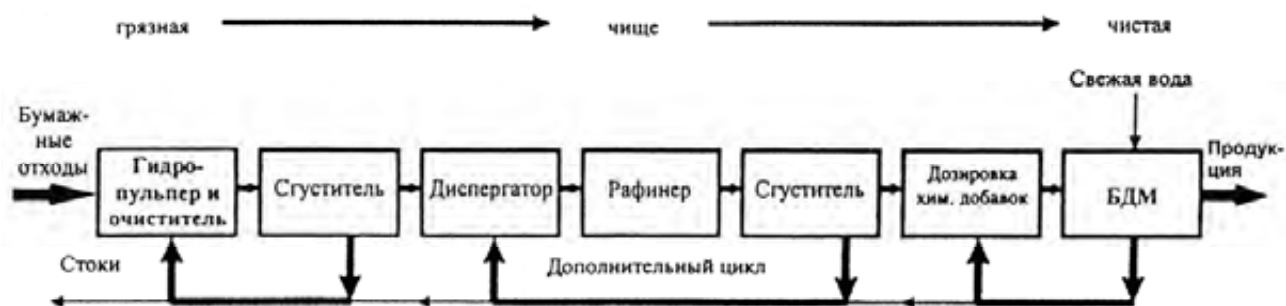


Рис. 10.6. Схема организации циклов по воде

Использование дополнительного сгустителя позволяет улучшить разделение «грязной» системы подготовки массы и «чистой» системы БДМ, и таким образом значительно снизить содержание органических веществ,

которые могут попасть в систему БДМ. Четкое разделение потоков воды создает хорошую возможность для внутрицеховой очистки, предназначенной для удаления загрязняющих веществ («эффект почки»).

Разделение потоков воды посредством сгущения массы приводит к значительным положительным изменениям в составе воды цикла водоснабжения БДМ в части содержания в ней органических и неорганических веществ. Это влияет на изменение режима введения химических добавок, что в свою очередь влияет на уровень ХПК. В некоторых случаях создание дополнительного водного цикла может привести к снижению температуры воды в цикле БДМ. Например, когда этот цикл отделен от диспергатора и мельниц, при работе которых происходит нагрев технологической воды.

10.5. ОБРАБОТКА И УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ

Основную часть отходов от переработки макулатуры в конечном итоге составляют твердые отходы. К твердым отходам относятся различные типы осадка и, в случае внутриводского сжигания отходов, - зола. Основными технологическими операциями, при которых происходит образование твердых отходов, являются подготовка макулатурной массы и очистка технологической (оборотной) и сточной воды.

Отходы подготовки (очистки и сортирования) массы состоят из пучков волокон, песка, металла, стекла, пластика и других органических веществ. Они составляют примерно 6,5 % от количества закупаемой макулатуры и не могут быть утилизированы. Поэтому их вывозят на свалки или сжигают. Внутриводское сжигание отходов возможно только на крупных предприятиях, где образуется большое количество отходов.

Шлам от очистки производственной воды (волокнистые отходы) образуется на этапе регенерации волокна, содержащегося в оборотной воде, и при механической очистке сточных вод. Эти отходы преимущественно состоят из коротких волокон и наполнителей. При производстве картона и бумаги для средних слоев гофрокартона такие отходы иногда вновь используются в производстве. При выработке продукции высокого качества волокнистые отходы не удовлетворяют требованиям к ее качеству и потому не пригодны для повторного использования. В этом случае их вывозят на свалку или сжигают.

Шлам от удаления типографской краски содержит короткие волокна, частицы наполнителя, краски, экстрагируемые вещества и химикаты, используемые для удаления краски. Частицы краски являются потенциальными источниками тяжелых металлов.

Шлам (осадок), образующийся на биологических очистных сооружениях, или сгущается обезвоживанием и затем сжигается (внутри или вне предприятия), или вывозится на свалку. В отдельных случаях, например, при производстве бумаги для внутренних слоев гофрокартона, шлам частично утилизируется для производства.

Для предварительного обезвоживания осадков используются различные технологии и оборудование. Самые простые из них - гравитационные уплотнители, представляющие собой радиальные отстойники диаметром 11-12 м и глубиной 3-4 м. Их преимущества, помимо простоты, - надежность в работе, низкие эксплуатационные затраты и способность хранить большое количество осадков в течение определенного времени. Недостатки - малая степень сгущения осадков (концентрация менее 3 %), большая занимаемая площадь и выделение неприятных запахов.

Барабанные сгустители, представляющие собой сетчатый вращающийся цилиндр, способны повышать концентрацию осадка до 4-10 % в зависимости от его состава. К другим устройствам для предварительного обезвоживания осадков относятся обезвоживающие столы (достижимая концентрация 4-10 %), флотационные осветлители с растворенным воздухом (достижимая концентрация 3-6 %), дисковые фильтры. Для этих же целей служат гравитационные наклонные установки с обезвоживающим шнеком (рис. 10.7а).

Наиболее распространенными видами оборудования для окончательного обезвоживания осадков являются шнек-прессы, ленточные прессы и центрифуги.

Ленточные прессы обычно используются в тех случаях, когда не требуется очень высокая концентрация осадка на выходе. В сочетании с гравитационными уплотнителями ленточные прессы обеспечивают концентрацию осадка не более 25 %, а при высоком содержании избыточного ила - не более 20 %.

Шнек-прессы (рис. 10.7б) наиболее чувствительны к содержанию избыточного биологического ила в смешанном осадке, в зависимости от чего концентрация осадка колеблется от 21 до 45 %. К проблемам эксплуатации шнек-прессов относятся забивание мелких отверстий в сетчатом кожухе у разгрузочного конца шнека, износ витков и высокое содержание взвешенных веществ в фильтрате (1000-9000 мг/л).

Достижимые уровни содержания сухого вещества в осадке и требуемый для этого расход энергии при различной зольности (для сравнения) представлены в табл. 10.2.

Таблица 10.2. Достижимые уровни содержания сухого вещества в осадке

| Применяемое оборудование | Сеточный пресс, включая предварительное сгущение | Шнек-пресс, включая предварительное сгущение |
|--|--|--|
| Достижимый уровень содержания сухого вещества при зольности: более 50 % менее 50 % | до 60 % до 55 % | до 70 % до 65 % |
| Расход энергии, кВт·ч/т | 10-15 | 18-20 |

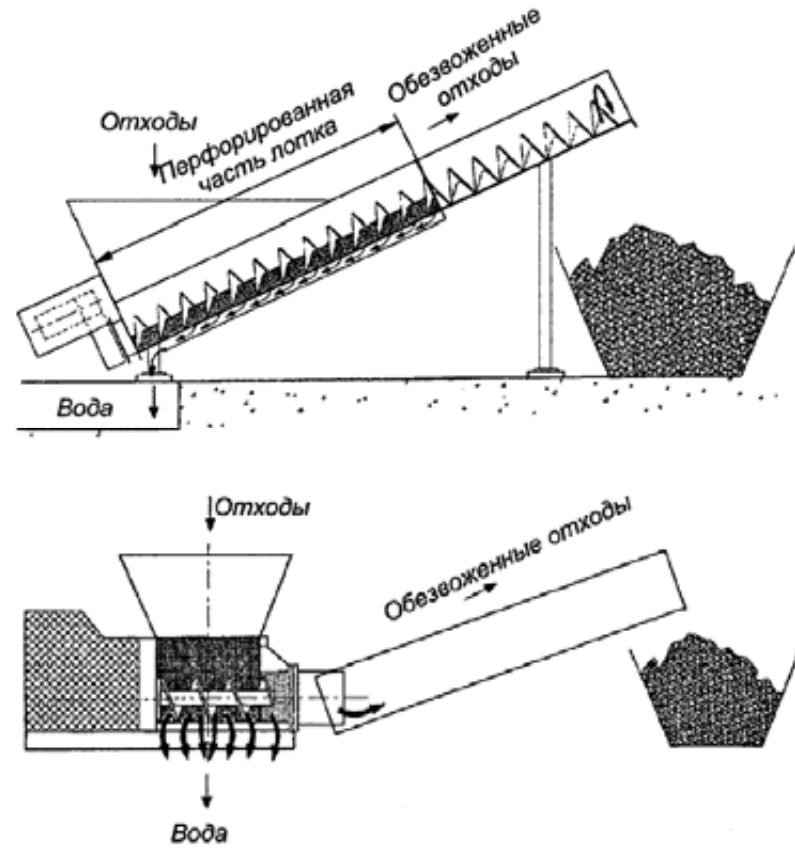


Рис. 10.7. Принципиальная схема работы оборудования для обезвоживания отходов переработки макулатуры:
 а - с обезвоживающим шнеком; б - со шнек-прессом Compactor EWM 360

На рис. 10.8 показана схема узла обезвоживания флотационных отходов со ступени обесцвечивания массы и шлама от очистки оборотных вод, поставляемого фирмой Celleco, с использованием обезвоживающей центрифуги Alfa-Laval Sharples. Такие центрифуги имеют производительность от 0,1 до 150,0 м³/ч и обезвоживают осадок до 50 % сухости. По мнению разработчиков, для предприятия, производящего 100 000 т продукции в год из макулатуры, 3-4 обезвоживающие центрифуги среднего типоразмера могут решить проблему подготовки осадка для его экономичной утилизации.

Центрифуга шнекового типа представлена на рис. 10.9. Сгущаемый материал подается через питающую трубу 1, расположенную по оси цилиндрико-конического корпуса, в барабан центрифуги, где шнековым устройством плавно разгоняется во вращение и распределяется внутри барабанного пространства. В результате действия центробежных сил на внутренней поверхности барабана, вращающегося с высокой частотой (2500-3000 об/мин), происходит разделение (зона разделения 4) осветленной воды и тяжелых загрязнений (мелкое волокно, частицы краски и наполнителя). Шнек, вращающийся медленнее барабана, перемещает и уплотняет шлам в сторону меньшего диаметра барабана (зона обезвоживания 5) и выводит его через выпускное отверстие 2. Осветленная вода уходит в кольцевую камеру и под действием давления удаляется через отводящий патрубок 3.

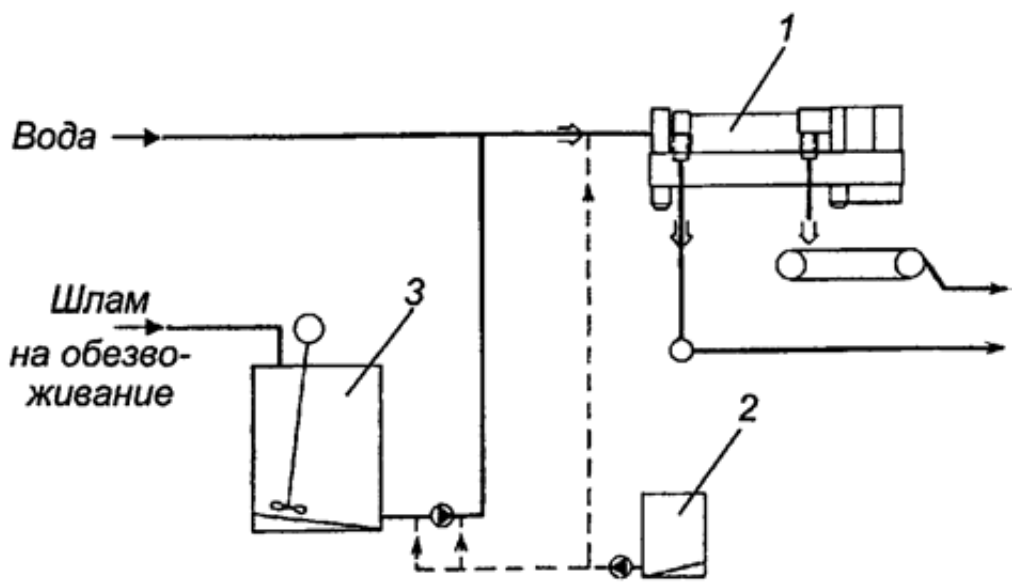


Рис. 10.8. Схема узла обезвоживания отходов с использованием центрифуги Alfa-Laval Sharples: 1 - центрифуга; 2 - емкость для флокулянта; 3 - расходный бак

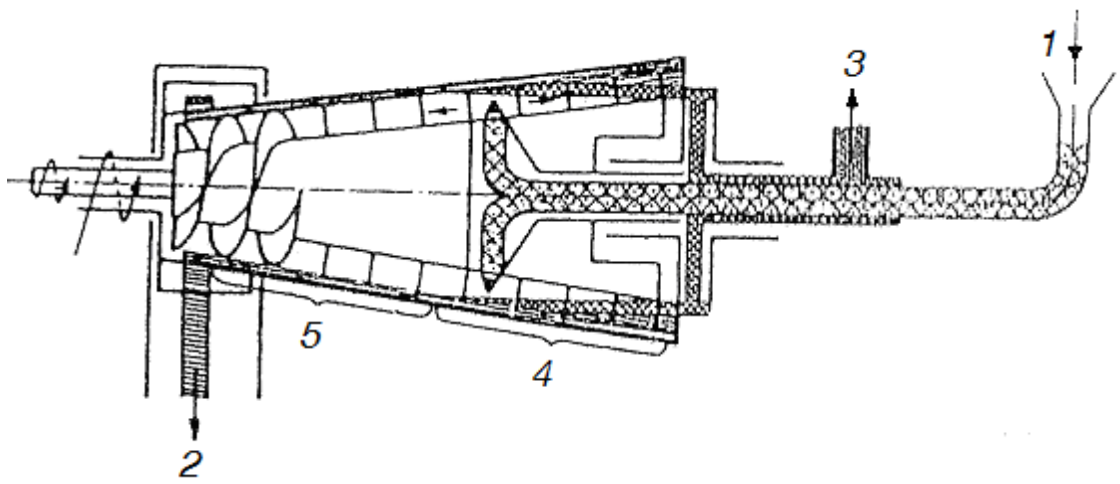


Рис. 10.9. Шнековая центрифуга

В процессе обезвоживания осадков широко используются коагулянты и флокулянты. Коагулянты применяют для предварительного связывания частиц осадка перед обезвоживанием, а флокулянты вводятся в обезвоживающее устройство для образования флокул в осадке.

Наиболее распространенным способом утилизации обезвоженного осадка является его сжигание. Одна из существенных проблем, возникающих при сжигании осадка, заключается в большом количестве золы (особенно при сжигании осадка, получаемого при облагораживании макулатуры методом промывки). Ее можно вывозить в отвал либо использовать в композиции таких строительных материалов, как кирпич, цемент и пр. Сжигание осадка наиболее целесообразно на предприятиях, где имеются корьевые котлы. Это позволяет не только получать тепло за счет органической составляющей, но также и утилизировать неорганические вещества (золу). При сжигании

избыточного активного ила в содорегенерационных котлах особых проблем в цикле регенерации щелоков не возникает.

Альтернативой сжиганию является широко распространенная вывозка осадка на поля в качестве удобрений, в отвалы и для заполнения участков, не пригодных для растениеводства. Известна практика получения из скопа строительных плит для внутренней отделки помещений и других изделий.

Как показывает практика не всю имеющуюся в наличии макулатуру возможно и целесообразно перерабатывать в макулатурную массу. В первую очередь, это относится к макулатуре марки МС-11В. Альтернативой регенерации является сжигание такой макулатуры, т.е. использование ее в качестве топлива. Перед сжиганием эту макулатуру измельчают. На предприятиях Финляндии, Германии и США доля измельченной макулатуры в топливной смеси для печей кипящего слоя достигает 20 %. Некоторые предприятия предлагают прессовать трудноперерабатываемую макулатуру (парафинированную, битумированную и т.п.) вместе с осадком для приготовления топливных брикетов. Практика показала, что содержание загрязняющих веществ (соединений серы, азота и хлора) в воздушных выбросах из энергетических установок ниже в том случае, если для сжигания используется только макулатура.

11. СИСТЕМЫ ПЕРЕРАБОТКИ МАКУЛАТУРЫ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Требования, предъявляемые к качеству и показателям готовой продукции, диктуют выбор вида макулатурного сырья, а также характеристик получаемой в результате переработки макулатурной массы. К этим характеристикам относятся, например, прочностные показатели, внешний вид, чистота, белизна массы, поверхностные свойства и др. В связи с этим технологические схемы подготовки массы отличаются друг от друга структурой, степенью сложности, выбором типа оборудования. Кроме того, при разработке технологических схем следует учитывать и экологические аспекты, т.е. расход энергии и свежей воды, объем сточных вод и количество образующихся отходов, приведенные в табл. 11.1.

Таблица 11.1. Показатели расходов и эмиссий при производстве продукции и использованием макулатуры

| Виды продукции | Упаковочная бумага и картон | Санитарно-гигиеническая бумага | Газетная бумага |
|--|------------------------------|---------------------------------------|--|
| Качество макулатуры | Бумага и картон из магазинов | Газетно-журнальная и офисная бумага | Газетная и журнальная бумага (50:50 %) |
| Количество макулатуры, т/т бумаги | 1100 | 1500-1600 | 990-1270 |
| Потребление - электроэнергии, кВт·ч/т - теплоэнергии, МДж/т (т пара/т) - свежей воды, м ³ /т | 150-250 - 2-4 | 400-500 650-1100 (0,3-0,5) 8-16 | 300-400 450-900 (0,2-0,4) 8-16 |
| Отходы - твердые отходы, кг/т а.с.в. - содержание органики, % | 50-100 70-80 | 300-500 40-50 | 170-190 35-45 |

Ниже рассмотрены особенности систем переработки макулатуры для изготовления основных видов продукции.

11.1. ПРОИЗВОДСТВО МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГОФРОКАРТОНА

Гофрированный картон - наиболее массовый вид упаковочной продукции из макулатуры состоит из сочетания плоских слоев - лайнера и гофрированных слоев - флютинга. В соответствии с их назначением в гофрокартоне к ним предъявляются особые требования.

К бумаге для гофрирования в качестве требований включают следующие характеристики:

- сопротивление плоскостному сжатию гофрированного образца;
- сопротивление торцевому сжатию в поперечном направлении (разрушающее усилие при сжатии кольца).

Потребительские свойства включают: впитывающую способность материала, воздухопроницаемость и равномерность влажности полотна по ширине и длине.

К картону для плоских слоев (лайнера) в качестве требований включают следующие характеристики:

- сопротивление продавливанию, определяющее устойчивость картона к проколу (пробую);
- прочность поверхности к выщипыванию;
- впитываемость при одностороннем смачивании;
- гладкость.

Потребительские свойства лайнера включают равномерность влажности по ширине и длине полотна, а также сопротивление двойным перегибам.

Для этих видов продукции используют смешанную макулатуру (МС-13В), отходы производства и потребления картона (МС-5Б, МС-6Б, МС-7Б), а также мешочную макулатуру (МС-3А, МС-4А).

Компоненты гофрокартона изготавливаются, как правило, на сходных машинах. Традиционная схема подготовки (см. рис. 11.1) включает минимальный набор операций. Поэтому гибкость технологии подготовки минимальна, а достижение требуемого качества обеспечивается, в основном, за счет хорошего качества сырья.

Более гибкой и универсальной является схема подготовки массы с фракционированием волокна и двумя циклами подготовки. Система подготовки макулатурной массы с двумя циклами (см. рис. 11.2) предусматривает ступень тонкого сортирования массы перед КДМ, что повышает надежность ее работы, а следовательно, и производительность.

Многоэтапная система очистки и сортирования массы позволяет удалить тяжелые включения, плоские частицы загрязнений, связующие (клейкие) вещества, мелкий песок и обеспечивает разволокнение флокул, чем достигается хорошая оптическая однородность. Ступень фракционирования позволяет разделить волокнистую массу на два потока: ДВФ и КВФ. Благодаря этому, диспергированию и размолу подвергается лишь часть обрабатываемого макулатурного сырья, что дает значительную экономию расхода энергии, а при последующем объединении двух потоков получаемая масса приобретает более высокие качественные показатели по сравнению с показателями при термодиспергировании всего потока нефракционированной массы. Повышается степень помола, несколько снижается зольность массы и увеличивается сопротивление расслаиванию картона при продольном сжатии.

Выделенные фракции можно смешивать в различных комбинациях в зависимости от требований, предъявляемых к конечному продукту.



Рис. 11.1. Стандартная схема подготовки макулатурной массы из использованной гофрокартонной тары

Технологическую схему со ступенью промывки коротковолокнистой фракции (рис. 11.3) применяют в тех случаях, когда высокая зольность массы может вызвать трудности в производстве. Промывка этой фракции позволяет значительно (с 20 до 10 % и менее) снизить зольность массы даже после объединения двух выделенных фракций. Фильтрат от ступени промывки подвергают очистке на установках микрофлотации с последующим использованием его в технологическом процессе.

Характерная тенденция: производство высококачественного картона для упаковочных ящиков требует большего количества оборудования, чем производство картона-лайнера, а производство лайнера - большего количества оборудования, чем производство бумаги-флутинга.

В процессе подготовки массы образуется около 45 кг, а при производстве из нее тестлайнера и флутинга на КДМ около 50 кг отходов на тонну продукции. Данные об отходах включают золу, органические и

неорганические осадки. От 91 % (тестлайнер) до 95 % (флютинг) отходов выводится на свалки. Предприятия, имеющие котлы для сжигания отходов, сжигают почти все отходы, за исключением отходов с высокой удельной плотностью, получаемых при роспуске и очистке макулатурной массы. От 1,0 до 3,6 кг на тонну продукции органического осадка используется в производстве лайнера и флютинга.

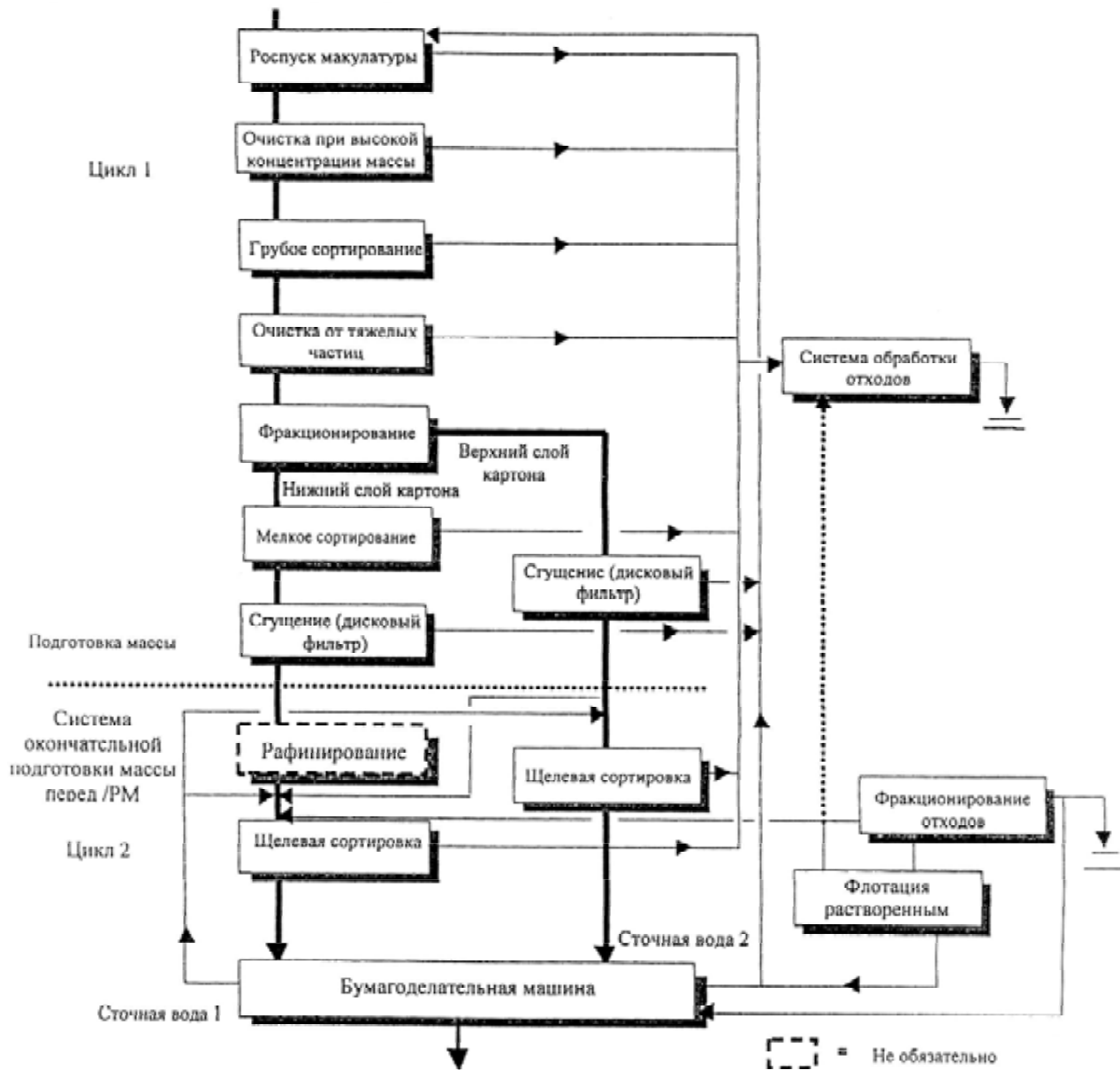


Рис. 11.2. Блок-схема производства тестлайнера

Расход свежей воды на современных предприятиях, производящих флютинг и тестлайнер, колеблется от 2 до 13 м³ на тонну. Если используется замкнутый водооборот, то минимальный расход воды соответствует ее количеству, испаряемому во время сушки бумаги. Система с замкнутым водооборотом неплохо работает в условиях хорошо управляемого предприятия, если около 3-4 м³ технологической воды на тонну готовой массы очищается на интегрированных системах биологической очистки.

Для технологических потоков средней и малой производительности схемы переработки, включающие системы многоступенчатого сортирования, очистки фракционирования, диспергирования и облагораживания массы, а также многоконтурные системы водопользования, могут оказаться нерентабельными.

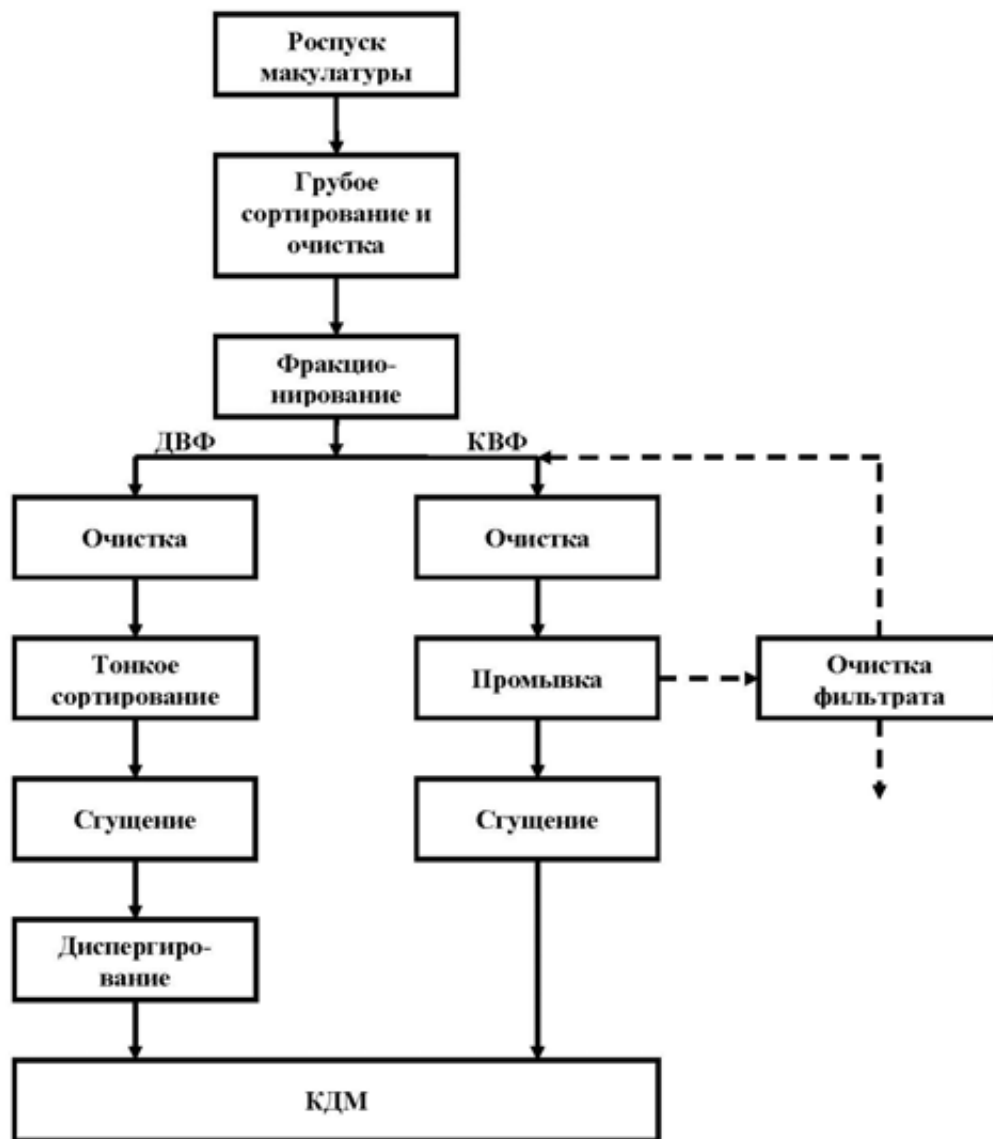


Рис. 11.3. Схема подготовки макулатурной массы с промывкой коротковолокнистой фракции

11.2. ПРОИЗВОДСТВО САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БУМАГИ

Если для производства гигиенических видов бумаги используется макулатура, то ее следует перерабатывать таким образом, чтобы из массы были удалены не только крупные фракции загрязняющих веществ, но и печатная краска, частицы клея, очень короткие волокна и наполнитель. Значительное снижение зольности и содержания мелочи означает, что по

сравнению с количеством макулатурного волокна, окончательно подготовленного для отлива на БДМ, исходной макулатуры потребуется на 25-50 % больше. Это значит, что большее количество отходов необходимо утилизировать и перерабатывать. Известны примеры, когда все отходы, включая осадок, сжигают на месте. При этом вырабатывается пар для внутреннего потребления, а получаемая при сжигании зола используется в производстве строительных материалов (цемента).

Необходимость обеззоливания макулатуры (удаления «мелочи» и наполнителя) вызвана требованиями мягкости и высоких впитывающих свойств конечного продукта, а также обеспечения устойчивого режима работы БДМ. Например, в зависимости от марки макулатуры, используемой в качестве сырья, зольность может колебаться в пределах от 15 до 40 % (в случае макулатуры из мелованной бумаги без содержания древесной массы). При сравнении данных о твердых отходах, получаемых в процессе подготовки макулатурной массы, наблюдается прямая зависимость их количества от зольности исходной макулатуры.

Для большинства видов санитарно-гигиенической продукции, таких как туалетная бумага, бумажные полотенца и салфетки, может использоваться смесь газетной и книжно-журнальной макулатуры (МС-7Б, МС-8В) или макулатура из бумаги высокого качества (МС-1А, МС-2А). В основе композиции может использоваться и макулатура без содержания древесной массы (макулатура из офисной бумаги), если ее можно купить по приемлемой цене.

На рис. 11.4 приведена принципиальная схема системы подготовки массы из макулатуры для производства санитарно-гигиенической продукции. Система имеет следующие особенности. Гидроразбиватель для роспуска макулатуры при высокой концентрации массы имеет перфорированное плоское сито, которое задерживает крупные фракции отходов. Оставшиеся отходы отделяются в перфорированном сортирующем барабане и обезвоживаются на шнек-прессе. Основной поток массы обрабатывается сначала в сортировках и очистителях высокой концентрации (грубое сортирование и очистка). Далее массу обрабатывают в системе многоступенчатого тонкого сортирования. Промывка происходит при низкой концентрации массы и включает эффективное использование и рециркуляцию промывной воды. Эту воду необходимо очищать таким образом, чтобы печатная краска и другие взвешенные вещества удалялись путем флотации растворенным воздухом (микрофлотации) или другой эффективной технологии очистки воды.

Стадия промывки I ступени предназначена для удаления зольных элементов, очень коротких волокон и мелких частиц краски. После промывки масса подается на пресс для обезвоживания до концентрации 30 % для ТДО. Фильтрат от промывки очищается путем флотации с использованием катионных флокулянтов. Зольные элементы и очень короткое волокно удаляются, а вода возвращается в систему. Масса прогревается в шнековом транспортере и обрабатывается в диспергаторе, что приводит к отделению

краски, еще оставшейся на волокнах. При этом одновременно происходит перемешивание массы с отбельными химикатами. На ступени флотации удаляются частицы краски, отделенные при диспергировании, а также мелкие включения и частицы проклеивающих веществ.

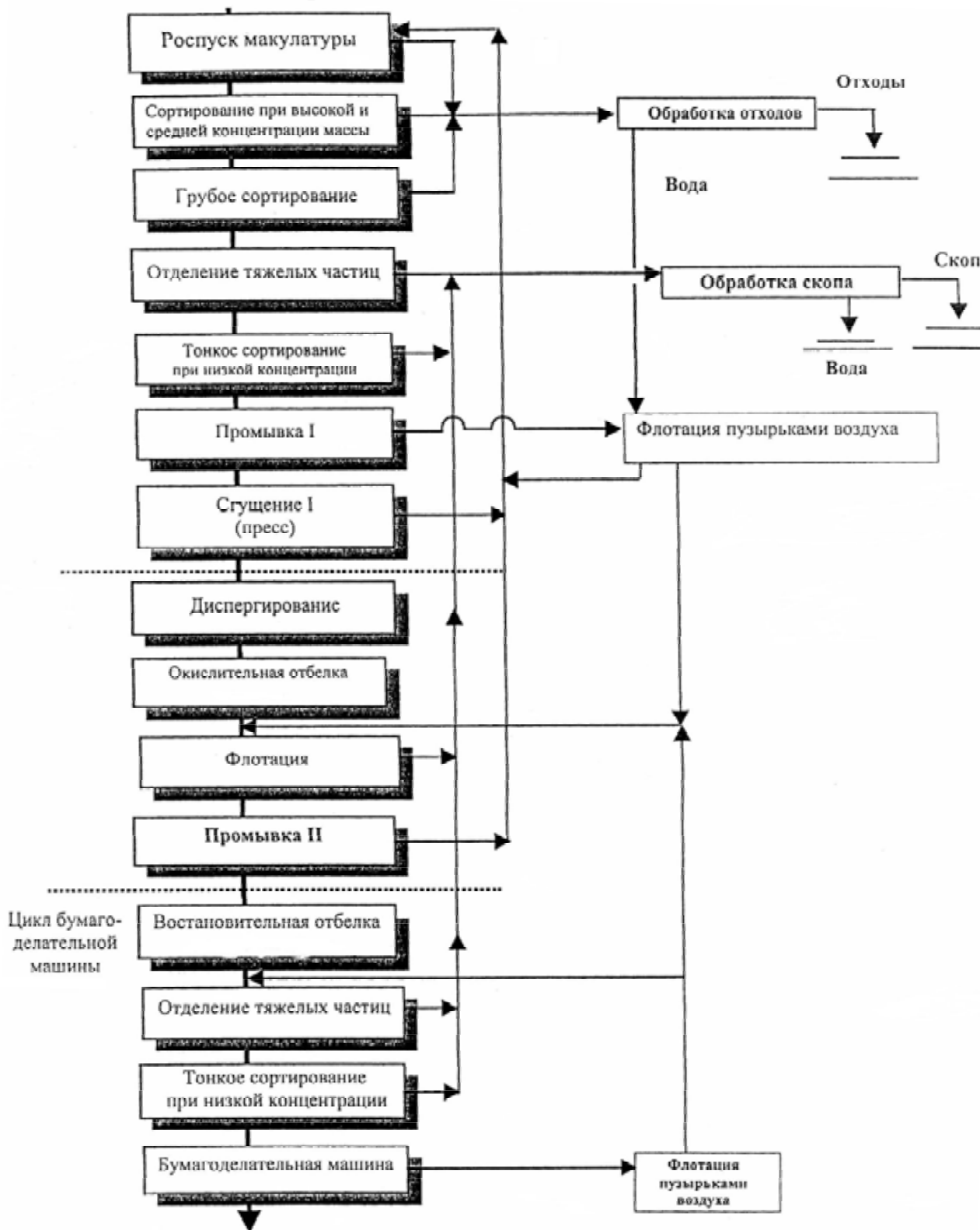


Рис. 11.4. Система подготовки массы для производства санитарно-гигиенической бумаги

Вторичная (восстановительная) отбелка может использоваться после ступени промывки II. Затем масса подается либо в башню для хранения, либо на окончательное сортирование и очистку в системе подачи массы в цикле БДМ.

На рис. 11.5 приведена блок-схема подготовки массы для производства туалетной бумаги, разработанная фирмой Kadant Lamort. Сырьем является книжно-журнальная макулатура МС-7Б.

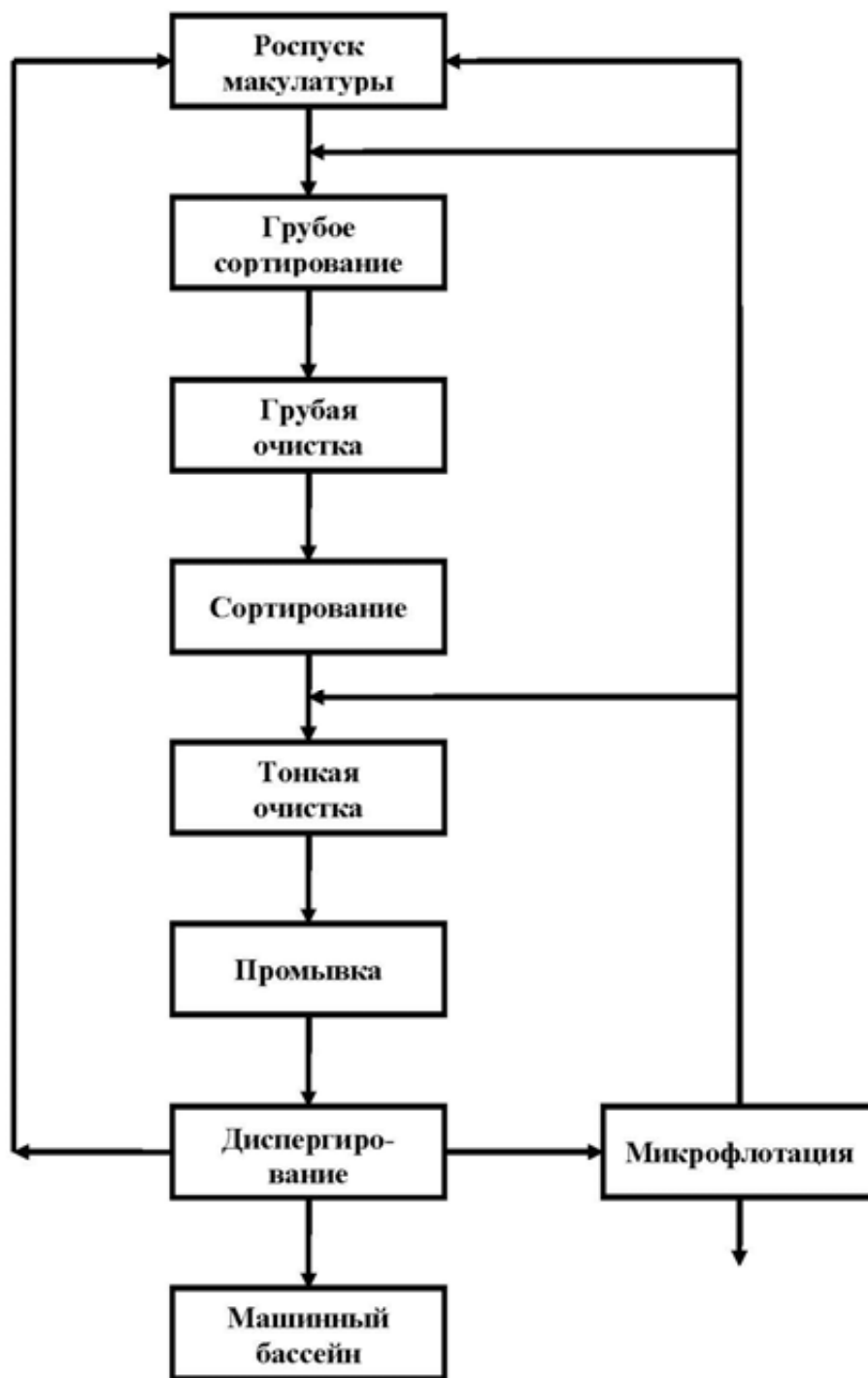


Рис. 11.5. Блок-схема подготовки массы для туалетной бумаги

Макулатура распускается в периодическом режиме в гидроразбивателе Helico при концентрации массы до 15 %. Распушенная масса после разбавления проходит предварительное сортирование в аппарате Dumping Poire с круглой перфорацией сита. Далее масса подвергается грубой очистке от тяжелых включений в вихревых очистителях, а затем сортируется в трехзонной щелевой сортировке. После сортирования масса разбавляется до концентрации порядка 1 % и обрабатывается в четырехступенчатой системе тонкой очистки. Перед каждой ступенью очистки производится разбавление отходящей массы оборотной осветленной водой. Следующим этапом обработки массы является промывка на установке типа DNT (см. п. 9.2), где из массы удаляются мелочь, частицы наполнителя и печатной краски. Фильтрат от промывки массы направляется на осветление способом микрофлотации. Промытая масса подается на термодисперсионную обработку. Перед ТДО масса обезвоживается до концентрации 28-30 %. Образовавшийся фильтрат используется в системе роспуска и предварительного сортирования массы. В процессе ТДО в массу для повышения степени белизны добавляют гидросульфит натрия. Отходы от микрофлотации фильтрата и очистки массы (жидкий шлам) подаются в систему переработки отходов, где он сгущается с использованием флокулянтов в шнек-прессе до концентрации 50-60 % и утилизируется.

11.3. ПРОИЗВОДСТВО ГАЗЕТНОЙ, ПИСЧЕЙ И ПЕЧАТНОЙ БУМАГИ

На рис. 11.6 представлен пример блок-схемы процесса производства массы для газетной бумаги. В качестве сырья используется обычное обесцвеченное макулатурное волокно после удаления печатной краски, включающее смесь 50:50 % газетной (МС-8В) и книжно-журнальной (МС-7Б) бумаги. Для системы характерны двухступенчатая флотация и отбелка в сочетании с промежуточным диспергированием (ТДО). Для производства газетной бумаги с улучшенными свойствами и белизной после ступени сгущения массы используется обработка ее гидросульфитом натрия (отбелка). Для производства графической бумаги из макулатуры особенно важны правильная организация системы оборота воды и ее очистка. Важно наличие отдельных циклов по воде, в каждом из которых соблюдается принцип противотока (см. п. 10.4.3). Линии удаления печатной краски могут иметь два, три или четыре цикла флотации. На рис. 11.6 показана линия с двумя циклами переработки в системе подготовки массы и с отдельным циклом БДМ.

Внутрицеховая очистка воды от ступеней сгущения включает флотацию микропузырьками, чтобы снизить нагрузку по коллоидным и анионным веществам, содержащимся в технологической воде, для поддержания зольности бумаги на требуемом уровне. Скоп от технологической линии и установок флотации поступает на обработку.

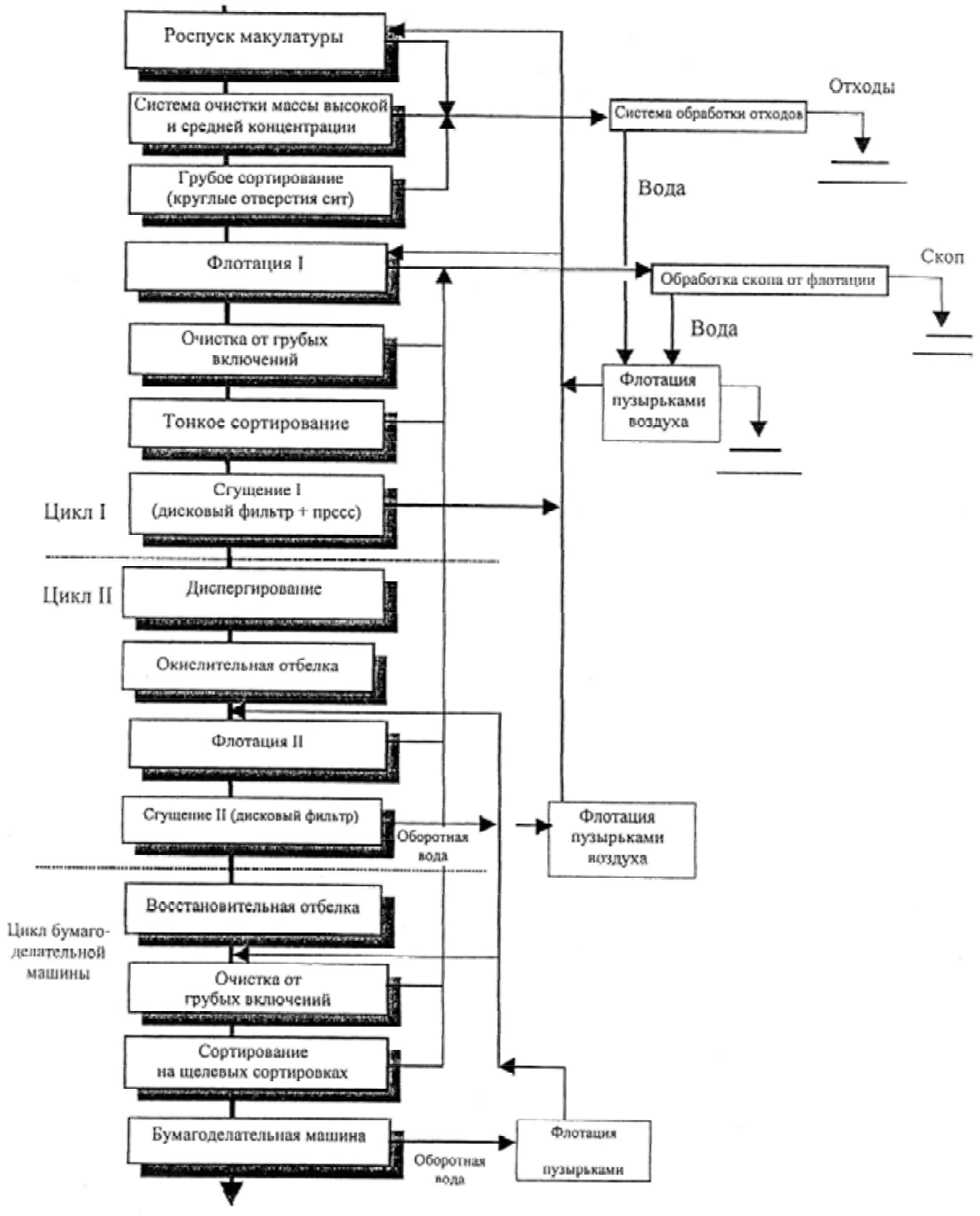


Рис. 11.6. Блок-схема производства улучшенной газетной бумаги

Газетная бумага улучшенного качества обычно производится системами с двумя циклами флотации, в которых достигается белизна около 60 % ISO (после восстановительной отбелки), низкое содержание загрязняющих веществ, низкая зольность в пределах 10-12 % (после II

ступени флотации) и низкое содержание клейких веществ. Последнее обеспечивается дополнительным сортированием на щелевых сортировках.

В отличие от такой бумаги, газетную бумагу обычного качества можно производить в системах с одним циклом флотации. Как следствие этого, белизна продукта получается ниже (примерно 55 % ISO), поскольку не применяется восстановительная отбелка. Количество соринок больше, и зольность выше (в пределах 14-15 %), так как отсутствует вторичная флотация массы.

Макулатура также используется для производства печатной и писчей бумаги невысокого качества. Эти сорта макулатуры обычно содержат древесные волокна механической массы и предназначены для производства офисной бумаги. В качестве сырья также используется макулатура с постоянной пропорцией газетной и книжно-журнальной бумаги. Для подготовки массы применяют такие же системы с флотацией, какие используются для производства газетной улучшенной бумаги.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги и обобщая вышеизложенное, следует отметить существенные проблемные задачи и направления совершенствования применяемых технологий и оборудования для подготовки макулатурной массы.

Назрела практическая необходимость в разработке и применении новых методов оценки изменения бумагообразующих свойств макулатурной массы непосредственно в процессе ее приготовления. Это позволит обеспечить стабильное качество массы, требуемое для нормального ведения процессов получения бумаги и картона.

Интенсификация процесса роспуска макулатуры возможна в результате использования комплекса мер, включающих грамотный выбор технологической схемы и конструкции соответствующего оборудования, режима роспуска, температуры и pH среды, а также применения специальных химических вспомогательных веществ.

При очистке и сортировании макулатурной массы технологические схемы должны выстраиваться таким образом, чтобы на каждом этапе удалялись группы загрязнений, характеризующиеся определенными ограниченными свойствами.

Значительного роста эффективности работы размалывающих аппаратов и, в частности, ножевых мельниц можно достичь, применяя фракционирование массы перед размолом. Это даст возможность использования мельниц меньшего типоразмера, а также снизить удельные нагрузки на кромки ножей для более «мягкого» размола.

Совершенствование систем облагораживания макулатурного сырья возможно только с учетом практически всех стадий приготовления массы, начиная от разволокнения и заканчивая промывкой и/или флотаций. В современных условиях эффективное облагораживание массы невозможно без применения специальных химических вспомогательных веществ.

Современная система водопользования на предприятиях, перерабатывающих макулатуру, должна предполагать сокращение расхода свежей воды за счет максимального использования оборотной. Уровень такого сокращения имеет технологические ограничения. Для замены свежей воды оборотной применяют два метода ее очистки: механохимический и биологический. Вода, сбрасываемая во внешний водоем, последовательно подвергается обоим методам очистки.

При разработке технологических схем подготовки макулатурной массы и выборе соответствующего оборудования необходим комплексный, концептуальный подход, базирующийся на требованиях к выпускаемой продукции, планируемом объеме ее выпуска, четком представлении о свойствах используемых марок макулатуры, финансовых и производственных ресурсах данного объекта.

В заключение следует отметить, что резервы отдельных существующих производств, связанные с наращиванием объема выпуска продукции за счет оптимизации отдельных процессов приготовления макулатурной массы постепенно исчерпываются. Поэтому первоочередными становятся задачи системного комплексного подхода в решении проблем на предприятиях, выпускающих бумагу и картон с использованием макулатуры.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Смоляницкий Б.З. Переработка макулатуры. - М.: Лесная промышленность, 1980. - 176 с.

Фляте Д.М. Свойства бумаги. - Изд. 4-е, испр. и дополненное. - СПб.: 1999. - НПО «Мир и семья-95», ООО «Интерлайн». - 384 с.

Гаузе А.А., Гончаров В.Н., Кугушев И.Д. Оборудование для подготовки бумажной массы: учебник для вузов. - М.: Экология, 1992.-352 с.

Технология целлюлозно-бумажного производства. В 3 т. Т.1. Сырье и производство полуфабрикатов. - СПб.: Политехника, 2004. - 316 с.

Дулькин Д.А., Спиридонов В.А., Комаров В.И. Современное состояние и перспективы использования вторичного волокна из макулатуры в мировой и отечественной индустрии бумаги. - Архангельск: АГТУ, 2007. - 1118 с.

Ванчаков М.В., Кишко А.В. Теория и конструкция оборудования для подготовки макулатурной массы: учебное пособие/СПбГТУРП. - СПб., 2003.-104 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|-----------|
| 7. Размол макулатурной массы..... | 3 |
| 7.1. Технологические особенности размола макулатурной массы..... | 8 |
| 7.2. Оборудование для размола макулатурной массы..... | 11 |
| 7.2.1. Гарнитура ножевых размалывающих аппаратов..... | 15 |
| 8. Термодисперсионная обработка макулатурной массы..... | 17 |
| 8.1. Технологические принципы и оборудование для термодисперсионной обработки..... | 18 |
| 8.2. Примеры установок для термодисперсионной обработки макулатурной массы..... | 20 |
| 8.3. Изменение свойств макулатурной массы в результате термодисперсионной обработки..... | 28 |
| 8.4. Использование ТДО в системах облагораживания макулатурной массы..... | 30 |
| 9. Облагораживание макулатурного волокна..... | 31 |
| 9.1. Общие сведения о процессах облагораживания..... | 32 |
| 9.2. Технология и оборудование для промывки макулатурной массы... | 35 |
| 9.3. Технология и оборудование для флотации макулатурной массы... | 40 |
| 9.4. Отбелка макулатурной массы..... | 43 |
| 9.5. Ферментативная обработка макулатурной массы с целью повышения прочности готовой продукции..... | 47 |
| 10. Водопользование на предприятиях, перерабатывающих макулатуру. Переработка отходов..... | 50 |
| 10.1. Свежая вода..... | 53 |
| 10.2.оборотные воды..... | 54 |
| 10.3. Сточные воды..... | 60 |
| 10.4. Направления совершенствования систем водопользования на предприятиях, перерабатывающих макулатуру..... | 62 |
| 10.4.1. Отделение менее загрязненных вод от более загрязненных с их рециркуляцией..... | - |
| 10.4.2. Оптимальное использование воды и ее очистки..... | 63 |
| 10.4.3. Снижение расхода свежей воды за счет разделения водных потоков в сочетании с использованием системы противотока.. | 65 |
| 10.5. Обработка и утилизация отходов переработки макулатуры..... | 66 |
| 11. Системы переработки макулатуры для различных производств... | 71 |
| 11.1. Производство материалов для гофрокартона..... | - |
| 11.2. Производство санитарно-гигиенической бумаги..... | 75 |
| 11.3. Производство газетной, писчей и печатной бумаги..... | 79 |
| Заключение..... | 82 |
| Библиографический список..... | 83 |

