

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**БРАТСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Специальность 18.02.12

химических
соединений

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

*по МДК 03.01 УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ ХИМИЧЕСКИХ
ЛАБОРАТОРИЙ*

**РАЗДЕЛ
«ОРГАНИЗАЦИЯ ОБЩЕ-ХИМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ»**

Братск 2019

Составила (разработала) Павлова Н.М., преподаватель кафедры химико-механических дисциплин

Рассмотрено на заседании кафедры химико-механических дисциплин

«_____» _____ 20__ г.

(Подпись зав. кафедрой)

Одобрено и утверждено редакционным советом

(Подпись председателя РС)

«_____» _____ 20__ г.

№ _____

Содержание

Введение	4
1 Производство целлюлозы.....	6
1.1 Краткая характеристика производства.....	6
1.2 Характеристика сырья.....	7
1.2.1 Основные компоненты древесины.....	7
1.2.2 Химический состав древесины.....	8
1.3 Подготовка растительного сырья для производства целлюлозы.....	11
1.3.1 Общая схема подготовки древесины.....	11
1.3.2 Основные типы хранения древесного сырья.....	11
1.4 Окорка балансовой древесины.....	12
1.5 Измельчение балансов в щепу.....	13
1.6 Сортирование щепы.....	13
1.7 Транспортировка щепы.....	14
2 Щелока сульфатного производства целлюлозы.....	16
2.1 Общая характеристика щелоков.....	16
2.2 Белый щелок.....	16
2.3 Зеленый щелок.....	18
2.4 Черный щелок.....	19
3 Производство целлюлозы сульфатным способом.....	21
3.1 Общая схема производства целлюлозы.....	21
3.2 Варка целлюлозы.....	21
3.3 Промывка целлюлозы.....	23
3.4 Очистка и сортирование целлюлозы.....	24
3.5 Отбелка целлюлозы.....	25
3.6 Сушка целлюлозы.....	29
3.7 Регенерация химикатов.....	31
4 Производство бумаги и картона.....	34
5 Образование сточных вод сульфатного производства целлюлозы.....	37
5.1 Характеристика сточных вод сульфатного производства целлюлозы.....	37
5.2 Методы очистки сточных вод.....	39
6 Практические работы.....	47
6.1 Расчет основных показателей щелоков сульфатного производства целлюлозы.....	47
6.2 Составление технологических схем промывки целлюлозы.....	49
6.3 Составление технологических схем отбелки целлюлозы.....	52
7 Контрольные вопросы для подготовки к зачетному занятию.....	55
Заключение.....	56
Список использованных источников	57

Введение

Методическое пособие по МДК 03.01 Управление персоналом химических лабораторий раздел «Организация обще-химических технологических процессов», предназначено для студентов специальности 18.02.01 Аналитический контроль качества химических соединений.

Данное методическое пособие «Производство целлюлозы» содержит:

- краткий курс лекций по производству целлюлозы, бумаги и картона;
- практические работы к соответствующим темам;
- вопросы для подготовки к зачету.

В методическом пособии рассматривается материал следующих тем:

- характеристика сырья и его подготовка для производства сульфатной целлюлозы;
- щелока сульфатного производства целлюлозы;
- варка и промывка сульфатной целлюлозы;
- отбелка, сортирование и очистка сульфатной целлюлозы;
- сушка сульфатной целлюлозы;
- регенерация химикатов при сульфатном способе производства целлюлозы;
- производство бумаги и картона;
- образование сточных вод в сульфатном производстве целлюлозы.

При изучении данной дисциплины студенты должны знать:

- виды сырья, используемого в производстве сульфатной целлюлозы, его характеристику, основные компоненты;
- способы подготовки сырья для производства сульфатной целлюлозы;
- основные стадии получения сульфатной целлюлозы;
- характеристику химических реагентов, используемых в производстве сульфатной целлюлозы;
- образование и характер загрязнения сточных вод в производстве сульфатной целлюлозы, методы их очистки.

Иметь навыки практического применения полученных знаний при выполнении курса лабораторных и практических работ по МДК 02.01 «Основы качественного и количественного анализа природных и промышленных материалов».

Данное пособие составлено с целью оказания помощи студентам в изучении основного профессионального модуля ПМ 02 Проведение качественных и количественных анализов материалов с применением химических и физико-химических методов анализа и приобретении навыков практической работы при прохождении производственной практики в лабораториях лесопромышленного комплекса.

Методическое пособие дает возможность самостоятельного изучения нового материала, закрепления полученных знаний на практике, пользуясь индивидуальными консультациями преподавателя. В результате работы с методическим пособием закрепляется навык работы с литературой, умение

составлять краткие конспекты при использовании материала учебника. Формируется мотивация к выполнению самостоятельных работ по предложенным вопросам.

Задания, входящие в практические работы методического пособия, дают возможность осуществлять систематический контроль за самостоятельной работой студентов и качеством знаний освоенного материала.

1 Производство целлюлозы

1.1 Краткая характеристика производства

В состав целлюлозно-бумажного производства входит по лучение волокнистых полуфабрикатов -целлюлозы и древес ной массы, их переработка в различные виды бумаги и картона.

При варке измельченной древесины, т. е. обработке ее раствором химических реагентов (варочным раствором) при повышенных температуре и давлении, происходит ее делигнификация - большая часть лигнина растворяется, клетки древесины разъединяются и получается волокнистая техническая целлюлоза.

Основными методами получения целлюлозы являются сульфатный и сульфитный методы варки. Перспективными являются окислительные методы - кислородно-содовый, кислородно-щелочной и другие, которые не связаны с использованием серосодержащих реагентов и поэтому оказывают меньшее влияние на окружающую среду.

Путем соответствующего подбора реагентов и условий варки регулируют выход технической целлюлозы и ее свойства, в первую очередь остаточное содержание лигнина. Чем полнее удален лигнин при варке, тем волокно светлее, но выход его меньше.

Целлюлозу вырабатывают нормального выхода (40 - 50 % от массы абсолютно сухого сырья) и высокого выхода (50—60 %).

Целлюлозу нормального выхода подразделяется на:

- жесткую целлюлозу, содержащую 3 - 8% лигнина;
- среднежесткую целлюлозу, содержащую 1,5 - 3%;
- мягкую целлюлозу, содержащую менее 1,5% лигнина.

Получают также полуцеллюлозу (выход 60 - 85 %), содержащую половину или более исходного лигнина и требующую механического размола для превращения ее в волокнистую массу.

Техническая небеленая целлюлоза пригодна для изготовления многих видов продукции - газетной и мешочной бумаги, тарного картона и др. Для получения высших сортов писчей и печатной бумаги, где требуется повышенная белизна, используют среднежесткую и мягкую целлюлозу, которую отбеливают химическими реагентами, например хлором, двуокисью хлора, гипохлоритом натрия, перекисью водорода.

Особо очищенную (облагороженную) целлюлозу, содержащую 92 - 97 % альфа-целлюлозы (т. е. фракции целлюлозы, нерастворимой в 17,5%-ном водном растворе едкого натра) используют для изготовления химических волокон, в том числе вискозного шелка и высокопрочного вискозного кордного волокна для производства автомобильных шин.

Древесную массу получают механическим разделением древесины на волокна. Большое количество волокнистой массы вырабатывают из вторичного

сырья - макулатуры, доля которой в производстве бумаги и картона превышает 20 % от всего используемого волокна.

1.2 Характеристика сырья

1.2.1 Основные компоненты древесины

Химический анализ древесины имеет важное значение для оценки его пригодности в производстве целлюлозы, гидролизных и лесохимических производствах.

Разные отрасли производства предъявляют к сырью свои специфические требования. Так, при оценке сырья для производства технической целлюлозы и бумаги, важно знать содержание целлюлозы. Определение выхода редуцирующих сахаров позволяет оценить древесину как сырье для гидролизных производств. Установление содержания отдельных групп экстрактивных веществ имеет важное значение для канифольно-экстракционного производства.

Для производства целлюлозы используют древесину хвойных и лиственных пород (ель, сосну, лиственницу, березу, осину, тополь) В производство идет ствол дерева, состоящий в основном из мертвых клеток больших размеров.

Для производства целлюлозы наиболее важными физическими свойствами являются плотность и влажность древесины. Плотность зависит от породы и условий роста. Более плотная древесина перерабатывается труднее, но выход продукта больше.

По влажности различают:

- влажную;
- воздушно-сухую (в.с);
- абсолютно- сухую (а.с).

Воздушно-сухая имеет влажность окружающего воздуха и для расчетов принята 12%.

Абсолютно-сухая древесина не содержит влаги и имеет соотношение с воздушно-сухой древесиной ($\text{а.с.древесина} = \text{воздушно сухой} \cdot 0,88$)

Химический состав хвойных и лиственных пород несколько отличается по количественному содержанию компонентов показано в таблице 1.

Таблица 1 - Содержание основных компонентов в древесине

Компоненты древесины	Хвойная	Лиственная
1	2	3
Целлюлоза	до 50 %	45 -47 %
Лигнин	30%	20-25 %
Гемицеллюлозы (пентозаны)	11 %	27-30 %
Смолы и жиры	2 - 4 %	3 %
Минеральные вещества (зола)	0,2-0,5 %	0,3-1 %

1.2.2 Химический состав древесины

Вещество древесины (древесное вещество) – это вещество клеточных стенок. Биологическое происхождение этого вещества, обуславливает его сложный химический состав, который можно представить в виде схемы в соответствии с рисунком 1.

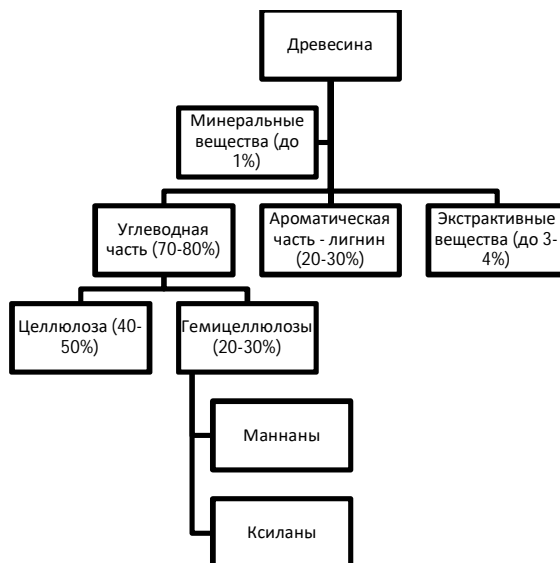


Рисунок 1 - Схема химического состава древесины

Минеральные вещества составляют обычно очень небольшую часть – до 1%. При сжигании древесины и прокаливании остатка от сжигания в муфельной печи образуется зола.

Основную массу древесины составляют органические вещества (около 99%), которые можно разделить на структурные компоненты и экстрактивные вещества.

К структурным компонентам относят углеводную и ароматическую части древесины.

Углеводная часть древесины представляет собой комплекс полисахаридов, называемый холоцеллюлозой. Полисахариды, входящие в холоцеллюлозу – это высокомолекулярные соединения (ВМС). Массовая доля холоцеллюлозы обычно составляет около 70-80%, причем в древесине лиственных пород она выше, чем в древесине хвойных. В состав холоцеллюлозы входят целлюлоза и нецеллюлозные полисахариды – гемицеллюлозы.

Целлюлоза – основной компонент древесины, составляющий 40-50%. Это полисахарид, макромолекулы которого построены из звеньев D-глюкозы. Целлюлоза не растворима в органических растворителях, в воде и в растворах щелочей. Степень полимеризации (СП) древесной целлюлозы (5000-10000), эмпирическая формула: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Целлюлоза может быть представлена в соответствии с рисунком 2 следующей формулой.

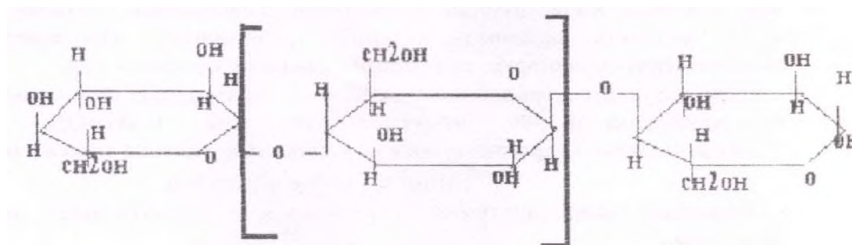


Рисунок 2 - Структурная формула целлюлозы

$C_6H_{10}O_5$ - глюкозный остаток - элементарное звено линейной молекулы целлюлозы, образуется в природе из глюкозы, отщеплением от нее воды. Целлюлоза - химически стойкое соединение, растворяется в медно-аммиачном растворе, разрушается сильными окислителями.

Гемицеллюлозы (полиозы) – нецеллюлозные полисахариды, которые в отличие от целлюлозы растворимы в щелочах, но не растворимы ни в органических растворителях, ни в воде. Степень полимеризации (СП) гемицеллюлоз значительно меньше (100-200), чем у природной древесной целлюлозы. Из гемицеллюлоз в состав лиственных пород древесины входят главным образом ксиланы и в небольшом количестве маннаны. А в состав древесины хвойных пород и ксиланы и маннаны.

Гемицеллюлозы и другие нецеллюлозные полисахариды условно в анализе древесины подразделяют на пентозаны и гексозаны.

Пентозаны – полисахариды, макромолекулы которых состоят в основном из звеньев пентоз. К пентозанам относят -ксиланы и арабинаны.

Гексозаны - полисахариды, макромолекулы которых состоят в основном из звеньев гексоз. К гексозанам относятся различные -маннаны, галактаны и крахмал.

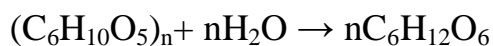
Древесина хвойных пород содержит меньше гемицеллюлоз, чем древесина лиственных пород. В древесине хвойных пород содержание гексозанов и пентозанов практически одинаково, а в древесине лиственных пород содержатся в основном пентозаны.

Углеводная часть – гидролизуемая часть. При полном гидролизе полисахариды превращаются в соответствующие моносахариды. По скорости гидролитической деструкции в кислой среде полисахариды подразделяют на легко- и трудно- гидролизуемые.

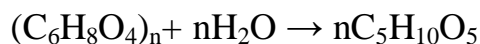
Легкогидролизуемые полисахариды способны гидролизоваться разбавленными минеральными кислотами при температуре около $100^{\circ}C$. К легкогидролизуемым полисахаридам относятся гемицеллюлозы и небольшая часть целлюлозы (аморфная часть).

Трудногидролизуемые полисахариды гидролизуются концентрированными минеральными кислотами при нормальной температуре (около $20^{\circ}C$) или разбавленными минеральными кислотами при повышенной температуре ($160-190^{\circ}C$). К трудногидролизуемым полисахаридам относятся целлюлоза и небольшая часть гемицеллюлоз (целлюлозаны).

Трудная гидролизуемость целлюлозы объясняется ее кристаллической структурой. Целлюлоза при гидролизе полностью превращается в D-глюкозу.



При гидролизе пентозанов $(C_5H_8O_4)_n$ в качестве продуктов гидролиза главным образом получают пентозы



При гидролизе гексозанов $(C_6H_{10}O_5)_n$ в качестве продуктов гидролиза главным образом получают гексозы. Условное уравнение гидролиза гексозанов совпадает с уравнением гидролиза целлюлозы.

Процессы гидролиза происходят не сразу, а постепенно, с образованием промежуточных продуктов с понижающейся степенью полимеризации, в том числе растворимых полисахаридов, олигосахаридов, дисахаридов.

Ароматическая часть древесины, или лигнин, представляет собой смесь ароматических полимеров (ВМС) родственного строения. Доля лигнина в древесине обычно равна 20-30%. При этом больше лигнина содержит древесина хвойных пород.

Экстрактивные вещества древесины не входят в состав клеточных стенок. Они находятся в полостях клеток или в межклеточных каналах. Массовая доля экстрактивных веществ около 3-4%.

Экстрактивные вещества подразделяются на три группы:

- вещества летучие с паром;
- вещества, экстрагируемые водой (холодной или горячей);
- вещества, экстрагируемые органическими растворителями.

К экстрактивным веществам относят преимущественно низкомолекулярные соединения.

Три основные части древесины (углеводная, ароматическая и экстрактивные вещества) существенно различаются по свойствам. Эти различия используют в химическом анализе древесины при выделении ее основных компонентов.

Лигнин в анализе древесины рассматривается как «негидролизуемая» часть. По сравнению с полисахаридами лигнин более легко окисляется. Это свойство используют в анализе для делигнификации древесины (удаления лигнина). Лигнин - смесь ароматических полимеров родственного строения, полимер трехмерной структуры, формула не установлена.

Лигнин - является связывающим клетки веществом и появляется по мере их отмирания, придает им жесткость. Лигнин очень чувствителен к действию температуры и химикатов, поэтому в неизменном виде выделен быть не может. В отличие от полисахаридов в лигнине отсутствует единый вид связи между структурными единицами. Предполагается, что лигнин в древесине является пространственным полимером, который имеет сетчатую структуру. Лигнин

древесины плохо растворим в обычных растворителях, не гидролизуется кислотами до отдельных мономерных единиц. Он значительно изменяется при выделении, поэтому изучить его строение и свойства трудно. Различное строение лигнина хвойных и лиственных пород древесины определяет разное взаимодействие с химикатами.

1.3 Подготовка растительного сырья для производства целлюлозы

1.3.1 Общая схема подготовки древесины

Заготовленная балансовая древесина доставляется на предприятия ЦБП водным путем, по железной дороге или автомобильным транспортом. Наиболее дешевый вид транспорта - сплав древесины в виде плотов по воде. Однако сплавной период короток, что создает необходимость хранить на предприятии большое количество балансового сырья.

Основные операции по подготовке древесины:

- распиловка древесины на балансы;
- окорка балансов;
- рубка балансов в щепу;
- сортирование щепы.

Все эти операции проводятся в древесно-подготовительном цехе, а иногда и на лесных складах.

1.3.2 Основные типы хранения древесного сырья

В настоящее время наибольшее распространение получили три типа хранения древесины:

- штабельное;
- кучевое;
- хранение в открытых кучах (в виде щепы).

Штабельное хранение. При этом способе наиболее экономичной является схема с круглогодичной окоркой и рубкой балансов из долготья без предварительной распиловки. По такой схеме можно хранить и перерабатывать балансы как сплавные, так и железнодорожной поставки. Хранят балансы в виде долготья длиной 6 - 9 м, уложенного в штабеля. Максимальная длина штабеля составляет 200 м, высота 14 м, ширина в соответствии с длиной бревен. Длина штабеля регламентируется условиями противопожарной безопасности. Для укладки древесины в штабеля применяются краны: стреловые, козловые, порталные, мостовые, кабельные.

Кучевое хранение. В этом случае окоренные балансы в виде коротья (1,25 - 1,5 м) свободно насыпаются в кучи высотой до 30 м и шириной в основании до 95 м. Объем такой кучи, по правилам противопожарной безопасности, не должен превышать 250 тыс. м³. Расстояние между кучами 15 м, по продольным сторонам 25 м. Поставляемое водным или сухопутным транспортом долготье разделяют на распиловочном станке (слешере) на

отрезки по 1,25 - 1,5 м, после чего оно поступает для укладки в кучи на кучеукладчики (стакеры).

Хранение щепы в открытых кучах. В последнее время на целлюлозно-бумажных предприятиях стали применять технологическую щепу, приготовленную из лесопильных и других отходов деревообработки, хранящуюся в открытых кучах. Щепу в кучи подается пневмоустановками высокого давления. Объем куч составляет 150 - 250 тыс. м³ при высоте 25 - 30 м. Щепу из кучи подается в промежуточные наземные бункера или бункера варочного отдела пневмотранспортом или ленточными конвейерами.

Хранение щепы в открытых кучах имеет ряд преимуществ, так как при этом происходит выветривание и окисление смолы, что уменьшает в последующем смоляные затруднения в сульфитном производстве и пенообразование в сульфатном производстве. Механические и химические свойства целлюлозы, сваренной из щепы, хранящейся не более шести месяцев, мало отличаются от свойств целлюлозы из балансовой щепы. Срок хранения щепы из древесины лиственных пород составляет три месяца.

1.4 Окорка балансовой древесины

Перед варкой древесина должна быть очищена от коры и луба. В среднем еловые балансы содержат 11 % коры и луба, сосновые 15%, осинные 14%. Существует несколько способов окорки:

- ножевой;
- фрикционной;
- струйно-гидравлический;
- химический.

Выбор способа удаления коры зависит от породы древесины, ее состояния и от требуемой чистоты окорки, но в любом случае процесс должен проходить с минимальными потерями древесины.

Наибольшее распространение получили корообдирки трения, работающие по принципу трения бревен друг о друга и о стенки аппарата. Окорочные барабаны, применяемые для окорки коротыа со свободным заполнением барабана и для долготыа с параллельной укладкой.

В последнее время широко применяются двухсекционные барабаны для так называемой полусухой окорки. В этом случае возможно применение лежалого, мороженого и лиственного сырья.

Количество коры достигает 15% от перерабатываемой древесины. Для предотвращения загрязнения окружающей среды кору необходимо утилизировать.

Наиболее простым и распространенным способом использования отходов окорки является сжигание их в специальных топках паровых котлов. При мокром способе окорки влажность коры составляет 75-85%. Воду в этом случае удаляют в две ступени: на водоотделительных барабанах или конвейерах и на

короотжимных прессах. Сухость коры после пресса составляет 40-45 %, а теплота сгорания 6000-7000 кДж/кг, что делает процесс сжигания рациональным.

Отходы окорки можно использовать для производства строительных плит и картонов, для химической переработки и получения сельскохозяйственных удобрений.

1.5 Измельчение балансов в щепу

Очищенные от коры балансы измельчают в щепу на дисковых рубительных машинах, рабочим органом которых является стальной диск с радиально расположенными ножами.

Балансы по наклонному патрону один за другим встык попадают под удары ножей, расположенных на диске. В результате взаимодействия упорного и дисковых ножей от бревна отрубаются шайбы толщиной 15 - 25 мм. Эти шайбы фасками дисковых ножей отклоняются от бревна, ломаются вдоль волокон на отдельные части и выталкиваются через прорези в диске на другую его сторону. Нарубленные куски разбиваются в щепу лопатками, установленными на ободу вращающегося диска. Этими же лопатками щепы подхватываются и вместе с потоком воздуха по трубопроводу подаются в циклон по касательной к цилиндрической стенке, теряет скорость и падает в нижнюю часть, откуда распределяется на сортировки.

В многоножевых машинах рубка происходит непрерывно, так как каждый последующий нож входит в бревно до выхода из него предыдущего. При этом бревна затягиваются в машину и исключается их подпрыгивание. В результате получается более мелкая, одинаковых размеров щепы, плотно укладываемая в варочных котлах.

Основные особенности устройства многоножевых машин - близкое размещение ножей к центру диска, меньший диаметр диска, позволяющий увеличить частоту вращения; удаление щепы из машины через нижнее отверстие в кожухе, разрыхление щепы в кожухе гребенками, которые установлены на ободу диска вместо лопаток. При рубке получается около 97 % нормальной щепы, пригодной для варки. В это количество входит 5 - 10 % крупной щепы, которая дополнительно измельчается (дезинтегрируется) и возвращается в общий поток. Количество отходов при рубке в виде опилок и пыли составляет примерно 1,5 - 2%.

1.6 Сортирование щепы

В процессе рубки наряду с нормальной щепой, которая должна иметь длину 12 - 20 мм, ширину 20 - 30 мм и толщину 2 - 3 мм, образуется некоторое количество мелочи и крупных кусков. Различаются следующие фракции:

- пыль и опилки;
- мелкая щепка;
- нормальная щепка;
- крупная щепка.

Сортируют щепку просеиванием ее через сита, имеющие разные по размеру отверстия. Пыль и мелкие опилки проходят через сито с отверстиями диаметром 5 - 6 мм. Эту фракцию следует тщательно отделять от щепки, так как мелочь содержит много разбитых гнилых сучков, коры и клеток, пропитанных смолой. В варочных аппаратах Камюр опилки забивают циркуляционную систему.

Мелкая щепка, или щепка второго сорта, составляет фракцию, проходящую через сито с отверстиями 10 x10 или 12x12 мм.

Нормальная щепка проходит через отверстия 30x30 или 15x75 мм и представляет собой основную фракцию. Для упрощения производственной схемы фракции мелкой и нормальной щепки в большинстве случаев смешивают.

Крупная щепка не проходит через сито с отверстиями 30x30 мм и направляется на дополнительное измельчение на дезинтеграторы.

Для сортирования щепки наибольшее распространение получили плоские вибрационные сортировки. На определенных потоках непрерывной варки сульфатной целлюлозы проводится дополнительное фракционирование щепки по толщине, так как этот показатель определяет процесс делигнификации.

Предельное значение толщины щепки 3 - 8, длины 14 - 25 мм; ширина щепки заметного влияния не оказывает, содержание мелкой фракции (смывки и опилки) не должно превышать 10%. Необходимость сортирования щепки по толщине усложняет процесс и определяется конкретно с учетом местных условий. Преимущества этого процесса:

- сокращение потерь древесины при сортировании;
- увеличение выхода целлюлозы по варке;
- сокращение расходов щелочи на варку и отбельных реагентов за счет уменьшения содержания костры и уменьшения расхода энергии на размол отходов сортирования.

1.7Транспортировка щепки

Отсортированная щепка поступает из древесного цеха в бункеры, в которых запас щепки обеспечивает суточную работу целлюлозного завода. Подается щепка горизонтальными или наклонными ленточными конвейерами, ковшовыми элеваторами и пневматическими установками. В последнее время чаще применяют пневматическую подачу щепки. Щепка в этом случае подается в карманный питатель, из которого поступает в трубопровод диаметром 100 - 200 мм, где с помощью турбовоздуховодов создается избыточное давление 0,03 - 0,06 МПа.

Недостатки пневмотранспортера - некоторое измельчение щепы при ударе о стенки трубопровода и повышенный расход энергии.

2 Щелока сульфатного производства целлюлозы

2.1 Общая характеристика

Варочный раствор, применяемый при сульфатной варке, состоит из смеси свежего, или белого, щелока, приготовленного в системе регенерации химикатов, и отработанного, или черного, щелока. Черный щелок добавляется в варочный раствор для поддержания необходимого гидромодуля в варочном аппарате (отношение жидкости к массе абсолютно сухой древесины) для периодической варки примерно 4 : 1, непрерывной 2,5 : 1. Кроме того, это дает возможность повысить концентрацию черного щелока, направляемого в систему регенерации и тем самым получить экономию тепла при его выпаривании. Объемная доля черного щелока в составе варочного раствора может колебаться в пределах 20 - 50 %, в зависимости от концентрации активной щелочи в белом щелоке и влагосодержания щепы.

Щелочь, затрачиваемая на сульфатную варку, благодаря регенерации находится в непрерывном производственном кругообороте, циркулируя в замкнутом цикле:

варка → промывка целлюлозы → выпарка черных щелоков → сжигание щелоков → каустизация зеленого щелока

Каустизацией завершается процесс регенерации, в результате которого затраченная на варку щелочь возвращается обратно в варочный котел в виде белого щелока.

Однако полностью вернуть всю затраченную на варку щелочь не удастся: часть ее теряется в производственном цикле, и эти потери необходимо возмещать постоянной добавкой свежих химикатов.

2.2 Белый щелок

Белый щелок получают путем каустизации зеленого щелока. Основным компонентом белого щелока является едкий натр (NaOH). Свежий белый щелок, применяемый для щелочной варки, содержит в качестве активного варочного реагента в случае сульфатной варки - смесь едкого натра и сульфида натрия (NaOH+Na₂S).

Суммарное количество активной щелочи, выраженное в единицах NaOH или Na₂O, обычно относят в процентах к весу абсолютно сухой щепы и называют расходом активной щелочи на варку. Расход активной щелочи может быть так же выражен в килограммах NaOH или Na₂O, на 1т воздушно-сухой целлюлозы, полученной после варки. Также наряду с понятием «активная щелочность» используют термин «эффективная щелочность», под которой

понимают сумму едкого натра и одной половины сульфида натрия ($\text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{Na}_2\text{S}$).

Кроме активной и эффективной щелочи в белом щелоке обязательно содержится некоторое количество карбоната натрия (Na_2CO_3), как результат неполной реакции каустизации.

Сумму активной щелочи и карбоната ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3$) называют общей титруемой щелочью или просто общей щелочью, так как содержание этих компонентов в щелоке может быть определено прямым титрованием пробы щелока соляной кислотой в присутствии метилоранжа.

Далее в белом щелоке содержится в небольшом количестве еще целый ряд солей натрия – силикат (Na_2SiO_3), алюминат (NaAlO_2), хлорид (NaCl) и кроме того содержится ряд сернистых соединений натрия – сульфат (Na_2SO_4), сульфит (Na_2SO_3), тиосульфат ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), полисульфиды и некоторые другие.

Сумма всех солей натрия, имеющих в белом щелоке, образует всю щелочь, выражаемую так же в единицах NaOH или Na_2O . Отношение активной щелочи ко всей щелочи называется степенью активности или просто активностью белого щелока. Кроме того, между основными составными частями белого и зеленого щелока существуют следующие эквивалентные соотношения:

а) степень восстановления - степень перевода сульфата в сульфид

$$\frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_4}$$

б) степень каустизации – степень перевода неактивной щелочи в активную

$$\frac{\text{NaOH}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3}$$

в) степень сульфидности – отношение сульфида к активной щелочи

$$\frac{\text{Na}_2\text{S}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}}$$

Чаще всего эти соотношения выражаются в процентах и, при подсчете их, содержание всех натриевых соединений в щелоке пересчитывается на единицы окиси натрия Na_2O .

На основании проведенных анализов по определению активной, эффективной и общей щелочи рассчитываются также следующие показатели белого щелока:

а) $\text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{O}_T - \text{A}$;

б) $\text{Na}_2\text{S} = 2 \cdot (\text{A} - \text{Эф})$.

Для отечественных заводов состав белого щелока и содержание основных компонентов характеризуется следующими показателями показано в таблице 2 и 3.

Таблица 2 - Показатели белого щелока

Наименование показателей	Содержание, г/дм ³	Наименование показателей	Содержание, %
1	2	3	4
содержание общей щелочи	80-127	степень активности	70-88,5
содержание активной щелочи	70-110	степень сульфидности	24-38
		степень каустизации	73-90
		степень восстановления	74-92

Таблица 3 - Содержание основных компонентов в белом щелоке

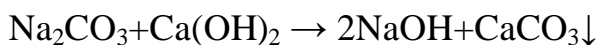
Компоненты	Концентрация, г/дм ³	
	в единицах Na ₂ O	в собственных единицах
1	2	3
NaOH	50-75	62-96
Na ₂ S	18-39	22,9-49,3
Na ₂ CO ₃	6,5-22	11-37,4
Na ₂ SO ₄	2,8-7,9	6,4-18

2.3 Зеленый щелок

В результате сжигания черного щелока в топке содорегенерационного котла образуется плав минеральных солей, раствор которого называется зеленым щелоком.

Полученный зеленый щелок подвергается каустизации раствором извести с целью перевода карбоната натрия в активный едкий натр.

Реакция каустизации обратима и в производственных условиях не доходит до конца



Результат процесса принято оценивать степенью каустизации (обычно ее выражают в процентах), под которой понимают степень перевода неактивной щелочи в активную.

$$\text{Степень каустизации} = \frac{\text{NaOH}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3}$$

Основным компонентом зеленого щелока является сода.

Кроме соды в зеленом щелоке содержатся такие натриевые соединения как NaOH, Na₂S, Na₂SO₄, часть Na₂S₂O₃, Na₂SO₃, NaCl и другие.

Сумму активной щелочи и карбоната натрия (NaOH+Na₂S +Na₂CO₃) называют общей титруемой щелочью или просто общей щелочью, так как

содержание этих компонентов в щелоке может быть определено прямым титрованием пробы щелока соляной кислотой в присутствии метилоранжа. Сумму едкого натра и сульфида натрия ($\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$) называют активной щелочью.

Сумму едкого натра и половины сульфида натрия ($\text{NaOH} + 1/2\text{Na}_2\text{S}$) называют эффективной щелочью. Общая, активная и эффективная щелочи выражаются в единицах окиси натрия Na_2O .

Сумма всех солей натрия, имеющих в зеленом щелоке, образует всю щелочь, выражаемую также в единицах NaOH или Na_2O .

Отношение активной щелочи ко всей щелочи называют степенью активности или просто активностью зеленого щелока.

2.4 Черный щелок

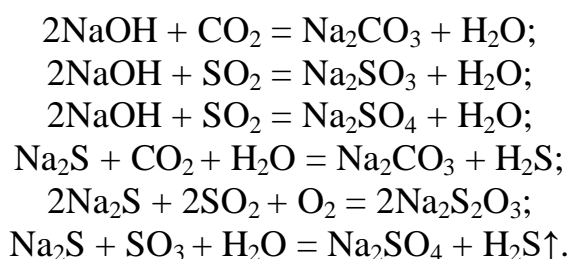
Щелок после варки превращается в черный щелок, содержащий перешедшие в раствор органические вещества из древесины и минеральные вещества из белого щелока.

После промывки целлюлозы черный щелок поступает на выпаривание. Целью выпаривания является повышение концентрации черного щелока и удаление воды. Выпаривание черного щелока происходит в одну или две ступени.

После выпаривания черный щелок поступает на сжигание.

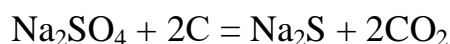
В составе сухого остатка черного сульфатного щелока имеются минеральные и органические серные соединения, и перед сжиганием к щелоку добавляют свежий сульфат для возмещения производственных потерь щелочи.

При сжигании черного щелока происходят следующие химические реакции:



В результате этих реакций весь свободный едкий натр и значительная часть сульфида натрия переходят в карбонат, сульфит, тиосульфат и сульфат натрия.

Сульфат натрия расплавляется и под действием углерода (кокса), большая часть его восстанавливается до активной щелочи – сульфида натрия в соответствии с уравнением реакции



В черном щелоке содержатся сухие органические вещества(50-55%) и минеральные вещества. Минеральные вещества – это химикаты белого щелока и частично зола самого сырья. Из сырья в раствор переходят и органические вещества.

Основными показателями черного щелока являются:

-плотность;

-зольность;

-содержание сухих веществ.

Плотность – это показатель отношения массы к объему (г/см^3). Зольность – это показатель содержания минеральной части в черном щелоке(40%).

3 Производство целлюлозы сульфатным способом

3.1 Общая схема производства сульфатной целлюлозы

Производство сульфатной целлюлозы осуществляется в несколько стадий: варка целлюлозы; промывка целлюлозы; очистка и сортирование целлюлозы; отбелка целлюлозы; сушка целлюлозы в соответствии с рисунком 3.

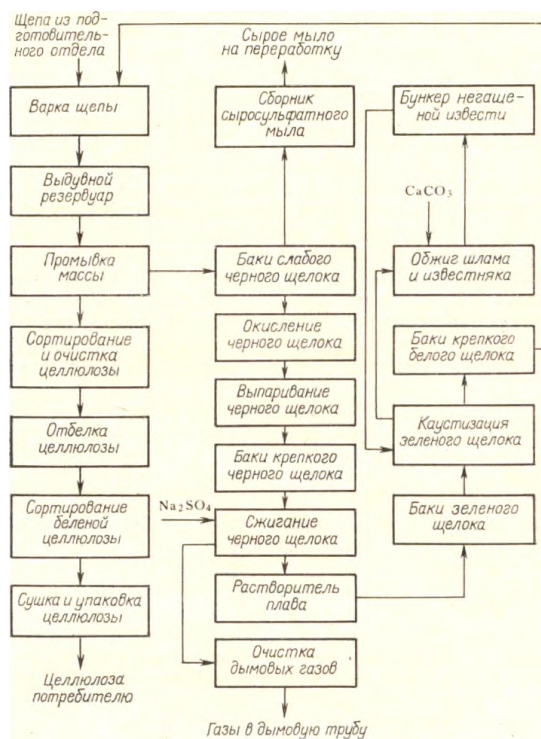


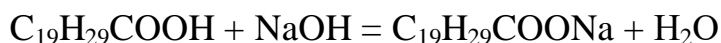
Рисунок 3- Схема производства сульфатной целлюлозы

3.2 Варка целлюлозы

3.2.1 Химизм сульфатной варки

Варка целлюлозы предназначена для получения целлюлозы путем растворения остальных компонентов белого щелока. Лигнин подвергается сульфидированию и щелочному гидролизу, кроме реакций растворения происходит и значительная конденсация лигнина (потеря реакционной способности) под действием высокой температуры и среды. Для уменьшения конденсации варку ведут в избытке щелочи.

Гемицеллюлозы гидролизуются до сахаров (гексоз, пентоз) с последующим разрушением до оксикислот: муравьиной, уксусной и других. Смолы при взаимодействии со щелочью образуют сульфатное мыло.



Летучая часть смолы образует скипидар. В качестве побочных реакций за счет отщепления метаксильных групп лигнина и других, образуются дурнопахнущие газы: сероводород, меркаптаны.

3.2.2 Техника периодической и непрерывной варки

Для варки целлюлозы используют аппараты непрерывного и периодического действия. При периодической варке применяют котлы объемом 100-250 м³ биметаллические.

Варочный процесс складывается из следующих операций:

- загрузка котла щепой;
- заливка щелоков;
- заварка;
- варка;
- выгрузка целлюлозы из котла;
- осмотр котла.

Время на все операции называется оборотом котла и составляет 4-9 часов. Загрузка котла щепой происходит с использованием парового уплотнителя, расположенного в верхней горловине котла. В котел подается смесь белого и черного щелока, причем количество белого щелока заливают исходя из расчета на данный вид целлюлозы и концентрации активной щелочи, а черного добавляют в зависимости от белого в соответствии с гидромодулем (соотношением щепы и щелока 1:4).

Обогрев котла осуществляется паром через систему циркуляции. Щелок отбирается из котла через сеточный пояс насосом в теплообменник и после подогрева возвращается в верхнюю и нижнюю часть котла. При достижении температуры 120°C и давлении 0,4 МПа производят сдувку, т.е. удаляют воздух и образовавшиеся пары, содержащие скипидар, и содержимое котла доводят до температуры варки 168 - 172°C и давления до 0,8 МПа. Выдерживают содержимое котла в зависимости от получаемой целлюлозы до окончания варки и производят выгрузку полученной целлюлозы выдувкой под давлением или вымывкой в резервуар, а котел после осмотра заполняют снова.

3.2.3 Факторы сульфатной варки

Температура. С повышением температуры время варки сокращается, но при достижении 200°C и выше уменьшается выход целлюлозы и снижается качество.

Расход щелочи и концентрация. Теоретический расход щелочи составляет 11-12 % к массе абсолютно сухой щепы, но на практике берут избыток щелочи, что ускоряет варку и уменьшает конденсацию лигнина.

Концентрация активной щелочи зависит от работы отдела каустизации.

Сульфидность. Присутствие сульфида облегчает делигнификацию. Повышение сульфидности ускоряет варку, повышает качество и выход целлюлозы. Повышение сульфидности выше 40 % не желательно, так как

усиливается корродирующее действие щелока, увеличивается количество дурнопахнущих газов и возможно потемнение целлюлозы.

Качество щепы. Неравномерная по размеру щепы снижает выход целлюлозы и увеличивает количество непровара. Лиственные породы варятся легче.

3.3 Промывка целлюлозы

Промывка является первой стадией регенерации. Задача промывки максимально отделить щелок от целлюлозы при минимальном его разбавлении.

Наиболее распространенным оборудованием для промывки целлюлозы является барабанные фильтры, представляющие собой вращающийся в ванне сетчатый барабан над которым установлены спрысковые трубы для подачи промывной жидкости, что позволяет удалять щелок из слоя массы образующегося на сетке.

Для достижения цели промывки используют промывную станцию состоящую из 2 - 5 вакуум-фильтров и вспомогательного оборудования, а масса и вода (70°C) для ее промывки подаются противотоком в соответствии с рисунком 4. При контакте щелока с воздухом наблюдается пенообразование за счет находящегося в щелоке мыла, поэтому в составе оборудования имеются пеногасители и пеносборник. Фильтры различают высоко-вакуумные, низко-вакуумные и давления. Концентрация промывной массы 1% на выходе, с барабана 10-12 %, т.е. кроме промывки происходит и сгущение целлюлозной массы.

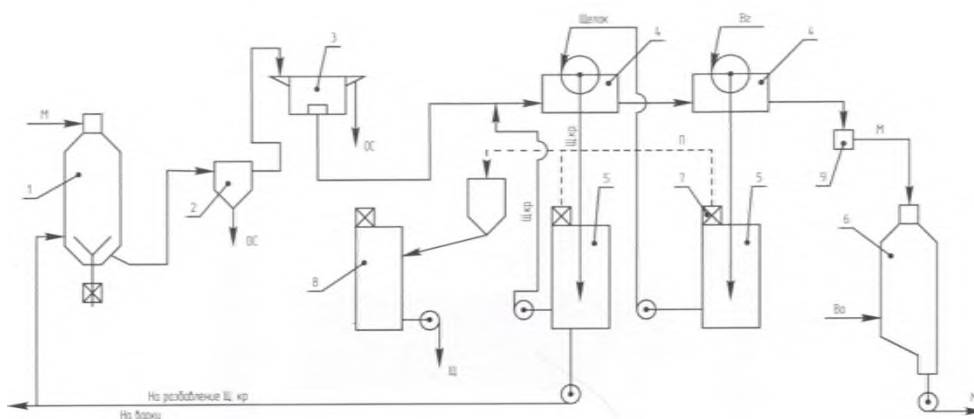


Рисунок 4- Схема промывки целлюлозы

1 – выдувной резервуар; 2 - камнеловушка; 3 - сучколовитель; 4 - фильтры; 5 –фильтратные баки; 6 – башня хранения; 7 - пеногасители; 8 - пеносборник; 9 – насос высокой концентрации.

3.4 Очистка и сортировка целлюлозы

Целлюлоза после варки содержит ряд примесей, затрудняющих дальнейшую переработку: сучки, непровар, костра, кора, песок, глина, уголь. Примеси органического характера отделяют фильтрацией массы через цилиндрическое сито, имеющего круглые или щелевые отверстия. Кроме сита в состав сортировки входит ротор, распределяющий массу по поверхности сита.

Различают центробежные, напорные, вибрационные сортировки. Сортировки отличаются расположением сита (горизонтально или вертикально), формой ротора: в виде определенной формы лопастей или цилиндра с выпуклостями.

Наиболее современными и производительными являются напорные и центробежные сортировки

Минеральные примеси отделяются на вихревых очистителях различных типов за счет придания массе вихревого движения в результате, которого, тяжелые частицы отбрасываются к стенке, теряют скорость и отделяются от движущейся массы.

К вихревым очистителям относятся: центриклинеры, радиклоны и другое оборудование, представляющее конической формы трубки.

Масса в них подается в широкую часть по касательной под небольшим давлением, что и создает вихревое движение.

Для лучшей очистки поступающая масса должна быть разбавлена до 0,8 - 2,5 % на сортировках в зависимости от конструкции и до 0,4-0,6% на вихревых очистителях.

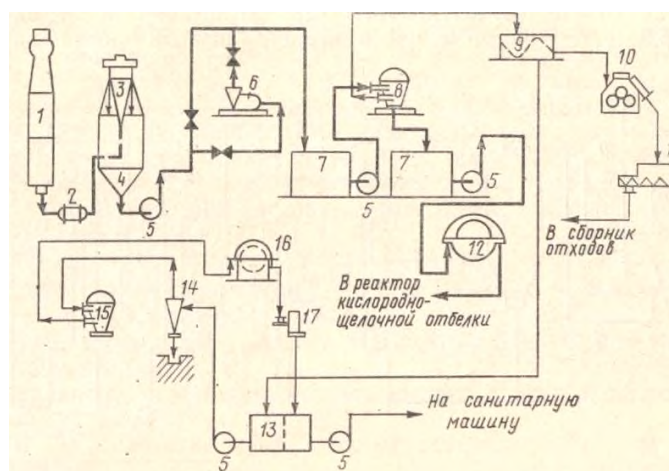


Рисунок 5 - Схема отчистки небеленой целлюлозы

1 - варочный котел с диффузионной промывкой; 2 - выгрузатель; 3 - диффузор непрерывного действия; 4 - выдувной бассейн; 5 - насосы; 6 - фибриллятор; 7 - бассейны; 8 - сортировка юнискрин; 9 - вибрационный сучколовитель; 10 - пресс для сучков; 11 - бункер сучков; 12 - вакуумформирующий барабан; 13 - бассейн отходов; 14 - магноклинер; 15 - сортировка юнискрин для отходов; 16 - сгуститель; 17 - рафинер.

В зависимости от требований, предъявляемых к качеству целлюлозы, сортирование проводят в 2-4 ступени, причем с каждой последующей ступени хорошая масса может возвращаться на предыдущую ступень для повышения эффекта сортирования в соответствии с рисунком 5. Очистку и сортирование проводят для беленой целлюлозы дважды, т.е. до отбелки и после отбелки.

Отличительной особенностью сортирования после отбелки является меньший размер отверстий сит и большое внимание уделяется отделению минеральных примесей для чего вихревые очистители устанавливают в 2 или 3 ступени.

3.5 Отбелка целлюлозы

3.5.1 Характеристика отбеливающих реагентов

Отбелка предназначена для придания целлюлозе белизны и определению физико-химических свойств (вязкости, реакционной способности и других). Химикаты для отбелки разнообразны: хлор, гипохлорит, перекись водорода, щелочь, двуокись хлора, кислород и др.

Хлор (газ) -токсичный газ желто-зеленоватого цвета с удушающим действием. Он в 2,5 раза тяжелее воздуха, вызывает летальный исход при концентрации более 0,1 мг/л в течение 30 мин; при давлении 0,5 МПа и температуре 15-20°C сжижается. В воде хлор вначале растворяется легко, а затем процесс замедляется и сопровождается потерями хлора, поэтому растворы его готовят не свыше 0,3-0,5%. Помимо токсичности, следует учитывать и высокое коррозирующее действие хлора на многие металлы и другие материалы, особенно с повышением температуры и влажности. Наиболее стойки к его воздействию серебро, свинец, титан, специальные сплавы, глазурованный кирпич, плавленный кремнезем. Резина более стойка к действию влажного хлора, чем сухого. Дешевый химикат, но разрушает целлюлозу при отбелке и сточные воды очень вредны. Получают электролизом NaCl на хлорном заводе.

Гипохлорит натрия NaClO, менее вредное вещество, недорого, хорошо отбеливает целлюлозу, но при этом и разрушает ее. Получают на хлорном заводе, пропуская хлор через раствор щелочи.

Перекись водорода H₂O₂ достаточно стабильная сиропообразная жидкость с температурой кипения 151,4°C, плавления 0,89 °C. Техническая перекись неустойчива, легко разлагается при обычной температуре. Разложение ускоряется при повышении температуры, действии железа, меди и других тяжелых металлов, но может быть заторможено добавками различных стабилизаторов. Обычно в качестве последних используют силикат натрия, который, кроме основного назначения, препятствует коррозии оборудования, образуя защитный слой на металлических поверхностях, а также серную кислоту, соли магния и фосфорной кислоты. В зависимости от активности количество добавляемого стабилизатора составляет 1-10 %. В чистом виде

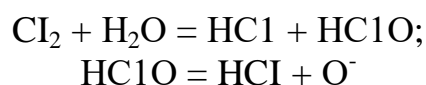
пероксид водорода взрывоопасен. При попадании на кожу крепкие растворы вызывают ожоги. Для транспортировки и хранения технический пероксид поставляется на предприятия в виде концентрированных растворов (30 - 60%) в алюминиевых бочках или цистернах. Под действием температуры происходит диссоциация пероксида с образованием гидропероксильных ионов. Константа диссоциации для пероксида водорода возрастает с увеличением температуры реакции. Исходя из этого, можно было бы предположить, что с увеличением температуры достигается больший отбеливающий эффект. Но следует учитывать, что одновременно усиливается реакция щелочи с волокном которая необходима для нейтрализации ионов водорода, и эффект отбеливания снижается. Это обстоятельство заставляет принимать компромиссные решения в выборе оптимального значения pH. При пероксидной отбелке применяют добавки, определяющие характер разложения и регулирующие процесс отбеливания: гидроксид натрия, силикат натрия сульфат магния. Экологически чистый реагент, мягко действует на целлюлозу, но дорогой и сам легко разлагается.

Двуокись хлора (газ) ClO_2 - газ оранжево-желтого цвета, взрывоопасен при больших концентрациях, поэтому его нельзя транспортировать в жидком состоянии. Взрывоопасен и ядовит, поэтому получают непосредственно на месте в очень разбавленном растворе. Диоксид хлора очень токсичен, порог осязаемости 0,0017 %. При концентрации 0,0045 % наступает раздражение слизистых дыхательных путей. Его окислительная активность в 2,5 раза выше, чем хлора. При отбелке целлюлозы диоксид хлора применяют в виде водного раствора. Он достаточно хорошо растворяется в воде - даже при 0 °C может быть приготовлен 3 %-ный раствор. При нормальной температуре в кислой среде и в темноте водные растворы относительно устойчивы. Разложение начинается с повышением температуры и pH, а также на свету. В кислой среде разложение происходит с образованием хлора и кислорода, в щелочной - соляной, хлорноватой и хлористой кислот. Хорошо отбеливает, совсем не разрушает целлюлозу, но очень дорогой.

3.5.2 Физико-химические основы процесса отбеливания

Отбеливание ведется в несколько ступеней, различными реагентами с учетом их особенностей, чтобы достичь нужной белизны и меньше разрушить целлюлозу. Темный цвет целлюлозе придает лигнин.

Хлорирование. Хлорирование проводят вначале отбеливания. Хлор при растворении в воде образует хлорноватистую кислоту, которая легко разлагается



Для уменьшения разрушения хлорирование ведут при низком pH, низкой температуре 15-20°C и разбавленной массе $C_m=3-3,5$ %

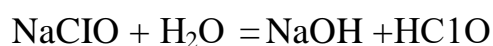
Хлор при взаимодействии с лигнином образует хлор-лигнин оранжевого цвета, плохо растворимый в воде, но хорошо в щелочи.

Щелочение. Щелочение - обработка щелочью, производится с разной целью и при разных условиях.

Различают щелочение и облагораживание. Щелочение предназначено для растворения хлорлигнина при температуре 20- 50°C; уменьшения смолистости и расхода последующих реагентов. Проводится при температуре 60 - 70°C и большем расходе щелочи.

Облагораживание предназначено для повышения химической чистоты целлюлозы и используется при получении растворимой целлюлозы. Чаще всего проводят при температуре 95-130°C и небольшом расходе щелочи.

Гипохлоритная отбелка. Гипохлоритная отбелка предназначена для придания целлюлозе белизны. Гипохлорит в воде гидролизуется:



Для уменьшения разрушающего действия HClO отбелку ведут в сильнощелочной среде pH=9- 11 для чего добавляют NaOH и при низкой температуре 38 - 42°C.

Отбелка диоксидом хлора. Отбелка диоксидом хлора предназначена для придания целлюлозе белизны и используется на заключительных стадиях после хлорирования и гипохлоритной обработки. Для целлюлоз с повышенной белизной используется отбелка диоксидом хлора в две ступени. Диоксид хлора обладает избирательной способностью окислять лигнин и разрушать красящие вещества, практически не затрагивая целлюлозу. Отбелку диоксидом хлора обычно проводят при температуре 70°C и pH=3-5.

Отбелка пероксидом водорода. Отбелка пероксидом водорода может применяться как в схеме многоступенчатой отбелки, сочетаясь с другими реагентами (хлором, гипохлоритом натрия и диоксидом хлора), так и самостоятельно в одноступенчатой отбелке, обеспечивая белизну 60-70%. При многоступенчатой отбелке пероксид водорода целесообразно использовать на последних ступенях отбелки, для обесцвечивания окрашенных веществ целлюлозы. Обработка перекисью водорода дает устойчивую белизну. Белящее действие на остаточный лигнин оказывает гидропероксильный ион HO_2^- , возникающий при гидролизе



Так как пероксид водорода легко разлагается, то используют стабилизаторы (силикат натрия, сульфат магния). Отбелку проводят при температуре 60- 70°C и pH=10,5. Для создания щелочной среды добавляют NaOH. Пероксид водорода является перспективным отбеливающим реагентом, так как не загрязняет окружающую среду.

Отбелка кислородом. Отбеливание кислородом производится в щелочной среде кислородом воздуха под давлением, может заменять хлорирование. Для уменьшения разрушающего действия вводят соли магния. Способ дорогой, поэтому более перспективно использовать окислительное щелочение, т.е. добавление кислорода на ступень щелочения.

Кисловка. Заключительная ступень отбелки целлюлозы. Кисловка предназначена для стабилизации белизны и нейтрализации остаточных химикатов. Проводится водным раствором SO_2 . Сернистая кислота, являясь сильным восстановителем, окисляется в присутствии хлора до серной кислоты, восстанавливая неизрасходованный хлор:



Введение сернистой кислоты разрушает оставшийся в целлюлозе хлор и ее белизна стабилизируется. Одновременно кислота нейтрализует щелочь, облегчая отмывку ее от целлюлозы, что снижает зольность конечного продукта. Обработку проводят при $\text{pH}=4,5-5,5$ около 30 минут.

3.5.3 Техника отбелки

Для отбелки целлюлозы используют отбельные башни с движением массы сверху вниз или снизу вверх. На выходе массы из башни имеется зона разбавления и перемешивающие устройства.

Для отбелки газообразными реагентами, с целью лучшего контакта используют отбельные башни с внутренним реакционным стаканом.

После взаимодействия целлюлозы с реагентом в башне она подвергается промывке горячей водой для удаления продуктов реакции и остаточных химикатов.

Для промывки целлюлозы используют барабанные низковакуумные, высоковакуумные фильтры и фильтры давления. Для подогрева массы перед отбелкой используют паросмесители шнекового типа.

Для смешивания с отбеливающими реагентами используют смесители шнекового типа или специальные насосы типа МС совмещающие функции насоса и смесителя. Такие реагенты как гипохлорит и щелочь подаются на фильтр в шнековую ванну.

Кисловка проводится в башне хранения, поэтому раствор SO_2 подается в трубопровод массы перед башней.

Схемы отбелки могут быть разнообразными в соответствии с рисунком 6. Количество ступеней отбелки зависит от требований к целлюлозе. Поэтому растворимая целлюлоза имеет большее количество ступеней, чем целлюлоза для производства бумаги.

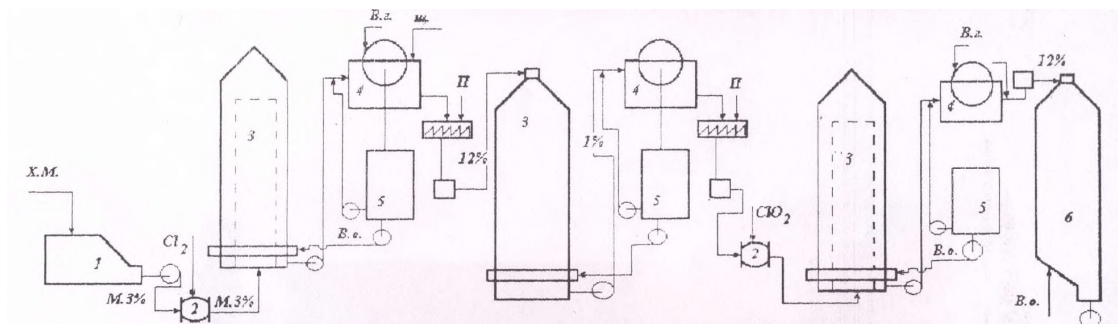


Рисунок 6 - Технологическая схема отбелики целлюлозы

1 - бассейн очищенной массы; 2 - смеситель химикатов; 3 - отбельные башни; 4 - промывные фильтры; 5 - фильтратные баки; 6 - башня хранения.

Целлюлоза для бумаг может отбеливаться в 3-5 ступеней:

а) X - Щ - Д₁ - Щ - Д₂ - К;

б) X - Щ - Г - Д - К;

Растворимая целлюлоза отбеливается в 7-9 ступеней:

а) X - Щ - Г - Д - Щ - Д - К;

3.6 Сушка целлюлозы

Сушка целлюлозы предназначена для получения целлюлозы товарного вида, т.е. для транспортировки на другие предприятия. Сушка целлюлозы в основном происходит на сушильных машинах, называемых пресспатами в соответствии с рисунком 7. Современные пресспаты имеют производительность 600-800 т/с и скорость 100-120 м/мин.

Пресспат состоит из 3-х частей:

- сеточной;
- прессовой;
- сушильной.

Сеточная часть предназначена для формирования и начального обезвоживания целлюлозного полотна. Целлюлозная масса под определенным напором с концентрацией 1 % вытекает на сеточный стол с непрерывно движущейся сеткой и проходит следующие элементы сеточного стола: Грудной вал - полый металлический, вращается от сетки и поддерживает ее в начале стола. Регистровые валики - обрешиненные, вращаются от сетки, поддерживают ее и при своем вращении помогают удалению воды из массы. На регистровой части формируется целлюлозное полотно и обезвоживается до 3-4 % за счет стекания воды под сетку. Отсасывающие ящики - установлены неподвижно, имеют крышки с отверстиями, обезвоживают массу до 10-14 % за счет разряжения создаваемого внутри ящиков с помощью вакуум - системы. Гауч - вал - металлический вал, имеющий отверстия (перфорацию), вращается от привода и

приводит в движение сетку и другие валы. Внутри вала неподвижно установленная отсасывающая камера, в которой разрежение для обезвоживания массы до 20-24 % за счет вакуум-системы. Сетка металлическая со швом или синтетическая без шва обезвоживает, формирует и транспортирует целлюлозное полотно, а так же приводит в движение грудной, регистровые, сетководущие и правильные валики.

Прессовая часть предназначена для дальнейшего обезвоживания целлюлозного полотна до сухости 40-45 дня чего устанавливают 3-4 двухвальных пресса и группы подогревательных цилиндров для облегчения прессования на последнем прессе. Каждый пресс имеет 2 вала, прессовое сукно, сукнонатяжные, правильные валики и сукномойку. Верхний вал гранитный полированный, вращается от нижнего, имеющего привод. Нижний вал обрезаинен для смягчения прессования. У первого пресса нижний вал имеет отсасывающую камеру и перфорацию. Прессовое сукно шерстяное, сшитое в бесконечное полотно, предназначено для смягчения прессования, впитывает воду и транспортирует целлюлозное полотно по прессовой части.

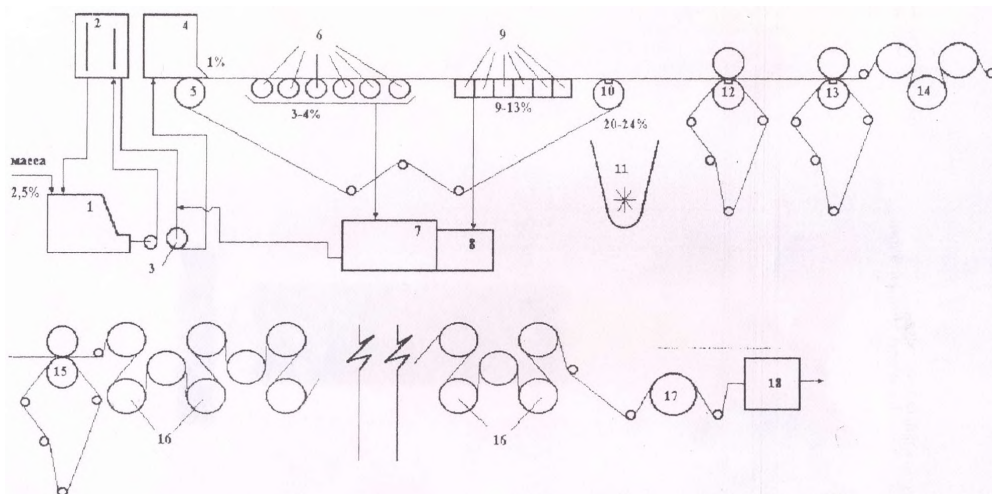


Рисунок 7 -Схема пресспата

1 - машинный бассейн; 2 - ящик постоянного уровня; 3 - смесительный насос; 4 - напорный ящик; 5 - грудной вал; 6 - регистровые валики; 7 - бассейн регистровых вод; 8 - бассейн сосунных вод; 9 - отсасывающие ящики; 10 - гауч-вал; 11 - гауч-мешалка; 12,13 - отсасывающие пресса; 14 - подогреватели; 15 - простой пресс; 16 - сушильные цилиндры; 17 - холодильный цилиндр; 18 – резка.

Сушильная часть высушивает целлюлозу до воздушно-сухого состояния за счет прижима при своем движении к поверхности сушильных цилиндров, расположенных в шахматном порядке в 3 или 5 рядов и обогреваемых паром. Цилиндры чугунные с полированной поверхностью. Пар подается с приводной стороны через паропропускную головку, а образующийся конденсат

непрерывно удаляется с помощью неподвижно установленных черпаков или сифонов.

Высушенная целлюлоза проходит холодильный цилиндр, режется на листы, формируется в кипы, которые прессуют, упаковывают и отправляют потребителю.

3.7 Регенерация химикатов

3.7.1 Общая схема регенерации химикатов

При получении 1 тонны целлюлозы образуется от 9 до 12 м³ черного щелока, поэтому черный подвергают регенерации с целью возвращения химикатов в производство на варку целлюлозы. Процесс регенерации складывается из нескольких стадий в соответствии с рисунком 7, в результате чего снова получают белый щелок.



Рисунок 8 -Схема регенерации щелоков сульфатного производства целлюлозы

3.7.2 Выпаривание черного щелока

Черный щелок с промывного отдела поступает на выпарную станцию. Предварительно из щелока удаляют мелкое волокно фильтрацией на сетчатом барабане и снимают мыло, путем отстаивания в больших баках, что улучшает условия выпаривания, а сульфатное мыло отправляется на разложение с целью получения галлового масла.

Выпарная станция состоит из 7-8 аппаратов, установленных последовательно.

Выпарной аппарат имеет 2 части: кипяильник и сепаратор. Щелок подается в кипяильник в трубки, закрепленные между двумя решетками и доводится в них до кипения паром, подаваемым в межтрубное пространство

кипятильника. В сепараторе происходит отделение упаренного щелока от выделяющегося при кипении пара (вторичного).

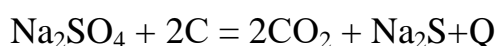
Первый корпус станции обогревается свежим паром, остальные - вторичным, что приводит к значительной экономии пара. Для того, чтобы щелок кипел при более низкой температуре в последних корпусах создается разрежение за счет конденсации пара последнего корпуса. Содержание сухих вещества черного щелока за счет выпаривания повышается с 12 % до 60 %, что позволяет такой щелок сжечь.

3.7.3 Сжигание черного щелока

Сжигание предназначено для выделения из щелока минеральной части сухого вещества путем сгорания органической части.

Теплота сгорания используется для получения электроэнергии и технологического пара, а так же для восстановления сульфата, добавляемого к щелоку с целью возмещения потерь щелочи и серы в технологических процессах. Упаренный щелок смешивается с сульфатом и через форсунки вбрызгивается в топку содорегенерационного котлоагрегата (СРКа). Капли щелока при температуре 950 - 1000°C в топке мгновенно высыхают и падают вниз на под топки, где и происходят все физико-химические процессы.

Под действием высокой температуры происходит термическое разложение органической части сухого остатка черного щелока с выделением углерода. Часть углерода сгорает с образованием CO и CO₂ и выделением тепла, а часть взаимодействует с Na₂SO₄ и восстанавливает его.



Соединение натрия реагируют с CO₂ с образованием соды Na₂CO₃ и минеральные вещества образуют плав, который стекает в растворитель плава и растворяясь в слабом белом щелоке образуют зеленый щелок. Основным компонентом зеленого щелока является сода.

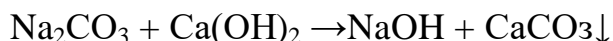
Дымовые газы, образующиеся при сгорании органической части содержат CO; CO₂; SO₂; SO₃; H₂O; N₂ и дурнопахнущие газы H₂S и меркаптаны. Газы имеют высокую температуру, поэтому уходя отдают свое тепло, элементам СРКа (содорегенерационного котлоагрегата): фестонным трубам, паронагревателю, паровому котлу, водяному и воздушному экономайзерам (теплообменникам).

Перед выходом газов в атмосферу проводят очистку от уносимых минеральных солей в электрофилтре и скруббере. Уловленные минеральные вещества возвращаются в смеситель сульфата.

3.7.4 Каустизация зеленого щелока

Каустизация предназначена, для перевода малоактивной соды в активную щелочь.

Зеленый щелок обрабатывают известью, и вместе с гашением извести идет реакция каустизации:



Реакция каустизации идет в течении 2 часов при температуре 95 - 100°C. Процесс каустизации осуществляется в несколько стадий:

1. Осветление зеленого щелока от примесей (частиц обмуровки топки). Производится путем отстаивания щелока в полочных осветителях. Отстоянный шлам после промывки идет в отвал.
2. Гашение извести зеленым щелоком и отделение реакционной смеси от известкового шлама в гасителях - классификаторах.
3. Каустизация реакционной смеси в каустизаторах, имеющих мешалки и подогрев паром.
4. Отделение белого щелока от каустизационного шлама на фильтрах Эймко- Белт или полочных отстойниках.
5. Промывка каустизационного шлама горячей водой на фильтрах.

3.7.5 Регенерация извести

При получении 1 тонны целлюлозы получается около 1 тонны влажного шлама, поэтому его подвергают обжигу во вращающихся известерегенерационных печах, что возвращает CaO в производство и уменьшает загрязнение окружающей среды. Печь имеет диаметр 3 м и длину 110 м. Обжиг идет при температуре 800 - 1100°C.

В печи шлам проходит ряд температурных зон, так как сначала надо удалить воду:

- зона сушки 250°C;
- зона нагрева сухого шлама 250 - 800°C;
- зона обжига CaCO₃ 800- 1100°C;
- зона охлаждения CaO 1100 - 800°C.

После охлаждения в воздушном холодильнике известь возвращается на каустизацию.

Для восполнения потерь извести вместе со шламом обжигают свежий известняк.

4 Производство бумаги и картона

Для производства бумаги используют волокнистые материалы:

- целлюлозу хвойных и лиственных пород;
- соломенную целлюлозу;
- древесную массу.

Ассортимент бумаги и картона очень широк - более 500 видов бумаги и 100 видов картона. Для каждого вида бумаги и картона установлена определенная композиция, т.е. соотношение количества и вида волокнистых полуфабрикатов и различных добавок (наполняющих, проклеивающих и других веществ).

Композиция газетной бумаги состоит:

- 25-30 % небеленой сульфитной целлюлозы;
- 70-75 % древесной массы;

Композиция типографской бумаги высшего качества состоит:

- 70-80 % сульфитной беленой хвойной целлюлозы;
- 0-20 % сульфатной беленой хвойной целлюлозы;
- 10-20 % сульфатной беленой лиственной целлюлозы.

Композиция мешочной бумаги состоит:

- 100% сульфатной небеленой хвойной целлюлозы и т. д.

Более 40 видов бумаги и картона (в основном тароупаковочные материалы и санитарно-гигиенические изделия) содержат очищенную волокнистую массу из макулатуры. В композицию некоторых специальных видов бумаги входят асбестовые, стеклянные, синтетические волокна.

Производство бумаги и картона начинается с приготовления бумажной массы (сuspензии волокна в воде). Сначала производят массный размол волокнистых полуфабрикатов в конических, цилиндрических и в последнее время преимущественно в дисковых мельницах с целью повышения пластичности волокон и способности их к сцеплению между собой.

Далее массу проклеивают гидрофобными (водоотталкивающими) веществами, главным образом канифольным клеем. Различают бурый клей, в котором смоляные кислоты нейтрализованы щелочью полностью, и белый клей, где часть смоляных кислот (обычно до 20 %) остается в свободном виде. Готовый клей фильтруют, разводят водой в горячем виде в инжекторе или роторно-пульсационном аппарате для достижения тонкого, эмульгирования, хорошо перемешивают и доводят холодной водой до требуемой концентрации (20 - 25 г/л).

Клей вводят в бумажную массу, перемешивают и осаждают частицы смолы на волокне с помощью коагулянтов (сульфата алюминия, алюмината натрия, квасцов), создающих кислую среду (рН 4,5 - 5). Расход канифоли 0,5 - 3,5% от массы волокна, в зависимости от требуемой степени проклейки, однако многие виды бумаги вырабатывают без проклейки. Применяют также различные виды композиционного клея, например канифольно-парафиновый и др. Для проклейки некоторых видов картона, где допустим темный цвет,

применяют более дешевые проклеивающие вещества - битумные и латексные эмульсии, клей из таллового пека и др. Для проклейки оберточной бумаги используют клеевые составы на основе сульфатного лигнина.

При изготовлении многих видов бумаги, особенно для печати и письма, в массу вводят минеральные наполнители, чаще всего каолин, улучшающие белизну и печатные свойства бумаги.

Для лучшего удержания наполнителя волокном добавляют полиакриламид или другие реагенты. В массу для выработки окрашенных сортов бумаги вводят также соответствующие красители.

Очистка массы предназначена для удаления из массы пучков волокон и минеральных примесей песка и др. и производится на таком же оборудовании, что и очистка целлюлозы в несколько ступеней.

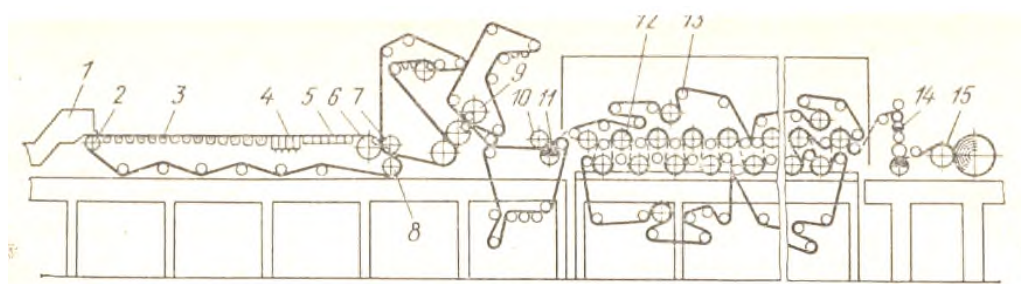


Рисунок 9 - Бумагоделательная машина для производства газетной бумаги

1- напорный ящик; 2- грудной вал; 3 - гидропланка; 4- мокрый отсасывающий ящик; 5 - отсасывающий ящик; 6- отсасывающий гауч-вал; 7 - пересасывающее устройство; 8- сетководущий вал; 9- отсасывающий прессовый вал; 10- гранитный вал; 11- прессовый вал с регулируемым прогибом; 12- сушильный цилиндр; 13 - сукководущий вал; 14- валы каландра с регулируемым прогибом; 15 - цилиндр наката.

Изготовление бумаги производится на плоскосеточных бумагоделательных машинах в соответствии с рисунком 9. Бумажная масса, разбавленная водой до массовой доли волокна от 0,1 до 0,8% (в зависимости от ее состава и степени размола волокна) и очищенная от посторонних включений, поступает в напорный ящик сеточной части машины. Из него масса выливается на горизонтальную сетку, непрерывно движущуюся при помощи сетководущего вала. Напорный ящик устроен так, что масса равномерно распределяется на сетке по всей ее ширине. Под сеткой расположены гидропланки и отсасывающие ящики, в которых создается небольшое разрежение, способствующее постепенному обезвоживанию массы и формированию бумажного полотна.

Содержание сухого вещества в бумажном полотне (сухость) достигает 8 - 12%. Более значительно разрежение в отсасывающей камере гауч-вала, после которого сухость полотна доходит до 20 - 22%.

С сетки мокрое бумажное полотно с помощью вакуум-пересасывающего устройства, подхватывается движущимся прессовым сукном и подается в прессовую часть машины. В прессовой части полотно последовательно проходит между валами прессов и обезвоживается до сухости 30 - 40 %.

Затем, бумага подается на сушильное сукно и поступает в сушильную часть машины для окончательного обезвоживания на полых сушильных цилиндрах, нагреваемых изнутри паром до 80 - 115°С.

Сушильная часть машины закрыта колпаком, что облегчает удаление водяного пара и улучшает условия труда работающих технологов.

Далее бумажное полотно поступает в отделочную часть машины. Проходя между шлифованными и полированными валами машинного каландра, бумага приобретает повышенную прочность и гладкость. На накате ее сматывают в рулон, который разрезают на более узкие рулоны заданной ширины на продольно-резательном станке.

Некоторые бумагоделательные машины оснащены двумя сетками и формование бумажного полотна производится между ними.

Тарный картон также вырабатывают на плоскосеточных машинах, а переплетный, коробочный и другие виды многослойного картона - на круглосеточных (цилиндрических) машинах. Сеточная часть таких машин состоит из нескольких ванн с сеточным цилиндром. В ваннах находится бумажная масса. В первой ванне на поверхности цилиндра формируется первый элементарный слой массы, во второй ванне на него наслаивается второй элементарный слой и т. д. Многослойный картон прочнее, чем однослойный такой же толщины, к тому же внутренние слои многослойного картона можно изготавливать из более дешевых полуфабрикатов.

На современных машинах отдельные ее части и даже отдельные прессы в прессовой части, группы цилиндров в сушильной части приводятся в движение индивидуальными электродвигателями. Обеспечение постоянной скорости частей машины при установившемся режиме ее работы осуществляется автоматизированной системой регулирования скорости машины и ее секций.

Производительность бумаго- и картоноделательных машин зависит от их скорости, обрезной ширины полотна и массы 1 м² бумаги или картона. Большинство видов писчей и печатной бумаги имеет массу 60 - 80 г/м², газетная бумага значительно легче, 45 - 50 г/м².

Масса 1 м² картона 170 - 250 г/м².

Скорость машины определяется на накате и при выработке бумаги составляет 600 - 1000 м/мин и даже выше, при выработке картона 200 - 800 м/мин. Обрезная ширина бумаги 1680- 10500 мм, картона до 6300 мм.

Современные широкоформатные скоростные машины вырабатывают свыше 300 т/сутки газетной бумаги, 800 - 900 т/сутки тарного картона.

Бумагу получают также сухим способом, т. е. предварительно высушенное волокно потоком воздуха подается на сетку машины.

5 Образование сточных вод в сульфатном производстве целлюлозы

5.1 Характеристика сточных вод сульфатного производства целлюлозы

Целлюлозно-бумажное производство характеризуется большим расходом воды, от нескольких десятков до нескольких тысяч кубических метров на 1 т продукции. Несмотря на многократное использование так называемой оборотной воды, значительное количество ее сбрасывается в водоемы, загрязняя их и ухудшая санитарные условия жизни населения. Загрязнение сточных вод органическими веществами оценивается по величине БПК (биохимической потребности кислорода).

Средние данные о составе сточных вод целлюлозных заводов показаны в таблице 4.

Таблица 4- Состав сточных вод сульфатных целлюлозных заводов

Показатели качества сточных вод	Сульфатное производство
1	2
Цвет	Светло-желтый
Запах	Меркаптановый
pH	9
Взвешенные вещества, мг/л	0,2
Сухой остаток, %	1,8
Потери при прокаливании, %	65
Окисляемость, мг/л	0,5
БПК ₅ , мг/л	0,2

Различают сточные воды:

- условно чистые;
- производственно- загрязненные;
- хозяйственно-бытовые.

Производственно-загрязненные воды образуются при обработке целлюлозной массы, при промывке и сгущении (волоконно- и щелокосодержащие сточные воды), при конденсации сдувок, выдувочных паров, сокового пара и при разгонке скипидара-сырца (дурнопахнущие сточные воды), при удалении шламов (шламовые воды) и при мокром способе окорки древесины (коросодержащие сточные воды). Качественный и количественный состав загрязнений сточных вод весьма разнообразен.

Щелокосодержащие стоки снижают прозрачность воды, ухудшают ее цвет и вкус, способствуют процессам разложения органических веществ с выделением сероводорода и метана, что приводит к непригодности такой воды для потребления. Наблюдались случаи заболевания глаз (конъюнктивиты) у рабочих при использовании щелокосодержащих, дурнопахнущих сточных вод сульфат. целлюлозного производства, например, для транспортировки балансов со склада лесных

материалов в древесный цех или для наружных бассейнов. Органические вещества щелоков окисляются растворенным в воде кислородом, из-за недостатка которого вследствие понижения его содержания могут погибнуть водные растения, планктон и рыба.

Сильными ядами для рыб являются смолистые вещества, ДМС (диметилсульфид), ртуть, мышьяк, хлор, щелочи, кислоты и др. Течением волокно- и щелокосодержащие промышленные стоки переносятся на большие расстояния, поэтому создаются трудности при очистке воды для питьевых и производственных нужд. Хотя разбавление стоков и процессы самоочищения (действие кислорода и ультрафиолетовых лучей, биологическая деятельность микроорганизмов) снижают содержание вредных веществ, они обеспечивают нормальное качество воды лишь при рН 6,5 - 8,5 и при содержании растворенного кислорода не менее 4 мг/л.

Однако даже незначительные концентрации особо ядовитых веществ (фенолов, соединений ртути, хлора, ДМС), масел и нефтепродуктов затрудняют и даже прекращают процессы самоочищения.

Производство сульфатной целлюлозы характеризуется большим количеством твердых отходов: огарков, шлама, золы, избыточного активного ила и т. п. Отходы засоряют территорию, разносятся ветром, загрязняя воздух, почву и водоемы и попадая в так называемую «пищевую» цепь (токсичные вещества через корм скота попадают в пищевые продукты, а также и в сами пищевые растения).

Водное хозяйство сульфатного производства включает сложный комплекс водопоглотительных, водоиспользующих и водоотводящих устройств:

- установки по забору и очистке воды из источника водоснабжения (насосные станции, водоочистные или фильтрационно-отстойные сооружения - первичная водоподготовка, установки химической водоочистки - вторичная водоподготовка, деаэрационные парокотельные и теплосетевые установки - третичная водоподготовка);

- водопотребляющие и стокообразующие установки основного и вспомогательного производства (вакуум-фильтры промывки и отбелики, аппараты выпарки щелоков, барометрические конденсаторы, флорентины и т. д.);

- локальные установки очистки оборотных и сточных вод (сетчатые, барабанные и другие фильтры, массо- ловушки, отстойники, установки дезодорации, нейтрализации и т. д.);

- системы охлаждения, теплосеть и пароконденсаторное хозяйство; системы сетей водопровода и канализации с внутренними и наружными коммуникациями и сооружениями из них;

- системы гидравлического золо- и шламоудаления;

- установки по очистке и отведению промышленных стоков - очистные сооружения.

Функция воды в системах водопользования при производстве сульфатной целлюлозы весьма разнообразна. Так, на примере производства филиала группы «Илим» в г. Братске, соотношение между различными типами вод (от общей массы воды, забираемой из водоема) составляет:

- технологические 83%;
- энергетические 13,5%;
- хозяйственно- питьевые и прочие (включая водоснабжение г. Братска) 3,5%
- сточные воды 60 - 80% (в зависимости от режима работы производства).

Промышленные стоки имеют следующее соотношение в процентах от общего количества промышленных стоков:

- волокну- и шламодержащие 30-35%;
- щелокосодержащие 20-25%;
- условно чистые 40-45%;
- дурнопахнущие 2,5-3,5%.

Данные показанные в таблице 5 свидетельствуют о том, что значительная часть используемой воды сбрасывается в виде загрязненных стоков в водоем (более половины), а наиболее загрязненные воды, хотя и составляют 2,5 - 3,5%, содержат до 2000 мг/л сернистых соединений, причем рН входящих в дурнопахнущие стоки подскипидарных вод составляет 5,5.

Таблица 5- Показатели качества сточных вод производства

Стоки	Показатели качества		
	Взвешенные вещества, мг/л	БПК ₅ , мг/л	рН
Волокнодержащие	>100	<50	4,5-8,5
Щелокосодержащие	<100	>150	6,0-9,0
Условно чистые	<10	15-20	6,5-7,5
Дурнопахнущие	-	3-150	5,5-8,5

5.2 Методы очистки сточных вод

В соответствии с нормативной документацией и «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами», условия спуска сточных вод в водные объекты определяются с учетом степени возможного смешения и разбавления сточных вод с водой водного объекта на пути от места выпуска сточных вод до расчетного (контрольного) створа ближайших пунктов хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования. А также качества воды водоемов и водотоков выше места проектируемого сброса сточных вод.

Учет процессов естественного самоочищения вод от поступающих в них веществ допускается, если процесс самоочищения достаточно резко выражен и его закономерности изучены. После проведения необходимых технологических мероприятий в сточных водах сульфат. целлюлозного производства все же остаются загрязнения, во много раз превышающие нормы, поэтому их перед спуском в водоемы необходимо предварительно очищать. Для более эффективной очистки сточные воды целесообразно разделить на потоки в соответствии со стадиями производством:

- варка и промывка целлюлозы;
- выпарка и регенерация щелока;
- сортирование и очистка целлюлозы;
- отбелка целлюлозы.

Условно чистые воды конденсаторов паровых турбин, после охлаждения аппаратуры, промывки фильтров, от охладительных установок сбрасываются без очистки.

Коросодержащие сточные воды после их очистки на водоотделительных контейнерах, сетчатых вращающихся фильтрах иногда подают для доочистки на радиальные отстойники или смешивают с общим потоком, а затем направляют на биологическую очистку. Уловленная из стоков кора отжимается на прессах до влажности 55 - 60% и сжигается в паровых котлах специальной конструкции.

Волокносодержащие воды подвергаются внутрицеховой очистке, основанной на принципах осаждения и флотации взвешенных веществ или фильтрации жидкости. Для утилизации волокна отходы тонкого сортирования целлюлозы используют вместе с сучковой массой и мелким волокном, скапливающимся на смолоотделителях при выработке высокосортной целлюлозы и на фильтрах для отделения мелкого волокна при выработке сульфатной целлюлозы для корда. Для очистки сточных вод от волокна, а также от смол и жиров применяют фильтрование безнапорное, напорное и под вакуумом. Для фильтрации используют специальные фильтры (типа Вако). В последнее время для улавливания волокна применяют эффективные сгустители - дисковые фильтры. Когда фильтр применяется для сгущения, суспензия волокна подается в ванну с автоматической регулировкой уровня. Под действием вакуума, создаваемого барометрической трубой или насосом, масса сгущается на диске. При погружении сектора на фильтровальной ткани образуется папка массы, которая выполняет роль основного фильтра. После того как сектор выйдет из ванны, папка смывается в бассейн струей воды под давлением. Затем фильтровальная ткань промывается водой из спрысковой трубы. Когда фильтр применяется для улавливания волокна, его работа аналогична, но в результате образуется два фильтра:

- предварительный, содержащий волокно;
- и чистый основной.

Кроме того, необходима отдельная вспомогательная масса, которая добавляется в подаваемую в фильтр оборотную (сточную) воду. Предварительный фильтрат возвращается обратно на фильтр, а чистый фильтрат можно использовать для спрысков, либо сбрасывать. Более глубокое осветление сточных вод от взвешенных веществ осуществляется в отстойных прудах, горизонтальных, вертикальных и радиальных отстойниках.

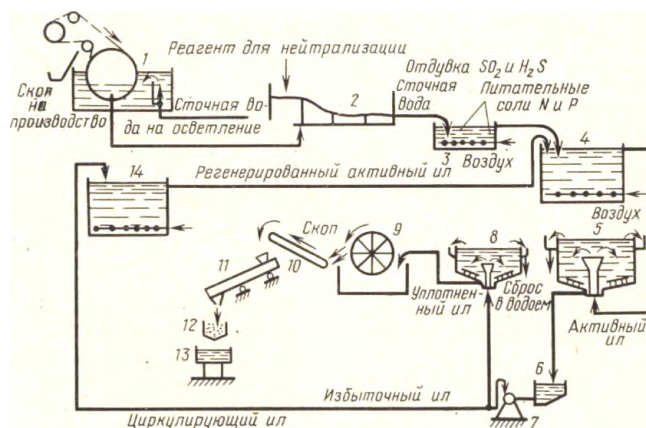


Рисунок 10- Схема биологической очистки щелочесодержащих сточных вод

1 -Вако-фильтр; 2- смеситель;3-преаэратор; 4-аэротенк;5- вторичный отстойник;6- иловый резервуар; 7 - иловый насос; 8-илоуплотнитель;9- вакуум-фильтр; 10- конвейер;11 - барабанная сушилка; 12- бункер; 13 - вагонетка;14-регенератор ила.

Обезвреживание щелочесодержащих сточных вод проводится методом биологической очистки на полях фильтрации или в аэротенках в соответствии с рисунком 10.

Биологическая очистка сточных вод основана на разрушении органических веществ, загрязняющих воду, быстро размножающимися бактериями активного ила. Обезвреживание сводится к окислительным процессам, в результате которых происходит глубокое изменение химического состава сточных вод и минерализация органических веществ. Конечным продуктом окисления являются для углерода- CO_2 ; для азота- NO_3^- ; для серы- SO_4^{2-} ; для фосфора- PO_4^{3-} ; для водорода- H_2O .

Для жизнедеятельности бактерий активного ила требуются определенные условия. Поэтому сточные воды вначале нейтрализуют до pH 6,5 - 7, обогащают питательными солями азота и фосфора, продувают воздухом для удаления серосодержащих компонентов (двуокиси серы и сероводорода). После этого стоки направляются в аэротенки с активным илом, а затем во вторичные отстойники, где активный ил осаждается, а осветленная жидкость сбрасывается в канализацию.

БПК₅ очищенных биологических стоков для сульфат. целлюлозного производства 10-20 мг/л. Если эффект очистки в аэротенках оказывается

недостаточным, применяют коагулирование (укрупнение) сульфатом алюминия вредных и окрашивающих веществ с добавлением полиакриламида в соответствии с рисунком 11.

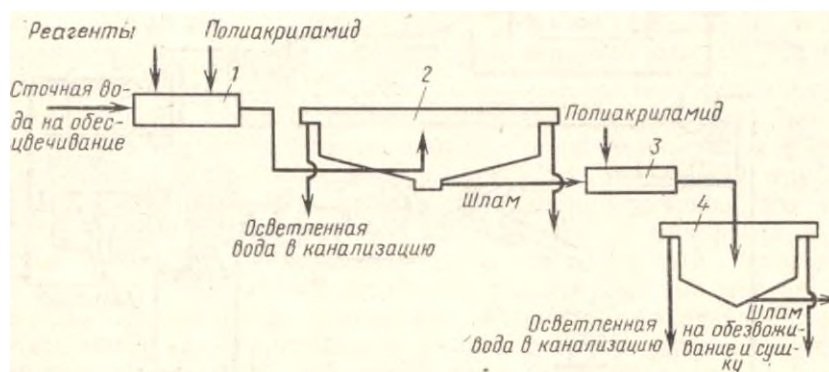


Рисунок 11- Схема обесцвечивания сточных вод производства сульфатной целлюлозы

1.3 - смесители; 2-отстойник;4–шламоуплотнитель.

Химическая очистка коагулянтами, обеспечивающая удаление лигнина и полное обесцвечивание сточной воды, впервые была применена на Байкальском целлюлозном заводе. Сточные воды завода разделяются на два потока, условно называемые черным и белым. Черный поток, содержащий щелок, поступает из варочного, промывного, выпарного и сорегенерационного цехов. Белый поток, содержащий взвешенные вещества, включает стоки очистного, отбельного цехов и станции улавливания волокна. На практике оказалось, что белый поток также содержит органические вещества, поэтому оба потока были объединены.

Очистка стоков здесь делится на четыре ступени:

- биологическая;
- химическая;
- механическая;
- биологическая в пруде- аэраторе.

Сточные воды смешиваются, нейтрализуются и аэрируются в усреднителях, а затем поступают в аэротенки и далее в отстойники для осаждения ила.

Биологически очищенный поток после вторичного отстойника в камере реакции в течение 20 - 30 мин смешивается с сернокислым алюминием и поступает далее в отстойники, где выпадает в осадок. Через 2,5 ч отстоя осадок передается в смеситель, затем в накопитель осадка. После трехчасового уплотнения объем осадка уменьшается вдвое, дальнейшее его уплотнение достигается вымораживанием в специальном осадконакопителе. Биологически очищенный поток дополнительно очищают от взвешенных веществ на песчаных фильтрах, после чего поток

аэрируется 20-30 мин в пруде-аэраторе, а затем рассеянным выпуском сбрасывается.

Кислые сточные воды от скрубберов, селеновых камер и т. п. нейтрализуют в смесителях, дозаторах или в баках гашеной или негашеной известью, иногда технической аммиачной водой. Для завершения реакции достаточно 5 мин, после чего образуется осадок, который отделяется в отстойниках около 2 ч.

Количество реагента рассчитывается по степени кислотности стоков, содержанию основного нейтрализатора в товарном продукте, а также нейтрализующей способности водоема, куда сбрасываются стоки.

Дурнопахнущие сточные воды варочного цеха (конденсат сдувочных и выдувочных паров) и выпарного цеха (конденсаты вторичного пара и барометрического конденсата) очищаются барботированием (продуванием) через них пара, воздуха или дымовых газов. При этом происходит десорбция сероводорода, ММ (метилмеркаптана), ДМС (диметилсульфида) или окисление их кислородом воздуха. На предприятиях зарубежных фирм производится отдувка серосодержащих газов из дурнопахнущих конденсатов дымовыми газами содо- и известерегенерационных агрегатов. Однако отдуваемые газы далее трудно обезвреживать ввиду большого содержания в них углекислого газа, а последующее сжигание их связано с дополнительными затратами. Для очистки конденсата вторичного пара выпарного цеха разработан и внедрен в промышленность, способ аэрации в тарельчатом каскадном скруббере с последующим обезвреживанием отдуваемых газов слабым белым щелоком в соответствии с рисунком 12.

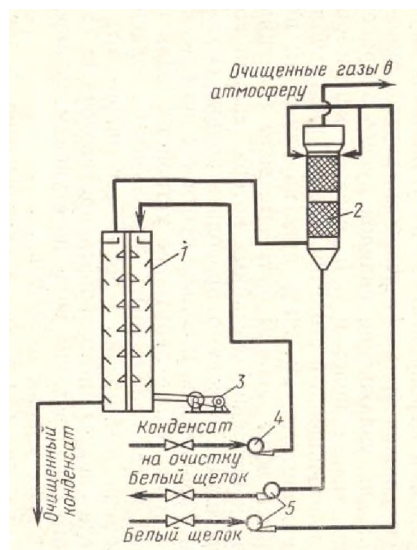


Рисунок 12 - Схема установки для обезвреживания грязных конденсатов выпарного цеха

1-тарельчатый каскадный скруббер; 2-насадочный аппарат; 3-вентилятор; 4-насос для конденсата; 5-насосы для белого щелока.

Дурнопахнущие сточные воды варочного цеха можно обрабатывать паром или окислять кислородом воздуха под давлением. В первом случае образуется парогазовая смесь сернистых соединений серы со скипидаром и метанолом, которую можно сжигать в специальных печах. Однако отходящие дымовые газы необходимо очищать от двуокиси серы. При получении сравнительно небольших объемов конденсата из выдувочной парогазовой смеси может быть применен метод ректификации. Для этого вместо струйных конденсаторов устанавливаются поверхностные теплообменники с последующей ректификацией полученного конденсата и выделением ДМС, пригодного для получения диметилсульфоксида (ДМСО) ценного побочного продукта сульфат. целлюлозного производства. При этом выделяется метанол, направляемый на сжигание или производство ДМС при реакции с сероводородом. Выделяющиеся при ректификации ММ и сероводород поглощаются в скруббере раствором щелочи, который можно использовать затем в процессе варки.

Перспективен также способ очистки дурнопахнущих сточных вод варочного цеха окислением их кислородом воздуха в соответствии с рисунком 13.

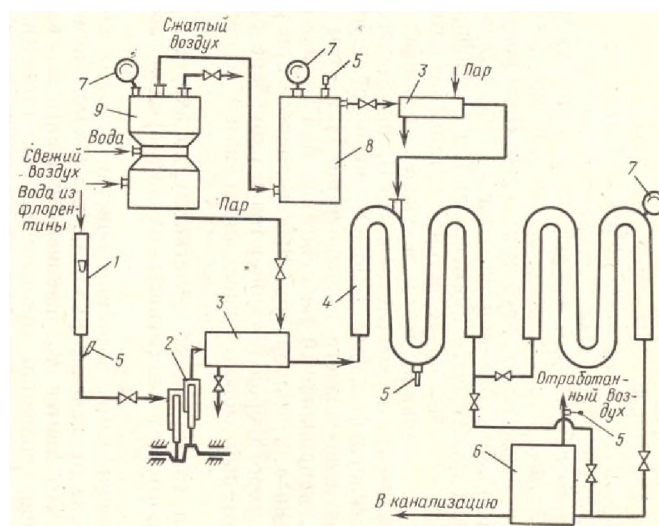


Рисунок 13 - Схема установки для окисления дурнопахнущих сточных вод

1-ротаметр; 2-насос; 3-теплообменник; 4-реактор; 5-термометры; 6-сепаратор; 7-манометры; 8-ресивер; 9-компрессор.

Наряду с указанными способами очистки сточных вод необходимо широкое проведение работ по рационализации водопользования, что явится устранением причины, а не следствия загрязнения водоемов промышленными стоками.

Для практического использования рекомендуется снижение водопотребления следующими мероприятиями:

- на установках мокрой окорки древесины должен быть обеспечен замкнутый цикл водопользования;

- для увлажнения складов кучевого хранения балансов и щепы, мытья полов и т. п. следует использовать условно чистый или очищенный сток;

- проведение предгидролиза горячей водой заменить на 20-30 % предгидролизатом;

- переливы баков горячей воды должны быть выведены в специальные емкости для исключения случайных потерь тепла и воды.

Промывку целлюлозы необходимо проводить только способом вытеснения, а не разбавления, и только противоточно с подачей промывной воды в последнее промывное устройство. Для промывки небеленой массы может быть использован конденсат теплоутилизационной установки варочно-промывного отдела.

В отбельном цехе следует использовать противоточную схему последовательного использования воды по ступеням хлорирования и отдельно по ступеням щелочения.

Вода с залива гидрозатворов вакуум-насосов подлежит сбору и возврату в оборот (с промежуточным осветлением при необходимости).

Конденсат горячих корпусов выпарных цехов может быть использован для промывки каустизационного шлама белого и зеленого щелоков (при этом регенерируется часть содержащихся в конденсате химикатов) и в скрубберах печей для обжига извести. После предварительной дезодорации этот конденсат может быть использован для промывки небеленой массы. Для дезодорации дурнопахнущих стоков выпарки могут использоваться стоки от ступеней хлорирования отбельного цеха.

Для растворения плава и улавливания уноса парогазовой смеси в вытяжной трубе растворителя плава можно использовать воду от промывки каустизационного шлама.

В газовых пыле- и золоулавливающих скрубберах также следует использовать стоки соответствующего качества.

Приготовление растворов реагентов для обработки промышленных стоков следует проводить на очищенном или условно чистом стоке:

- для нейтрализации предгидролиза – на предгидролизате;

- для хлорирования дурнопахнущего стока - на хлоро- содержащем стоке отбельного цеха или на самом стоке, т. е. во всех случаях раствор реагента, вводимого в какую-либо среду, по возможности должен готовиться на этой среде.

Продувочные воды котлов ТЭС и ТЭЦ следует направлять на биологическую очистку, как несущие тепло и фосфорные соединения, необходимые для жизнедеятельности бактерий активного ила.

Очищенные стоки можно использовать для гидравлического золо- и шламоудаления.

Отмывочные воды первичной и вторичной водоподготовки подлежат полному повторному использованию на установках грубой очистки воды.

Приведенные рекомендации универсальны для любого сульфат. целлюлозного производства, но в каждом конкретном случае могут быть уточнены или дополнены более рациональными для местных условий. Анализ состояния водопользования и водоотведения на сульфат. целлюлозных предприятиях показывает наличие значительных резервов экономии воды и снижения количества стоков (примерно на 15-30%). Одновременно с этим достигается экономия тепла, химикатов, электроэнергии, сырья, полуфабрикатов и снижаются затраты рабочего времени на обслуживание водного хозяйства.

Комплекс мероприятий по рациональной организации водного хозяйства должен способствовать в ЦБП созданию производств, работающих без образования стоков с полным замкнутым циклом водопользования.

В сульфат. целлюлозном производстве около половины серосодержащих соединений переходит из газов в конденсаты, поэтому их очистка необходима не только в целях охраны окружающей среды, но и регенерации серы. В связи с этим наиболее целесообразна комплексная очистка промышленных выбросов -отдувка серосодержащих компонентов из конденсатов и последующая их очистка вместе с другими отходящими газами.

Вопросы очистки должны решаться в комплексе с основными технологическими задачами. Именно поэтому перспективные и годовые планы по рациональному использованию и охране природных ресурсов являются составной частью планов развития предприятий.

6 Практические работы

6.1 Практическая работа. Расчет основных показателей щелоков сульфатного производства целлюлозы

Цели практической работы:

- развивать навыки и умения в решении аналитических задач.
- научиться рассчитывать основные компоненты щелоков сульфатного производства целлюлозы
- научиться на практике, применять теоретические знания по изучению химических процессов и оборудования, используемых в производстве сульфатной целлюлозы;

Оборудование:

- методическое пособие по выполнению практической работы;
- индивидуальное задание;
- нормативная документация;
- МП «Производство целлюлозы».

Компетентности:

ОК-2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК-5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК-9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности

Общие сведения:

Щелочь, затрачиваемая на сульфатную варку, благодаря регенерации находится в непрерывном производственном кругообороте, циркуляция в замкнутом цикле: варка - промывка целлюлозы - выпарка черных щелоков – сжигание щелоков – каустизация зеленого щелока.

Каустизацией завершается процесс регенерации, в результате которого затраченная на варку щелочь возвращается обратно в варочный котел в виде белого щелока. Однако полностью вернуть всю затраченную на варку щелочь не удастся: часть ее теряется в производственном цикле, и эти потери необходимо возмещать постоянной добавкой свежих химикатов.

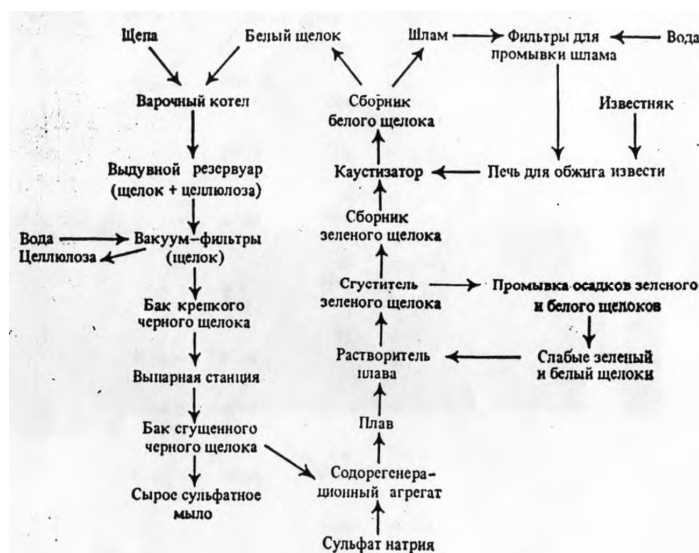


Рисунок 14- Схема регенерации щелоков сульфатного производства

Выполнить следующие задания:

1 вариант

Задание 1

1. Дайте определение белому щелоку, каково его назначение. Запишите, какие компоненты белого щелока образуют его активную часть.
2. Перечислите, какие компоненты входят в состав зеленого щелока. Запишите их в порядке количественного содержания.
3. Запишите реакцию каустизации зеленого щелока. Ответьте, каким показателем оценивается этот процесс и что означает этот показатель.
4. На каком этапе производства целлюлозы, происходит отделение черного щелока от целлюлозной массы. Какое оборудование для этого используется.
5. Каким образом сформировались минеральные вещества в черном щелоке.

Задача 1

При анализе зеленого щелока получили следующие результаты: $O_T = 115 \text{ г/дм}^3$; $A = 47 \text{ г/дм}^3$; $\text{Эф} = 27 \text{ г/дм}^3$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4 \text{ г/дм}^3$. Рассчитать массовую концентрацию следующих компонентов г/дм^3 : Na_2S ; Na_2CO_3 ; NaOH .

Задача 2

Определить содержание Na_2S и эффективную щелочность г/дм^3 в ед. Na_2O , если по результатам анализа сульфидность щелока составила 0,28, а активная щелочность 100 г/дм^3 .

2 вариант

Задание 1

1. Дайте определение зеленому щелоку, каково его назначение. Запишите, какие компоненты зеленого щелока образуют его эффективную часть.
2. Перечислите, какие компоненты входят в состав белого щелока. Запишите их в порядке количественного содержания.
3. Запишите уравнение реакции восстановления сульфата натрия до активной части щелока. Ответьте, каким показателем оценивается этот процесс и что означает этот показатель.
4. Куда поступает черный щелок после промывки целлюлозы, как называется этот производственный процесс и какова его цель. Какое оборудование для этого используется.
5. Каким образом сформировались органические вещества в черном щелоке.

Задача 1

При анализе зеленого щелока получили содержание следующих компонентов: $\text{Na}_2\text{S}=35 \text{ г/дм}^3$; $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 3,5 \text{ г/дм}^3$; $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 70 \text{ г/дм}^3$; $\text{O}_T=120 \text{ г/дм}^3$. Рассчитать массовую концентрацию г/дм^3 активной и эффективной щелочности.

Задача 2

По следующим данным, рассчитать в зеленом щелоке содержание: Na_2SO_4 ; активной и эффективной щелочности г/дм^3 в ед. Na_2O . Если при анализе было выяснено, что содержание $\text{Na}_2\text{S}=35 \text{ г/дм}^3$; $\text{NaOH}=10 \text{ г/дм}^3$; степень регенерации составляет 0,92.

6.2 Практическая работа. Составление технологических схем промывки целлюлозы

Цели практической работы:

- развивать навыки и умения в составлении технологических схем производства сульфатной целлюлозы;
- научиться выбирать необходимое оборудование для заданных схем;
- научиться на практике, применять теоретические знания по изучению химических процессов и оборудования, используемых в производстве сульфатной целлюлозы;
- научиться составлять описание технологической схемы по предложенному оборудованию.

Оборудование: методическое пособие по выполнению практической работы; индивидуальное задание; нормативная документация; технологические схемы производства сульфатной целлюлозы.

Компетентности:

ОК-2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК-5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК-9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности

Для выполнения следующих заданий практической работы, необходимо повторить лекционный материал учебного пособия и материал учебника авторов: Поляков Ю.А, Роцин В.И.«Производство сульфатной целлюлозы» М, Высшая школа, 1987г, 265с.

Общие сведения

Для производства целлюлозы используют древесину хвойных и лиственных пород. Химический состав хвойных и лиственных пород показан в таблице 1 отличается по количественному содержанию компонентов.

Наиболее важными физическими свойствами являются плотность и влажность древесины. Плотность древесины зависит от породы и условий роста древесины. Более плотная древесина перерабатывается труднее, но выход продукта выше. По влажности различают влажную, воздушно-сухую и абсолютно-сухую древесину.

Таблица 1 - Химический состав древесины

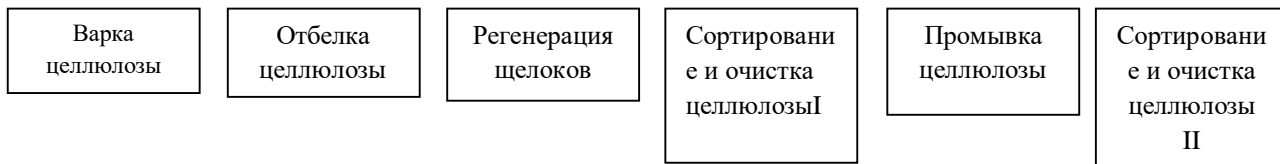
Компоненты	Хвойная древесина	Лиственная древесина
Целлюлоза	до 50%	45-48%
Лигнин	30%	20-25%
Гемицеллюлозы (пентозаны)	11%	27-30%
Смолы и жиры	2-4%	2-3%
Минеральные вещества (зола)	0,2-0,5%	0,3-1%

Выполните предложенные задания по вариантам:

1 вариант

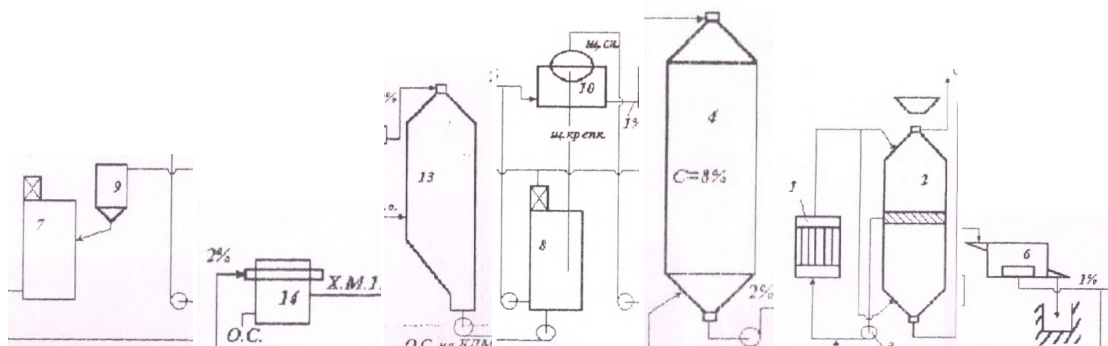
Задание 1

Расположите предложенные квадратики в направлении процесса производства с указанием всех материальных потоков.



Задание 2

Из предложенного оборудования составьте схему промывки целлюлозы, состоящую из четырех вакуум-фильтров и указанного оборудования.

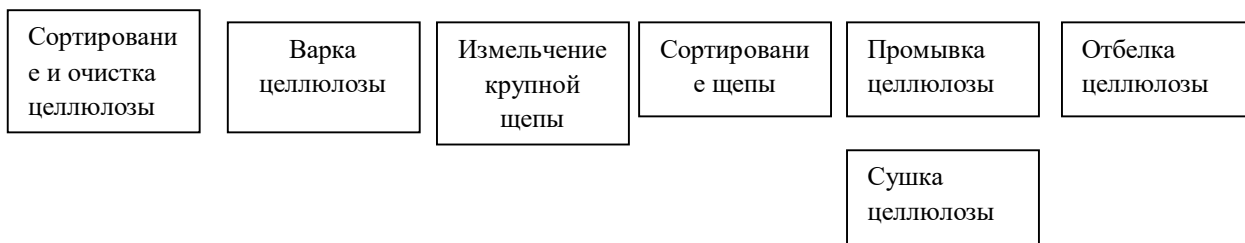


1-теплообменник; 2-варочный котел; 3-насос; 4-выдувной резервуар; 6-сучколовитель; 7- пеносборник; 8- фильтратный бак; 9-циклон; 10- вакуум-фильтр; 13-БВК; 14-сортировка;

2 вариант

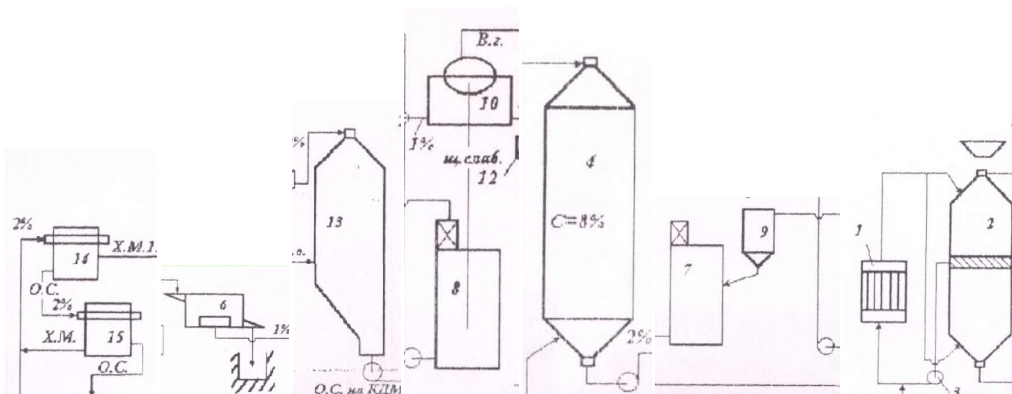
Задание 1

Расположите предложенные квадратики в направлении процесса производства с указанием всех материальных потоков.



Задание 2

Из предложенного оборудования составьте схему промывки целлюлозы, состоящую из трех вакуум-фильтров



1-теплообменник; 2-варочный котел; 3-насос; 4-выдувной резервуар; 6-сучколовитель; 7- пеносборник; 8- фильтратный бак; 9-циклон;10- вакуум-фильтр; 13-БВК; 14,15-сортировки;

6.3 Практическая работа. Составление технологических схем отбели целлюлозы

Цели практической работы:

- развивать навыки и умения в составлении технологических схем производства сульфатной целлюлозы;
- научиться выбирать необходимое оборудование для заданных схем;
- научиться на практике, применять теоретические знания по изучению химических процессов и оборудования, используемых в производстве сульфатной целлюлозы;
- научиться составлять описание технологической схемы по предложенному оборудованию.

Оборудование: методическое пособие по выполнению практической работы; индивидуальное задание; нормативная документация; технологические схемы производства сульфатной целлюлозы.

Компетентности:

ОК-2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК-5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК-9. Быть готовым к смене технологий в профессиональной деятельности

Для выполнения следующих заданий практической работы , необходимо повторить лекционный материал и материал учебника авторов: Поляков Ю.А, Роцин В.И.«Производство сульфатной целлюлозы» М, Высшая школа, 1987г, 265с.

Общие сведения:

Отбелка целлюлозы предназначена для придания белизны и определения физико-химических свойств (вязкости, реакционной способности и др.)

Химикаты для отбелки разнообразны: хлор, гипохлорит, перекись водорода, щелочь, двуокись хлора, кислород и др.

Хлор-газ (Cl_2) разрушает целлюлозу при отбелке и сточные воды очень вредны. Получают электролизом NaCl на хлорном заводе.

Гипохлорит натрия (NaClO), менее вредное вещество, недорого, хорошо отбеливает целлюлозу, но при этом ее разрушает. Получают на хлорном заводе, пропуская хлор через раствор щелочи.

Перекись водорода (H_2O_2) - экологически чистый реагент, мягко действует на целлюлозу, но дорогой и сам легко разлагается.

Двуокись хлора (ClO_2) - газ хорошо отбеливает, совсем не разрушает целлюлозу, но очень дорогой. Взрывоопасен и ядовит, поэтому получают непосредственно на месте в очень разбавленном растворе

Техника отбелки

Для отбелки целлюлозы используют отбельные башни с движением массы сверху вниз или снизу вверх. На выходе массы из башни имеется зона разбавления и перемешивающие устройства. Для отбелки газообразными реагентами, с целью лучшего контакта используют отбельные башни с внутренним реакционным стаканом. После взаимодействия целлюлозы с реагентом в башне она подвергается промывке горячей водой для удаления продуктов реакции и остаточных химикатов. Используют барабанные низковакуумные, высоковакуумные и фильтры давления.

Для подогрева массы перед отбелкой используют паросмесители шнекового типа.

Для смешивания с отбеливающими реагентами используют смесители химикатов или специальные насосы типа МС совмещающие функции насоса и смесителя. Такие реагенты как гипохлорит и щелочь подаются на фильтр в шнековую ванну.

Кисловка проводится в башне хранения, поэтому раствор SO_2 подается в трубопровод массы перед башней.

1 вариант

Задание

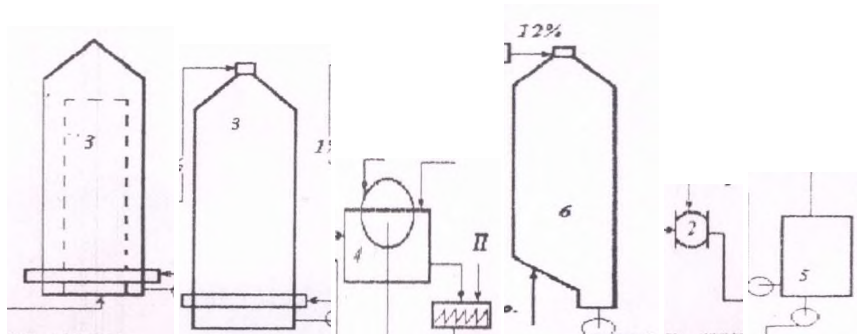
1. Используя предложенное оборудование, составьте технологическую схему отбелки целлюлозы по следующим данным:

Х – Щ – Г – К.

Для выполнения данного задания воспользуйтесь материалом указанного учебника и материалом лекций. Недостающее оборудование внесите в схему самостоятельно.

2. Укажите материальные потоки на составленной схеме.

3. Сделайте описание составленной схемы с указанием параметров отбелки и назначения каждой ступени.



2- смеситель химикатов; 3- отбельная башня с внутренним реакционным стаканом; 3- отбельная башня с движением массы «сверху- вниз»; 4- вакуум-фильтр; 5- фильтратный бак; 6- башня высокой концентрации.

2 вариант

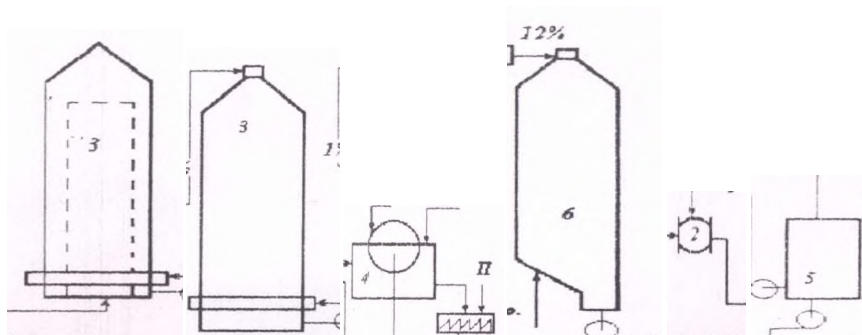
Задание

1. Используя предложенное оборудование, составьте технологическую схему отбелки целлюлозы по следующим данным:

Д – Щ – П – К.

Для выполнения данного задания воспользуйтесь материалом указанного учебника и материалом лекций. Недостающее оборудование внесите в схему самостоятельно

2. Укажите материальные потоки на составленной схеме.
3. Сделайте описание составленной схемы с указанием параметров отбелки и назначения каждой ступени.



2- смеситель химикатов; 3- отбельная башня с внутренним реакционным стаканом; 3- отбельная башня с движением массы «сверху- вниз»; 4- вакуум-фильтр; 5- фильтратный бак; 6- башня высокой концентрации.

7 Контрольные вопросы для подготовки к зачетному занятию по теме «Производство целлюлозы»

1. Расскажите об основных способах производства целлюлозы.
2. В чем заключаются особенности производства сульфатной целлюлозы и ее свойств.
3. Каковы преимущества и недостатки сульфатного метода по сравнению с другими методами получения целлюлозы.
4. Разберите основные стадии производства сульфатной целлюлозы по схеме.
5. Назовите основные виды и марки вырабатываемой сульфатной целлюлозы.
6. Назовите виды сырья, используемого для получения целлюлозы.
7. Какие способы хранения древесного сырья применяются в настоящее время.
8. Расскажите об основных стадиях подготовки сырья для варки.
9. Как осуществляется комплексное использование сырья.
10. Расскажите о составе и основных характеристиках щелоков сульфатного производства целлюлозы.
11. Какие показатели определяют качество белого щелока.
12. Какие компоненты входят в состав белого и зеленого щелоков, какие показатели они характеризуют.
13. Охарактеризуйте основные стадии производства сульфатной целлюлозы. Факторы, влияющие на технологический процесс, параметры процесса.
14. Дайте краткую характеристику оборудованию, которое используется на каждой из стадий производства.
15. Охарактеризуйте отбеливающие реагенты в производстве сульфатной целлюлозы.
16. В чем заключается производство бумаги и картона.
17. Назовите общие мероприятия повышения эффективности мер по охране окружающей среды.
18. Какие загрязнения характерны для производства сульфатной целлюлозы?
19. Почему необходима комплексная очистка промышленных выбросов при производстве сульфатной целлюлозы? Поясните по комплексной схеме очистки.
20. Какое значение имеет повторное использование сточных вод. Поясните на примерах.

Заключение

Данное методическое пособие «Производство целлюлозы» составлено с целью оказания помощи студентам специальности 18.02.01 Аналитический контроль качества химических соединений в освоении учебного материала профессионального модуля ПМ 02 Проведение качественных и количественных анализов материалов с применением химических и физико-химических методов анализа и приобретении навыков практической работы.

Методическое пособие дает возможность самостоятельного изучения нового материала, закрепления полученных знаний лекционного материала, приобретения практических навыков в решении задач, составлении технологических схем по предложенным заданиям, пользуясь индивидуальными консультациями преподавателя.

В процессе изучения раздела «Организация обще-химических технологических процессов» с помощью данного пособия студент может работать по индивидуальному графику и закончить изучение этого раздела досрочно.

Методическое пособие дает возможность индивидуальной работы и студентам, пропустившим часть занятий при изучении тем раздела «Организация обще-химических технологических процессов» по МДК 03.01 Управление персоналом химических лабораторий.

Список использованных источников

Книги

- 1 Поляков Ю.А., Рошин В.И. Производство сульфатной целлюлозы. Учебник. – М., Лесная промышленность, 1987, С. 311.
- 2 Гордон Л.В, Скворцов С.О. Технология и оборудование лесохимического производства. Учебник. - М , Лесная промышленность, 1988, С.312.
- 3 Богомолов П.А Переработка сульфатных и сульфитных щелоков. Учебник. -М, Лесная промышленность, 2001, С.303с
- 4 Кузнецов Д.А., Фурмер И.Е. Общая химическая технология. Учебник. – М., Академия, 1970,С. 338.
- 5 Мухленов И.П. Общая химическая технология. Учебник. –М., Высшая школа, 1977, С.228.
- 6 Пен Р. Технология древесной массы. Учебник. Красноярск. , КГТУ, 1997. С. 220.
- 7 Примаков С.Ф. Производство бумаги. Учебник. – М., Лесная промышленность, 1987, С. 224 .
- 8 Примаков С.Ф. Производство картона. Учебник. – М., Экология, 1991, С. 224 .
- 9 Рошин В.И. Отбелка целлюлозы. Учебник. – М., Лесная промышленность, 1990, С. 232 .
- 10 Иванов Ю.С. Современные способы варки сульфатной целлюлозы. учебно-методическое пособие. СПб., СПбГТУРП, 2005, –С.61с.

Электронные ресурсы

- 11 <http://www.promvest.info>
- 12 <http://www.ecopages.ru>
- 13 <http://www.paperandlife.com>
- 14 <http://www.rg.ru>
- 15 <http://www.lesopromyshlennik.ru>