

**П. М. Кейзер
Е. И. Симонова**

ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И КАРТОНА

Учебное пособие

**Санкт-Петербург
2023**

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

**П. М. Кейзер
Е. И. Симонова**

ТЕХНОЛОГИЯ БУМАГИ И КАРТОНА

Учебное пособие

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2023

УДК 676: 634
ББК 35.77
К 335

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор, профессор Уральского государственного
лесотехнического университета

А. В. Вураско;

доктор технических наук, профессор Высшей школы технологии и энергетики Санкт-
Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна

Н. П. Мидуков

Кейзер, П. М.

К 335 Технология бумаги и картона: учеб. пособие / П. М. Кейзер,
Е. И. Симонова. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 92 с.
ISBN 978-5-91646-375-0

Учебное пособие соответствует учебным планам и рабочим программам дисциплин «Технология целлюлозы, бумаги, картона и композиционных материалов», «Технология производства картона» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология»; «Технология бумаги и картона» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства»; «Технология ЦБП» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»; «Технологические процессы и оборудование ЦБП как объекты автоматизации» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

В учебном пособии подробно описаны бумагообразующие свойства волокнистых полуфабрикатов. Детально рассмотрены процессы подготовки бумажной массы, приведены технологические схемы и оборудование для производства бумаги и картона.

Пособие предназначено для подготовки бакалавров всех форм обучения.

УДК 676:634
ББК 35.77

ISBN 978-5-91646-375-0

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023
© Кейзер П. М., Симонова Е. И., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА.....	5
2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ.....	7
2.1. Роспуск и размол волокнистых полуфабрикатов.....	7
2.2. Проклейка бумаги в массе.....	19
2.3. Крашение и подсветка бумаги.....	26
2.4. Наполнение бумажной массы.....	27
3. ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ.....	32
4. ФОРМОВАНИЕ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА.....	38
5. ПРЕССОВАНИЕ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА.....	55
6. СУШКА БУМАГИ.....	69
7. ОТДЕЛКА БУМАГИ.....	78
8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНОГО БРАКА.....	86
9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНЫХ ВОД.....	87
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	91

ВВЕДЕНИЕ

В настоящий период времени в мире выпускается не менее 600 видов бумаги и картона. Бумага обладает уникальным комплексом потребительских свойств, оставаясь и в XXI веке незаменимым материалом, востребованным во многих сферах жизни и деятельности человека.

Растущий спрос на бумагу, многообразие ее видов и разнообразие свойств бумаги обусловлены достижениями в области ее технологии.

Технология бумаги позволяет путем применения функциональных добавок и изменения параметров технологического процесса придавать ей широкий спектр свойств, порой взаимоисключающих друг друга. Из бумаги получают такие не похожие друг на друга изделия, как газонепроницаемые упаковки и воздушные фильтры, водостойкую тару и впитывающие салфетки, проводники электрического тока и диэлектрики и многие другие.

Технический прогресс сопровождается реструктуризацией потребительского спроса и ассортимента вырабатываемой продукции, вследствие чего постоянно возникает необходимость в освоении новых технологий.

Все виды бумаги имеют различные потребительские свойства, выполнение которых достигается специальными техническими приемами и определенными правилами ведения технологического процесса, изучение которых и составляет цели и задачи курса «Технология бумаги и картона».

К таким определяющим факторам относятся выбор волокнистых полуфабрикатов, проведение массоподготовительных процессов, в том числе размол волокон, процессы проклейки, наполнения бумажной массы, введения различных химических вспомогательных веществ, операции сортирования, напуска, отлива, прессования, сушки, каландрирования и отделки, использование оборотного брака и оборотной воды.

1. ОБЩАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА БУМАГИ И КАРТОНА

Общая для всех видов бумаги схема производства исключительно сложна, но в упрощенном виде выглядит следующим образом.

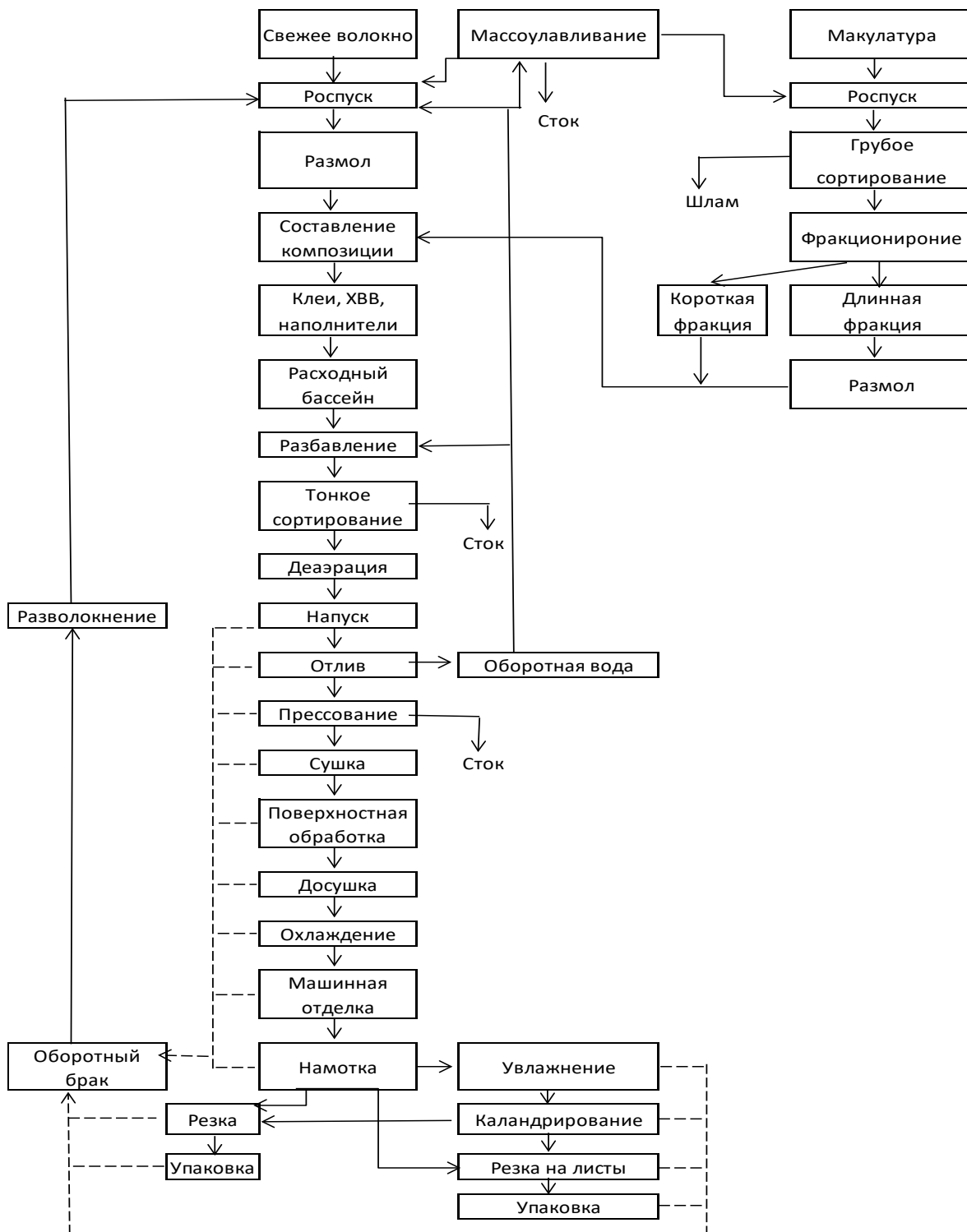


Рис. 1.1. Технологическая схема производства бумаги и картона

Волокнистые материалы подвергают размолу в присутствии воды в размалывающих аппаратах периодического или непрерывного действия. Если бумага имеет сложную композицию, размолотые волокнистые материалы смешивают в определенной пропорции. В волокнистую массу вводят наполняющие, клеящие и окрашивающие вещества. Подготовленную таким образом бумажную массу регулируют по концентрации и аккумулируют в мешальном бассейне.

Готовую бумажную массу далее сильно разбавляют оборотной водой и пропускают через очистную аппаратуру с целью удаления посторонних загрязнений. На бесконечную движущуюся сетку БДМ масса поступает непрерывным потоком через специальные регулирующие устройства. На сетке машины из разбавленной волокнистой суспензии осаждаются волокна и образуется бумажное полотно, которое затем подвергается прессованию, сушке, охлаждению, увлажнению, машинной отделке и, наконец, поступает на накат.

Готовую бумагу разрезают на рулоны или на листы. Ролевую бумагу упаковывают и в виде рулонов отправляют на склад. Некоторые виды бумаги разрезают на узкие ленты и наматывают в виде узких катушек-бобин. Листовую бумагу направляют в сортировочный цех, где листы сортируют и считают. Затем бумагу упаковывают в кипы и отправляют на склад.

Отходящую на бумагоделательной машине воду, содержащую наполнители и клей, используют для технологических нужд. Избыточную отходящую воду перед сбросом в сток направляют в улавливающую аппаратуру для отделения волокна и наполнителей, которые затем используют в производстве.

Бумажный брак в виде срывов или обрезков снова превращают в бумагу. Такова принципиальная схема изготовления бумаги.

2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Под приготовлением бумажной массы понимают совокупность технологических процессов, обеспечивающих ее пригодность для изготовления бумаги и картона, и подачи ее на машину для формирования соответствующего вида продукции. Среди этих процессов очень важными являются размол, проклейка, наполнение, крашение и др.

2.1. Роспуск и размол волокнистых полуфабрикатов

Процесс роспуска – обязательный технологический процесс для любого производства бумаги и картона. Выделяют роспуск свежих волокнистых полуфабрикатов, роспуск макулатурного сырья, роспуск оборотного брака.

Роспуск свежих волокнистых полуфабрикатов характерен для бумажных фабрик, работающих на привозных товарных волокнистых полуфабрикатах.

Основная цель процесса роспуска – превращение относительно сухого волокнистого материала в волокнистую гидросуспензию – бумажную массу, пригодную к перекачиванию массными насосами на дальнейшие операции.

Эта цель достигается путем совмещения физико-химических и гидродинамических процессов, происходящих при контакте волокнистых полуфабрикатов с водой. При этом вода проникает в поры волокнистой папки, внутрь волокна, и вызывает их набухание. Связи между волокнами, в том числе водородные, значительно ослабляются, поскольку вода располагается между волокнами, и связи, осуществляемые через водные прослойки, приводят к резкому снижению прочности волокнистой папки и практически к полному разволокнению. Процесс разволокнения и получение волокнистой гидросуспензии активизируется за счет гидродинамических и механических воздействий на листовый материал. Гидравлические потоки обладают различной скоростью и разнонаправленным движением, что обеспечивает необходимый результат.

Разволокнению способствует конструкция аппаратов для роспуска – гидроразбивателей. Двигающиеся фрагменты папки получают ударные импульсы за счет контакта с различными преградами – стенки и ребра аппарата, его подвижными элементами (ротор). Разволокнение также происходит за счет трения и сдвига при скольжении массы между стенками аппарата и поверхностью вращающегося ротора.

К традиционным гидроразбивателям относят аппараты, состоящие из открытой неподвижной цилиндрической ванны с закругленным днищем, внутри которой располагается вращающийся ротор с лопастями. Под ротором обычно устанавливается экстракционная плита, представляющая собой перегородку из металлического листа с отверстиями определенного диаметра.

Движение компонентов массы в гидроразбивателе обеспечивается вращением ротора.

Масса, отбрасываемая лопастями ротора к стенкам ванны, поднимается по спирали в верхнюю часть ванны (восходящий поток). Дойдя до верхней точки,

масса начинает двигаться вниз, возвращаясь к ротору также по спиральной траектории (нисходящий поток). Таким образом, происходит циркуляция массы в ванне (насосный эффект), в результате которой на свободной поверхности массы образуется воронка. Между восходящим и нисходящим потоками образуется переходная зона, характеризующаяся малыми, неустановившимися значениями скоростей движения массы (мертвая зона).

При роспуске в зависимости от принятой технологии используют либо периодический режим роспуска, когда распускается только определенный объем массы, либо непрерывный, когда роспуск ведется без остановок на заполнение и опорожнение.

Для роспуска волокнистых полуфабрикатов используются в основном вертикальные или горизонтальные гидроразбиватели, работающие при концентрации 3–6 %.

Производительность процесса роспуска в гидроразбивателе зависит от множества факторов: объем ванны, режим работы, рабочая концентрация при роспуске, используемый тип ротора, диаметр отверстий перфорированной плиты и т. д.



Рис. 2.1. Вертикальный гидроразбиватель с низкой концентрацией роспуска LCV:

- 1 – сварная нержавеющая ванна; 2 – ротор; 3 – лопаточный венец; 4 – статорная сортировочная сетка; 5 – корпус подшипника; 6 – корпус выпуска, уплотненный фланцевым уплотнением; 7 – ременной привод; 8 – фланцевый электродвигатель

Размол — это процесс механической обработки растительных волокон в присутствии воды. Размол является важнейшей технологической операцией, предопределяющей свойства продукции. Неразмолотые волокна плохо

диспергируются, сбиваются в хлопья в готовой бумаге и имеют слабую межволоконную связь. Бумага, полученная из неразмолотых растительных волокон, имеет низкую прочность, высокую пористость, неравномерную структуру.

Цель размола – подготовить бумажную массу к отливу. Размол целлюлозы осуществляется в водной среде в специальных аппаратах различного типа: конических и дисковых мельницах. Принцип их действия примерно одинаков и заключается в том, что волокнистая масса непрерывным потоком в присутствии воды поступает в зазор между скрещающимися ножами ротора и статора размалывающего аппарата.

В результате такой обработки волокна подвергаются гидравлическим ударам, укорачиванию, расщеплению, истиранию, сжатию, раздавливанию и другим механическим воздействиям. В зависимости от расстояния между ножами при размоле и ряда других факторов может преобладать укорочение (рубка) или фибрилляции волокна.

Характеристикой размола волокон является степень помола бумажной массы, измеряемая в °ШР (градусах Шоппер-Риглера), названных по имени изобретателя этого метода. Степень помола массы может изменяться от 10 до 90 °ШР.

В присутствии воды при размоле изменяются коллоидно-химические свойства волокон – они становятся более эластичными, гибкими, труднее обезвоживаются. Вода играет важную роль, так как она, так же как и волокна, содержит гидроксильные группы и способна связываться с ними посредством водородной связи.

В современной теории размола особое значение придается фибриллярному строению волокна, содержанию в нем гемицеллюлоз, способствующих набуханию и фибрилляции волокон.

При размоле волокнистой массы механические процессы вызывают измельчение волокон и обуславливают структуру бумаги, а коллоидно-физические явления – связи волокон в бумаге.

В процессе размола происходит внешняя и внутренняя фибрилляция. Внешняя фибрилляция заключается в отделении от волокна клеточных оболочек и фибрилл, при этом увеличивается наружная поверхность волокна и рост свободных гидроксильных групп, что способствует образованию межволоконных сил связи, но при этом снижается прочность самого волокна.

Внутренняя фибрилляция ведет к изменениям структуры набухшей вторичной стенки волокна, не вызывая отделения фибрилл. Внутренняя фибрилляция повышает гибкость и пластичность волокон, частично ослабляя связи между фибриллами, не ослабляя прочности волокна.

Гибкость и пластичность волокон в сочетании с открытой активной поверхностью хорошо набухшего волокна является основным условием для образования хорошего контакта между волокнами при листообразовании.

Благодаря механическим процессам и коллоидно-физическим явлениям при размоле волокно становится более гибким, пластичным, увеличивается

активная поверхность волокон. Это создает возможность при формировании бумаги с помощью сил поверхностного натяжения сближать волокна между собой.

При сближении волокон на расстояние $2,55\text{--}2,75 \text{ \AA}$ возникают водородные связи между гидроксильными группами, расположенными на поверхности микрофибрилл соседних волокон. Энергия водородной связи порядка 18 кДж/моль . Водородные связи являются основными действующими силами между волокнами в бумаге, изготовленной из целлюлозных материалов.

Каждый глюкозный остаток (звено) макромолекулы целлюлозы содержит гидроксильные группы ОН. Доступные или иначе активные гидроксилы, расположенные на двух смежных волокнах, при взаимном сближении образуют мастиковые связи, называемые водородными. Они скрепляют волокна между собой и обуславливают в основном прочность бумажного листа. При отливе и прессовании бумажного листа водородная связь между волокнами вначале устанавливается через воду (рис. 2в):

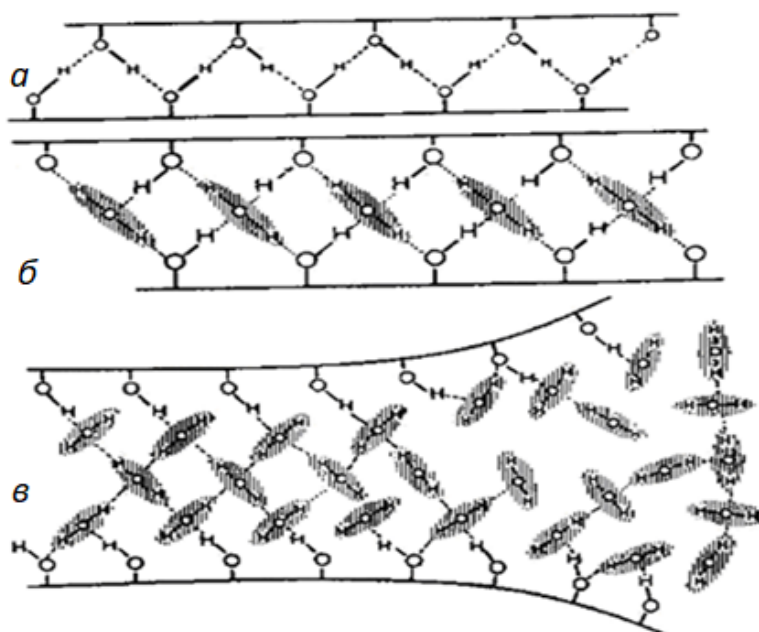


Рис. 2.2. Схема водородной связи между двумя соседними целлюлозными волокнами (по Х. Эмертону): *a* – в сухом волокне; *б* – при сорбции мономолекулярного слоя воды; *в* – при сорбции полимолекулярного слоя воды

При сушке вода удаляется (рис. 2б) и при сухости бумаги выше 65% и расстоянии между гидроксильными смежных волокон $2,5\text{--}2,75 \text{ \AA}$ возникают прочные водородные связи (рис. 2а).

Вода может находиться с волокном в следующих состояниях: свободном, капиллярно-связанном и молекулярно-связанном.

Свободная вода – это вода между волокнами, она легко удаляется фильтрацией и отжатием.

Капиллярно-связанная вода – находится в порах и капиллярах волокна, она связана силами поверхностного натяжения, и для ее удаления требуется значительное усилие

Молекулярно-связанная вода связана посредством водородной связи с гидроксильными группами целлюлоз и гемицеллюлоз. Эта вода может быть удалена с большим трудом лишь при высушивании волокна при температуре выше 100° С.

Капиллярно- и молекулярно-связанную воду называют еще водой набухания. Энергия, высвобождающаяся при набухании, вызывает расщепление связей в аморфной части целлюлозы и обеспечивает свободный доступ воды, которая раздвигает микрофибриллы и фибриллы.

Водородные связи являются основными в бумаге. Кроме того, действуют еще силы трения и электростатические взаимодействия между волокнами. В бумаге из неразмолотых волокон они составляют 15-25 %, а из размолотых – всего 3-5 % от суммарных сил связей.

Оборудование для размола

Оборудование для осуществления процесса размола можно разделить на две группы: ножевые мельницы (большая часть) и безножевые аппараты (главным образом, для макулатурной массы).

Мельницы с ножевой гарнитурой работают по принципу скрещивания ножей. Первым аппаратом такого типа был ролл, изобретенный в Голландии в XVII веке. В процессе размола в водной среде волокна попадают в зазор между ножами ротора и статора и подвергаются при этом сжатию и сдвигу.

Величина сжимающих нагрузок зависит от величины зазора и концентрации волокон. На сдвиговое усилие также влияют эти параметры и коэффициенты трения между волокном и ножами и между волокнами.

В настоящее время основными аппаратами для размола свежих волокнистых полуфабрикатов являются дисковые и конические мельницы. Основными размалывающими органами в них являются диски и конусные поверхности с ножевой гарнитурой (рис. 2.3).

В конических мельницах ножевая гарнитура располагается на внутренней поверхности статора и наружной поверхности ротора. Одной из первых конических мельниц такого рода была мельница Конфло.

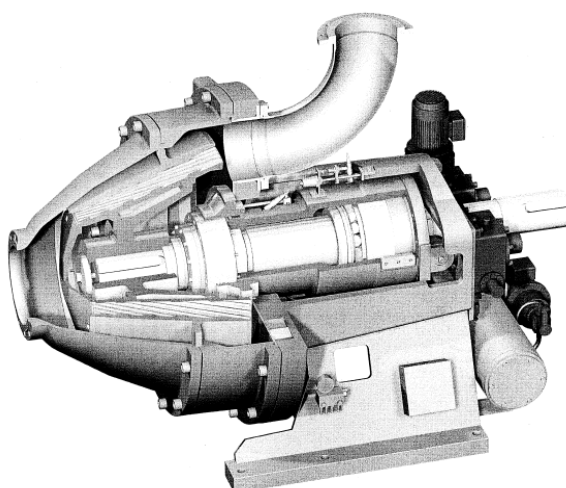


Рис. 2.3. Общий вид современной конической мельницы типа OptiFiner RF

Большое распространение получили дисковые мельницы (рис. 2.4, 2.5). Мельницы доступны в обслуживании. Интенсивность размола в дисковых мельницах при необходимости обеспечивается вдвоенной конструкцией (два статора, один ротор). Определенным преимуществом дисковых мельниц является возможность подбора гарнитуры для данного полуфабриката и режима размола.

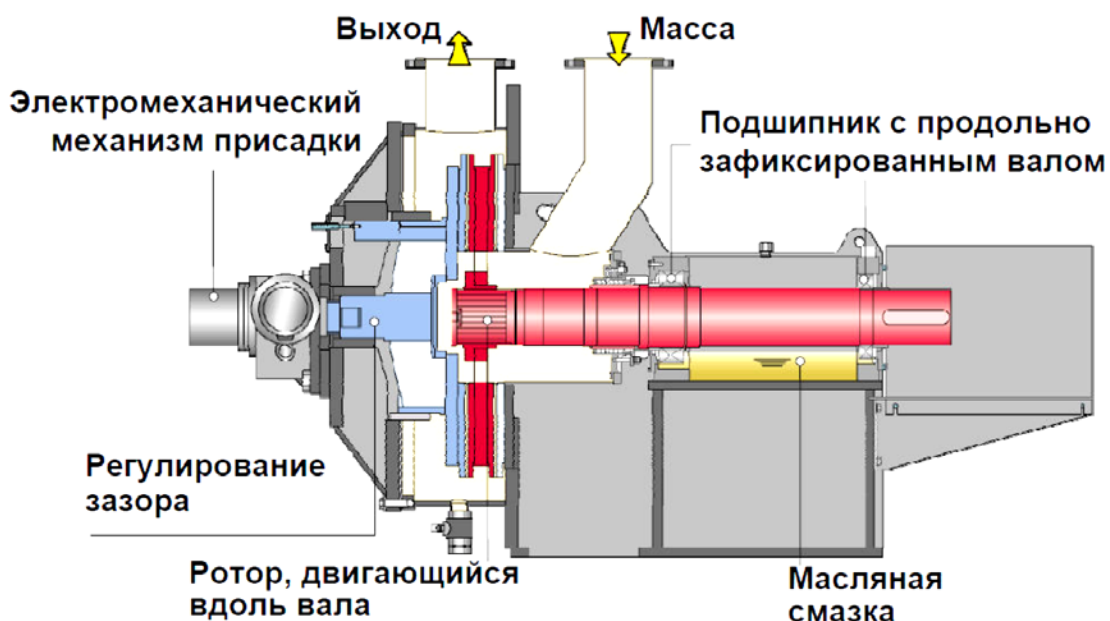


Рис. 2.4. Конструкция мельницы Twin Flo фирмы Voith

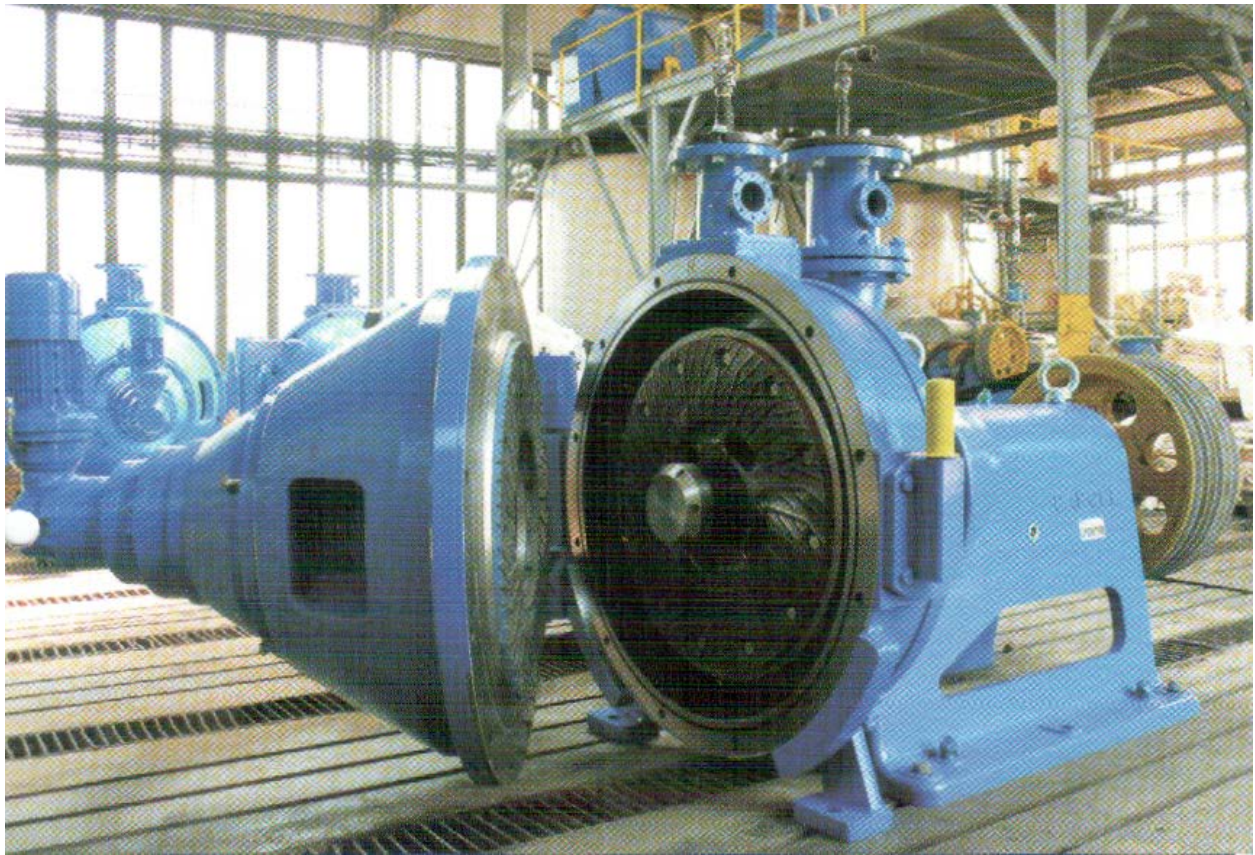


Рис. 2.5. Сдвоенная дисковая мельница 2DRx3

Дисковые мельницы в зависимости от количества зон размола и вращающихся размалывающих поверхностей делятся на:

- однодисковые мельницы (одна размалывающая поверхность вращается, другая нет) – наиболее распространенный вариант;
- двухдисковые мельницы (вращаются обе размалывающие поверхности в противоположных направлениях);
- сдвоенные мельницы (между двумя неподвижными дисками расположен вращающийся диск, имеющий две размалывающие поверхности);
- многодисковые мельницы.

Основные преимущества дисковых мельниц по сравнению с коническими:

- широкая область применения;
- возможность размола при высокой и сверхвысокой («сухой» размол) концентрации волокнистых полуфабрикатов;
- более низкий удельный расход электроэнергии;
- получение бумаги с высокими физико-механическими показателями за счет технологических преимуществ оборудования;
- удобство при эксплуатации и техническом обслуживании.

Дисковые и конические мельницы с успехом используются и для размола макулатурной массы в основном для длиноволокнистой фракции. Принципиальным отличием от размола свежих волокнистых полуфабрикатов

является сниженная величина нагрузки. Удельная нагрузка на кромки ножей в случае макулатурной массы в 5–6 раз меньше, чем для свежих волокон.

Гарнитура ножевых мельниц характеризуется материалом и конфигурацией размалывающих ножей, шагом и углом наклона ножей на роторе и статоре, глубиной и шириной канавок между ножами.

Подбор гарнитуры в значительной степени определяется видом волокна и требованиями к готовой продукции.

Варианты конфигурации ножевой гарнитуры дисковых мельниц разнообразны и позволяют подобрать оптимальный рисунок гарнитуры (рис. 2.6).

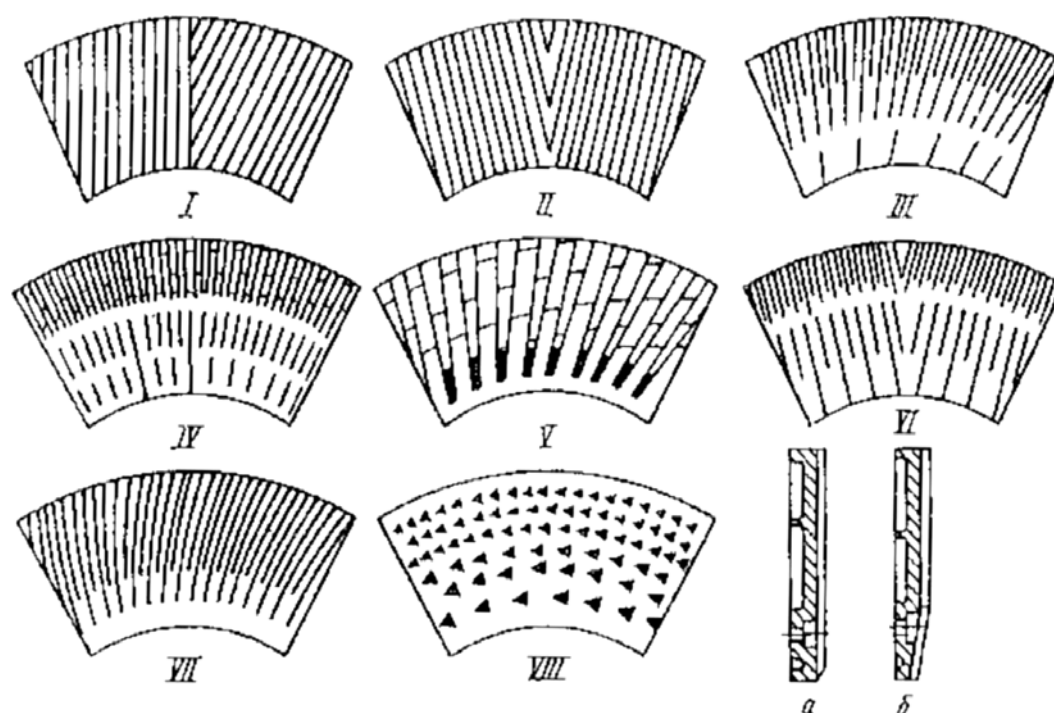


Рис. 2.6. Варианты конфигураций ножевой гарнитуры дисковых мельниц: I – параллельное однонаправленное; II, VI – параллельное разнонаправленное (зеркальное); III, IV, V – расходящиеся ножи: под углом к радиусу (III, V) и радиальные (IV); VII – спиральное; VIII – шипообразная гарнитура; а – сечение гарнитур I, II, III типов для массы низкой концентрации; б – сечение гарнитур IV, V, VI типов для массы высокой концентрации

Аппараты для размола безножевого типа используются чаще для размола макулатурной массы. Разновидностей этих аппаратов довольно много. К ним относятся роторно-пульсационные аппараты, акустические, кавитационные. Аппараты безножевого типа обеспечивают мягкий гидратирующий размол и высокие показатели прочности конечной продукции.

К вспомогательному оборудованию размольно-подготовительных цехов относятся: мешальные бассейны различного назначения: приемные, промежуточные, смесительные и машинные (или рабочие), насосы, регуляторы концентрации и композиции массы, дозаторы для химикатов, аппаратура для

предварительного роспуска сухих волокнистых материалов и переработки оборотного брака, контрольно-измерительная и регулирующая аппаратура и др.

Таким образом, основным видом массного размола является размол в ножевых аппаратах. Появление новых конструкций мельниц связано со стремлением обеспечить высокое качество размола и низкий удельный расход электроэнергии.

Основные факторы процесса размола

На процесс размола волокнистых полуфабрикатов влияют различные факторы, которые делятся на две группы:

- *неизменяемые* (постоянные): природа волокна и его химический состав, параметры размалывающего аппарата (толщина ножей и их материал, зазор между ножами, форма ножей и угол их наклона и др.);
- *изменяемые* (регулируемые, управляемые): окружная скорость ротора, продолжительность размола, давление при размоле, концентрация и температура массы, рН среды, наличие гидрофильных добавок и др.).

Природа волокна и его химический состав

Волокнистые полуфабрикаты различаются между собой морфологическим и анатомическим строением, химическим составом (содержание целлюлозы, лигнина, гемицеллюлоз), физико-механическими свойствами (например, способность к набуханию), физическими свойствами (эластичность, прочность, степень полимеризации).

Хвойные волокна более длинные и имеют ленточную структуру, а лиственные – короткие и трубчатые. Ленточные волокна лучше нависают на кромках ножей при размоле, поэтому быстрее набухают и лучше фибриллируются.

Сульфатная целлюлоза дольше размалывается, чем сульфитная.

Большое влияние на размол оказывает химический состав волокна: содержание в нем альфа-целлюлозы, гемицеллюлоз и лигнина. Волокна с высоким содержанием альфа-целлюлозы высококристалличны, содержат мало аморфной части, слабо набухают при размоле и поэтому плохо размалываются.

Способность волокон к размолу увеличивается с повышением содержания в волокне гемицеллюлозы. Волокна с высоким содержанием гемицеллюлоз менее кристалличны, они хорошо набухают в воде и поэтому легко размалываются. Легче всего размалывается целлюлоза из лиственных пород древесины, злаков, наиболее трудно – хлопковая.

Лигнин действует на размол отрицательно. Он покрывает волокна, блокирует гидроксильные группы и делает их труднодоступными действию воды. Волокна с высоким содержанием лигнина характеризуются повышенной жесткостью и меньшей пластичностью.

Окружная скорость ротора

С повышением скорости ротора увеличивается гидратирующее действие ножей на волокно, оно сильнее набухает и лучше фибриллируется, снижается укорочение волокон и увеличивается жирность массы.

Однако с повышением окружной скорости увеличивается и удельный расход энергии на размол за счет роста ее потерь на гидродинамическое сопротивление массы при размоле. Поэтому при выборе окружной скорости нужно учитывать два основных фактора: требуемое качество подготовки массы для определенного вида продукции и энергоемкость процесса размола.

Гарнитура размалывающего аппарата

В современных размалывающих аппаратах применяются различные модификации металлической и неметаллической гарнитуры. Увеличение числа ножей приводит к повышению эффективности работы размалывающих машин и способствует лучшему разделению волокон на фибриллы.

Размалывающая способность гарнитуры находится в прямой зависимости от секундной режущей длины ножей и является очень важным фактором размола. Так, если отношение площади поверхности ножей к общей площади гарнитуры составляет 65-70 %, то размол идет, в основном, в направлении фибриллирования волокна, при 50 % – идет фибриллирование и частичное укорачивание, а при 30-35 % – только укорачивание.

Чем больше высота ножей, тем неравномернее качество размолотой массы. Слишком малая высота ножей также нежелательна, так как это затрудняет продвижение массы в аппарате и вызывает ее флоккуляцию.

Притупление рабочих кромок ножей способствует повышению их гидратирующего действия.

Угол скрещивания ножей ротора и статора также является важным фактором процесса размола. Так, при радиальном расположении ножей происходит сильное укорачивание волокна, а при угле наклона ножей к радиусу диска, равном 45° – идет, в основном, фибриллирование волокна. Максимальная эффективность размола достигается при угле скрещивания ножей 12-25°.

Из неметаллической гарнитуры широко применяется абразивно-керамическая. Благодаря наличию на ее поверхности многочисленных абразивных микроножей происходит хорошее фибриллирование волокна при размоле без существенного его укорачивания. Керамическая гарнитура особенно эффективна при размоле массы высокой концентрации.

Продолжительность размола

С увеличением продолжительности размола степень помола возрастает, но неодинаково. В начале процесса степень помола растет незначительно, когда же идет набухание и разбивка волокна, степень помола достигает 25-30° ШР. Затем, в зависимости от условий размола, наблюдается почти прямолинейная зависимость роста степени помола до 45-50° ШР. Далее прирост степени помола идет все медленнее и медленнее, достигая максимума 95-98° ШР.

Продолжительность размола в аппаратах непрерывного действия исчисляется секундами и долями секунд. Для получения массы жирного помола необходимо последовательно ставить несколько аппаратов, причем после прохождения 2-3 аппаратов массу направляют в промежуточные бассейны для активного набухания в течение 1-2 ч.

Давление

Это один из важнейших регулируемых факторов, который находится в обратной зависимости от зазора между ножами и концентрации массы. Это давление на волокна измеряется в кг на см² размалывающей площади соприкасающихся ножей. Давление не одинаково по всей поверхности ножей, и максимальное его значение приходится на рабочую кромку шириной 2-3 мм.

При высоком давлении волокна в основном укорачиваются, расход энергии на размол снижается, но падает и прочность бумаги. При низком давлении, наоборот, волокна, в основном, фибриллируются. Прочность бумаги растет, но повышается и расход энергии. Поэтому размол надо вести при оптимальном давлении.

Концентрация массы

С ростом концентрации массы увеличивается толщина волокнистой прослойки между ножами, и поэтому относительно меньшее количество волокон подвергается режущему воздействию ножей. Вследствие усиления межволоконных сил трения возрастает степень набухания и фибриллирования волокон.

Концентрация массы устанавливается в зависимости от требуемого направления размола и типа размалывающего аппарата. Увеличение концентрации равносильно сниженному удельному давлению при размоле. Оптимальная концентрация при размоле в:

- конических мельницах 2,5–3,5 %;
- дисковых мельницах 4–8 %.

Температура массы

Практика показывает, когда производственная вода холоднее, размол протекает лучше и быстрее, размол идет преимущественно в направлении гидратации и фибриллирования, что обуславливает повышение физико-механических показателей готовой продукции. Снижение температуры массы приводит также и к снижению расхода энергии на размол.

Влияние температуры объясняется тем, что одним из важнейших условий для наиболее полной и легкой фибрилляции волокон является их хорошее набухание, а этот процесс является экзотермическим, то есть сопровождается выделением тепла.

Повышение температуры массы при размоле будет способствовать уменьшению набухания волокон, укорачиванию волокон, а не фибриллированию, что замедляет процесс размола, снижает прочность бумаги и

скорость размола, повышает расход энергии. Поэтому размол обычно ведут в 2–3 ступени.

Кислотность массы (рН среды)

Влияние кислотности среды на процесс размола объясняется с точки зрения процесса набухания. В кислой среде (рН 4-5) скорость размола падает, в щелочной (рН 8-10) возрастает. Это обусловлено отрицательным влиянием кислой среды на набухание волокон и положительным влиянием щелочей.

Наиболее благоприятными для размола и механической прочности готовой продукции является размол при рН среды в пределах 9,5-10,5. При рН 11,5 и выше наблюдаются заметное пожелтение бумажной массы и снижение механической прочности бумаги и картона вследствие щелочной деструкции волокон.

Гидрофильные добавки

Гидрофильные добавки оказывают большое влияние на процесс размола, так как они адсорбируются на волокнах и тем самым увеличивают их набухание, гибкость, эластичность, способствуют образованию дополнительных межволоконных связей в готовой бумаге. К таким веществам относятся различные гемицеллюлозы, крахмал и все его модификации, водорастворимые эфиры целлюлозы, животные и растительные протеины, полиакриламид, поливиниловый спирт, поливинилацетат и др. Аналогичное влияние на размол оказывают также и обычные целлюлозные волокна, предварительно размолотые до высокой степени помола. Перспективными добавками являются и некоторые поверхностно-активные вещества, которые, адсорбируясь на волокнах, действуют на них расклинивающим образом, то есть вызывают химический размол.

Влияние размола на основные свойства бумаги

На первой стадии размола все физико-механические показатели бумаги и картона быстро возрастают, достигают максимума, а затем снижаются. Разрывная длина достигает максимума при 70-80° ШР, сопротивление излому – при 50-60° ШР, а сопротивление раздиранию и продавливанию – при 20-30° ШР. Следовательно, первые два показателя зависят в основном от сил межволоконной связи, а последний – от средней длины волокна и его прочности.

Впитывающая способность и воздухопроницаемость в процессе размола снижаются, так как улучшается структура и уменьшается пористость. Деформация бумаги и картона при увлажнении с повышением степени помола увеличивается. График зависимости свойств бумаги от степени помола представлен на рисунке 2.7.

Разнообразие свойств бумаги и картона требует различной степени обработки волокон при размолу и контроля за этим процессом.

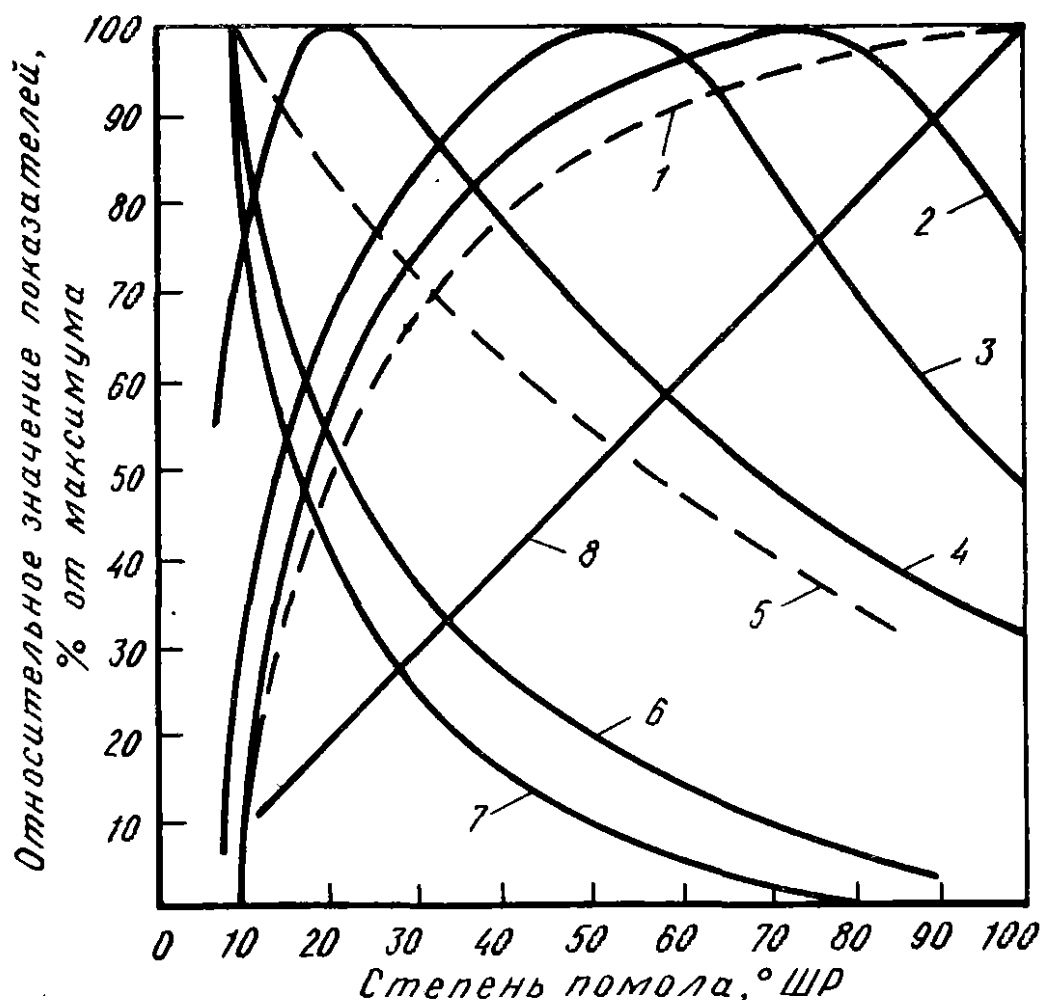


Рис. 2.7. Типичное изменение основных свойств бумаги в зависимости от степени помола массы:

- 1 — силы связи между волокнами; 2 — разрывная длина; 3 — сопротивление излому; 4 — сопротивление раздиранию; 5 — средняя длина волокон; 6 — впитывающая способность; 7 — воздухопроницаемость; 8 — деформация при намокании

2.2. Проклейка бумаги в массе

Для придания бумаге водоотталкивающих свойств (гидрофобных) и улучшения ряда других свойств их подвергают проклейке.

Существует два вида проклейки бумаги: проклейка в массе и поверхностная проклейка. В первом случае проклеивающие вещества вводят непосредственно в бумажную массу перед отливом бумаги на машине. Вследствие чего эти вещества располагаются практически равномерно по всей толщине листа.

Во втором случае проклейке подвергают уже готовое полотно бумаги путем нанесения на его поверхность (с одной или с двух сторон) клея. В этом случае проклеивающие вещества распределяются на поверхности, а основная толщина полотна остается непроклеенной. Осуществляется такая проклейка на

клеильном прессе, который располагается в сушильной части машины. При поверхностной проклейке достигается значительная экономия проклеивающих веществ и исключается их потеря со сточными водами.

Однако, для осуществления поверхностной проклейки требуется специальное оборудование, а для проклейки в массе оно не нужно. Поэтому более 55% бумаги и картона проклеиваются в массе. Иногда используются оба метода одновременно.

Вещества, используемые для проклейки, подразделяются на 3 группы:

– придающие гидрофобность (канифоль, клей на основе АКД и АСА, стеараты, силиконы и др.);

– усиливающие гидрофобность и придающие прочность (животный клей, крахмал, казеин, латексы, ПАА, КМЦ и др.);

– обеспечивающие влагопрочность (полиаминполиамид-эпихлоргидриновый смолы, карбамидо- и меламинаформальдегидные смолы).

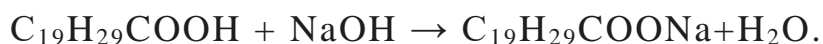
Проклейка бумаги – это многофакторный процесс, результат которого зависит от качества приготовленного клея, порядка введения в бумажную массу химикатов, кислотности среды, соотношения расходов канифольного клея и сернокислого алюминия, качества производственной воды, температуры массы, режимов отлива, прессования, сушки и каландрирования бумаги.

Канифольная (традиционная) проклейка

Классическим проклеивающим веществом является канифоль. Назначение канифольной проклейки – придать бумаге водоотталкивающие свойства (гидрофобность) и, в частности, сделать ее пригодной для печати типографскими красками.

Канифоль – это смесь органических кислот, главной из которых является абиетиновая $C_{19}H_{29}COOH$, и неомыляемых в щёлочи веществ (допускается не более 10 %).

Канифоль в воде не растворима. Поэтому для проклейки применяется не сама канифоль, а различные виды клея. Канифольный клей получают при варке канифоли с едким натром или содой. При этом происходит нейтрализация (омыление) смоляных кислот с образованием растворимого в воде смолянокислого натрия (резината Na).



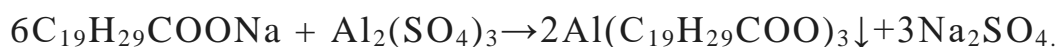
В зависимости от взятого количества едкого натра происходит полная или частичная нейтрализация смоляных кислот канифоли, канифоль переходит в растворимое в воде состояние, часть её остаётся в нерастворимом виде, т. е. в виде свободной смолы.

Механизм канифольной проклейки достаточно сложен. Суть его заключается в перезарядке частиц клея и координационной связи смоляного осадка с волокнами целлюлозы.

Частицы свободной смолы и целлюлозные волокна имеют отрицательный заряд и поэтому взаимно отталкиваются. Поэтому, необходимо переменить заряд

смолы, что и делают введением сернокислого алюминия. Частицы свободной смолы адсорбируют катионы алюминия, теряют свою устойчивость и осаждаются на волокнах.

Резинат натрия вступает в реакцию с глинозёмом:



Образуется осадок резината алюминия, также осаждающийся на волокнах и участвующий в создании гидрофобности бумаги.

Таким образом, в проклейке участвует как свободная смола, так и резинат алюминия. Оба этих вещества связываются с целлюлозой после их осаждения координационными связями через ион Al. Проклейку ведут в кислой среде при pH 4,5-4,7.

Окончательно проклейка завершается в процессе сушки на БДМ. При этом частички клея спекаются и прочно закрепляются на волокнах и в промежутках между ними, но не образуют сплошной плёнки.

Проклейка в кислой среде стала недостатком, во-первых, из-за нестабильности при старении бумаги и, во-вторых, в кислой среде не может использоваться карбонат кальция, обладающий высокой белизной. Оба этих фактора важны, но высокая белизна, требующаяся для различных печатных бумаг, еще более усилила необходимость использования карбоната кальция как наполнителя, и это привело к переводу основной части производств качественных печатных бумаг в мире на щелочную проклейку.

Проклейка в нейтральной и слабощелочной средах

В настоящее время около 70 % бумаги проклеивается нейтральным методом. Основными причинами перехода к нейтральному методу проклейки является возможность использования карбоната кальция в качестве наполнителя.

При нейтральной проклейке используется один из двух химикатов: димер алкилкетена (AKD) или ангидрид алкенилянтарной кислоты (ASA). Оба этих химиката способны вступать в реакцию с гидроксильными группами целлюлозных волокон.

Бумага и картон, проклеенные указанными реагентами с расходом 0,05-0,2 % от массы волокна, приобретают высокую гидрофобность и устойчивость к действию кислот и щелочей. Наибольшее распространение димеры алкилкетенов получили при производстве картона для упаковки молока, молочных и других пищевых продуктов.

Активным компонентом клеевых эмульсий для проклейки АКД является воск – димер алкилкетена (AKD). Последний получают путем синтеза из смеси пальмитиновой и стеариновой кислот.

Химический состав и структура димеров алкилкетена выражаются формулой (рис. 2.8), в состав которых, как правило, входят остатки пальмитиновой ($R = \text{C}_{16} \rightarrow 60-40\%$) и стеариновой ($R_1 = \text{C}_{18} \rightarrow 40-80\%$) кислот.

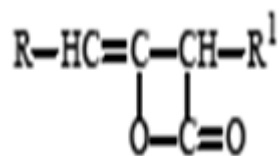


Рис. 2.8. Димер алкилкетена

В зависимости от химической природы защитного коллоида получают клеи с различной плотностью заряда коллоидных частиц (рис. 2.9).

Наличие клеев с различной плотностью заряда коллоидных частиц позволяет подбирать клеи в зависимости от плотности заряда поверхности волокна и в целом от баланса электрических зарядов бумажной массы.



Рис. 2.9. Виды клея на основе АКД: *а* – защитный коллоид-крахмал, заряд 1+; *б* – защитный коллоид-крахмал и синтетический полимер, заряд 2+; *в* – защитный коллоид синтетический полимер, заряд 3+

Схему проклейки бумажно-картонных материалов клеями на основе АКД можно представить несколькими основными стадиями:

- введение клея в бумажную массу;
- распределение частиц в водноволокнистой суспензии;
- удержание частиц в волокнистой массе при отливе и обезвоживании листа; закрепление (фиксирование) АКД частиц клея на поверхности волокна;
- дестабилизация частиц клея с разрушением коллоидных мицелл; стереоориентация реакционноактивных групп димеров у свободных гидроксильных групп поверхности волокна;
- химическая реакция димера с гидроксилами волокна с образованием β-кетозэфира волокна (созревание проклейки);
- химическая реакция димера с водой (гидролиз димера);
- химическая реакция кетозэфира с водой (гидролиз β-кетозэфира – реверсия проклейки).

Проклейка димерами алкилкетенов может осуществляться в широком диапазоне рН, однако, лучшими условиями считаются нейтральная и слабощелочная среда. Оптимальной областью для развития проклейки АКД является рН 7,0-8,0.

АКД вступает в химическую реакцию с целлюлозой (рис. 2.10), образуя ковалентную химическую связь, которая обеспечивает высокую устойчивость целлюлозной поверхности по отношению к кислотам, щелочам и воде.

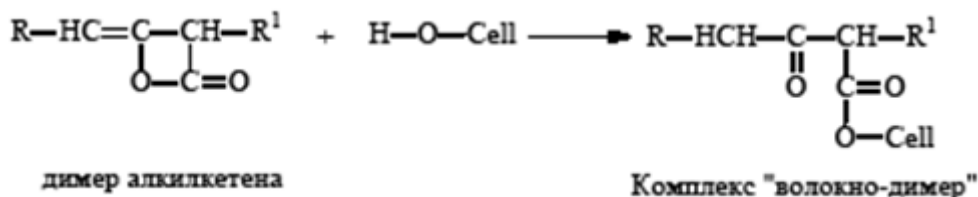


Рис. 2.10. Реакция димера алкилкетена с поверхностными гидроксильными группами волокна

Нейтральный метод проклейки обладает следующими преимуществами:

- обеспечивает более высокую степень гидрофобности и большую прочность бумаги;
- снижает коррозию оборудования и удлиняет срок службы одежды буммашин;
- повышает удержание наполнителя и позволяет повысить зольность бумаги без ухудшения показателей ее прочности;
- усиливает эффект действия отбеливающих реагентов;
- улучшается состав сточных вод;
- повышается долговечность готовой продукции.

Факторы, влияющие на проклейку в нейтральной и слабощелочной среде

На процесс проклейки в нейтральной и слабощелочной среде влияют многие технологические факторы, среди которых важнейшими являются следующие.

Вид волокнистого полуфабриката. По убывающей способности они располагаются в следующий ряд: целлюлоза лиственная, целлюлоза хвойная, целлюлоза сульфатная, целлюлоза нейтрально-сульфитная, термомеханическая древесная масса, другие виды древесной массы. Худшей способностью к проклейке обладает древесная масса, волокнистый полуфабрикат с самым малым количеством поверхностных гидроксильных групп, а лучшей – целлюлоза, имеющая наибольшее содержание поверхностных гидроксильных групп.

Наличие наполнителей. Наполнители, используемые в производстве бумаги и картона, отрицательно воздействуют на проклейку с помощью АКД.

Влияние наполнителя на проклейку обуславливается его природой, расходом и размером частиц. Карбонат кальция в меньшей степени затрудняет проклейку, чем каолин, возможно, за счет своего буферного воздействия на значения pH целлюлозной массы.

Тип и уровень содержания наполнителя имеет существенное влияние на потребность в клее. Площади поверхности типичных наполнителей:

Природный карбонат кальция	2-4 м.кв./г
----------------------------	-------------

Каолин для наполнения	8-10 м.кв./г
Переосаждённый карбонат кальция	8-12 м.кв./г
Тальк	14 м.кв./г
Двуокись титана в форме рутила	10 м.кв./г
Кальцинированный каолин	18 м.кв./г
Специальный покровный каолин	22 м.кв./г

С ростом площади поверхности соответственно растёт и потребность в клее.

Кислотность среды. АСА и АКД реагируют с целлюлозой в нейтральных или щелочных условиях. АСА, будучи более реакционноспособным, чем АКД при этих условиях, работает более эффективно, чем АКД в диапазоне более низких рН. Степень его гидролиза также больше при высоком рН. Так при использовании АСА может быть нарушен баланс между основной реакцией и гидролизом. Если гидролиз идёт быстрее реакции, то эффект проклейки будет меньше.

При использовании АСА необходимы следующие условия:

- работа при рН между 6 и 8, желательно близко к 7;
- максимизация удержания за первый проход;
- добавка соединений алюминия для фиксации продуктов гидролиза (алюминиевые соли АСА не снижают проклейку).

При более низких рН (ниже 6) реакция с целлюлозой будет медленнее и полной проклейки не будет.

АКД менее реакционноспособен, чем АСА, и поэтому менее подвергается гидролизу. Его реакционная способность также снижается при рН 6-7, и следовательно, он не эффективен в этом диапазоне рН. Идеальный для АКД рН между 7 и 8.5.

При использовании АКД необходимы следующие условия:

- работа при рН 7-8.5, желательно ближе к 8;
- максимизация удержания за первый проход.

Заряд системы. Наиболее важный фактор для большинства бумаго- и картоноделательных машин в отношении проклейки – баланс в мокрой части и заряд системы. Синтетические клеи и некоторые из новых канифольных клеёв достаточно катионны, чтобы самим удержаться в полотне. Но есть много других веществ в мокрой части, которые также катионны, а волокно, мелочь и наполнитель имеют ограниченную катионную потребность. И если эта потребность превышена, тогда добавляемые катионные химикаты не будут удерживаться. Таким образом, надо знать, какой заряд имеют различные химикаты, чтобы не воздействовать негативно на эффективность проклейки. Если до клея подаются высококатионные химикаты, которые удовлетворяют катионную потребность системы, клей не будет удерживаться, и будет тогда накапливаться в оборотной воде. Это, в свою очередь, будет снижать катионную потребность массы, и снижение проклейки будет возрастать далее.

Сами клеи способствуют катионизации системы, особенно если они содержат катионные полимеры. Так что выбор катионности типа АКД или АСА равен по важности выбору других добавляемых катионных материалов.

Анионные загрязнения (растворимые анионные соединения). Анионные загрязнения, при проклейке синтетическими клеями, оказывают такое же влияние на удержание клея, что и при канифольной проклейке, за исключением того, что в данном случае носителем катионного заряда являются не квасцы, а сам клей. Это значит, что сам проклеивающий химикат будет адсорбироваться на анионных загрязнениях.

Если клей адсорбирован на анионных загрязнениях, проклейка будет зависеть от удержания этих анионных загрязнений и, соответственно, варьироваться от величины этого удержания. Вот почему гораздо большее значение имеет правильно подобранная удерживающая система для увеличения удержания анионных загрязнений или мелочи/наполнителя, так как клей может также адсорбироваться и на них.

Чтобы противостоять действию анионных загрязнений, используют фиксаторы анионных загрязнений, прежде чем подавать клей. Фиксаторы анионных загрязнений – это катионные полимеры или виды Al^{+++} . Типично они должны дозироваться в источник анионных загрязнений, например, если источник в массе, они должны дозироваться в неё. Если источник – мелованный брак, они добавляются в брак. Если источник в оборотной воде, они должны дозироваться в неё.

Температура сушки. Для синтетических клеёв воздействие сушильных цилиндров отличается от действия на систему канифоль/квасцы, где основное – это распределить плавлением и зафиксировать канифоль. Для клеёв АКД и АСА, распределение не столь важно, так как АКД – воск с низкой температурой плавления, АСА – маслянистая жидкость. Основная цель при сушке АКД и АСА – разрушить защитные коллоиды, чтобы позволить АКД или АСА распределиться и прореагировать.

Однако требования к сушке в случаях АКД и АСА различны по следующей причине:

- АКД медленно гидролизует и медленно реагирует;
- АСА быстро гидролизует и быстро реагирует.

Если АСА одновременно нагревать и увлажнять, она будет гидролизироваться и реагировать в одинаковой степени, что снизит эффективность проклейки. Следовательно, он должен быть сначала высушен аналогично канифольному клею, но с достаточным подводом тепла для разрушения частицы при низкой влажности.

АКД, так как он реагирует и гидролизует намного медленнее, должен быть высушен быстро с достижением высокой температуры полотна уже в начале сушильной части, чтобы частица могла разрушиться. АКД реагирует с влагой, содержащейся в полотне бумаги достаточно медленно, чтобы не успеть гидролизироваться. Он будет способен реагировать с целлюлозными волокнами после растекания и дальше, пока температура полотна выше температуры его плавления.

2.3. Крашение и подцветка бумаги

Назначение окраски бумаги – это необходимость придать бумаге требуемый цвет, например, для улучшения ее потребительских свойств или создания фона.

Крашение бумаги осуществляется двумя способами: нанесением растворов красителей на поверхность готового бумажного полотна или крашением бумажной массы. В первом случае крашение осуществляется в клеильном прессе бумагоделательной машины или на специальных красительных машинах. При таком способе бумага окрашивается только с поверхности, поэтому экономятся красители и отсутствуют цветные сточные воды. Однако этот способ требует специального оборудования и дополнительного персонала. Он применяется, в основном, для крашения толстых видов бумаги и картона. Обычно крашение бумаги осуществляют в массе.

При производстве цветной бумаги бумажную массу окрашивают, а при изготовлении белой бумаги бумажную массу подцвечивают. Подцветку применяют для повышения видимой белизны бумаги, придания ей оттенка для устранения желтизны и других нежелательных оттенков при производстве почти всех видов бумаги (газетной, писчей, тетрадной, печатной и др.). Для этой цели в бумажную массу вводят небольшое количество синих, фиолетовых или красных красителей, а также оптических отбеливателей различного оттенка.

К красителям, применяемым для крашения бумаги и картона, предъявляются следующие требования: они должны быть яркими, не смываемыми водой, обладать высокой свето- и теплостойкостью, не изменять окраски при изменении рН среды, быть дешевыми.

Красители разводят в горячей воде 85-95°C в виде пасты без комочков, которую затем очищают в процессе доведения до рабочей концентрации 10-20 г/л (оптические отбеливатели – 2-3 г/л). Краску задают в массу в дозированном количестве. Расход красителей для подцветки составляет 20-80 г/т, для крашения от 0,2 до 10 кг/т.

На процесс крашения бумаги в массе оказывают влияние следующие основные факторы: природа красителя и его концентрация в растворе, природа волокна и степень его помола, наличие в бумажной массе различных добавок (клея, наполнителя и др.).

Виды красителей

По техническим свойствам красители делятся на:

– *Основные красители.* Эти красители по своей природе являются солями органического основания и минеральных кислот. Они имеют большое сродство с лигнином, поэтому их применяют для окраски и подцветки бумаги из древесной массы и из целлюлозы с большим содержанием лигнина. Они дают очень яркую окраску резких тонов. Недостатки – низкая светопрочность и сильная чувствительность к изменению рН среды и жесткости производственной воды.

– *Кислотные красители.* Эти красители по своей природе большей частью являются натриевыми солями сложных органических сульфокислот. Они не имеют сродства с целлюлозными волокнами, хуже фиксируются на волокне, поэтому осаждаются на волокнах глинозёмом в кислой среде. Имеют меньшую красящую способность, чем основные красители, но большую светостойчивость. Они чувствительны к высокой температуре поверхности сушильных цилиндров и «выгорают». Применяют эти красители, в основном, для окраски клееных бумаг.

– *Прямые красители.* Эти красители называются прямыми, так как могут адсорбироваться на волокнах без всяких протрав и сернокислого алюминия. Они имеют сродство с целлюлозным волокном и хорошо его окрашивают, но плохо красят древесную массу. Эти красители являются самыми распространенными и относительно дешевыми при крашении бумаги. Они обладают высокой светостойчивостью, однако уступают по яркости основным красителям.

– *Сернистые красители.* Эти красители обладают хорошей свето-, водо- и кислотоустойчивостью, но менее ярко окрашивают бумагу, чем основные, кислотные и прямые. Применяют там, где требуется устойчивая, но не яркая краска.

– *Кубовые и пигментные красители.* Являются наиболее ценными, так как дают яркую окраску чистых тонов и обладают высокой химо-, био-, светостойчивостью. Они очень дорогие. Применяются для производства дорогостоящих бумаг: денежных, печатных.

– *Оптические отбеливающие красители.* Эти красители применяют для повышения белизны бумаги. Суть их действия заключается в превращении невидимого ультрафиолетового излучения в видимый спектр синего и фиолетово-синего цвета. Белизна такой бумаги может быть выше 100 % от стандарта белизны. Эффективность оптических отбеливателей зависит от их количества, она особенно велика при малом их содержании в бумаге. Наибольший эффект оптические отбеливатели проявляют в щелочной среде.

2.4. Наполнение бумажной массы

Под наполнением бумаги понимают введение в бумажную массу минеральных веществ для улучшения показателей бумаги и экономии волокнистых материалов.

Целью введения наполнителей является повышение белизны бумаги, увеличение ее гладкости и непрозрачности, улучшение печатных свойств, придание ей большей мягкости и плотности, снижение себестоимости готовой продукции и др. Кроме того, зёрна наполнителя, заполняя поры между волокнами, улучшают равномерность просвета, то есть структуру бумаги.

Но при увеличении содержания наполнителя снижается прочность бумаги. Величина потери прочности зависит от степени дисперсности наполнителя. Если частицы достаточно мелкие (порядка 1 мкм), то прочность теряется из-за блокирования части гидроксидов на волокне, которые не смогут образовать

межволоконные связи. Если частицы крупные (более 3 мкм), то они, находясь между волокнами, создают расклинивающий эффект, что значительно снижает эффективность связеобразования. Поэтому чем выше дисперсность, тем больше наполнителя можно ввести. Современные виды бумаги для печати содержат до 25–30 % наполнителя, введенного в массу.

Характеристика основных видов наполнителей

Для наполнения бумаги применяют следующие виды наполнителей:

- природные наполнители, добываемые в виде минерального сырья.
- наполнители – продукты химических преобразований. Они получены также на основе минерального сырья, но прошедшего химическую обработку.

Природные наполнители: каолин, мел природный, тальк, гипс, барит, силикат кальция.

Каолин – наиболее распространенный минеральный пигмент, который используется как для наполнения бумаги и картона, так и в качестве компонента для поверхностных покрытий. Каолин по химическому составу – силикат алюминия. Размеры его частиц и белизна каолина зависят от месторождения, методов получения, очистки, отбелки, флотации.

Каолин используют для наполнения бумаги для печати и письма, белых покровных слоев картона, других видов бумаги из беленых полуфабрикатов. Каолины для покрытий входят в состав меловальных паст и пигментирующих суспензий.

Карбонатные наполнители – широко используют в производстве печатных видов бумаги. Их потребление значительно возросло в связи с переходом на нейтральный и слабощелочной способ производства бумаги. Сырье для получения карбонатных наполнителей широко распространено в земной коре.

Существует два основных метода производства наполнителей и покровных пигментов из карбоната кальция природного происхождения – сухой и мокрый помол.

Белизна природного карбоната кальция колеблется от 80 до 96 % ISO.

Карбонат кальция производится также путем переосаждения. Для этой цели обычный известняк CaCO_3 прокаливают до CaO , затем гасят в воде до Ca(OH)_2 , фильтруют и через фильтрат пропускают CO_2 с получением чистого CaCO_3 с регулируемой дисперсностью.

Лучшие сорта CaCO_3 имеют белизну до 95 %, высокую степень дисперсности – свыше 90 % частиц менее 1 мкм.

Карбонатные наполнители не могут использоваться в кислой среде из-за растворения с выделением большого количества углекислого газа, поэтому они не сочетаются с кислой канифольной проклейкой.

Тальк – это минерал, который образовался в результате выветривания горных пород. Он представляет собой гидратированный силикат магния. Тальк очень мягкий, химически инертный, нерастворимый в воде, гидрофобный минеральный пигмент. Белизна талька невысока – 85–87 %.

Тальк применяют в целлюлозно-бумажном производстве и в процессе облагораживания макулатуры. Тальк успешно применяется для борьбы со смоляными затруднениями.

Диоксид титана – это кристаллический порошок с высокой белизной (до 98 %) и высокой степенью дисперсности (средний размер частиц 0,3-0,5 мкм). Добавка даже небольшого количества диоксида титана (2-3 %) придает бумаге такую же степень непрозрачности, какую имеет бумага, содержащая 30 % каолина.

Благодаря высокой белизне, светостойкости и дисперсности, а также высокому коэффициенту преломления диоксид титана используется для производства декоративного слоя бумажно-слоистых пластиков.

Процесс наполнения бумаги

1. Наполнитель вводят в бумажную массу в виде суспензии. Суспензия готовится в клеильно-минеральном отделе бумажной фабрики. Сухой наполнитель загружают в гидроразбиватель, в котором его разбавляют водой до концентрации 250-400 г/л.
2. Суспензию очищают от крупных включений, сортируют на сетчатом барабане или вибрационном сите и направляют в промежуточный бассейн.
3. Разбавляют суспензию до концентрации 150-200 г/л и окончательно очищают от песка на центрифугах.

Готовую суспензию хранят в бассейнах, снабженных лопастными мешальными устройствами, откуда ее дозированно направляют в производство. Порядок введения наполнителей и проклеивающих веществ в массу различен и зависит от требуемых свойств бумаги.

Наполнитель удерживается в бумаге механически, а также за счет адсорбции и флокуляции. Механически задерживаются крупные частицы в порах бумажного полотна. В этом случае удержание зависит от размеров и формы частиц наполнителя, размеров волокон и пор в бумаге. Адсорбционно удерживаются мелкие частицы наполнителей. Для этого добавляют коагулянты сульфат алюминия или полиалюминийхлорид. В качестве флокулянтов применяют синтетические полимеры.

Степень удержания наполнителей в бумаге – это выраженное в процентах отношение количества наполнителя, содержащегося в бумаге на накате, к количеству наполнителя в массе перед ее поступлением на сетку бумагоделательной машины.

Системы фиксации наполнителей

Системы фиксации – комплекс химических вспомогательных веществ, обеспечивающих оптимальное протекание физико-химических процессов (сорбции, коагуляции, флокуляции, осаждения и др.) для достижения необходимой степени удержания.

Коагулянты – синтетические органические и неорганические вещества, обладающие низкой молекулярной массой и сильным катионным зарядом (соли

алюминия – сульфат алюминия, квасцы, полиоксихлорид алюминия). Коагулянты сорбируются на волокне и частицах наполнителя, уменьшают их электрический заряд и подводят систему к изоэлектрическому состоянию.

Флокулянты – синтетические полимерные продукты, обладающие высокой молекулярной массой, неионогенные либо имеющие катионный или анионный заряд. Наиболее характерными флокулянтами являются: катионный крахмал, катионный полиакриламид, анионный полиакриламид, полиамидамин.

Для эффективного подбора системы фиксации необходимо определить некоторые параметры мокрой части:

- Значения рН среды (кислая 4,0–6,0; нейтральная 6,5–7,5; слабощелочная 8,0–9,0);
- Удельная электропроводность, которая зависит от количества ионизированного вещества, в основном от содержания солей; соли оказывают экранирующий эффект на заряженные функциональные группы, снижая их активность; удельную электропроводность выражают в микросименсах на сантиметр мкСм/см);
- Дзета-потенциал или электрокинетический потенциал; его наличие у компонентов бумажной массы обуславливает существование сил отталкивания между ними, дзета-потенциал должен быть близок к нулю для оптимального удержания, выражают в милливольт (мВ);
- Катионная или анионная потребность; катионная потребность характеризуется растворенными анионными веществами (анионные загрязнения), анионная потребность – катионными загрязнениями.

Катионная (анионная) потребность влияет на процессы наполнения, проклейки, обезвоживания. Значения катионной (анионной) потребности выражаются в микромолях на 1 кг фильтрата бумажной массы (мкмоль/кг).

Влияние технологических параметров на удержание наполнителей

Концентрация бумажной массы при отливе. Снижение концентрации в напускном устройстве уменьшает степень удержания. Высокая степень разбавления бумажной массы увеличивает расстояния между частицами компонентов, что способствует их подвижности. Для сохранения необходимой степени удержания требуются большие расходы флокулянтов либо использование более эффективных систем фиксации.

Масса 1 м² бумаги – чем выше масса 1 м² бумаги, тем более высокая степень удержания наполнителей.

Номер сетки – поры волокнистого слоя значительно тоньше, чем ячейки сетки, поэтому удерживаемость при прочих равных условиях определяется именно пористой структурой волокнистого фильтрующего слоя.

Вид волокна и степень помола. Более коротковолокнистые виды целлюлозы способствуют повышению удержания благодаря формированию более плотного фильтрующего слоя на сетке. По этой же причине положительно влияет на степень удержания увеличение степени помола целлюлозных полуфабрикатов.

Количество введенного наполнителя – по содержанию наполнителей различные виды бумаги подразделяются на:

- Беззольные – не содержащие наполнителей (менее 1 %), это естественная зольность волокнистых полуфабрикатов;
- Малозольные (содержание наполнителя 1–5 %);
- Среднезольные (содержание наполнителя 5–15 %);
- Высокозольные (свыше 15 %).

Чем больше наполнителя введено в бумажную массу, тем труднее его удержать и тем меньше степень удержания.

Вид наполнителя. По убыванию степени влияния на удерживаемость характеристики наполнителей можно расположить следующим образом: степень дисперсности; форма частиц; плотность; химическая инертность (растворимость); дзета-потенциал.

При использовании современных систем фиксации лучше удерживаются высокодисперсные наполнители.

Лучше удерживаются наполнители с пластинчатой и удлиненной формой частиц (тальк). Более высокая плотность (удельная масса) наполнителя отрицательно сказывается на степени удержания.

При прочих равных условиях наполнитель с высоким значением дзета-потенциала удерживается хуже, поскольку увеличивается его электростатическое отталкивание при контакте с волокном.

Влияние наполнителей на ход технологических процессов и свойства бумаги

Введение наполнителей оказывает влияние на технологические процессы производства бумаги и картона:

- затрудняет процессы;
- снижает вязкость бумажной массы;
- снижает смоляные затруднения в производстве бумаги и картона;
- оказывает отрицательное воздействие на одежду машин (абразивное действие на формующие сетки) и забивает поры прессовых сукон;
- повышает скорость обезвоживания и увеличивает скорость сушки бумажного полотна.

3. ПОДГОТОВКА БУМАЖНОЙ МАССЫ К ОТЛИВУ

Система подготовки бумажной массы к отливу – это необходимая составная часть общей схемы бумаго- и картоноделательных машин. Назначение этой системы – окончательная подготовка бумажной массы перед подачей ее в напорный ящик машины.

Окончательная подготовка решает следующие задачи:

- разбавление бумажной массы после машинного бассейна;
- окончательная очистка массы от посторонних включений, попадающих в нее при составлении композиции;
- удаление пучков, лепестков и сгустков волокон из бумажной массы перед подачей ее на машину;
- удаление содержащегося в массе воздуха (деаэрация).

Технологические схемы подготовки массы перед подачей на бумагоделательную машину бывают с одноступенчатым и двухступенчатым разбавлением массы без ее деаэрации и с деаэрацией.

При низкой концентрации в напорном ящике (менее 0,4–0,5 %) обычно применяют систему с двухступенчатым разбавлением массы. Первое разбавление массы происходит перед системой вихревых очистителей до концентрации 0,7–1,0 %, а второе – перед машинными сортировками до требуемой концентрации массы в напорном ящике. Это позволяет значительно уменьшить размер системы вихревых очистителей.

Системы с двойным разбавлением применяются также в случаях производства широкой номенклатуры бумаг с различной массой 1 м², что часто связано с изменениями объемного расхода массы. В системе с двухступенчатым разбавлением благодаря возможности сохранения на вихревых очистителях постоянства расходы массы (по объему) и соблюдения заданного перепада давления обеспечивается более стабильная работа оборудования. Однако для устойчивой работы системы с двухступенчатым разбавлением требуется достаточное количество воды для второй ступени разбавления.

В остальных случаях обычно применяют одноступенчатую систему разбавления, когда масса перед системой очистителей разбавляется до требуемой для напорного ящика концентрации.

Аккумуляция бумажной массы в машинных бассейнах

Из размольно-подготовительного отдела, где происходит размол волокнистого полуфабриката, его предварительная очистка и составление композиции путем ввода в массу наполнителей, красителей, проклеивающих и других компонентов бумажная масса поступает в систему подготовки к отливу. Готовая композиция подается в машинный бассейн при концентрации волокна 3,0–4,0 %.

Назначение машинного бассейна – это обеспечение постоянства композиции, концентрации и запаса массы, равномерности подачи и характеристик массы из размольно-подготовительного отдела. Постоянство

композиции и свойств массы достигается путем непрерывного перемешивания ее в бассейне.

Запас массы определяется объемом машинного бассейна. По форме машинные бассейны могут быть вертикальными и горизонтальными. Современные машины оборудуются цилиндрическими вертикальными бассейнами.

Разбавление бумажной массы

Для разбавления используют обратную воду, которая высвобождается на сеточной части машины при обезвоживании бумажного полотна. Степень разбавления массы зависит от рода волокна, степени помола, массы 1 м^2 . Также имеют значение конструкция сеточного стола, температура массы.

На *малопроизводительных* машинах дозировка воды и массы при разбавлении производится при помощи переливных баков постоянного напора. Их располагают так, чтобы разность уровней в баках и в сборнике регистровой воды была не менее 4-6 м. Обратную воду и массу подают в них насосами. Избыток массы и обратной воды переливается через перегородку и стекает по трубе обратно в сборник обратной воды и машинный бассейн.

На *быстроходных машинах* регулирование смешения обратной воды и массы с помощью переливных баков затруднительно. Разбавление массы проводят в смесительных насосах. Смесительные массные насосы могут перекачивать массу концентрацией до 5%.

В современных схемах для равномерного смешения массы с обратной водой при разбавлении применяется специальное устройство. В нем массу из машинного бассейна по трубе подают внутрь трубы, по которой подводится обратная вода. В результате в зоне выхода компонентов из труб внутри потока подсеточной воды перед смесительным насосом наблюдается «взрывной эффект» смешения.

Очистка массы

Разбавленная масса подается смесительным насосом на очистку. От степени очистки волокнистой массы зависят качество вырабатываемой бумаги и работа бумагоделательной машины.

Загрязнения волокнистой массы представляют собой минеральные и металлические включения, кусочки пленки, резины, волокнистые частицы, лепестки недораспущенного оборотного брака, узелки и сгустки волокон, частицы наполнителей, клеев, частицы костры, коры и др.

Очистка от загрязнений производится в вихревых конических очистителях (рис. 3.1), которые подразделяются на «прямые» – для удаления тяжелых частиц, «обратные» – для отделения легких частиц и «комби» – для отделения легких и тяжелых частиц. Принцип работы вихревых очистителей основан на отделении от волокна частиц, отличающихся от волокна по плотности (массе) или удельной поверхности.

Факторы, влияющие на работу очистителей, подразделяются на три группы:

1. Конструктивные – диаметр очистителей, конфигурация входной зоны, высота цилиндрической зоны, соотношение диаметров впускного и выпускных патрубков, угол конусности, конфигурация внутренней поверхности конуса и др.

2. Рабочие параметры – давление и концентрация массы.

3. Характеристика очищаемой суспензии – тип волокна, вид загрязнений (плотность, размер, конфигурация) и их количество.

Из конструктивных факторов наиболее существенным является диаметр очистителя.

При настройке системы очистителей важным показателем является фактор сгущения – отношение концентрации отходов к концентрации поступающей массы. При одинаковом количестве отходов по объему, чем выше фактор сгущения, тем выше степень их удаления. Фактор сгущения зависит от перепада давления в очистителе, количества загрязнений и температуры.

Эффективность очистки массы определяется отношением количества удаленных загрязнений к количеству их в массе, поступающей на очистку, выраженное в процентах.

Существенное значение для очистки имеют перепады давлений в очистителе и концентрация поступающей массы. Чем выше перепад давления, тем выше эффективность очистки.



а



б

Рис. 3.1. Станции вихревой очистки массы
(а – станция вихревой очистки типа SVS-25-A, б – станция тонкой вихревой очистки типа VO-15-21-63)

Сортирование массы

Сортирование бумажной массы в целях подготовки к отливу на машине осуществляется в закрытых одно- или двухситовых напорных сортировках с гидродинамическими лопастями.

Машинные сортировки работают при низких концентрациях и предназначены для удаления пучков и узелков волокон, защиты напорного ящика и сеточной части машины от повреждения посторонними включениями и дефлокуляции бумажной массы. Применяют одну, две, иногда три ступени сортирования. Уровень отходов с одной ступени составляет 3–5 %. На сортировке последней ступени часто устанавливают камеру отходов, которая открывается по мере заполнения или через определенный промежуток времени.

Одно из основных требований к машинным сортировкам – низкие пульсации, поскольку для процесса формования полотна пульсации являются негативным фактором. Частота пульсаций определяется скоростью вращения ротора (сита) и количеством лопастей. Амплитуду пульсаций можно регулировать, изменяя зазор между лопастью и ситом. Используют принцип наложения пульсаций, при котором разнофазные пульсации гасят друг друга.

В современных машинных установках используют сита с профилированной конфигурацией круглых и щелевых отверстий. Круглые отверстия лучше задерживают продолговатые загрязнения, щелевые – загрязнения кубической и шаровидной формы. Чем меньше размер отверстий, тем выше эффективность сортирования.

При выборе типа машинных сортировок наиболее важными факторами являются: механический дизайн; характер пульсаций; конструкция устройства для вывода загрязнений. На рисунке 3.2 приведена напорная сортировка типа STU.

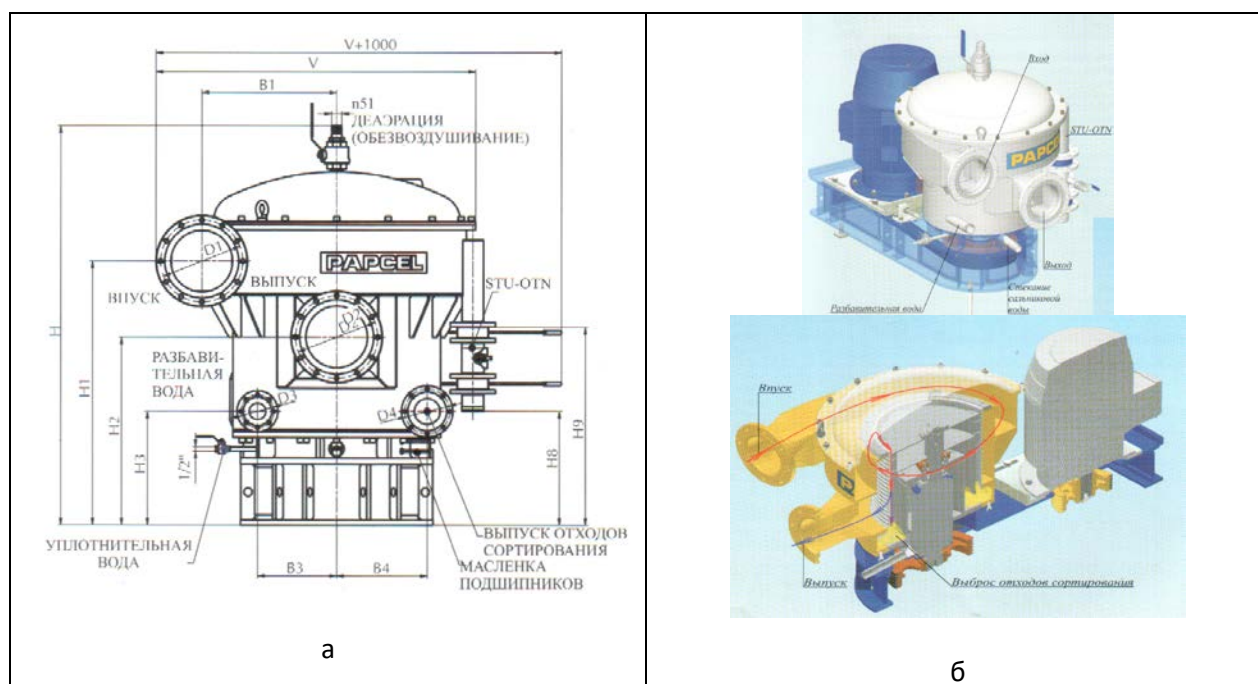


Рис. 3.2. Напорная сортировка типа STU

Деаэрация бумажной массы

В процессе обработки бумажной массы в размольно-подготовительном отделе и перед отливом на бумагоделательной машине смесь воды и волокна насыщается воздухом. Количество воздуха зависит от вида и способа обработки массы.

Воздух в бумажной массе находится в трех состояниях:

1. Свободный воздух – со временем может агрегироваться и подниматься на поверхность.
2. Связанный воздух – микроскопические пузырьки, соединенные с гидрофобной частью волокна.
3. Растворенный в воде воздух (его количество зависит от значения рН массы, ее температуры и давления).

Свободный воздух создает пенообразование и способствует слизеообразованию, что ухудшает работу сортировок, клапанов, насосов и т. п. *Связанный воздух* оказывает негативное влияние на формование бумаги, является причиной флокуляции, плохого формования полотна, темных пятен, мелких дырочек и ухудшения дренажной способности бумажного полотна. *Растворенный воздух* не создает особых проблем, но он имеет тенденцию преобразовываться в связанный воздух.

Основные принципы удаления воздуха из бумажной массы — это *вытяжной принцип*, осуществляемый в специальных гидроциклонах, оборудованных вытяжной трубой, и *принцип отгонки*, при котором большая поверхность массы подвергается воздействию вакуума.

Вытяжной принцип позволяет удалять вытяжной и значительную часть связанного воздуха. Его используют на бумагоделательных машинах, работающих при невысоких скоростях.

Второй принцип удаления воздуха – отгонка – осуществляется при помощи вакуумных декуляторов, способных полностью удалить воздух из бумажной массы. Декулятор устанавливают на высокоскоростных бумагоделательных машинах в потоке очищенной массы после систем вихревой очистки. В отдельных случаях декулятор устанавливают непосредственно перед напорным ящиком после окончательной очистки массы. Преимущество этой схемы в том, что масса после деаэрации не насыщается воздухом в насосах при сортировании, а прямо подается в напорный ящик (рис. 3.3).

Принцип действия вакуумных декуляторов основан на том, что очищаемая от воздуха бумажная масса распыляется внутри закрытой камеры, в которой создается вакуум. Так как давление воздуха в камере мало, то мельчайшие воздушные пузырьки, прикрепленные к волокнам, быстро увеличиваются в объеме. При ударе о верхнюю часть камеры происходит эффективное отделение воздуха от волокон. Разрежение в камере деаэратора создается при помощи вакуумных насосов. Вся внутренняя поверхность камеры деаэратора должна быть отполирована. Деаэраторы этого типа устанавливают на 10–14 м выше уровня бумагоделательной машины. Существуют различные конструкции декуляторов, работающих по описанному принципу.

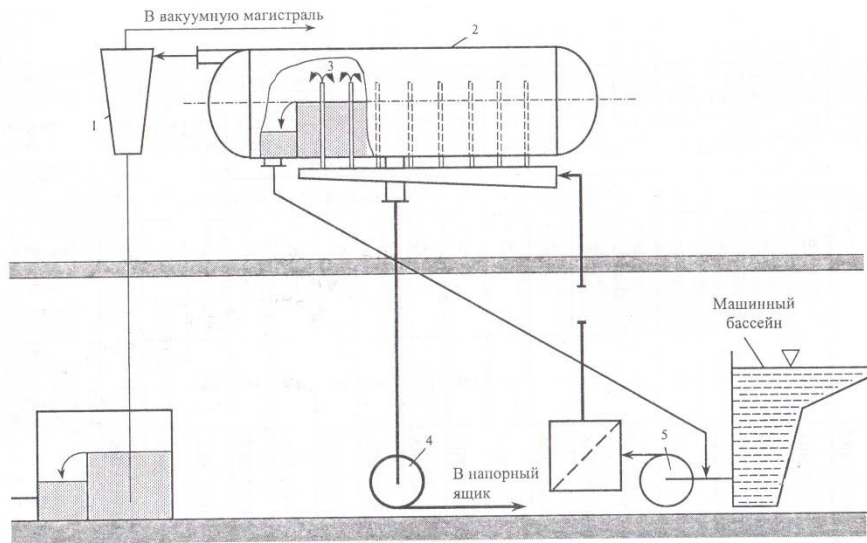


Рис. 3.3. Схема применения декулатора:
 1 – водоотделитель, 2 – декулатор, 3 – сопла, 4 – насос, 5 – всасывающая магистраль

4. ФОРМОВАНИЕ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

Отлив бумаги представляет собой процесс соединения волокон в бумажное полотно с образованием на сетке слоя растительных волокон вместе с наполняющими, проклеивающими и окрашивающими веществами.

Бумажная масса, приготовленная для отлива, поступает от узлоловителя в напускное устройство, из которого непрерывным потоком вытекает на движущуюся сетку сеточного стола бумагоделательной машины, где происходит формование и отлив бумажного полотна. Одновременно производится интенсивное обезвоживание бумажной массы, а затем образовавшегося бумажного полотна и передача последнего на прессовую часть машины.

Сеточная часть бумагоделательной машины состоит *из напускного устройства и сеточного стола.*

Напускные устройства

Назначение напускного устройства – обеспечение выхода массы на сетку с одинаковой скоростью и в одинаковом количестве по всей ширине; создание скорости вытекания массы, близкой к скорости движения сетки; обеспечение равномерной концентрации массы на всех участках потока; подача массы на сетку спокойным потоком без перекрещивания струй, завихрений и хлопьеобразования.

Современное напускное устройство состоит из потокораспределителя и напорного ящика. Назначение потокораспределителя – расширение потока волокнистой суспензии до ширины напорного ящика, выравнивание потока по концентрации и подвод массы к напорному ящику с равномерной скоростью по всему сечению потока.

Концентрация массы в напускных устройствах

Концентрация массы в напускном устройстве – один из основных параметров технологического процесса производства бумаги и картона, что подтверждается следующими положениями:

- концентрация в напускном устройстве – минимальная во всем технологическом потоке, она определяет количество воды, которое должно быть удалено на машине, а также объем бумажной массы, который должен быть подведен к напускному устройству;
- концентрация в напускном устройстве определяет способность бумажной массы к флокуляции и диспергированию (чем меньше концентрация, тем больше ее способность к диспергированию);
- концентрация в напускном устройстве влияет на удержание компонентов бумажной массы в сеточной части бумагоделательной машины (чем больше разбавление, тем меньше удержание);
- концентрация в напускном устройстве влияет на показатели прочности готовой продукции (более высокое разбавление улучшает большинство показателей прочности).

Концентрация массы в напускном устройстве определяется рядом факторов, основными из которых являются: вид вырабатываемой продукции, масса 1 м² бумаги, композиция бумаги, степень разработки волокна, наличие наполнителя, использование химических вспомогательных веществ, обезвоживающая способность сеточного стола.

Требования к современным напускным устройствам

Диспергирование бумажной массы, необходимое для отлива бумажного полотна с равномерной макроструктурой, достигается следующими техническими приемами и конструктивными решениями:

- разбавлением бумажной массы, уменьшающим флокуляцию;
- созданием интенсивной турбулентности для разрушения флокул;
- пропуском бумажной массы через сужающиеся отверстия, позволяющие механически разрушать образовавшиеся флокулы.

Гашение пульсаций, возникающих в процессе разбавления, очистки и сортирования бумажной массы, осуществляется следующим образом:

- устранением источников пульсаций, т. е. созданием безпульсационных коротких схем оборота бумажной массы;
- гашение пульсаций за счет большого объема бумажной массы в напускных устройствах закрытого типа и наличия в них воздушной подушки;
- созданием специальных демпферных систем, охватывающих весь диапазон частот пульсаций.

Равномерное потокораспределение, обеспечивающее постоянство давления массы на выходе из потокораспределителя, достигается следующим образом:

- сужающейся конической или параболической формой подводящей трубы потокораспределителя;
- переливом бумажной массы с целью выравнивания давления по потокораспределителю;
- подачей массы в камеру напускного устройства через ряд распределительных трубок, обеспечивающих создание потока без перекрещивающихся струй.

Постоянство поперечного профиля полотна по толщине и массе 1 м² достигается следующими приемами:

- автоматическим регулированием профиля выпускной щели;
- высокой точностью изготовления и минимальной деформацией конструктивных элементов напускного устройства;
- стабилизацией поперечного профиля путем регулируемого точечного разбавления бумажной массы в напускном устройстве по местам колебания концентрации бумажной массы.

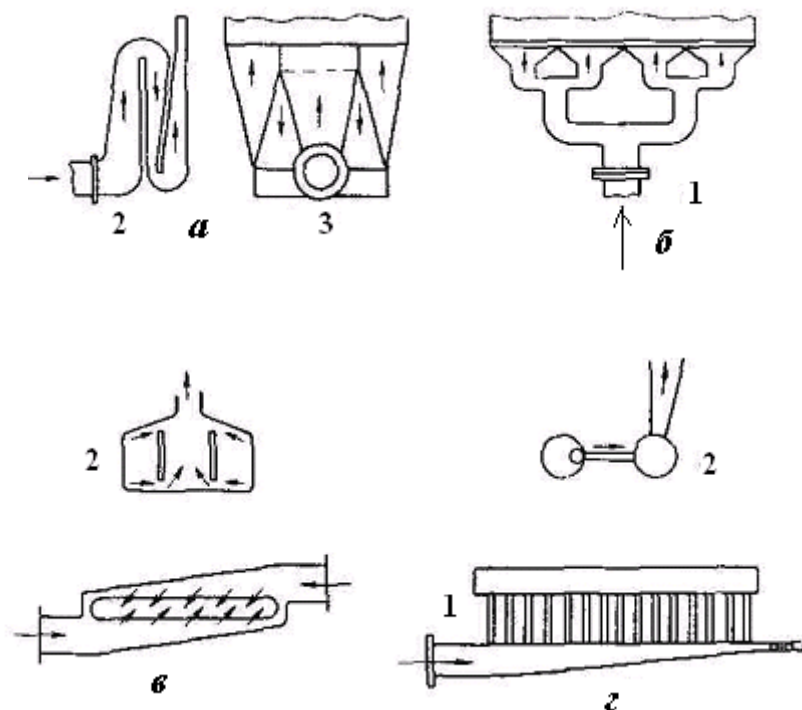


Рис. 4.1. Схемы потокораспределителей: *а* – конический; *б* – разветвлённый трубопровод; *в* – поперечный; *г* – многотрубный; 1 – план; 2 – поперечный разрез; 3 – вид сзади

Напорные ящики закрытого типа

Закрытые напорные ящики применяются при скорости машин свыше 400 – 450 м/мин. Напор массы перед выходом ее на сетку может быть создан двумя способами:

- созданием давления воздуха или разрежения (в зависимости от скорости машины) в верхней части напорного ящика;
- подачей массы через потокораспределитель осевым насосом (рис. 4.2).



Рис. 4.2. Напорный ящик закрытого типа с многотрубным коническим коллектором

Универсальный напорный ящик фирмы «КМВ» является модифицированным вариантом классического напорного ящика с перфорированными валиками и воздушной подушкой (рис. 4.3). Ящик предназначен для плоскосеточных машин, пригоден для любых скоростей и любой ширины машины, массы 1 м^2 листа и вида продукции, легко устанавливается на действующей машине.

Напорный ящик закрытого типа с турбулизирующим блоком, предназначен для бумагоделательных машин обрезной шириной до 6720 мм, скоростью до 1200 м/мин, массой 1 м^2 – до 200 г. Концентрация массы при отливе достигает 0,2–1,2%.

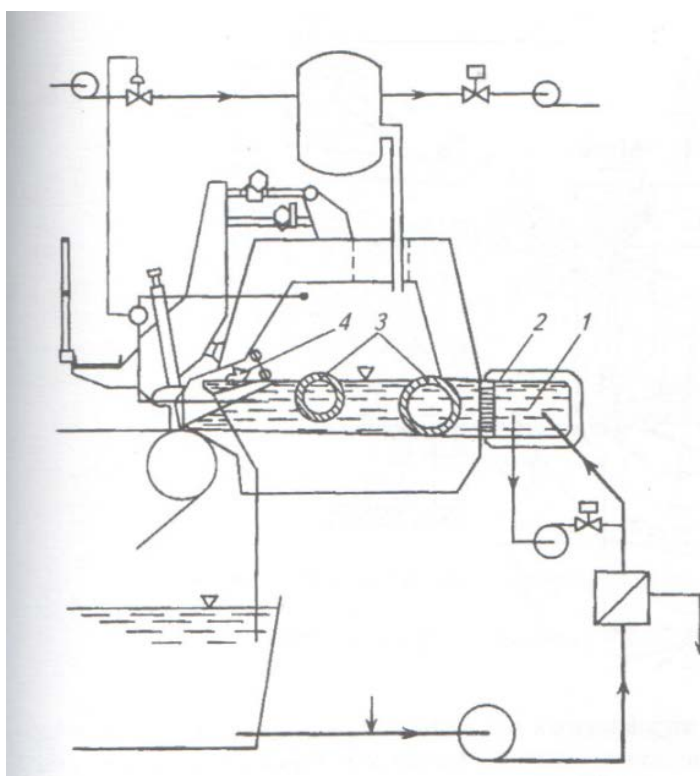


Рис. 4.3. Универсальный напорный ящик фирмы КМВ:
 1 – потокораспределитель; 2 – перфорированная пластина;
 3 – перфорированные валики; 4 – перелив избыточной массы

Напорный ящик с управляемым потоком (рис. 4.4), его отличительной особенностью является возможность регулирования размеров геометрической формы основных узлов ящика: коллектора потокораспределителя, длины проточной части корпуса ящика, профиля верхней губы в массонапускной щели ящика.

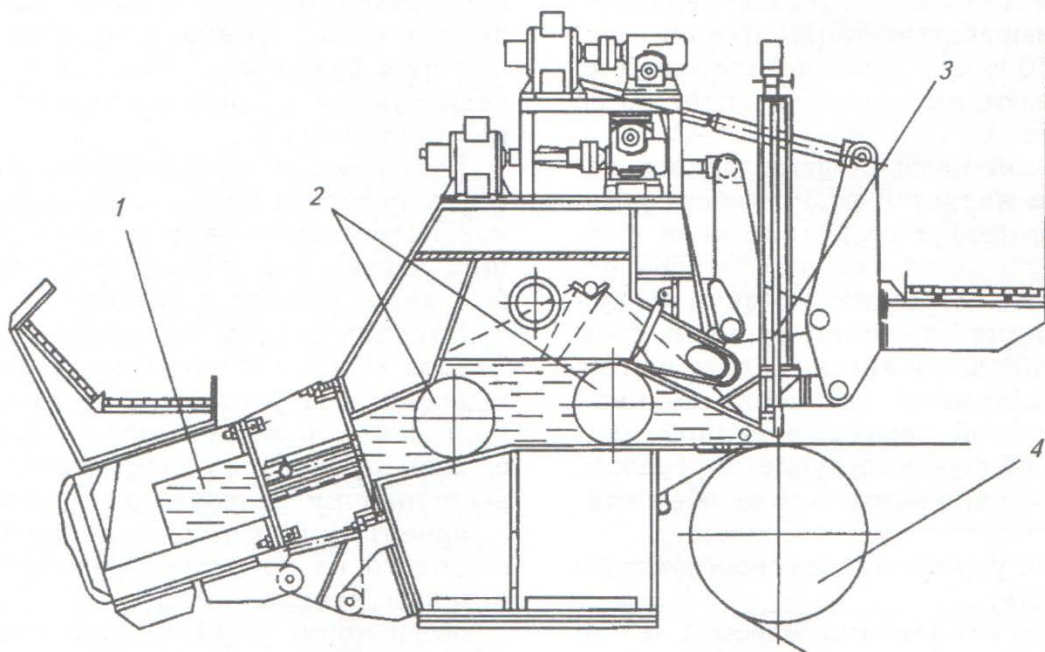


Рис. 4.4. Напорный ящик закрытого типа с турбулизирующим блоком:
 1 – потокораспределитель; 2 – перфорированные валики; 3 – регулятор
 выпускной щели; 4 – грудной вал

Напорные ящики гидродинамического типа

Напорные ящики гидродинамического типа используются в современных формующих системах с двухсторонним обезвоживанием. Напор в гидродинамических ящиках создается насосом, подающим бумажную массу в потокораспределитель, воздушная подушка в таких ящиках отсутствует.

Разработан широкий спектр напорных ящиков гидродинамического типа для формующих частей различных конструкций и любых видов бумаги и картона.

Например, напорный ящик Converflo обеспечивает получение стабильной струи выходящей массы, характеризующейся интенсивной микротурбулентностью при высокой степени диспергирования. Такие напорные ящики можно использовать на высокоскоростных плоскосеточных машинах, а также в формующих устройствах с двухсторонним обезвоживанием при выработке широкого ассортимента бумаги и картона.

В современных напорных ящиках гидродинамического типа (например, новое поколение Converflo, Concept IV-TM (рис. 4.5) профиль 1 м² массы регулируется изменениями концентрации с помощью специальной системы впрыскивания. Каждая из впрыскивающих трубок осуществляет дозирование оборотной воды в коллектор непосредственно в поток массы, вытекающий из одной из трубок напорного ящика.

Фирма «Voith» разработала конструкцию гидродинамического напорного ящика W-типа. Конструкция обеспечивает равномерный профиль скорости истечения массы по ширине машины. Напорный ящик занимает мало места и

успешно применяется при выработке различных видов бумаги и картона на машинах любой ширины и скорости.

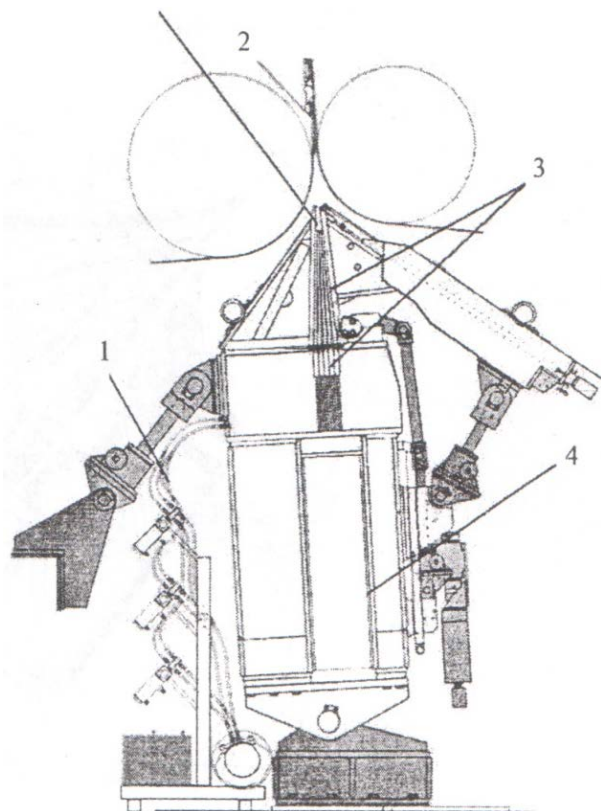


Рис. 4.5. Напорный ящик Concept IV-TM:

1 – впрыскивающая трубка; 2 – выходное сопло; 3 – Converflo-листы;
4 – коллектор

Напускные устройства для многослойного отлива

Многослойное формование бумаги и картона из одного напорного ящика стало возможным осуществить благодаря современным конструкциям напускных устройств, которые обеспечили гидродинамическую стабильность потока бумажной массы. Такое формование получило название структурного формования. Оно имеет следующие преимущества:

- возможность различной композиции по слоям многослойных бумаги и картона;
- возможность введения наполнителей, проклеивающих веществ, химических вспомогательных веществ в необходимые слои;
- получение окрашенной бумаги путем введения красителей только в покровный слой;
- оптимальное использование различных фракций волокна при его фракционировании.

Фирма «Beloit» разработала трехканальное напускное устройство Stratoflo для структурного формования (рис. 4.6).

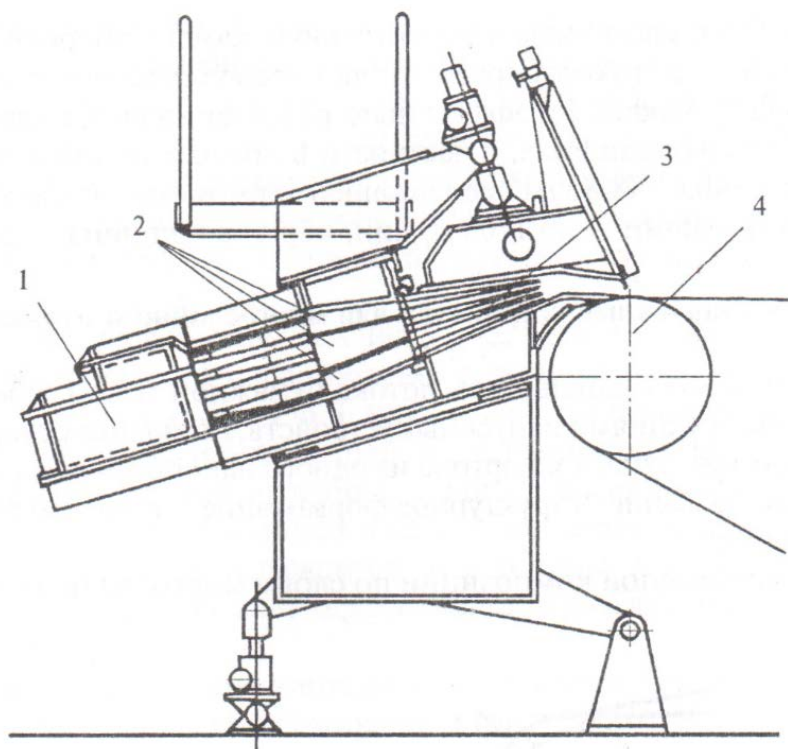


Рис. 4.6. Трехканальное напускное устройство Strataflo:
 1 – потокораспределитель; 2 – каналы для массы; 3 – Converflo-листы;
 4 – грудной вал

Сеточный стол

На сеточном столе (рис. 4.7) осуществляется одновременно два важнейших технологических процесса бумажного производства: формирование бумажного полотна из разбавленной волокнистой суспензии и удаление основной массы воды (обезвоживание бумажного полотна). Эти процессы взаимосвязаны и оказывают первостепенное значение на качество готовой продукции.

На сеточном столе удаляется 95–99 % всей воды, имеющейся в бумажной массе, сухость бумажного полотна возрастает от начальной, соответствующей концентрации массы в напускной устройстве, до сухости в среднем 18-24 % по окончании обезвоживания в сеточной части. Формование бумажного полотна может осуществляться на одной сетке или между двумя сетками.

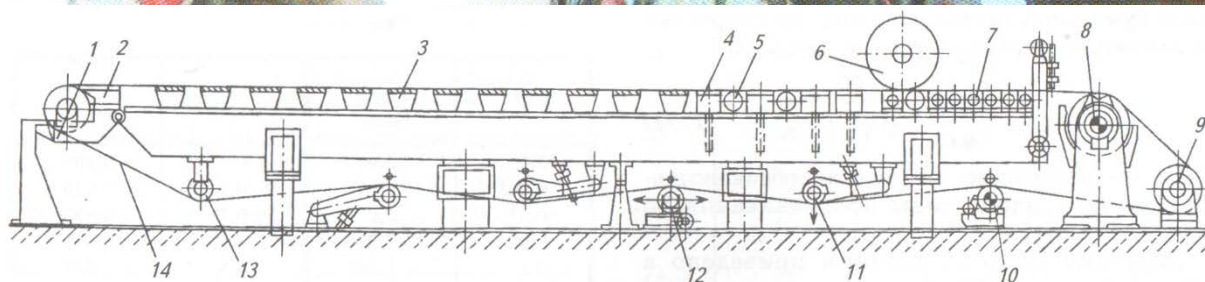
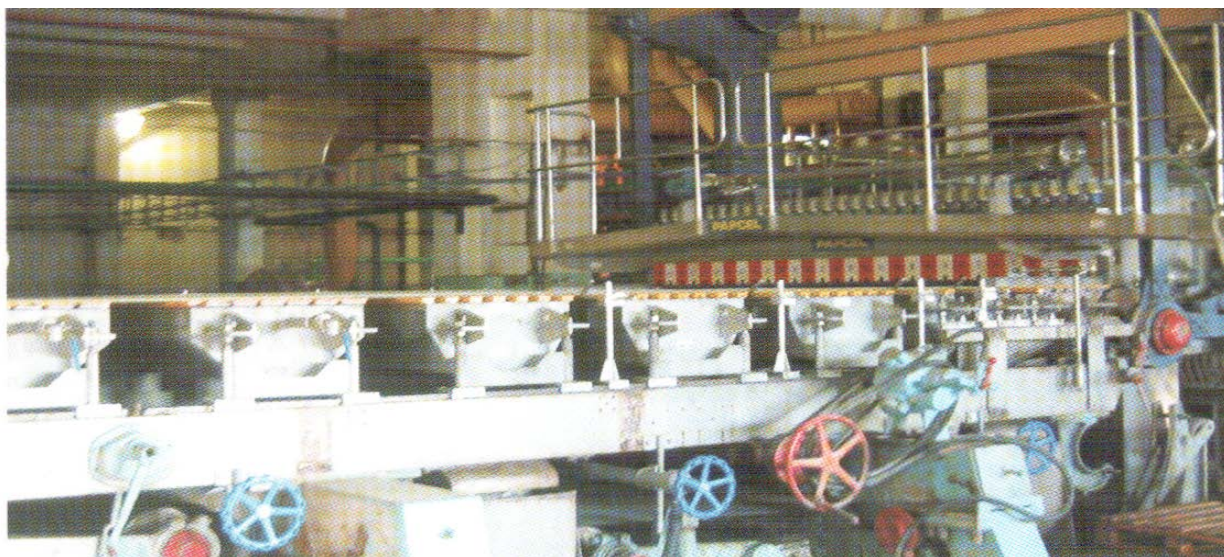


Рис. 4.7. Сеточный стол БДМ:

1 – грудной вал; 2 – формующий ящик; 3 – «мокрый ящик»; 4 – «вакуумный ящик»; 5 – регистровый валик; 6 – ровнитель; 7 – отсасывающий ящик; 8 – отсасывающий гауч-вал; 9 – ведущий вал; 10, 13 – сетководящие валики; 11 – сетконатяжной валик; 12 – сеткоправильный валик; 14 – сетка

Обезвоживающие элементы сеточного стола

Конструкция сеточного стола с плоской сеткой определяется скоростью машины и видом вырабатываемой продукции.

В начале сеточного стола находится *грудной вал* диаметром 400–1000 мм, облицованный твердой резиной. Грудной вал приводится во вращение за счет трения с сеткой, на быстроходных машинах он имеет самостоятельный привод.

На участке от грудного вала до конца регистровой части на тихоходных машинах применяют тряску сеточного стола с целью улучшения макроструктуры полотна. Эффективность тряски зависит от ее амплитуды и частоты, а также от композиции, степени помола, концентрации массы, массы 1 м² бумаги.

После грудного вала устанавливается *формующая доска или формующий ящик*. Поверхность доски может быть сплошной или иметь отверстия в виде перфораций или шлицов. Формующий ящик используется для уменьшения скорости обезвоживания в начале сеточного стола, регулирования отлива полотна и для устранения прогиба сетки.

Регистровые валики раньше были одним из основных обезвоживающих элементов. Регистровые валики приводятся во вращение сеткой и движутся

вместе с ней с небольшим проскальзыванием. Удаление воды происходит под действием вакуума, возникающего в клиновидном зазоре между валиком и сеткой на сбегавшей стороне.

Для уменьшения обезвоживающего действия первых регистровых валиков их делают желобчатыми с постепенно уменьшающейся глубиной канавок (от 6 до 2 мм). Желобчатые валики нагнетают в зону отсоса небольшое количество воздуха, благодаря чему снижается вакуум.

Для устранения вредного влияния регистровых валиков часть их или все сразу заменяют *регистровыми планками (гидропланками)*.

Гидропланки – это разновидность шабера, устанавливаемого под углом 1–5° к сетке. Передняя плоскость гидропланки (угол 30–45°) снимает пленку воды, удерживаемую под сеткой силами поверхностного натяжения. Плоская часть планки является опорой для сетки, обеспечивает плотный контакт между сеткой и поверхностью полотна, предотвращает приток воздуха в зону отсоса со стороны входа сетки.

Количество воды, удаляемой одной гидропланкой, составляет 60–75 % от количества воды, удаляемой одним регистровым валиком. Однако гидропланок можно установить значительно большее количество, чем регистровых валиков, поэтому обезвоживающая мощность увеличивается.

Вакуум, создаваемый гидропланками, в 2–5 раз меньше, чем у регистрового валика, а импульс давления в 20–25 раз меньше. Поэтому гидропланки создают условия для формирования полотна высокого качества и могут использоваться при более высоких скоростях движения сетки, чем регистровые валики.

Вакуум, создаваемый гидропланками, можно регулировать, изменяя угол их наклона к сетке. При увеличении угла наклона по ходу бумажного полотна разрежение возрастает. Общая ширина гидропланки обычно составляет 50 – 120 мм, соотношение между горизонтальной и наклонной частью находится в пределах от 1:3 до 1:2. Длина наклонной части гидропланки не менее 30 мм, расстояние между гидропланками – от 150 до 400 мм. Число устанавливаемых гидропланок возрастает с ростом скорости бумагоделательной машины.

Гидропланки изготавливают из полиэтилена с износостойкими вставками из коррозионно-стойкой стали. Широко применяются гидропланки с покрытием из полиуретана, карбида кремния, оксида алюминия, со вставками из полированной оксидной керамики.

Сухость бумажного полотна после регистровой части составляет 2,5–3,5%.

За гидропланками в конце зоны формирования перед сухой линией устанавливают *мокрые отсасывающие ящики* (рис. 4.8). Величина вакуума в них составляет 3–10 кПа и регулируется за счет барометрических труб или присоединения к низковакуумному насосу или вентилятору. Точное регулирование вакуума в каждом ящике осуществляется впуском воздуха через клапан с автоматическим регулятором.

Выделяют два периода обезвоживания на отсасывающих ящиках:

- начальный – до сухости 6–8 %, в котором удаление воды происходит за счет сжатия волокнистого слоя;
- до сухости 10 – 14 %, в течение которого обезвоживание происходит за счет энергии просасываемого воздушного потока.

Отсасывающие ящики изготавливаются сварными из коррозионно-стойкой стали, а их перфорированные крышки – из полимерных или керамических материалов. Отсасывающие ящики имеют ширину 220, 290 и 430 мм с живым сечением 30–38 % от площади поверхности крышек ящиков. Для повышения эффективности работы их устанавливают обычно вплотную один к другому. Общее число отсасывающих ящиков на сеточном столе достигает 10–12 шт.

На высокопроизводительных машинах иногда после 3–5 обычных отсасывающих ящиков устанавливают отсасывающие ящики типа Rotobelt. Это устройство позволяет увеличить срок службы сетки, поскольку сетка движется над отсасывающими камерами ящика на перфорированном резиновом полотне, а также уменьшить расход энергии, потребляемой сеточным столом. Отсасывающий ящик этой конструкции разделен продольными перегородками на три отделения, в которых поддерживается различный вакуум.

Сухость бумажного полотна после отсасывающих ящиков в зависимости от вида бумаг составляет 8–14 %.



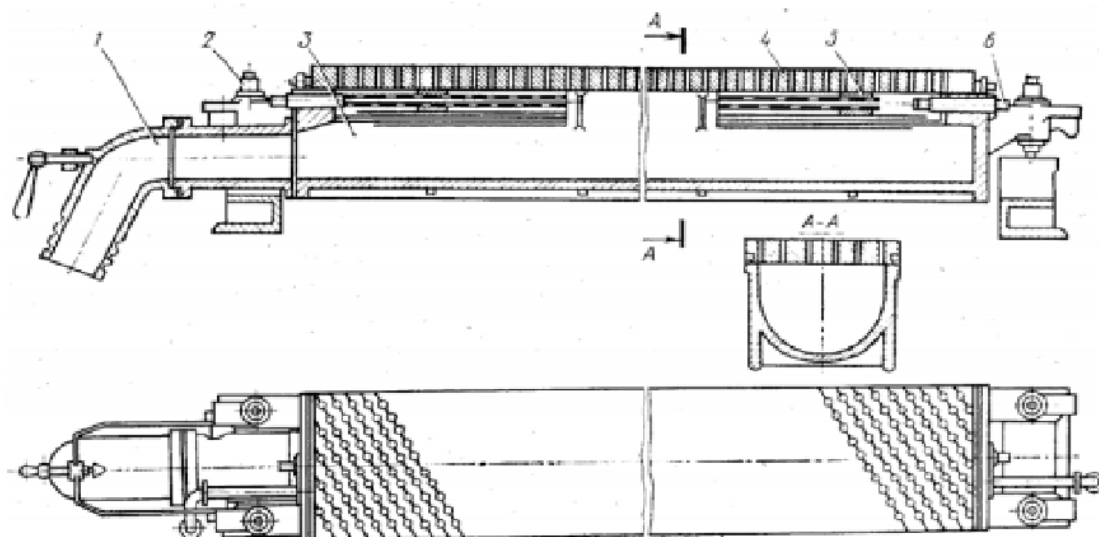


Рис. 4.8. Отсасывающий ящик:

1 – отводящий патрубок для воды и воздуха; 2 – болты для регулирования;
3 – корпус; 4 – верхняя крышка ящика; 5 – перегородка для регулирования
отсоса; 6 – винт для перемещения перегородки

Дальнейшее обезвоживание бумажного полотна до сухости 17–25 % осуществляется на *отсасывающем гауч-вале* под действием вакуума 40–80 кПа. Здесь завершается процесс формования и обезвоживания бумажного листа на сетке бумагоделательной машины.

Отсасывающий гауч-вал состоит из вращающегося перфорированного цилиндра, внутри которого находятся неподвижно одна, две или три отсасывающие камеры. Для увеличения площади отсоса отверстия на поверхности цилиндра имеющие диаметр 6–8 мм отверстия зенкуют с наружной стороны на глубину до 5 мм. Располагаются отверстия по спирали, чтобы снизить уровень шума.

Число камер и их ширина зависят от вида вырабатываемой продукции и скорости машины. Оптимальное расположение камер определяется в процессе работы машины, их поворот можно осуществить с помощью специального механизма. Иногда на гауч-вале над отсасывающей камерой устанавливают прижимной валик, облицованный мягкой резиной. При его использовании вакуум в камере увеличивается на 5 кПа, плотно уплотняется, сухость его увеличивается на 1,0–1,5, повышается прочность по влажном состоянию. Для улучшения структуры бумажного полотна и выравнивания его поверхности после первых 2–4 отсасывающих ящиков иногда устанавливают *ровнитель* – легкий полый валик, обтянутый сеткой, номер которой меньше номера основной сетки.

Ровнитель с рельефной поверхностью применяют для изготовления бумаги с водяным знаком. Сухость полотна при этом составляет около 6–7 %. Ровнитель располагают либо непосредственно над отсасывающим ящиком, в котором

поддерживается небольшое разрежение (до 5 кПа), либо над двумя регистровыми валиками, расположенными между отсасывающими валиками.

Диаметр ровнителя зависит от скорости машины и массы 1 м^2 изготавливаемой бумаги. Чем выше скорость машины и меньше масса 1 м^2 бумаги, тем больше должен быть диаметр ровнителя.

В сеточной части имеется несколько *сетководущих валиков*, по которым движется сетка при своем обратном движении. Среди этих валиков – сеткоправильный и сетконатяжной валики. При помощи сеткоправильного валика регулируют движение сетки и предотвращают ее смещение в сторону. Механизмы натяжения и правки сетки показаны на рис. 4.9.

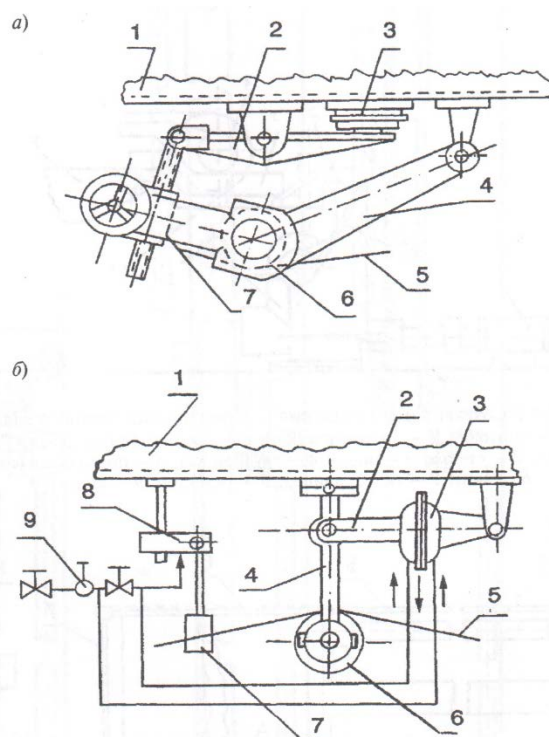


Рис. 4.9. Механизмы натяжения и правки сетки:

а) – пневматический механизм натяжения сетки:

1 – продольная балка; 2 – рычаг мембраны; 3 – мембрана; 4 – рычаг натяжного вала; 5 – сетка; 6 – натяжной вал; 7 – редуктор червячный с маховиком;

б) – пневматическая сеткоправка: 1 – продольная балка; 2 – рычаг мембраны; 3 – мембрана; 4 – рычаг сеткоправильного вала; 5 – сетка; 6 – сеткоправильный вал; 7 – лопатка; 8 – управляющий клапан; 9 – редукционный клапан

Сетки бумагоделательных машин

Важнейший элемент сеточного стола бумагоделательной машины – сетки. От качества сеток зависят эффективность работы машины и качество готовой продукции. К сетке предъявляются следующие требования:

- достаточная плотность ткани;
- хорошая водопрopusкная способность;
- стойкость к изменениям значения рН среды;
- высокая прочность на разрыв, изгиб и истирание.

Основными параметрами сеток являются: номер сетки, материал сетки, тип ткани, толщина нитей, размер ячеек и их число на 1 см². Сетки подразделяются на одинарные, двойные и тройные (рис. 4.10).

Одинарные сетки имеют основу из отдельных нитей. Двойные сетки имеют попарно сложенные нити. Такие сетки гибче одинарных, имеют более гладкую и сомкнутую поверхность, но хуже пропускают воду.

Тройные сетки имеют основу, составленную из трех рядом расположенных нитей. Тройные сетки отличаются высокой прочностью и применяются при выработке самых тонких видов бумаги.

Длительное время сетки изготавливались из металлической проволоки, содержащей бронзу, медь, олово, цинк. Основным недостатком металлических сеток является малый срок службы вследствие их низкой износостойкости.

В настоящее время используются синтетические сетки. Они имеют более длительный срок службы, улучшают макроструктуру бумажного полотна, имеют меньшую в 6–8 раз массу 1 м² сеточной ткани.

Синтетические сетки должны работать с большим натяжением, что увеличивает расходы энергии, потребляемой сеточной частью.

К синтетическим сеткам предъявляются следующие технологические требования:

- хорошее удержание компонентов бумажной массы;
- необходимый уровень обезвоживания;
- легкое отделение бумажного полотна;
- отсутствие маркировки бумаги от сетки;
- малое энергопотребление на привод сеточной части;
- высокий срок службы;
- минимальная растяжимость в продольном направлении;
- равномерность и жесткость в поперечном направлении.

Синтетические сетки изготавливают из высокопрочного полиэфирного и полиамидного волокна, подвергнутого специальной термической обработке, с покрытием из синтетических смол для повышения устойчивости к истиранию.

В настоящее время выпускаются однослойные и многослойные (двух- и трехслойные) синтетические сетки.

Номер сетки соответствует числу нитей основы, приходящихся на 1 см ширины сетки. Чем меньше масса 1 м² бумаги и выше степень помола, тем больше номер применяемой сетки. Виды сеток представлены на рис. 4.10 и 4.11.

Выбор сетки зависит от вида выпускаемой бумаги:

- газетной бумага на плоскосеточной – одно- и двухслойные сетки;
- бумага для глубокой или офсетной печати – двухслойные сетки с тонким монофиламентным волокном с верхней стороны и абразивостойким волокном на машинной стороне или трехслойные сетки;
- писчепечатные виды бумаги – двухслойные сетки с хорошими фильтрующими свойствами, снабженные износостойкими монофиламентными слоями со стороны сеточного стола;
- мешочная бумага – одно- и двухслойные сетки;

– плоские слои гофрокартона – применяются двухслойные сетки с грубым, хорошо фильтрующим плетением или однослойные пятисаржевые сетки.

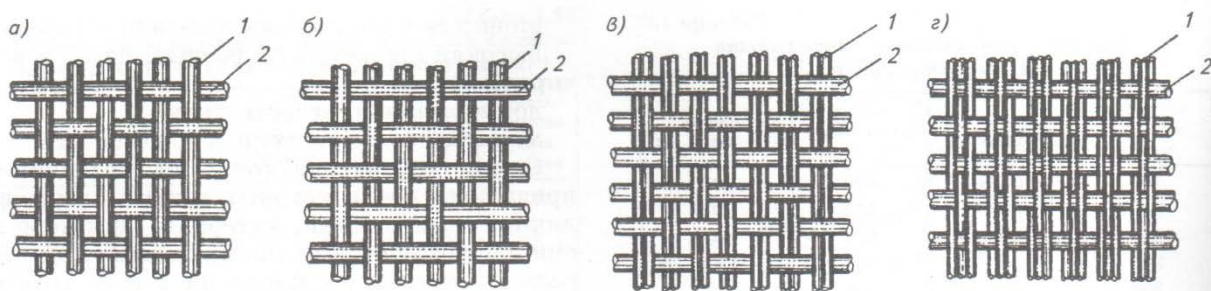


Рис. 4.10. Виды плетения сеток:

a – одинарная (льняное плетение); *б* – одинарная сетка (полусаржевое плетение); *в* – двойная сетка; *г* – тройная сетка (*1* – нити основы; *2* – уток)

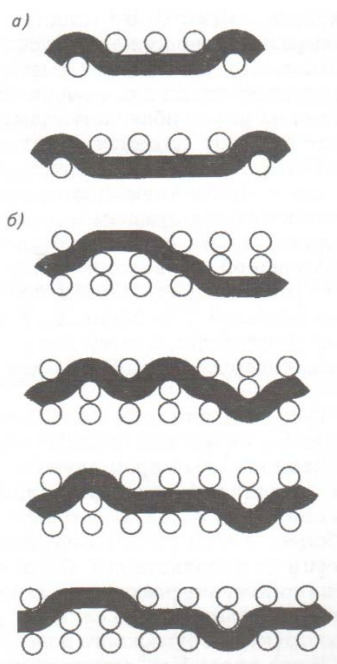


Рис. 4.11. Виды синтетических сеток:

a – однослойная сетка; *б* – двухслойная сетка

Формование листа на сетке бумагоделательной машины

Формование листа на сетке бумагоделательной машины осуществляется непрерывно. Длительность этого процесса исчисляется секундами, поэтому контроль за ним затруднен.

При формовании бумажного листа на сетке бумагоделательной машины приходится решать две проблемы:

1) получение бумаги высокого качества, обладающей хорошим, равномерным просветом и имеющей однородное строение, равномерные

толщину и вес квадратного метра, гладкую поверхность, достаточную механическую прочность и другие заданные свойства;

2) улучшение и ускорение обезвоживания бумажной массы на сеточном столе при работе бумагоделательной машины на высоких скоростях.

Основные факторы, влияющие на процесс формования и обезвоживания бумажного полотна и определяющие качество бумаги

Процесс формования бумажного полотна на сетке и качество получаемой бумаги определяют многие факторы. Важнейшими факторами являются следующие:

- степень разбавления массы;
- скорость поступления массы на сетку;
- свойства бумажной массы;
- толщина получаемого полотна;
- температура массы;
- конструкция сеточного стола и его составных элементов;
- рН среды;
- химические добавки.

В конструкции сеточного стола бумагоделательной машины должны быть предусмотрены возможности для регулирования обезвоживания бумажного полотна.

На плоскосеточном столе регулирование обезвоживания осуществляется путем изменения вакуума на обезвоживающих элементах:

- регулированием угла наклона гидропланок;
- изменением характера нарастания вакуума на отсасывающих ящиках;
- варьированием разрежения в камерах гауч-вала.

В системах с двухсторонним обезвоживанием, кроме изменения вакуума, интенсивность обезвоживания может регулироваться натяжением сеток, изменяющим давление в клине между обезвоживающими поверхностями.

Формование листа при двухстороннем обезвоживании

Основной недостаток традиционного формования на сеточном столе с одной сеткой заключается в том, что вода движется только в одном направлении, и поэтому происходит неравномерное распределение наполнителей и мелкого волокна по толщине формируемого листа.

Формующие устройства с двухсторонним обезвоживанием позволяют производить бумагу широкого ассортимента со скоростью, недостижимой на классических бумагоделательных машинах. Они менее энергоемки, занимают меньше площади и позволяют получить бумагу лучшего качества.

В двухсеточных установках сетки расходятся только после окончания процесса обезвоживания бумажной массы. Функции сеток различаются. Одна из сеток является основной. С нее бумажное полотно передается в прессовую часть, под этой сеткой расположен гауч-вал. Вторая сетка – вспомогательная – служит для образования двухсеточной зоны формования (рис. 4.12).

В жесткой зоне формования обычно обе поверхности проницаемые и обезвоживание идет через обе сетки.

Формующие устройства с двухсторонним обезвоживанием имеют следующие преимущества:

- высокую обезвоживающую способность, что позволяет достигнуть высокой скорости обезвоживания, не снижая качества продукции;
- малое содержание наполнителей на поверхности листа при большем их содержании в середине, что создает лучшие условия для офсетной печати;
- более симметричную структуру бумажного полотна, обуславливающую уменьшение разносторонности и скручиваемости листа, улучшение печатных свойств;
- высокую равномерность бумажного полотна по массе 1 м^2 по длине и ширине при высоких скоростях машины;
- уменьшение производственной площади, занимаемой сеточной частью;
- легкость обслуживания, быстроту перехода с одного вида бумаги на другой, возможность регулирования процесса обезвоживания.

Устройства с двухсторонним обезвоживанием имеют и определенные недостатки:

- наличие минимальной скорости, т. е. такой скорости, ниже которой формование становится невозможным;
- при низкой массе 1 м^2 малое удержание наполнителя и высокую пористость;
- относительно высокий расход энергии при средних скоростях машины;
- опасность чрезмерной маркировки от сеток на обеих сторонах бумаги;
- опасность загрязнения сетки, особенно внутренней, при использовании макулатуры.

В настоящее время широкое распространение получили так называемые гибридные формующие устройства. В этих устройствах в первый период идет обычное одностороннее обезвоживание через сетку, во второй период имеет место двухстороннее обезвоживание с использованием специального формующего башмака.

Наиболее известное гибридное формующее устройство SimFormer выпускается фирмой «Valmet».

Фирмой «Voith Sulzer» создано скоростное формующее устройство CrescentFormer TM22 для производства санитарно-гигиенической бумаги. Это устройство работает на скорости 2200 м/мин и производит продукцию из химико-механической и термомеханической древесной массы и из вторичного волокна.

Подача бумажной массы осуществляется в зазор между двумя сетками из напускного устройства, предусматривающего двухслойное формование. CrescentFormer TM22 обладает мощными обезвоживающими характеристиками, короткой гибкой зоной формования, возможностью контроля ориентации волокна, чистым и надежным разделением сеток.

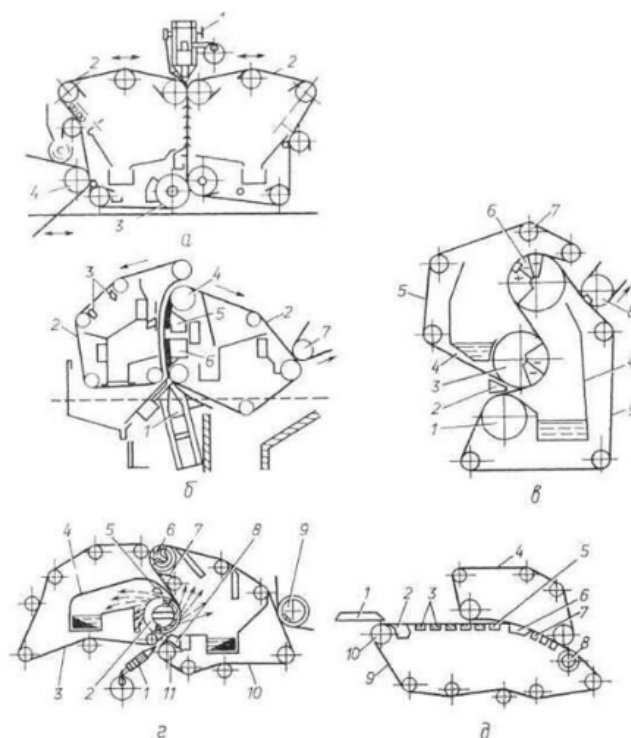


Рис. 4.12. Схемы установок двухсеточного формования:

- а) *Вертиформа*: 1 – напорный ящик; 2 – сетка; 3 – отсасывающий гауч-вал; 4 – пересасывающий вал;
- б) *Бел-Бей*: 1 – напорный ящик; 2 – сетка; 3 – шаберы; 4 – гауч-вал; 5 – отсасывающий ящик; 6 – башмак; 7 – пересасывающее устройство;
- в) *Паприформер*: 1 – грудной вал; 2 – напорный ящик; 3 – формующий вал; 4 – сборник оборотной воды; 5 – верхняя сетка; 6 – гауч-вал; 7 – сетководущий вал; 8 – пересасывающий вал; 9 – нижняя сетка;
- г) *Дуоформер*: 1 – напорный ящик; 2 – формующий вал; 3 – верхняя сетка; 4 – сборник оборотной воды; 5 – отсасывающий шабер; 6 – гауч-вал; 7 – отсасывающий ящик; 8 – формующий ящик; 9 – пересасывающее устройство; 10 – нижняя сетка; 11 – грудной вал;
- д) *Симформер*: 1 – напорный ящик; 2 – формующая доска; 3 – гидропланки; 4 – верхняя сетка; 5 – «мокрый» ящик; 6 – формующий башмак; 7 – отсасывающие ящики; 8 – гауч-вал; 9 – нижняя сетка; 10 – грудной вал

5. ПРЕССОВАНИЕ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

Назначение прессовой части бумагоделательных машин

После сеточной части в бумаге удерживается значительное количество воды. Это вода, удерживаемая в бумажном полотне капиллярными силами, и свободная вода, которая не была удалена в сеточной части из-за малого разрежения и небольшого времени действия вакуума.

Основное назначение прессовой части состоит в обезвоживании бумажного полотна и обеспечении определенных качественных показателей вырабатываемой продукции. В результате прессования возрастает сухость, плотность и прочность бумаги.

От эффективности работы прессовой части зависят затраты на сушку бумаги и производительность машины. С целью сокращения расхода пара на сушку после прессовой части стремятся получить максимально возможную сухость. Однако чрезмерное прессование может привести к ухудшению потребительских свойств вырабатываемой бумаги, а также ведет к увеличению затрат энергии на привод валов.

Требования к прессовой части бумагоделательных машин:

- Максимально возможное удаление воды из бумажного полотна без нарушения его структуры и с минимальными затратами;
- Безобрывная передача полотна с сетки в прессовую часть;
- Закрытая проводка полотна в прессовой части;
- Упрочнение структуры полотна, повышение его механической прочности и получение необходимых поверхностных свойств

Процесс прессования бумажного полотна

Для оценки эффективности обезвоживания бумажного полотна в прессовой части пользуются влажностью (сухостью) или водосодержанием.

Влажность – это отношение массы воды, содержащейся во влажном бумажном полотне, к массе самого влажного полотна. Влажность выражают в процентах.

Сухость – это отношение массы сухого вещества, содержащегося в данном объеме влажного материала, к массе данного объема.

Водосодержание – это отношение массы воды в определенном объеме бумажного полотна к массе абсолютно сухого вещества в этом же объеме.

Основными параметрами процесса прессования являются:

- линейное давление;
- среднее давление;
- продолжительность прессования;
- ширина зоны прессования;
- прессовый импульс.

Линейное давление определяется как отношение усилия прижима прессовых валов друг к другу к длине рабочей поверхности валов. Линейное давление измеряется в кН/м.

Ширина зоны прессования – это ширина площадки, в пределах которой на бумажное полотно действует сжимающая нагрузка.

Среднее давление в зоне прессования равно отношению линейного давления к ширине зоны прессования.

Продолжительность прессования равна отношению ширины зоны прессования к скорости машины. Ее измеряют в миллисекундах.

Показатель прессового импульса определяется как произведение среднего давления на продолжительность прессования или как отношение линейного давления к скорости машины.

Характер процессов, происходящих при прессовании, зависит от положения бумажного полотна в зоне прессования. Для случая прессования с поперечной фильтрацией воды принято следующее деление зоны прессования на 6 участков (фаз) (рис. 5.1).

Фаза I. Начинается с момента приложения внешней нагрузки. Прессовое сукно и бумажное полотно в этой фазе неводонасыщенны. Заканчивается эта фаза, когда или бумажное полотно, или сукно становятся водонасыщенными. Перенос воды из бумаги в сукно или наоборот обусловлен впитыванием поверхностной пленочной воды, находящейся на соприкасающихся поверхностях бумаги и сукна.

Фаза II. Начинается с момента насыщения бумажного полотна или сукна водой и заканчивается, когда оба материала становятся водонасыщенными. Если в I фазе поверхностный слой сукна, соприкасающийся с бумажным полотном, становится водонасыщенным раньше бумаги, то имеет место поток воды из сукна в полотно; если поверхностный слой бумаги, то поток идет наоборот. Факторами, определяющими течение воды, являются поверхностная адсорбция и капиллярные явления.

Фаза III. Начинается с момента насыщения обоих материалов водой и заканчивается, когда внешняя нагрузка достигает максимума.

Фаза IV. Начинается с момента достижения внешней нагрузкой максимума и заканчивается, когда давление в порах на нижней поверхности бумажного полотна, соприкасающейся с прессовым сукном, становится отрицательным.

Фаза V. Начинается с момента восстановления бумажного полотна и заканчивается в момент снятия внешней нагрузки, то есть в момент выхода бумажного полотна и прессового сукна из зоны прессования.

Фаза VI. Начинается с момента выхода бумажного полотна и прессового сукна из зоны прессования и заканчивается в момент отделения бумажного полотна от прессового сукна.

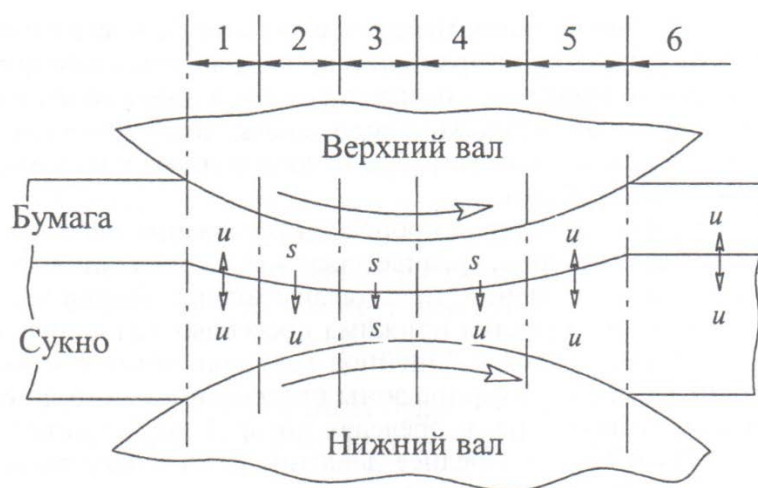


Рис. 5.1. Шестифазная модель зоны прессования:
u – ненасыщенный водой материал; *s* – водонасыщенный материал

Типы прессов бумагоделательных машин

Прессовая часть машины состоит из нескольких различных прессов, через которые проходит бумажное полотно. Прессы классифицируются по различным признакам. По конструкции все прессы подразделяются на *валковые* и *башмачные*.

В валковых прессах обезвоживание бумажного полотна происходит в зоне контакта прижимаемых друг к другу вращающихся валов.

В башмачных прессах зона прессования образуется в результате прижима к вращающемуся прессовому валу башмака – стационарного устройства.

Валковые прессы

Обычный пресс

Обычным называют пресс, состоящий из двух гладких валов, между которыми проходят бумажное волокно и прессовое сукно. Это наиболее старая конструкция прессы. Обычные простые прессы применяют в основном на тихоходных машинах.

Нижний вал прессы обычно имеет резиновое покрытие, верхний вал – чаще всего гранитный. Применение резинового покрытия позволяет:

- увеличить ширину зоны прессования и его продолжительность;
- уменьшить изнашивание прессового сукна (по сравнению с металлическим валом).

Применение гранита в качестве покрытия прессовых валов объясняется низкой адгезией бумажного полотна различной композиции к граниту. Этой адгезии достаточно для предотвращения «скрадывания» влажного бумажного полотна прессовым сукном, и адгезия исключает чрезмерное натяжение полотна при его отделении от вала. Кроме того, гранит обладает высокой твердостью и износостойкостью.

Для подачи бумажного полотна в зону прессования и переноса из неудаляемой из бумаги воды служит прессовое сукно, которое движется по сукноведущим валикам. Расположение валов обычного двухвального пресса приведено на рисунке 5.2.

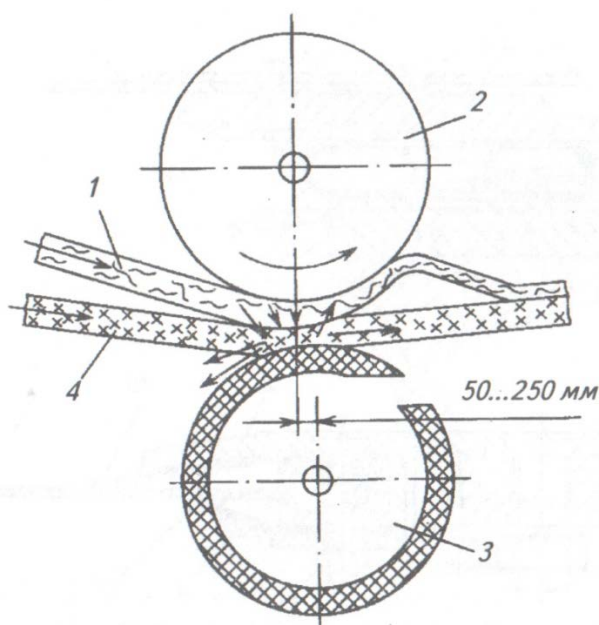


Рис. 5.2. Расположение валов обычного двухвального пресса:
1 – бумажное полотно; 2 – верхний вал; 3 – нижний вал; 4 – прессовое сукно

Гранитный вал

Основным элементом гранитного вала является гранитная рубашка, которая изготавливается из цельного куска гранита. В нем высверливается отверстие для установки металлического сердечника.

Для устранения возникающих повреждений поверхности вала (мелких раковин, трещин и т. п.) вал может перешлифовываться.

В последнее время вместо гранитных валов стали использовать валы с различными синтетическими покрытиями. Такие валы состоят из чугунного или стального сердечника, покрытого слоем из натуральной резины или другого связующего с включением частиц из гранита.

Обрезиненный вал

Валы, имеющие резиновое покрытие, нагреваются. Температура покрытия может достигать 100-120°. Для ограничения нагрева производят охлаждение валов.

Охлаждение валов может быть как внутренним, так и наружным. Внутреннее охлаждение более эффективно. Поток водовоздушной смеси попадает внутрь рубашки вала. Происходит равномерное течение тонкого слоя воды по внутренней поверхности рубашки, не допуская заполнения водой внутреннего пространства. Важно обеспечить равномерность распределения

температуры покрытия по длине вала. Разница температуры воды, подаваемой внутрь вала и отводимой из него, не должна превышать 6-8°.

Обычный пресс относится к прессам с продольной фильтрацией воды. Часть воды переносится вместе с сукном через прессовый захват, а часть течет внутри сукна в направлении, обратном ходу бумажного полотна.

На современных бумагоделательных машинах обычные прессы с твердыми покрытиями валов используют часто как последние прессы, в которых требуется высокое давление, и из бумажного полотна выжимается относительно небольшое количество воды.

Отсасывающий пресс

В качестве первых прессов на бумагоделательных машинах применяются отсасывающие прессы (рис. 5.3). Отсасывающий пресс состоит из отсасывающего вала (находится внизу) и парного с ним гранитного или чугунного вала. Отсасывающий вал состоит из перфорированной металлической обрезиненной рубашки, внутри которой установлена отсасывающая камера. В отсасывающей камере при помощи вакуум-насоса при работе прессы создается разрежение.

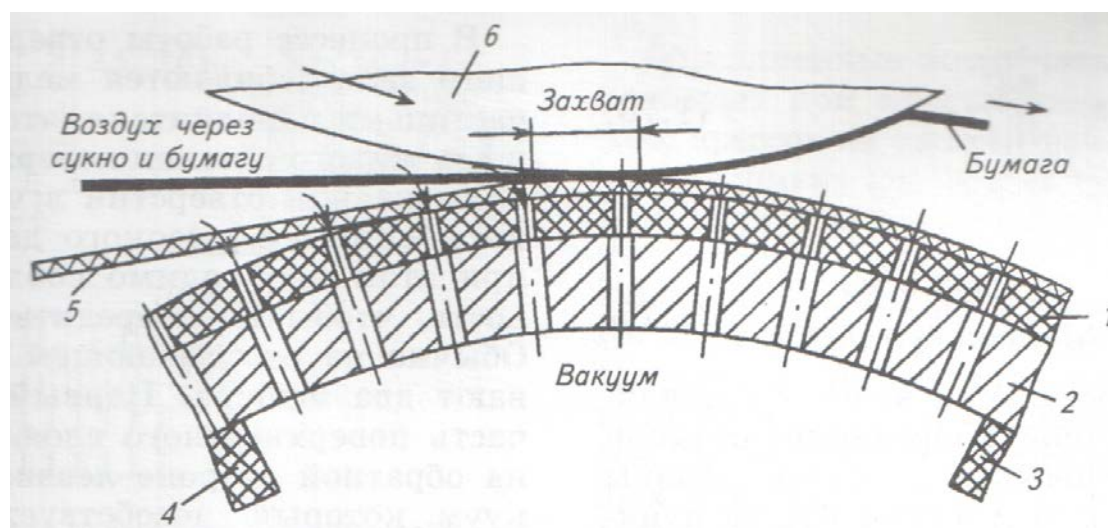


Рис. 5.3. Прессование отсасывающего полотна в отсасывающем прессе:
1 – резиновое покрытие; 2 – стальная рубашка; 3 – заднее уплотнение;
4 – переднее уплотнение; 5 – сукно; 6 – верхний вал

Камера устанавливается под зоной прессования и смещается навстречу движению бумажного полотна. Камера должна быть полностью закрыта сукном и бумагой. Вакуум в камере поддерживается на уровне 50-65 кПа. Ширина камеры составляет 100-150 мм, диаметр отверстий в металлической рубашке – 3,7-4,0 мм, в резиновом покрытии – от 4 до 5 мм. Для снижения шума и уменьшения изнашивания внутренней поверхности рубашки отверстия на рубашке располагают по спирали.

Различают открытые и закрытые отсасывающие прессы. В открытом прессе часть отсасывающей камеры после зоны прессования открыта, это облегчает отделение бумажного полотна от поверхности вала, что позволяет использовать более легкие покрытия. В закрытых прессах камера располагается так, чтобы ее задняя стенка располагалась внутри зоны прессования. Эти прессы применяют, например, при выработке бумаги, в композицию которой входит древесная масса.

Отсасывающий вал исключает образование воздушных пузырьков между сукном и полотном перед их входом в зону прессования. Это предотвращает раздавливание бумажного полотна, снижается опасность обрывов. Наличие отверстий сокращает путь движения воды в сукне, снижается давление воды в порах сукна, что облегчает удаление воды из бумажного полотна в зоне прессования.

Недостатками отсасывающих валов являются:

- сложность конструкции и эксплуатации;
- высокая стоимость;
- малая долговечность;
- относительно низкая прочность.

Желобчатый пресс

Это наиболее часто встречающийся тип прессы. Он состоит из верхнего гранитного и нижнего обрешиненного, на поверхности которого нарезаны желобки. Из насыщенного водой сукна вода вытесняется в желобки, предотвращая появление в сукне продольного потока воды и обеспечивая тем самым режим прессования с поперечной фильтрацией. Так как вода, вытесняемая из участков сукна, располагающихся между желобками, течет в поперечном направлении, то желательно располагать желобки как можно ближе друг к другу. Оптимальная ширина желобков должна составлять 0,5 мм.

На работу желобчатого прессы большое влияние оказывает твердость его облицовки. Необходимость внутреннего охлаждения на скоростных машинах и невозможность перешлифовки более двух раз привели к использованию желобчатых валов без резиновой облицовки. На таких валах желобки нарезают или на стальной рубашке вала, или получают в результате наматывания на вал профилированной стальной ленты.

Обрешиненные желобчатые валы часто используют при модернизации обычных прямых прессы на тихоходных бумагоделательных машинах (до 250 м/мин). Замена гладкого вала обычного первого прессы желобчатым часто позволяет повысить сухость на 2–4 %.

Для правильной работы желобчатого вала важно обеспечить правильную заправку прессового сукна и бумажного полотна в зону прессования для исключения образования воздушных пузырей между сукном и бумагой.

Основными преимуществами желобчатых прессы по сравнению с отсасывающими являются:

- более высокая сухость бумажного полотна после прессы;

- низкая стоимость изготовления и эксплуатации;
- возможность работы при более высоких давлениях без опасности раздавливания и теневой маркировки бумажного полотна.

Пресс с глухосверленным валом

Вал с глухими отверстиями представляет собой стальную рубашку, покрытую резиновой или полиуретановой облицовкой с рассверленными в ней глухими отверстиями. Диаметр отверстий – от 2,3 до 4,0 мм, глубина – 10-13 мм. При этом объем глухих отверстий, доступный для выжимаемой из сукна воды, значительно больше объема канавок желобчатого вала. Большая глубина отверстий по сравнению с глубиной канавок желобчатого вала позволяет перешлифовывать эти валы большее число раз, нежели желобчатые валы.

При выходе из зоны прессования сукно может впитывать воду из отверстий вала. Поэтому желательно, чтобы выходящее из зоны сукно охватывало не нижний, а верхний вал прессы.

Прессы с удлиненной зоной прессования

При выработке большинства видов продукции единственным путем повышения сухости после прессования является увеличение продолжительности прессования. В этой связи эффективными являются прессы с удлиненной зоной прессования башмачного типа (рис. 5.4). Этот пресс состоит из верхнего приводного вала с регулируемым прогибом и нижнего прижимаемого к верхнему валу опорного башмака шириной 250 мм.

Между валом и башмаком движется бесконечная лента, представляющая собой синтетическую сетку, поры которой заполнены по методу напыления полиуретаном. Прессование осуществляется между двух сукон. Прижим башмака к верхнему валу осуществляется при помощи гидроцилиндров.

Для снижения трения между башмаком и лентой подается смазочная жидкость. Различают следующие виды смазки поверхности башмака: гидростатический, гидродинамический и комбинированный.

Гидростатический прижимной башмак способствует образованию масляной пленки большой толщины, что ведет к уменьшению и способствует выравниванию толщины бумажного полотна в поперечном направлении.

При гидродинамическом способе смазки масло, удерживаемое на внутренней поверхности центробежными силами, затягивается в клиновидный зазор. При этом в масляном слое создается высокое давление, уравновешивающее внешнюю нагрузку.

При комбинированном способе смазки башмак имеет в центральной части карман, в который под давлением подается масло, т. е. используется гидростатический способ смазки. В то же время форма поверхности башмака делает возможным создание клиновидного зазора между башмаком и вращающейся рубашкой, т. е. использование гидродинамического способа смазки.

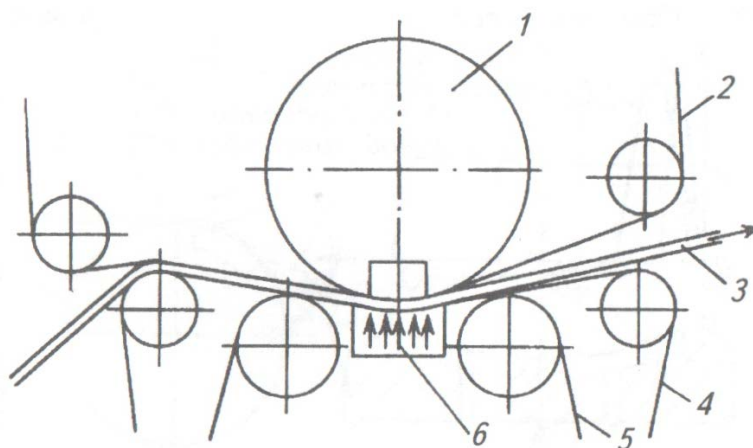


Рис. 5.4. Пресс с удлиненной зоной прессования:
 1 – верхний вал; 2 – верхнее прессовое сукно; 3 – бумажное полотно;
 4 – нижнее сукно; 5 – синтетическая лента; 6 – башмак

Основные факторы, влияющие на процесс прессования

Факторы процесса прессования подразделяются на конструктивные и технологические.

Конструктивные факторы зависят от параметров, определяющих конструкцию прессов. Технологические факторы зависят от особенностей технологического процесса, свойств полуфабриката и требований, предъявляемых к готовой продукции.

Конструктивные факторы:

- тип пресса (валковый или башмачный);
- диаметр прессовых валов;
- механические свойства покрытий прессовых валов;
- конструкция прессовых валов (желобчатые, глухосверленные, отсасывающие, гладкие валы);
- конструкция прессового сукна и его сухость перед прессом;
- количество прессовых сукон (одно или два);

Технологические факторы:

- композиция бумажного полотна и история его подготовки (фильтрационно-компрессионные свойства);
- скорость машины;
- линейное давление;
- начальная сухость бумажного полотна;
- масса 1 м² бумажного полотна;
- температура бумажного полотна.

Отдельным фактором, который определяется как конструкцией, так и технологическим процессом, является обратное впитывание.

Конструктивные факторы влияют на обезвоживающую способность прессы в основном через изменение продолжительности прессования и распределения давления по ширине зоны прессования при прочих равных условиях. Увеличение продолжительности прессования и наличие возможности регулирования распределения давления по ширине зоны прессования ведет к повышению сухости бумажного полотна. Удлиненная зона прессования значительно увеличивает продолжительность прессования. Увеличение диаметра валов и снижение скорости машины также ведут к увеличению продолжительности прессования.

Конструкция вала при работе с современными сукнами оказывает меньшее влияние на сухость, чем при работе с шерстяными сукнами. Выбор конструкции вала определяется в основном местом прессы в прессовой части и видом производимой продукции.

Самыми важными технологическими факторами являются композиция бумажного полотна и процесс его подготовки. Наиболее важной характеристикой, определяющей способность бумаги отдавать влагу при прессовании, является коэффициент водоудержания.

Коэффициент водоудержания (WRV) определяется как отношение массы воды, оставшейся в материале после его обезвоживания к массе сухого волокна.

Сухость бумажного полотна перед прессом определяет его поведение в прессе. Чем она выше, тем при более высоком давлении в зоне прессования можно работать без опасности раздавливания бумаги. Наиболее важной является сухость полотна перед первым прессом. Чем выше сухость, тем легче передача полотна из сеточной части в прессовую, что повышает работоспособность машины в целом.

Передача бумажного полотна из сеточной части в прессовую часть

Большие затруднения при работе БДМ возникают при переносе бумаги с отсасывающего гауч-вала на первый пресс. Это обусловлено высокой влажностью бумаги (сухость 18-20%) и, соответственно, низкой прочностью. Это не позволяет бумаге выдерживать возникающие растягивающие напряжения при переносе. Таким образом, для безобрывной проводки бумаги первостепенное значение имеет ее влагопрочность. Это особенно важно для высокоскоростных машин, вырабатывающих легкие виды бумаги.

Свободный перенос заключается в следующем: полоска бумаги шириной 50-150 мм отсекается от бумажного полотна водяным распылением и либо вручную перебрасывается на сукно первого пресса, либо сдувается с отсасывающего вала гауча при помощи трубки, помещенной внутри вала с лицевой стороны машины. Недостатками этого способа являются:

- возникновение в бумажном полотне растягивающих усилий, вызванных действием сил адгезии бумаги к сетке и центробежными силами;
- дополнительное растяжение сеточной стороны бумажного полотна;
- необратимые изменения структуры бумажного полотна вследствие его чрезмерного удлинения;
- снижение прочности и увеличение неравнопрочности в машинном и в поперечном направлении.

Угол съема при такой схеме переноса бумажного полотна с сетки составляет обычно 30-60°. Применяется она на тихоходных машинах, работающих со скоростями не более 200 м/мин.

Увеличить угол съема, а значит, уменьшить требуемое натяжение полотна, можно за счет съема полотна *по касательной к сетке*. Этот способ может использоваться при скоростях до 350-400 м/мин.

При таком съеме между сеткой и сукном устанавливают направляющий валик, имеющий индивидуальный привод. С помощью механизма перемещения валика он устанавливается так, чтобы бумажное полотно сходило с гауч-вала по касательной.

Если сеточная часть имеет сеткоповоротный вал, то перенос полотна с наклонного участка сетки может быть осуществлен в период заправки при помощи *пневматического сопла*. Такой способ может использоваться при выработке видов бумаги и картона с массой более 100 г/м² при скоростях до 500 м/мин.

Более надежными являются способы *поддерживаемого переноса бумажного полотна*. Для этого используется устройство переноса с помощью пересасывающего вала, когда сетка огибает не только гауч, но и сеткоповоротный вал. Пересасывающий вал расположен между гауч-валом и сеткоповоротным валом. Такое устройство пригодно и для машин с высокими скоростями.

Чаще применяется пересасывающий вал, имеющий две вакуумные камеры. За счет разрежения в первой камере (вакуум в ней 0,06-0,07 МПа) бумажное полотно снимается с сетки. Вторая камера (вакуум 0,04-0,05 МПа) нужна для удержания бумажного полотна на пересасывающем сукне (сукне пикап).

Для нормальной работы пересасывающего устройства необходимо обеспечить эффективную очистку передаточного сукна и устранить разбрызгивание водных капель из отверстий пересасывающего вала под действием центробежных сил. Для этого в месте соприкосновения пересасывающего вала и передаточного сукна устанавливают водосборник.

В современных прессовых частях в передаточном прессе нет необходимости, так как чаще всего в первом захвате прессование происходит между двух сукон: пересасывающим и нижним сукном первого пресса.

Бомбировка прессовых валов

Под действием собственной массы и усилий прижима прессовые валы прогибаются. При неодинаковом прогибе наблюдается неравномерное распределение давления по длине зоны контакта, что ведет к неравномерной влажности полотна по ширине машины после пресса.

Для выравнивания профиля давления по длине вала применяется бомбировка валов, то есть увеличение диаметра вала от его концов к середине.

Изменение диаметра вала по его длине или кривая бомбировки вала, обеспечивающая равномерный профиль давления, зависит от длины вала, его диаметра, жесткости, массы, усилий прижима и ряда других факторов.

Покрытия прессовых валов

К покрытиям прессовых валов предъявляют следующие требования:

- выносливость и упругость;
- минимальное накопление тепла;
- сопротивление абразивному износу;
- термостабильность;
- сопротивление воздействию минеральных масел и растворителей;
- обеспечение легкого удаления бумаги с поверхности облицовки.

Для облицовки прессовых валов применяются резины из натурального и синтетического каучука, а также различные полимерные материалы. Выбор покрытия для различных прессов определяется их функциональным назначением, а в некоторых случаях – и композицией бумажной массы. От правильного выбора покрытия зависят такие параметры, как ширина зоны прессования, распределение давления по ширине зоны прессования, долговечность сукна и т. д.

Прессовые сукна

На эффективность бумагоделательной машины существенное значение имеет правильный выбор прессовых сукон. Выбор сукна определяется типом пресса и его местом в прессовой части, композицией бумажной массы, требованиями к готовой продукции.

К прессовому сукну предъявляются следующие требования:

- большой объем порового пространства, обеспечивающий способность сукна переносить значительное количество воды;
- равномерность распределения давления, передаваемого на бумагу;
- высокая проницаемость, обеспечивающая низкое сопротивление течению воды в сукне;
- низкая сжимаемость, обеспечивающая сохранение достаточной проницаемости и порового объема даже в середине зоны прессования;

- стабильность в процессе работы и равномерность свойств по ширине сукна;
- способность гасить вибрации, возникающие при работе пресса;
- не вызывающее затруднений обезвоживание и кондиционирование прессового сукна;
- быстрая приработка;
- легкость установки и замены;
- высокая износостойкость и способность сопротивляться разрушающему действию химикатов.

Современные прессовые сукна изготовлены полностью из синтетических волокон и состоят из двух основных компонентов: основы (каркаса) и поверхностных слоев ватки, соединенных с основой иглопробивным способом.

Основа сукна может выполняться в виде одно-, двух- или трехслойной сетки или состоять из двух сеток, соединенных иглопробивным способом (ламинатные сукна).

Широкое распространение получили ламинатные сукна, в которых основа состоит из двух независимых слоев. Ламинатные сукна лучше сопротивляются сжатию, более долгое время остаются чистыми и легче кондиционируются, имеют высокую способность гасить вибрации и хорошо сохраняют толщину в прессовом захвате.

В качестве материалов для волокон, используемых при изготовлении сукон, применяют полиамиды (нейлон, капрон, силон и т. д.), реже полиэфир (диолон, терилон, лавсан и т. д.) и полиакриды (долан, редон, уралон и т. д.).

Разновидностью ламинатных сукон стали сукна, в которых один из каркасов представляет собой перфорированную полиуретановую мембрану.

Кондиционирование прессовых сукон

Для поддержания сукна в рабочем состоянии применяются различные системы кондиционирования. Процесс кондиционирования включает три основных этапа:

1. Обработку сукна с целью отделения загрязняющих частиц от волокон.
2. Предотвращение повторного соединения отделенных частиц с волокнами сукна;
3. Удаление загрязняющих веществ и обеспечение требуемой влажности сукна перед ходом в зону контакта.

Для отделения загрязняющих частиц на 1-м этапе используют spryski высокого давления. На 2-м этапе при помощи spryskov низкого давления подают большое количество воды. На 3-м этапе избыточная вода вместе с загрязняющими частицами удаляется при помощи отсасывающих щелевых сукномоек.

Spryski высокого давления состоят из spryskовой трубы, на которую навинчиваются насадки сопел, обеспечивающие струю игольчатой или веерной формы.

Прессовые части бумагоделательных и картоноделательных машин

Прессовая часть большей части современных машин состоит из компактного многовального пресса с тремя или четырьмя зонами прессования, после которого при необходимости может устанавливаться один или два отдельно стоящих двухвальных пресса. Из наиболее часто применяемых схем прессовых частей можно назвать следующие: Twinver пресс, Tri-Vent пресс, Tri-nip пресс, Vi-nip пресс, универсальный пресс.

Twinver пресс состоит из пересасывающего, отсасывающего, гранитного и желобчатого валов. Достоинством этого пресса является то, что первая открытая проводка бумажного полотна происходит после двух зон прессования. Пресс обеспечивает легкое удаление брака. Недостатками данной конструкции являются: возможность образования воздушных пузырей перед третьей зоной прессования и опасность обрыва на открытом участке между второй и третьей зоной прессования.

Tri-nip пресс состоит из пересасывающего вала и многовального пресса, образованного двумя желобчатыми, отсасывающим и гранитным валами. Достоинством пресса является то, что первая открытая проводка полотна происходит только на третьей зоне прессования, где бумажное полотно обладает уже достаточно высокой прочностью. Для повышения эффективности обезвоживания напротив второй камеры отсасывающего вала возможна установка паровой камеры. Недостатком пресса является высокая нагрузка на отсасывающий вал, обусловленная его контактом с двумя валами. Более высокие требования предъявляются и к покрытию вала. Оно должно иметь достаточно высокую твердость.

Модификацией Tri-nip пресса является схема Vi-nip пресс, отличающийся отсутствием верхнего желобчатого вала. Поскольку перед первым участком свободной проводки бумажного полотна в этом случае имеется только две зоны прессования, эту схему целесообразно применять при выработке легко обезвоживаемых видов бумаги и картона.

На высокоскоростных машинах, вырабатывающих газетную бумагу, хорошо зарекомендовал себя Tri-Vent пресс (рис. 5.5). В отличие от Tri-nip пресса, на гранитном валу установлен третий желобчатый вал с собственным сукном. Первая свободная проводка бумажного полотна происходит после четырех зон прессования. Поэтому опасность обрывов даже при работе на высоких скоростях мала.

Большое распространение получили универсальные прессы, отличающиеся компактной конструкцией, например, трехвальный Combi пресс. В этом прессе первый вал отсасывающий с двумя камерами – широкой и узкой. Вторым вал гранитный, третий – желобчатый. Первый и третий вал – приводные. Преимуществами этого пресса являются: способность работать с бумагой разной массы 1 м^2 , нет опасности отделения бумажного полотна от сукна пикап, повышение гладкости сеточной стороны, легкость удаления брака. При необходимости в прессовую часть может быть добавлен отдельно стоящий пресс.

С увеличением скорости машин и содержания в композиции бумаги и картона полуфабрикатов высокого выхода и макулатуры возникла необходимость в существенном увеличении продолжительности прессования.

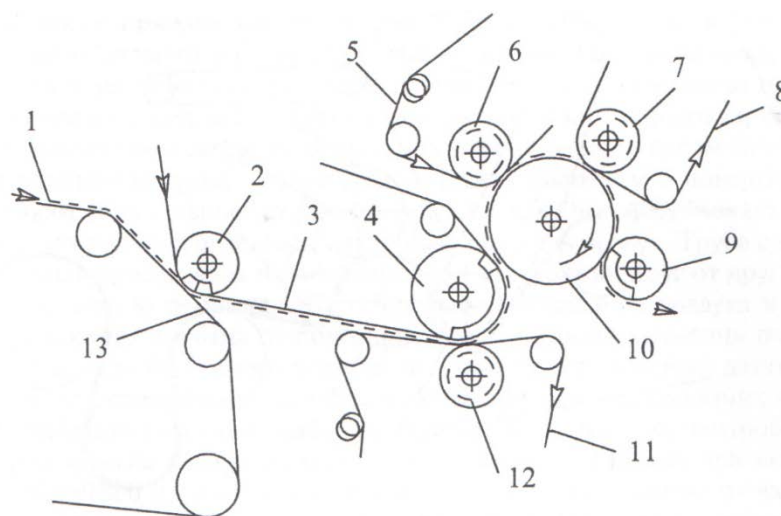


Рис. 5.5. Tri-Vent пресс:

1 – бумажное полотно; *2* – пересасывающий вал; *3* – сукно «пикап»;
4 – отсасывающий вал; *5, 8* – верхние сукна; *6, 7, 12* – желобчатые валы;
9 – бумаговедущий валик; *10* – гранитный вал; *11* – нижнее сукно; *13* – сетка

6. СУШКА БУМАГИ

Общие сведения

Сушка бумаги – это термический способ обезвоживания бумажного полотна, в результате которого влажность бумаги снижается, а также происходит ее усадка по длине, ширине и толщине. В сушильной части машины бумажное полотно обезвоживается до конечной сухости 92-95 %.

В результате сушки волокна сближаются и между ними устанавливаются связи, определяющие физико-механические свойства бумажного листа. В результате повышается механическая прочность и гладкость бумаги. От режима сушки зависит объемная масса, впитывающая способность, воздухопроницаемость, прозрачность, усадка, влагопрочность, степень проклейки и окраска бумаги.

Сушка является энергоемким процессом, а сушильная часть – наиболее громоздкая и металлоемкая по сравнению с другими частями бумагоделательной машины. Сушильная часть состоит из бумагосушильных, сукносушильных и холодильных цилиндров.

Наиболее распространенная схема сушильной части бумагоделательной машины состоит из сушильных цилиндров, расположенных в два яруса в шахматном порядке, сукносушильных цилиндров, сукноведущих валиков, механизма автоматического натяжения сукон, механизма автоматической правки сукон, холодильного цилиндра, сукон и другого вспомогательного оборудования. Варианты схем сушильной части БДМ представлены на рис. 6.1.

Бумажное полотно при прохождении по сушильным цилиндрам плотно прижимается к ним сушильными сукнами, вследствие чего улучшается теплопередача и поверхность бумаги приобретает ровный и гладкий вид.

Сушильная часть разбивается на группы. В каждой группе есть несколько бумагосушильных и сукносушильных цилиндров, сукноведущих валиков. Для упрощения конструкции привода сушильной части машины обычно две группы объединяются в приводную секцию; каждая секция имеет самостоятельный привод. Число сушильных цилиндров в секции составляет от 1 до 16 и даже более в зависимости от вида вырабатываемой бумаги и конструктивных особенностей машины.

Во время сушки бумаги на сушильных цилиндрах обильно выделяется пар, который поглощается воздухом и собирается под колпаком, расположенным над сушильными цилиндрами. Влажный воздух отводится из-под колпака вытяжным вентилятором и пропускается через теплообменник, после чего удаляется. В теплообменнике подогревается свежий воздух, который подается в зал бумагоделательных машин.

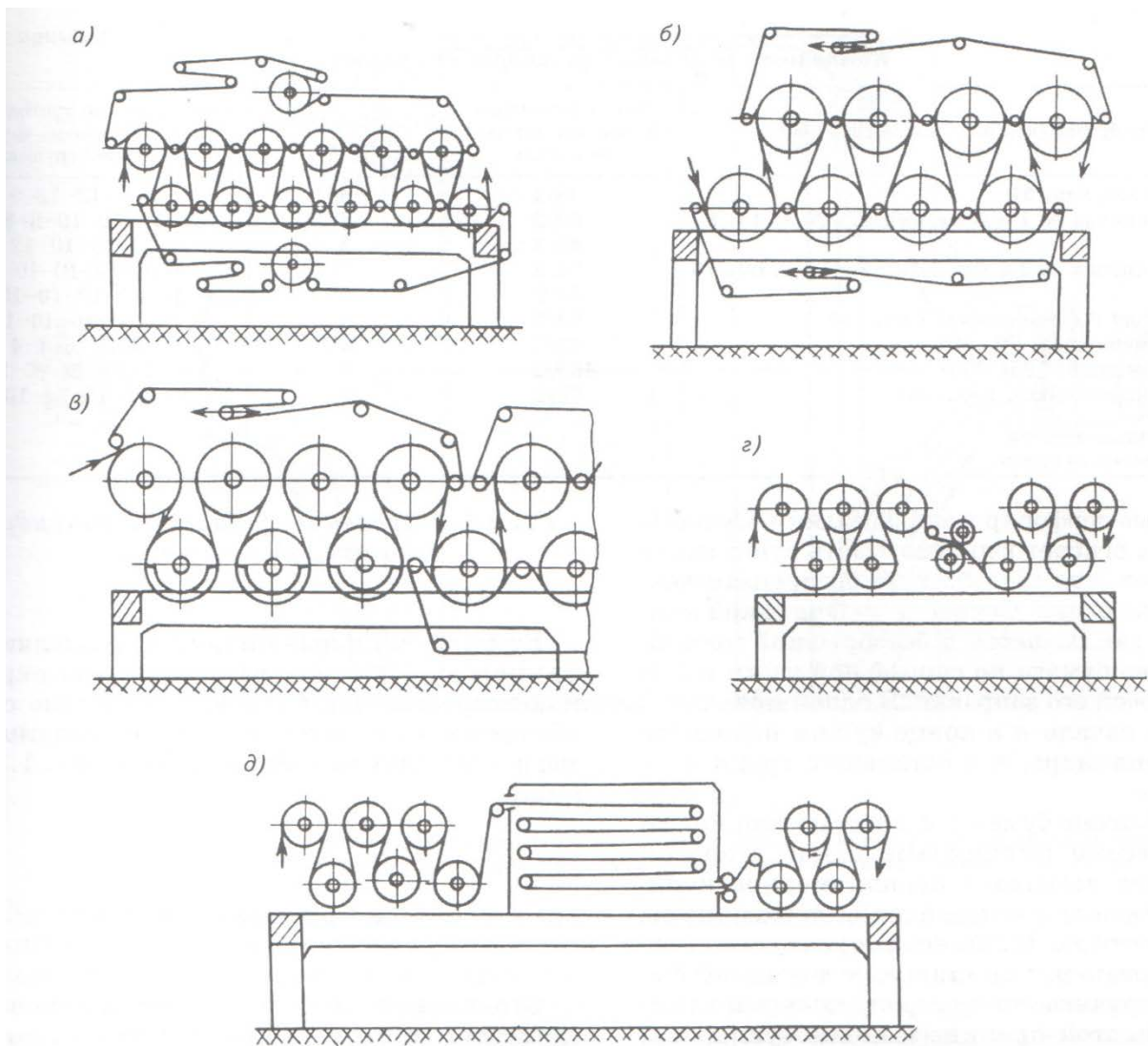


Рис. 6.1. Варианты схем сушильной части БДМ:

- а* – традиционная двухрядная компоновка цилиндров с шахматным расположением; *б* – двухрядная компоновка цилиндров без сукносушителей и с синтетическими сушильными сетками; *в* – однорядная компоновка цилиндров с безобрывной проводкой и вакуумными валами; *г* – компоновка сушильной части с клеительным прессом; *д* – компоновка цилиндров с сушильным конвективным шкафом

Процесс сушки бумаги

При поступлении на сушильную часть бумагоделательной машины бумажное полотно содержит 60-70 % воды. Вода в бумаге может быть свободной, заключенной между волокнами и в порах волокна, и связанной, находящейся в стенках волокна. В первую очередь при сушке волокна удаляется свободная вода. Связанная (гигроскопическая) вода прочно соединена с волокном, поэтому удалять ее очень трудно.

Бумажное полотно сушат двумя методами:

- *контактный метод* сушки бумаги осуществляется при постоянном подводе тепла.

- *конвективный метод* сушки происходит при прохождении бумажного полотна на свободных участках между сушильными цилиндрами за счет тепла, накопленного бумагой при прохождении через сушильные цилиндры, и обдувки бумаги горячим воздухом.

На бумагоделательной машине процесс сушки является комбинированным - *контактно-конвекционным*. Он состоит из ряда повторяющихся циклов на нагретой поверхности сушильных цилиндров (контактная сушка) и свободных участках между цилиндрами (конвективная сушка).

Сушка бумаги на сушильном цилиндре разделяется на три периода:

- подогрев;
- сушка с постоянной скоростью;
- сушка с падающей скоростью.

В первый период сушки полотно бумаги нагревается, испарение влаги в этот период незначительно. Он длится очень непродолжительное время.

В период постоянной скорости сушки поверхность бумаги, с которой интенсивно испаряется вода, остается постоянно водонасыщенной. В этот период удаляется свободная влага. Он длится до сухости бумаги 50-60 % и занимает 50-65 % времени от общей продолжительности сушки.

Период падающей скорости сушки характеризуется тем, что диффузия свободной влаги из толщи листа не успевает компенсировать убыль влаги с поверхности листа, и она перестает быть водонасыщенной. При этом температура бумажного полотна повышается и достигает 80-90°. В этот период удаляется связанная гигроскопическая вода. Температура бумажного листа при контактной сушке не превышает 90°.

Сушка бумаги на сушильном цилиндре в основном состоит из двух фаз:

- сушка на нагретой поверхности цилиндра (на сушильном цилиндре испаряется основное количество влаги – до 85 % от всей влаги);
- сушка на открытом участке свободного хода, то есть, когда полотно переходит с одного цилиндра на другой (влага испаряется с обеих сторон бумаги за счет тепла, поглощенного бумагой в первой фазе сушки). Повторяющийся нагрев бумажного полотна то с одной, то с другой стороны и наличие участков свободного хода ухудшают условия сушки бумаги.

Факторы процесса сушки

На эффективность процесса сушки бумаги на БДМ влияют многочисленные переменные факторы:

- температура поверхности сушильных цилиндров;
- свойства окружающего воздуха и система вентиляции;
- контакт бумаги с поверхностью цилиндра;
- удаление конденсата из сушильных цилиндров;
- удаление воздуха из сушильных цилиндров;
- свойства вырабатываемой бумаги.

Температура поверхности сушильных цилиндров

Температуру поверхности сушильных цилиндров необходимо увеличивать плавно, без резких скачков. Температуру сушильных цилиндров увеличивают постепенно от 40-50 до 80-115° С.

Постепенный подъем температуры поверхности сушильных цилиндров способствует повышению качества бумаги. В конце сушильной части машины температуру поверхности сушильных цилиндров снижают, так как высокая температура при небольшой влажности бумаги действует разрушающе на волокна.

Сушка бумаги при умеренных температурах способствует повышению механической прочности бумаги, гладкости, объемной массы, снижению впитывающей способности, воздухопроницаемости и пористости.

Сушка бумаги при высоких температурах приводит к образованию во влажном полотне значительного количества водяных паров, которые стремясь выйти наружу, разрыхляют структуру листа.

При выработке большинства видов бумаг для сушки применяют насыщенный пар давлением 2,5 – 3,5 кгс/см². Перегретый пар используют редко, он менее эффективен, чем насыщенный.

Температуру нагрева сушильных цилиндров регулируют, изменяя количество подачи в них пара запорным вентилем.

Свойства окружающего воздуха

Во время сушки обильно выделяется пар, поэтому необходимо с помощью вентиляционных установок обеспечить постоянный обмен воздуха в зале бумагоделательных машин, при котором влажный воздух заменялся бы теплым сухим воздухом.

На большинстве бумагоделательных машин температура поступающего воздуха не выше 20-25° С, уходящего воздуха – 34-40° С, относительная влажность 70-75 %. Более высокую температуру воздуха держать нельзя, так как условия работы для обслуживающего персонала становятся затруднительными.

Подача свежего подогретого воздуха и удаление влажного воздуха осуществляется вентиляционными установками.

Контакт бумаги с поверхностью цилиндров

При прохождении через сушильные цилиндры бумажное полотно плотно к ним прижимается сушильными сукнами, вследствие этого улучшается контакт бумаги с горячей поверхностью цилиндра. Коэффициент теплоотдачи от стенки цилиндра к бумаге возрастает, и скорость сушки бумаги увеличивается по мере увеличения натяжения сукон.

Сушить бумагу необходимо при максимальном прижиме при максимально допустимом натяжении сукон.

Скорость сушки бумаги под сукном зависит от его влажности, так как удаляемая из бумажного полотна влага впитывается сушильным сукном. Поэтому чем меньше влажность сушильных сукон, тем более интенсивно идет сушка. Необходимо хорошо просушить сукно на сукносушильных цилиндрах.

В последнее время вместо сукон применяют сушильные сетки из синтетических волокон. Они работают при значительно большем натяжении, чем сушильное сукно, благодаря чему создается хороший контакт между бумажным полотном и поверхностью сушильных цилиндров, и, таким образом, повышается коэффициент теплопередачи от стенки цилиндра к бумаге.

Состояние поверхности цилиндров влияет на контакт бумаги. При чистой и гладкой поверхности цилиндра контакт между цилиндром и бумагой лучше и коэффициент теплоотдачи больше.

Удаление конденсата из сушильных цилиндров

Наличие конденсата в сушильных цилиндрах резко ухудшает теплоотдачу от пара к стенке цилиндра, благодаря чему понижается температура греющей поверхности сушильного цилиндра и снижается скорость сушки бумаги. Кроме того, при работе машины на высоких скоростях под действием центробежной силы конденсат внутри цилиндра приобретает форму кольца. При накоплении конденсата кольцо увеличивается до некоторой критической толщины, при которой разрушается.

Неудовлетворительное удаление или разрушение конденсаторного кольца внутри цилиндра вызывает гидравлические удары, повышает расход электроэнергии, вызывает изменение нагрузки электродвигателей и поломку цилиндров.

Удаление воздуха из сушильных цилиндров

Если своевременно не удалять воздух из сушильных цилиндров, то содержание его в паре может достигнуть 10 % и более. При этом температура пара снизится примерно на 3 %, а коэффициент теплопередачи от пара к бумаге – до 30 %. Таким образом, если воздух не будет систематически и непрерывно выводиться из цилиндров, сушка замедляется.

На некоторых машинах воздух из сушильных цилиндров удаляется периодически через воздушные краники, установленные на крышке цилиндров. На быстроходных машинах в сушильных цилиндрах предусмотрена система циркуляции пара, вследствие этого из них непрерывно отводится воздух.

Свойства бумаги

На скорость сушки бумаги существенно влияют свойства бумажного листа: масса 1 м² бумаги, характер помола массы, композиция бумаги.

С повышением 1 м² бумаги увеличивается сопротивление прохождению воды и паров сквозь толщу листа. Благодаря этому скорость сушки бумаги понижается.

Бумага жирного помола высушивается медленнее, чем садкого, так как обладает более плотной структурой и пониженной пористостью.

Бумага, содержащая в композиции древесную массу, сохнет быстрее, чем чисто целлюлозная бумага. Бумага, изготовленная из целлюлозы с высоким содержанием гемицеллюлоз, сохнет медленнее, чем бумага из облагороженной целлюлозы или хлопка. Гемицеллюлозы способствуют гидратации целлюлозы

при размоле, образованию межволоконных связей в бумаге и повышают усадку бумаги при сушке. Такие волокна дают плотный по структуре лист с большой объемной массой, вследствие чего бумага сохнет медленнее.

Наличие в композиции канифольного клея не оказывает влияния на скорость сушки бумаги.

Бумаги, содержащие наполнитель, отличаются повышенной скоростью сушки по следующим причинам:

- у наполнителя гигроскопичность меньше, чем у волокна. Поэтому наполнитель высыхает быстрее волокна.
- при введении в бумажную массу наполнителя пористость бумаги повышается, и вода легче удаляется из толщи бумажного листа.

Влияние сушки на свойства бумаги

В процессе сушки волокна подвергаются усадке, то есть уменьшаются в размерах; снижается гибкость, эластичность и прочность волокон. Этому способствуют силы поверхностного натяжения воды, которые при удалении воды сближают волокна, в результате чего происходит усадка бумаги.

При повышении сухости бумажного полотна увеличивается прочность межволоконных связей и повышается механическая прочность бумаги на разрыв и продавливание. С повышением сухости бумажного полотна сопротивление бумаги излому снижается, так как с удалением воды увеличивается ломкость волокон.

На физико-механические показатели бумаги отрицательно действует ее пересушка, то есть доведение в ней влажности до 5 % и меньше. При этом уменьшается эластичность, возрастает ломкость волокон и снижается механическая прочность бумаги. Пересушенная бумага также отличается повышенной пылимостью.

Усадка бумаги при сушке на бумагоделательной машине происходит по трем направлениям листа: ширине, длине и толщине. В длину бумажное полотно укорачивается меньше, чем в ширину.

Степень усадки бумаги при сушке зависит в основном от степени помола и условий выработки бумаги на машине.

Усадка оказывает большое влияние на растяжимость и деформацию бумаги. Чем меньше усадка при сушке, тем меньше деформация бумаги.

При увеличении натяжения сукон усадка бумаги по ширине полотна уменьшается, бумага становится менее прочной и плотной.

С увеличением натяжения снижается также сопротивление бумаги разрыву в продольном и поперечном направлении листа и растяжимость бумаги.

Сушильное оборудование

Сушильный цилиндр

Сушильные цилиндры отливают из высококачественного чугуна. Наиболее распространенными являются цилиндры диаметром 1500 мм, для

скоростных машин диаметр цилиндров составляет 1812 мм, а в последние годы – 2200 мм.

Бумагосушильный цилиндр состоит из цилиндрического корпуса, торцевых крышек с цапфами и смотрового люка, комплектуется устройством для подачи пара и удаления конденсата, подшипниками, паровой головкой, шестерней и термопланками.

Вводят пар в цилиндр и выводят из него конденсат через трубы, установленные в полый цапфе с приводной стороны машины. Трубы для подачи пара и отвода конденсата соединяют с цапфой с помощью паровой головки. По конструкции паровые головки делятся на головки с отводом конденсата неподвижными сифонами и головки с отводом конденсата черпаками или вращающимися сифонами.

Очистка поверхности сушильных цилиндров и валов БДМ производится шаберами, принцип действия которых основан на механической очистке рабочих поверхностей вращающихся цилиндров при помощи лезвия шабера.

Сушильные сетки и сукна

Для сушки бумаги применяют шерстяные и хлопчатобумажные сукна, а также широкое распространение получили синтетические сушильные сетки.

Шерстяные сукна используют при выработке высококачественных и чисто целлюлозных видов бумаги. Срок службы шерстяных сукон от 6 до 18 месяцев и более в зависимости от условий работы.

Хлопчатобумажные сукна применяют при выработке бумаги, в состав которой входит древесная масса (газетной, писчей, типографской, мешочной). Срок службы хлопчатобумажных сукон от 2 до 4 месяцев. Недостаток хлопчатобумажных сукон состоит в том, что они оставляют на бумаге отпечатки (происходит маркировка бумаги), так как имеют более грубую структуру ткани, чем шерстяные.

Чтобы увеличить срок службы хлопчатобумажных сукон, применяют смесь хлопка с синтетическими (нейлон, терилен) и асбестовыми волокнами.

Если на машине установлены сукна, то в схеме предусматриваются сукносушильные цилиндры, с помощью которых сукна подсушиваются.

Сушильные сетки выпускаются однослойные и двухслойные, изготовленные из синтетического волокна. Сушильные синтетические сетки обладают рядом преимуществ по сравнению с хлопчатобумажными и шерстяными сукнами:

- более дорогостоящие натуральные материалы заменяются синтетическими;
- синтетические сетки имеют значительно больший срок службы;
- синтетические сетки имеют меньшую массу 1 м²;
- синтетические сетки имеют более высокую паропроницаемость;
- синтетические волокна более прочные и обладают гидрофобными свойствами;
- повышенная воздухопроницаемость синтетических сеток;

– лучшая возможность натяжения синтетических сеток.

Сушильные сетки изготавливают в виде бесконечной ленты или сшивные. Регулируют натяжение сеток так же, как и сукон, с помощью натяжных валков. Натяжение сеток производится автоматическими пневматическими сукнонатяжками с пневмоцилиндром (рис. 6.2).

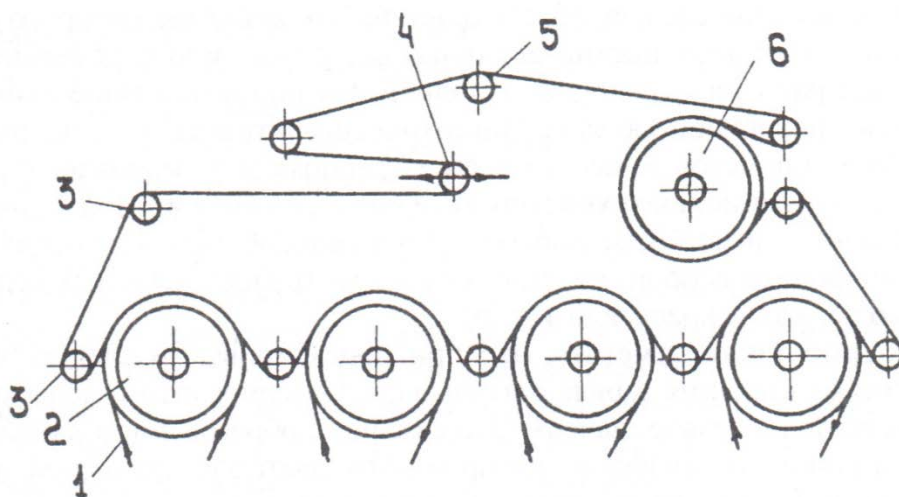


Рис. 6.2. Схема установки сетки (сукна) в группе сушильных цилиндров верхнего ряда при их традиционной компоновке:

1 – бумажное полотно; 2 – бумагосушильный цилиндр; 3 – сетко- (сукно)направляющие валы; 4 – натяжной вал; 5 – правильный вал; 6 – сукносушильный цилиндр)

Безобрывная проводка бумажного полотна

На современных БДМ для обеспечения безобрывной проводки бумажного полотна на первых приводных группах цилиндров сетка движется вместе с бумагой не только по сушильным цилиндрам, но и на участках свободного хода. В такой схеме одна сушильная сетка охватывает верхние и нижние цилиндры, а холостая ветвь сетки, направляющие и натяжные валики располагаются над верхним рядом цилиндров, что обеспечивает удобную уборку брака при обрывах. Полотно бумаги прижимается одеждой только к верхнему ряду цилиндров, а на нижних цилиндрах между нагретой поверхностью и бумагой располагается сетка (рис. 6.3).

Применение безобрывной проводки позволяет: увеличить производительность машины за счет сокращения простоев; осуществить равномерное распределение влажности по ширине бумажного полотна; сократить количество сетководущих, сетконатяжных валиков и шаберов; увеличить долю охвата верхних цилиндров бумажным полотном.

В последних конструкциях машин вместо нижнего ряда сушильных цилиндров применяют вакуумные валы для обеспечения плотного прилегания бумажного полотна к сетке.

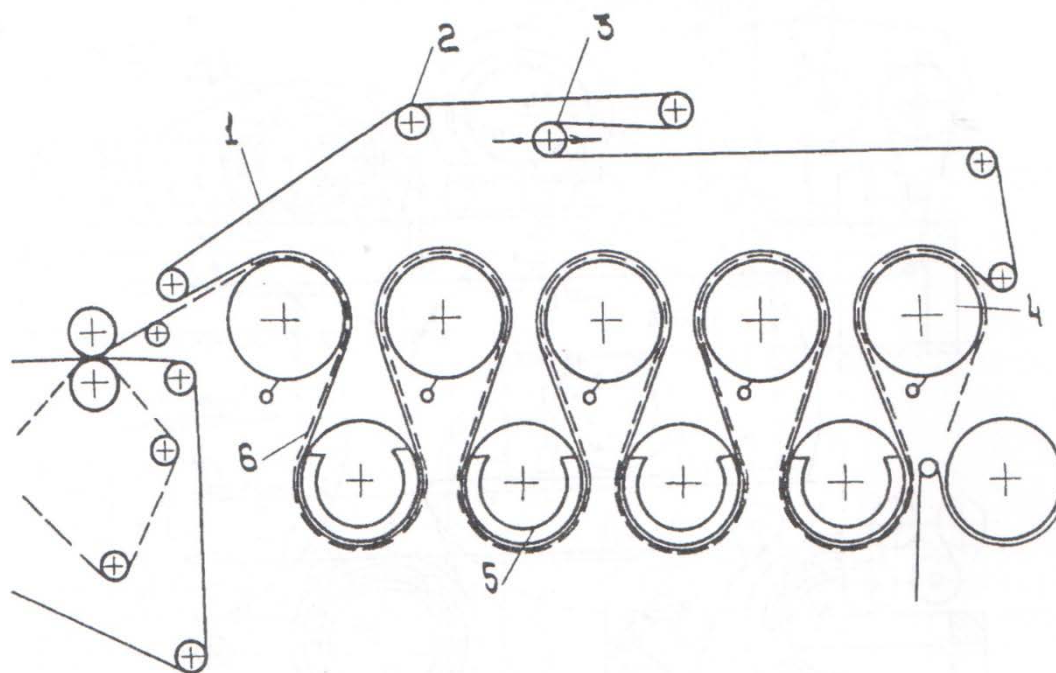


Рис. 6.3. Схема безобрывной проводки бумажного полотна по сушильной части бумагоделательной машины:
 1 – сушильная сетка; 2 – направляющий вал; 3 – сетконатяжной вал,
 4 – бумагосушильный цилиндр; 5 – вал с вакуумной камерой;
 6 – бумажное полотно

Вентиляция сушильной части машины

Вода, удаляемая из бумаги и картона, поглощается воздухом. Если из зала бумагоделательной машины не удалить влажный воздух и не подавать теплый сухой воздух, процесс сушки ухудшится, и пар будет конденсироваться в виде тумана и дождя.

Обмен воздуха осуществляется с помощью приточно-вытяжных вентиляционных установок с использованием тепла отходящего воздуха.

Приточно-вытяжной агрегат состоит из подающего воздух вентилятора, вытяжного вентилятора, пластинчатого теплообменника и парового калорифера, который подогревает поступающий наружный воздух в зимнее время.

На БДМ сушильная часть полностью закрыта колпаком. Колпак укрывает всю многоцилиндровую сушильную установку. Колпак состоит из отдельных алюминиевых щитов с внутренним теплоизоляционным слоем. С лицевой стороны колпака щиты подъемные. При этом снижаются потери тепла, уменьшаются присосы холодного воздуха, улучшаются санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала.

7. ОТДЕЛКА БУМАГИ

Общие сведения

Одновременно с процессом сушки или сразу после его окончания с целью придания бумаге повышенных значений показателей гладкости, лоска, прочности поверхности, растяжимости, водонепроницаемости осуществляется отделка бумаги.

Оборудование для отделки бумажно-картонных материалов включает полусухой каландр (полусухой пресс), лоцильный цилиндр, клеильный пресс, крепирующие и микрокрепирующие устройства, холодильные цилиндры, устройства для увлажнения бумаги, машинный каландр, мягкий каландр (софткаландр), устройства для намотки бумаги в рулоны.

Данное оборудование устанавливается на БДМ в зависимости от назначения машины и требуемой степени отделки и вида бумаги.

На процессы отделки бумаги на машине оказывают влияние следующие группы факторов:

1. Композиционный состав обрабатываемого материала, вид волокна, соотношение волокон различных характеристик, вид и количество наполнителя, степень проклейки, использование химических вспомогательных веществ, степень разработки волокна, наличие оборотного брака и макулатуры.

2. Процессы напуска, формования, удержания компонентов бумажной массы, обезвоживания на всех стадиях прохождения бумажного полотна.

Перечисленные факторы оказывают влияние на технологические параметры, от которых непосредственно зависят ход и результативность процессов отделки. Основным параметром является влажность бумаги. Отдельные виды отделки производятся при различных показателях влажности бумаги.

Другим важным комплексом характеристик бумажного полотна является обрабатываемость, то есть способность бумажных материалов воспринимать нагрузки и реагировать в нужной степени на производимые воздействия для обеспечения конечного результата.

Отделочное оборудование

Полусухой каландр

Двухвальный полусухой каландр устанавливается на БДМ малой и средней скорости. По своему назначению полусухой каландр служит дополнением к машинному каландру.

Основное назначение полусухого каландра – уплотнение бумаги. Степень уплотнения зависит от линейного давления между валами и от сухости бумажного материала. Сухость бумаги при пропуске через полусухой каландр составляет 50-55 %. При такой сухости бумага наиболее эффективно поддается механическому уплотнению. В зависимости от необходимой степени

уплотнения бумаги полусухой каландр устанавливают после первой или второй трети сушильных цилиндров.

Валы полусухого каландра могут быть оба металлическими, либо один из них – обрешиненный. Конструкция полусухого каландра схожа с конструкцией двухвального пресса. Бумага вводится в полусухой каландр без поддержки сукон.

Лощильный цилиндр

Для придания гладкости бумаге на бумагоделательных машинах после сушильной части устанавливают лощильный (гладкий) цилиндр. При тесном контакте с горячей шлифованной поверхностью цилиндра одновременно с испарением воды происходит выглаживание соприкасаемой с цилиндром поверхности бумаги. При этом бумага приобретает гладкость и лоск. При оптимальных условиях гладкость бумаги после лощильного цилиндра оказывается выше гладкости бумаги, прошедшей суперкаландр.

Бумага перед лощением на цилиндре должна обладать определенной влажностью. Относительная влажность должна быть не менее 40 %.

Диаметр лощильных цилиндров достигает 3,2 – 6,0 м. Большой угол охвата цилиндра бумагой обеспечивает значительную полезную сушильную поверхность цилиндра.

Важным достоинством процесса лощения является возможность сохранения впитывающей способности бумаги при значительном повышении гладкости и лоска.

Крепящие и микрокрепящие устройства

Крепирование и микрокрепирование – виды отделки, которые заключаются в изменении структуры бумаги с приданием ее поверхности складок. При крепировании складки видны, а при микрокрепировании почти незаметны. При этом бумага приобретает повышенное удлинение при растяжении. Крепирование применяют в санитарно-бытовых, декоративных и упаковочных видах бумаги.

Крепирование бумаги осуществляется непосредственно на БДМ, либо на Янки-цилиндре, либо на специальном крепящем цилиндре. Крепирование производится шабером, закрепленным на сушильном цилиндре и собирающим складки на влажной бумаге.

Благодаря крепированию повышается растяжимость и мягкость бумаги, ее эластичность, пухлость и впитывающая способность. При этом снижается плотность и сопротивление разрыву.

В зависимости от степени сухости бумаги различают мокрое (сухость бумаги 38-40 %), полусухое (75-85 %) и сухое (95-97 %) крепирование.

Качество крепа зависит от сил сцепления бумаги и определяется композицией, массой 1 м², влажностью бумаги и степенью чистоты поверхности цилиндра.

Значительное влияние на качество крепирования оказывает также крепирующий шабер, прижимаемый к цилиндру. Используют металлические шаберы толщиной 1,0-1,5 мм со срезанной фаской.

Микрокрепирование используется в основном для мешочной бумаги. У микрокрепированной бумаги с ростом показателя удлинения бумаги без разрыва повышается сопротивление надрыву, пластическая деформация и снижается жесткость. Бумага микрокрепится в специальных устройствах (например, в устройстве Slurak (рис. 7.1).

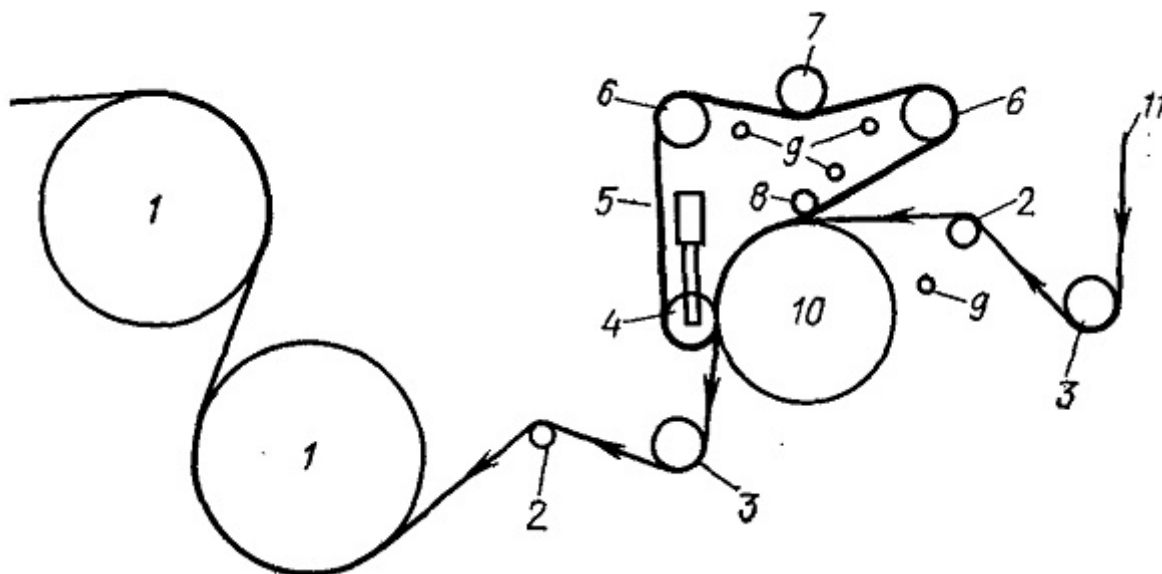


Рис. 7.1. Микрокрепирующее устройство Slurak:

- 1 – бумагосушильные цилиндры последней группы; 2 – бумагонатяжные валки; 3 – бумаговедущие валки; 4 – натяжной валок резинового полотна; 5 – бесконечное резиновое полотно; 6 – ведущие валки резинового полотна; 7 – правительный валок; 8 – прижимной валок; 9 – водяные sprыски; 10 – сушильный цилиндр; 11 – бумажное полотно

Клеильный пресс

Клеильный пресс используется для различных видов отделки и обработки бумаги: поверхностной проклейки, окраски, пластификации, пигментации, нанесения покровных составов, придания специальных свойств (биостойкости, влагопрочности, водо- и паронепроницаемости и др.).

Клеильный пресс устанавливается в сушильной части БДМ и состоит из двух валов одинакового диаметра, оси которого расположены в вертикальной, горизонтальной или наклонной плоскости (рис. 7.2). Благодаря ряду преимуществ (удобство обслуживания, простота регулировки заправки бумажного полотна, меньший расход наносимых веществ) широкое распространение получил наклонный клеильный пресс.

Нанесение реагентов на поверхность бумаги осуществляется sprысками, при нанесении покровного слоя или пигментации пользуются системами валков.

Бумажное полотно перед обработкой в клеильном прессе должно быть проклеено в массе для придания бумаге влагостойкости с целью снижения обрывов в клеильном прессе, а также уменьшения степени проникновения наносимых растворов вглубь бумажного полотна.

В последние годы широкое распространение получили клеильные прессы «спид-сайзер». Эти устройства позволяют осуществить поверхностную проклейку или пигментацию на высокой скорости, без снижения производительности, благодаря более концентрированным наносимым растворам и меньшему увлажнению бумаги. Бумага приобретает более высокую белизну, ровный профиль по толщине, высокую гладкость и хорошие печатные характеристики.

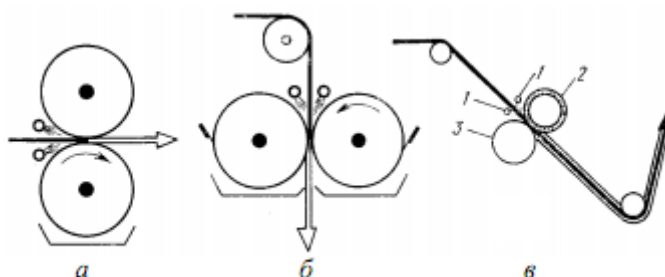


Рис. 7.2. Схема клеильных прессов:

а – вертикальный; *б* – горизонтальный; *в* – наклонный;

1 – подача покровной массы; *2* – обремененный вал; *3* – стальной вал

Машинные каландры

Сушильная часть БДМ заканчивается зоной охлаждения на одном или двух холодильных цилиндрах. Для этой цели применяют сушильные цилиндры, в которые вместо пара через цапфы подается холодная проточная вода. На холодильных цилиндрах происходит охлаждение и увлажнение бумаги перед каландрированием.

Для повышения лоска, гладкости, прозрачности, объемной массы, придания равномерной толщины по ширине полотна, улучшения печатных свойств бумагу после холодильных цилиндров пропускают через один или два машинных каландра (рис. 7.3).

Увлажнение бумаги на 1,0-2,5% происходит вследствие конденсации влаги из горячего водонасыщенного воздуха на соприкасающейся с бумагой холодной поверхности цилиндров. Волокна поверхностных слоев увлажненной бумаги приобретают пластичность и легко поддаются деформации между валами каландра, в результате чего повышаются гладкость и плотность бумаги.

Основным видом машинных каландров являются многовальные с расположением валов в вертикальной плоскости в количестве от 3 до 10.

Классическая компоновка каландра предусматривает нижний вал, являющийся приводным и бомбированным, и расположенные в одной плоскости друг над другом металлические полированные валы с дополнительным прижимом верхнего вала.

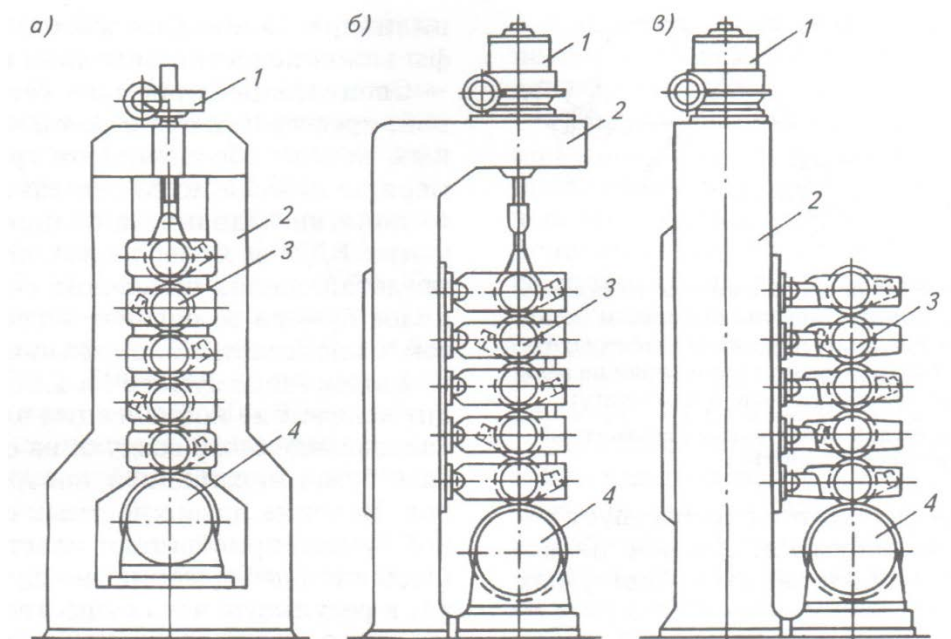


Рис. 7.3. Типы машинных каландров:

а – с закрытыми станинами; *б* – с открытыми станинами и консольным закреплением механизма прижима и подъема валов; *в* – с открытыми станинами и встроенным механизмом вылегчивания валов;
 1 – механизм прижима и подъема валов; 2 – станина; 3 – промежуточные валы;
 4 – нижний (коренной) вал

Влияние каландрирования на свойства бумаги

Бумага, не прошедшая каландр, считается матовой, прошедшая – бумагой машинной гладкости, дополнительно обработанная на суперкаландре – каландрированной.

Основные показатели качества отделки бумаги находятся в прямой зависимости от размеров контактной зоны между валами.

Толщина бумажного полотна после машинного каландра обратно пропорциональна, а плотность прямо пропорциональна величине линейного давления в захвате валов. Подогрев валов каландра паром способствует повышению прочности и гладкости бумаги за счет лучшей пластификации волокон.

Свойства бумаги в процессе каландрирования изменяются не всегда в положительную сторону. Так, уменьшаются воздухопроницаемость, белизна, непрозрачность, в ряде случаев – степень проклейки и прочность.

Несмотря на повышение гладкости бумаги после машинного каландра в несколько раз, отделка в нем имеет ограниченные возможности. Только дополнительная обработка бумаги на суперкаландре придает ей высокие гладкость и лоск.

Мягкие каландры

Для каландрирования бумажного полотна используются мягкие каландры (рис. 7.4). Эти отделочные каландры, состоящие из «мягких» валов, на базе композитов из полиуретана, углеводородных волокон и минеральных наполнителей, оказались очень устойчивыми к маркировке, способными работать длительное время при линейных давлениях до 300 кгс на сантиметр и температурах металлических валов свыше 200 °С, обладая при этом всеми необходимыми для ведения высокоэффективного процесса каландрирования свойствами.



Рис. 7.4. «Мягкий» каландр: 1 – несущая конструкция; 2 – термовалы; 3 – плавающие валы; 4 – шаберы; 5 – устройство для охлаждения кромок; 6 – измерение температуры

На процесс выглаживания влияют следующие основные факторы: влажность бумажного полотна, температура металлического вала и давление между валами.

Основными элементами конструкций современных мягких каландров являются:

- сварные или литые станины открытого типа;
- «мягкие» валы с регулируемым прогибом;
- чугунные термовалы с поверхностным слоем из отбеленного чугуна;
- регулируемые электроприводы «мягких» и термовалов;
- гидравлические системы управления прижимом валов и регулирования прогиба «мягких» валов;
- осциллирующие шаберы «мягких» и термовалов;

- автоматические системы технологического контроля и управления;
- теплоцентр с системой подачи и регулирования нагрева теплоносителя термовала;
- система воздушного охлаждения кромок «мягких» валов.

Наиболее сложными и дорогостоящими элементами конструкций являются «мягкие» валы с регулируемым прогибом и термовалы.

«Мягкий» каландр обладает широкими технологическими возможностями и может быть использован для повышения гладкости любых видов бумаги при условии выбора соответствующего покрытия «мягкого» вала и режима каландрирования (поверхностной влажности полотна, усилия прижима валов и температуры термовала). Так, например, писчепечатные бумаги во избежание увеличения прозрачности каландрируются при средней влажности 5-6 % и допускают только поверхностное увлажнение, если требуются высокие показатели гладкости. Для видов бумаги, требующих достижения гладкости при сохранении впитываемости (обойная, текстурная), используются более мягкие валы и более высокие температуры.

На результаты каландрирования влияют также композиционный состав бумаги, поверхностные покрытия, вид и количество наполнителей, проклейка, механические свойства бумажного полотна.

Накат

В конце БДМ находится накат (рис. 7.5), осуществляющий наматывание бумаги в рулоны. Основное требование к накату – это равномерная и плотная намотка бумаги, необходимая для ее резки, транспортировки, хранения, обработки и переработки. Рулоны слабо и неравномерно намотанной бумаги теряют свою форму, возникают обрывы при ее переработке. При слишком тугой намотке в рулонах возникают внутренние напряжения, что также влечет частые обрывы при переработке.

Равномерная плотность намотки по ширине наката зависит не от конструкции и работы наката, а от равномерности бумаги по толщине.

По принципу наматывания бумаги различают два типа наката:

- осевой (центральный) – требует ручной заправки бумаги на тамбурный валик и поэтому применяются только на тихоходных машинах. Достоинством является возможность разрезания полотна бумаги и намотка нескольких рулонов требуемого формата.
- периферический (барабанный) – применяется во всех современных скоростных и широких БДМ. Основным достоинством является возможность равномерной и плотной намотки практически при любой скорости и ширине машины, а также при меньшем напряжении бумажного полотна, чем требуется при использовании осевого наката.

Между каландром и накатом устанавливается неподвижная расправляющая дуга, бомбированный обрезиненный валик или валик типа

Mount-Nore для расправления бумажного полотна и предотвращения образования складок.

Между сушильной частью и каландром и между каландром и накатом устанавливают датчики обрыва полотна.

Для всех видов бумаги устанавливают датчики массы 1 м^2 и влажности полотна. В зависимости от вида продукции контролируют просвет, воздухопроницаемость, оптические свойства (непрозрачность, светопроницаемость, гладкость, лоск, сорность, белизну и цвет), число токопроводящих включений.

В отличие от всего процесса производства бумаги на машинах процесс намотки полотна на накате не является непрерывным. Каждые 60-90 минут происходит съем рулона и начинается заправка и намотка на новый тамбурный валик.

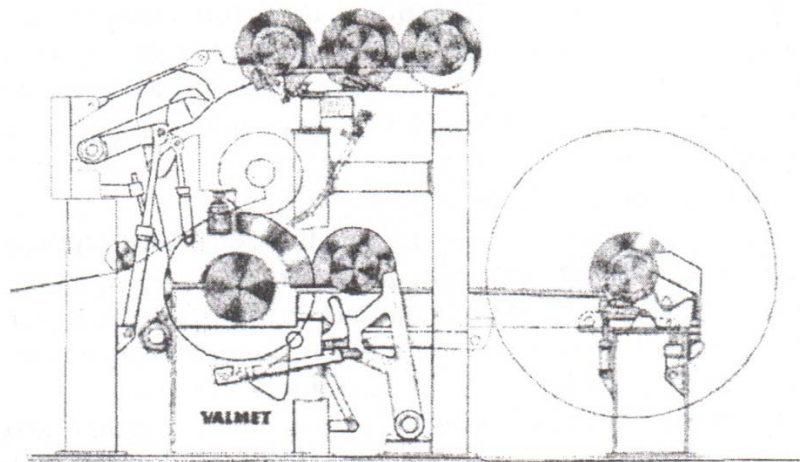


Рис. 7.5. Накат с устройством автоматической подачи тамбурных валов

8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНОГО БРАКА

В процессе работы БДМ непрерывно образуется небольшое количество отходов полотна в виде мокрых кромок, отсекаемых на гауч-вале, кромок готовой продукции, обрезаемых при резке ее на рулоны, а также обрывов полотна при заправке его на накате и в продольно-резательном станке.

При выпуске массовых видов бумаги может образовываться до 10 % брака и до 25-30 % при изготовлении тонких и малопрочных видов бумаги.

Брак на БДМ подразделяется на мокрый и сухой. Сухой и мокрый брак отличается между собой не только влажностью, местом образования на машине, но также затратой энергии на роспуск и свойствами волокна.

Мокрый брак образуется из отсечных кромок на сеточном столе и при обрывах на сетке и прессовой части бумагоделательной машины. Этот вид брака поступает в гауч-мешалку, расположенную после сеточной части, под гауч-валом. При безобрывном режиме работы машины перерабатываются только отсечные кромки при концентрации массы 0,5-0,7 %. Брак разбивается пропеллерными или роторными устройствами, подается на сгуститель и при концентрации массы 3-4 % подается в бассейн мокрого брака. При обрыве полотна в мокрой части БДМ все бумажное полотно снимается с сетки отбойными водяными sprays. Подается дополнительно обратная вода и масса разбавляется с 18-20 % до 3 %. После этого масса, минуя сгуститель, перекачивается в бассейн мокрого брака.

Сухой брак может образовываться в сушильной части машины, накате, продольно-резательном станке, при упаковке, переработке и испытании бумаги. Сухой брак перерабатывается в гидроразбивателях.

Перед пуском машины ванна гидроразбивателя заполняется обратной водой на 2/3 ее объема. При переработке кромок работает только один насос небольшой производительности в режиме рециркуляции массы на гидроразбиватель. При поступлении в гидроразбиватель большого количества брака (при обрывах полотна) в ванну автоматически подается большое количество воды и автоматически осуществляется регулирование ее концентрации. После роспуска брака, связанного с обрывом, система автоматически перестраивается на прежний режим роспуска кромок.

Сухой брак значительно труднее распускается на волокна, чем мокрый. Поэтому сухой брак после гидроразбивателя подвергается дополнительной обработке в мельнице.

В зависимости от вида вырабатываемой бумаги и типа БДМ могут использоваться дополнительные установки для сбора, удаления и переработки брака, образующегося, например, в клеильном прессе или полусухом каландре.

Каждая система переработки брака рассчитана минимум на 100 % производительности БДМ, что предотвращает ее простой при длительных неполадках и обрывах бумажного полотна.

9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОРОТНЫХ ВОД

При изготовлении 1 т бумаги без замыкания водооборота расходуется от 50 (газетная бумага) до 2500 м² (конденсаторная бумага) свежей воды. Поэтому сокращение её расхода весьма актуально как с экологической, так и с экономической точки зрения.

Воды, отходящие с сеточной части машины, характеризуются не только относительно большим их количеством, но также высоким содержанием в них мелкого волокна, наполнителей, проклеивающих веществ и других добавок, вводимых в бумажную массу. Содержание указанных веществ в отходящих водах зависит от места образования этих вод на машине, а также от вида вырабатываемой продукции, ее композиции и массы 1 м², степени разбавления массы перед сеткой, конструктивных особенностей машины и других факторов.

Рациональное использование отходящих вод машины позволяет снизить не только объем свежей воды, но и сократить расход волокнистых полуфабрикатов и других материалов в производстве бумаги, а также уменьшить загрязнения сточными водами окружающей среды.

Из общего количества воды, удаляемой на сетке, примерно 80-90 % приходится на регистровую часть, 10-15 % приходится на отсасывающие ящики и 1-2 % – на гауч-вал.

Вода, поступающая с массой на сетку БДМ, используется и очищается следующим образом:

- вода из регистровой части сеточного стола (вода «первого разбора») содержит до 50 % компонентов бумажной массы, поступающей на сетку машины. Это наиболее мощный поток. Эта вода без очистки направляется для разбавления бумажной массы в смесительном насосе;

- вода от отсасывающих ящиков (вода «второго разбора») направляется для разбавления бумажной массы в размольно-подготовительный отдел, а также совместно с избытком воды первого разбора направляется в массоулавливающую аппаратуру для осветления, т. е. подвергается локальной очистке, после чего она может быть использована для подачи на спрыски сетки и в другие отделы БДМ вместо свежей воды;

- вода от прессовой части машины (вода «третьего разбора») – наиболее загрязненная, содержащая ворсинки, химические реагенты, вода от смыва полов и мытья оборудования не может без дополнительной очистки быть использована в производстве. Эта вода направляется либо в сток, либо, при замкнутом водообороте, – на локальную очистку.

Свежая вода на БДМ сейчас потребляется только там, где оборотная вода не может быть использована, т. е. при промывке сукон и некоторых спрысков сетки и формирующих цилиндров, охлаждении оборудования, уплотнении сальников насосов, камер отсасывающих валов и др.

В порядке возрастания эффективности и стоимости применяемые для очистки сточных вод методы и оборудование можно расположить в следующем порядке:

1. *Седиментация* – осаждение (отстаивание) взвешенных частиц под действием силы тяжести: частицы с большей плотностью, чем плотность воды, опускаются на дно, а с меньшей – всплывают на поверхность жидкости. Для этого используются конусный отстойник, скребковая или кратцерная ловушка.

2. *Фильтрация* (фильтры «Вако», «Кинцле», дисковые фильтры (рис. 9.1)).

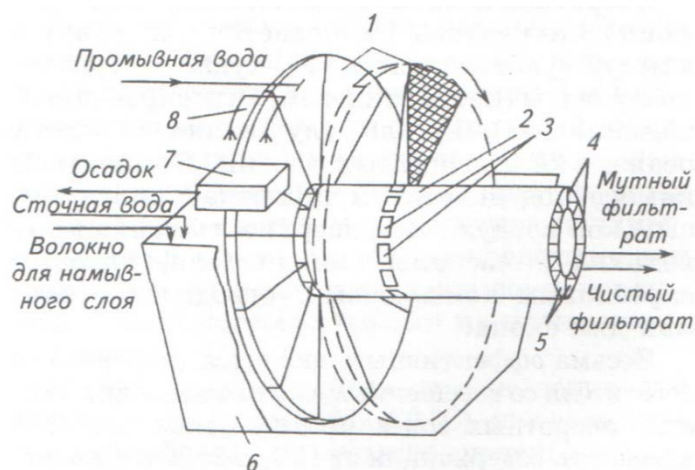


Рис. 9.1. Схема дискового фильтра:

- 1 – секторы дисков; 2 – горизонтальный вал; 3 – окна для установки секторов;
 4 – продольные перегородки; 5 – зоны; 6 – ванна; 7 – желоб для осадка;
 8 – sprыски для смыва осадка

Фильтрация сточной воды осуществляется через пористую фильтровальную поверхность, пропускающую воду и задерживающую взвешенные вещества. В качестве фильтровальной поверхности используют сетчатые и тканевые материалы с отверстиями разной величины, а также пористые вещества с намывным слоем и зернистые загрузки.

К фильтрам с намывным слоем относятся аппараты типа «Вако», «Кинцле», барабанные и дисковые вакуум-фильтры. Фильтры «Вако» и «Кинцле» технически устарели и заменяются на вакуум-фильтры, из которых дисковые имеют преимущества из-за большей площади фильтрации и меньших размеров.

3. *Флотация* (разделение) взвешенных в сточных водах частиц обусловлена способностью этих частиц создавать с пузырьками воздуха флотокомплексы и всплывать на поверхность, образуя флотопену (рис. 9.2).

4. *Адсорбция*. Очистка сточных вод осуществляется с помощью фильтров с плавающей загрузкой и с набивкой активированным углем и др.

5. *Мембранная и ионообменная технология*. Эти технологии очень эффективные, но дорогостоящие. Их, в сочетании с методами адсорбции, применяют только при полностью замкнутом водообороте, позволяющем снизить расход свежей воды на 1 т бумаги практически до теоретического уровня 6-7 м³ (т. е. потери только при испарении в сушке).



Рис. 9.2. Флотационная установка

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание уделяется производству материалов и изделий на основе бумаги и картона.

Как потребители, так и производители отдают предпочтение высококачественной продукции, это достигается применением современных технологий при производстве бумаги и картона. Понимание процессов, происходящих на всех стадиях производственного цикла бумаги и картона, позволяет производить качественную продукцию с высокими потребительскими свойствами.

В учебном пособии рассмотрено влияние вида сырья и циклов получения волокнистых полуфабрикатов, используемых в производстве бумаги и картона, на свойства готовой продукции, описаны процессы подготовки бумажной массы, отлива, формования бумажного полотна и готовой бумаги. Изложены основные факторы, влияющие на конкретные производственные процессы при производстве бумаги и картона.

Учебное пособие содержит большое количество иллюстраций, схем и таблиц, что облегчит обучающимся понимание изложенного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание уделяется производству материалов и изделий на основе бумаги и картона.

Как потребители, так и производители отдают предпочтение высококачественной продукции, это достигается применением современных технологий при производстве бумаги и картона. Понимание процессов, происходящих на всех стадиях производственного цикла бумаги и картона, позволяет производить качественную продукцию с высокими потребительскими свойствами.

В учебном пособии рассмотрено влияние вида сырья и циклов получения волокнистых полуфабрикатов, используемых в производстве бумаги и картона, на свойства готовой продукции, описаны процессы подготовки бумажной массы, отлива, формования бумажного полотна и готовой бумаги. Изложены основные факторы, влияющие на конкретные производственные процессы при производстве бумаги и картона.

Учебное пособие содержит большое количество иллюстраций, схем и таблиц, что облегчит обучающимся понимание изложенного материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пузырев, С. С. Технология целлюлозно-бумажного производства. Сырье и производство полуфабрикатов [Текст]. В 3 т. Ч. 3. Производство полуфабрикатов / С. С. Пузырев, Э. В. Виролайнен и др. – СПб.: Политехника, 2004. – 316 с.
2. Комаров, В. И. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 3 т. Т. 2. Производство бумаги и картона. Ч. 1. Технология производства и обработки бумаги и картона / В. И. Комаров, Л. А. Галкина, Л. Н. Лаптев и др. – СПб.: Политехника, 2012. – 420 с.
3. Дулькин, Д. А. Свойства целлюлозных волокон и их влияние на физико-механические характеристики бумаги [Текст] / Д. А. Дулькин, В. А. Спиридонов и др. – Архангельск: САФУ, 2011. – 176 с.
4. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины [Текст]: учеб. пособие / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 588 с.
5. Хованский, В. В. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона [Текст]: учеб. пособие / В. В. Хованский, В. К. Дубовый, П. М. Кейзер; СПбГТУРП. – СПб., 2013. – 154 с.
6. Гаузе, А. А. Оборудование для подготовки бумажной массы [Текст]: учебник для вузов / А. А. Гаузе, В. Н. Гончаров, И. Д. Кугушев. – М.: Экология, 1992. – 352 с.
7. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст]. В 3 т. Т. 1, ч. 2. Сырье и производство полуфабрикатов: справочные материалы. – СПб.: Политехника, 2003. – 633 с.
8. Смирнова, Е. Г. Материалы из нетрадиционных видов волокон: технологии получения, свойства, перспективы применения [Текст]: монография / Е. Г. Смирнова и др. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2020. – 252 с.
9. Комаров В. И. Механика деформирования целлюлозных тароупаковочных материалов [Текст]: учебное пособие / В. И. Комаров, А. В. Гурьев, В. П. Елькин. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. – 171 с.
10. Миловидова Л. А. Сортирование и очистка целлюлозы [Текст] / Л. А. Миловидова, Ю. В. Севастьянова, Г. В. Комарова. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2009. – 76 с.
11. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины [Текст]: учеб. пособие / под ред. В. С. Курова, Н. Н. Кокушина. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. – 588 с.
12. Иванов, С. Н. Технология бумаги [Текст] / С. Н. Иванов. – Изд. 3-е. – М.: Школа бумаги, 2006. – 696 с.
13. Фляте Д. М. Свойства бумаги [Текст] / Д. М. Фляте. – Изд. 4-е, испр. и доп. – СПб.: НПО «Мир и семья-95», ООО «Интерлайн», 1999– 384 с.
14. Хованский, В. В. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона [Текст]: учеб. пособие / В. В. Хованский, В. К. Дубовый, П. М. Кейзер; СПбГТУРП. – СПб., 2013. – 154 с.

15. Дулькин Д. А. Использование природной воды в производстве тарного картона из макулатуры [Текст] / Д. А. Дулькин, В. А. Спиридонов и др. – Архангельск: ИПЦ САФУ, 2012. – 242 с.
16. Сэнсом Иэн Бумага. О самом хрупком и вечном материале / пер. с англ. Д. Карельского – Москва: АСТ: CORPUS, 2011. – 320 с.
17. Смолин, А. С. Технология гофрокартона [Текст]: учебное пособие / А. С. Смолин, В. К. Дубовый – СПб.: Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2019. – 412 с.
18. Южанинова, Л. А. Особенности технологии бумаги основы для гофрирования из макулатуры и требования к ее потребительским свойствам [Текст] / Л. А. Южанинова, Д. А. Дулькин и др. – Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. – 102 с.
19. Свиридов, Е. Б. Книга о полимерах [Текст] / Е. Б. Свиридов, В. К. Дубовый. – Архангельск: САФУ, 2016. – 392 с.
20. Пузырев, С. С. Переработка вторичного волокнистого сырья [Текст] / С. С. Пузырев, Е. Т. Тюрин – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 467 с.

Учебное издание

**Кейзер Павел Матвеевич
Симонова Елена Игоревна**

Технология бумаги и картона

Учебное пособие

Редактор и корректор Е. О. Тарновская
Техн. редактор Е. О. Тарновская

Темплан 2021 г., поз. 5216

Подписано к печати 06.12.23.

Формат 60x84/16.

Бумага тип № 1.

Печать офсетная.

Печ.л. 5,7.

Уч.-изд. л. 5,7 .

Тираж 30 экз.

Изд. № 5216.

Цена «С».

Заказ №

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