

ЛЕСОХИМИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВА

(ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
ДРЕВЕСИНЫ)

Составлена при участии:

Проф. Н. И. НИКИТИНА, инж. Г. И. БОГОЯВЛЕНСКОГО, доц. Д. Н. СМЕР-
НОВА, доц. В. В. ЯКИМАНСКОГО, инж. А. В. ГРАБОВСКОГО, доц.
А. К. СЛАВЯНСКОГО, доц. Ф. П. КОМАРОВА, доц. Н. Я. СОЛЕЧНИКА, инж.
А. В. БУЕВСКОГО, доц. А. А. ЛИВЕРОВСКОГО

Под общей редакцией проф. Н. И. НИКИТИНА

тверждено ГУУЗ НАРКОМЛЕСА СССР
в качестве учебника для лесных ВТУЗ'ов

Описательный курс химической технологии дерева является коллективным трудом, составленным группой сотрудников Лесотехнической академии им. С. М. Кирова, Ленинградского лесохимического института и привлеченных инженеров — специалистов. Эта книга является учебником для студентов инженерно-экономических факультетов лесных ВТУЗов. Некоторые подробности технологических процессов помещены в качестве справочного материала мелким шрифтом.

Ввиду отсутствия подобных руководств, за исключением устаревших изданий, этот учебник, мы надеемся, окажется полезным для воспитания наших кадров в области лесохимии и целлюлозно-бумажного производства.

В выпускаемом описательном курсе распределение глав по авторам представляется в следующем виде: глава по химии древесины написана Н. Никитиным, производство древесной массы и сульфитной целлюлозы — Г. И. Богоявленским, сульфатная и натровая целлюлоза — В. В. Якиманским, производство бумаги — А. В. Грабовским, теоретические основы сухой перегонки, часть главы об углежжении и смолокурении — Ф. П. Комаровым, аппаратура сухой перегонки, переработка подсмольной воды, переработка уксуснокальциевого порошка и смолы и производство формалина и сложных эфиров уксусной кислоты, а также непрерывнодействующие углевыхжигательные печи — А. К. Славянским. Глава о газификации древесины написана А. А. Ливеровским, главы о подготовке осмола для экстрагирования и выщелачивания и канифально-экстракционное производство — Д. Н. Смирновым. Гидролиз древесины изложен А. В. Бувеским, пластические массы из древесины — Н. Я. Солечником.

При ускоренном прохождении книги в печати, в ней могли остаться отдельные погрешности, в основном не влияющие на характер книги. Большая помощь при корректурах была оказана нам инж. технол. Н. В. Лебедевым, Э. М. Цацка, В. Д. Угрюмовым, Д. М. Винокуровым и М. В. Кушнером, которых мы здесь и благодарим.

Проф. Н. Никитин

КРАТКИЙ ОЧЕРК ФИЗИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ

Анатомическое строение растительных клеточных оболочек

Анатомическими элементами древесины являются в подавляющей массе мертвые, т. е. лишенные протоплазмы и ядра, клетки, внутренние полости которых наполнены водой, или воздухом. Масса древесины на 90—95% состоит из таких мертвых клеток, так называемых сосудов, трахеид и либриформы. Из них сосуды (рис. 1) образуются из ряда клеток, после растворения разединяющих их перегородок; трахеиды, легко отличающиеся по своим окаймленным порам, представляют сильно удлиненные волокна, происшедшие из одной камбиальной клетки. Волокна либриформы, представляют вытянутые элементы, отличающиеся толщиной своих оболочек; они служат для механической устойчивости древесного ствола. Живые клетки (рис. 2) с плазмой и ядром во внутренней полости, являются теми структурными элементами, из кото-

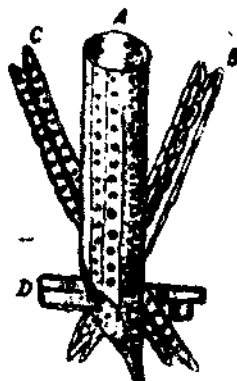


Рис. 1. Клеточные элементы древесины
А — сосуд, В — либриформы, С — трахеиды, D — сердцевинный луч.

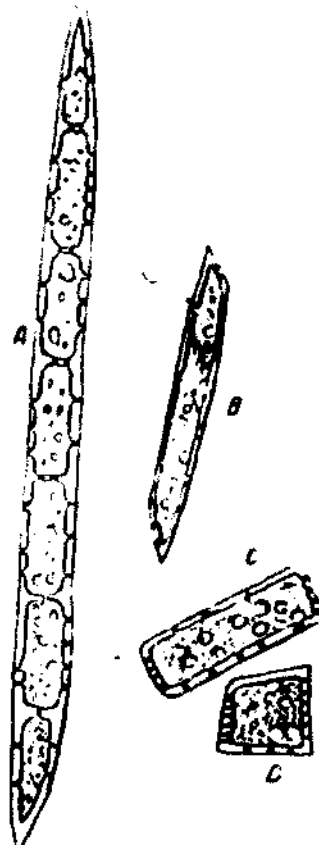


Рис. 2. Живые клетки древесины.

рых построены сердцевинные лучи и древесная паренхима. Предназначение их состоит в хранении запасов органических веществ, главным образом крахмала и жиров¹, в то время как лишенные живого содержимого оболочки сосудов и трахеид выполняют водопроводящую роль в растущем дереве.

Строение древесины лиственных пород (рис. 3) является более сложным, нежели у хвойных, так как у последних за исключением незначительного количества живой древесной паренхимы, состоящей из кирпичиобразных клеток (рис. 2), вся остальная масса дерева построена почти исключительно из трахеид (рис. 4). Тра-

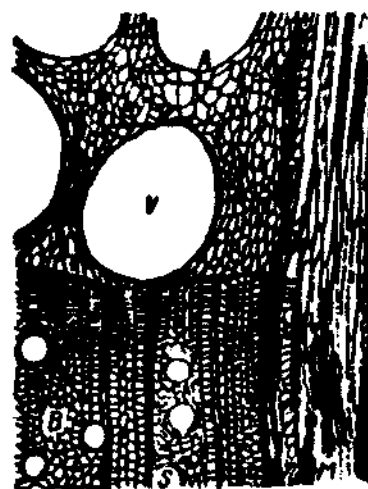


Рис. 3. Поперечный разрез древесины дуба под микроскопом

V — сосуды весеннего образования, S — сосуды осеннего образования, А — трахеиды, М — сердцевинные лучи, В — либриформы.

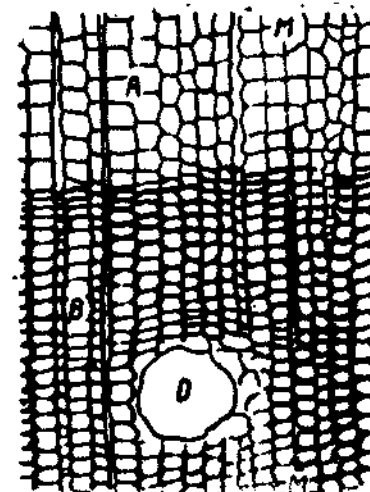


Рис. 4. Поперечный разрез древесины сосны под микроскопом

А — трахеиды весеннего образования, В — трахеиды летнего образования, D — смоляной ход, М — сердцевинные лучи.

хеиды хвойных характерны своими окаймленными порами в виде концентрических кружочков, легко распознаваемых под микроскопом (рис. 6), почему этого рода клетки хвойных можно сразу найти и различить, например в бумаге.

В хвойной древесине сосны и ели имеются между живыми клетками паренхимы особые каналы — смоляные ходы, заполненные смолой. Трахеиды хвойных являются и водопроводящими и механическими элементами древесного ствола; данна их

¹ Запасом органических веществ, заходящих в клетки древесной паренхимы, потребляются весной при образовании новой листвы, а в осенний период накапливаются. Зимой эти запасы изменяют свою форму: углеводы в клетчатой мере замещаются жирами, что должно несколько отразиться на средним химическом составе древесины. См. А. А. Иванов. Физиология растений (1936).

точно так же, как длина клеточек лиственных пород, изменяется в зависимости от породы, о чем можно составить представление из таблицы 1. Длина трахеид в годичных слоях молодой, недавно образовавшейся древесины, значительно меньше, нежели в древесине старой.

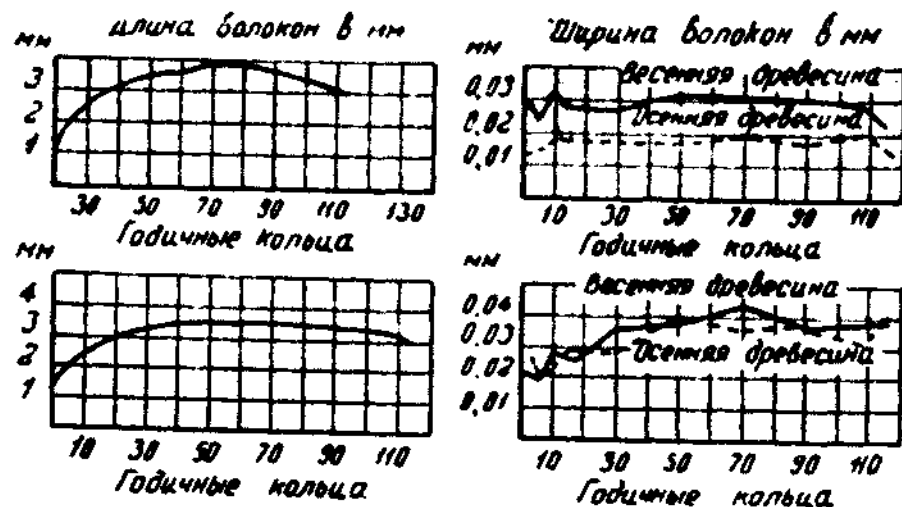


Рис. 5. Длина и ширина волокон в различных годовых слоях древесины ели. Верхние рисунки на $\frac{1}{4}$ высоты дерева от земли, нижние рисунки на $\frac{1}{2}$ высоты дерева от земли.

Таблица 1

Порода	Длина волокон в мм	Ширина волокон в мм
Ель	3,8—2,6	0,069—0,025
Сосна	4,4—2,6	0,075—0,030
Осина	1,7—0,8	0,046—0,020
Береза	1,6—0,8	0,040—0,014
Тополь	1,6—0,7	0,044—0,020

Из этой таблицы можно видеть, что длина и ширина клеточек хвойных пород значительно больше, чем у лиственных.

Микроскопическое изучение клеточных оболочек показывает наличие в них трех явных слоев. Первичный слой или средняя пластинка (рис. 6) представляет непарный слой, общий для соседних клеток. На поперечных разрезах он выступает в виде блестящей сеточки в толще оболочки. Флороглюцин в солянокислом растворе показывает сильное одревеснение средней пластинки, т. е. присутствие в ней лигнина. При действии окислителей, например хромовой кислоты, или смеси азотной кислоты с бертоле-

товой солью, разрушающих древесинное вещество (лигнин), раньше всего растворяется средняя пластинка, вследствие чего получается разъединение клеток друг от друга.

Вторичный слой в клеточных оболочках древесины является самым мощным и при внимательном рассмотрении в нем можно обнаружить в свою очередь слоистое строение. Судя по микроскопическим реакциям, мощный вторичный слой состоит из целлюлозы¹, отчасти одревесневшей; таким образом, в этом слое также частично присутствует лигнин.

Третичный слой, самый внутренний, ближайший к клеточной полости, одевает всю внутреннюю поверхность. Он очень тонкий, не резко отграничен от вторичных слоев и часто остается неодревесневшим (отсутствие лигнина), т. е. дает фиолетовое окрашивание с хлорцианидом—реактивом на клетчатку.

Процесс одревеснения, т. е. отложения лигнина в клеточных оболочках, представляется весьма сложным, в настоящее время еще мало изученным. Происходя в живой клетке в результате жизнедеятельности ее плазмы, процесс одревеснения протекает очень быстро после образования молодых клеток и отделения их от находящегося под наружной корой нежного эмбрионального слоя камбия, образующего новые кольца древесины.

В связи с широким техническим использованием древесины для целлюлозного производства, при котором в результате варки измельченного дерева с различными реагентами получают в виде освобожденных волокон целлюлозную часть клеточных оболочек, причем около 50% органической массы дерева, в том числе весь лигнин, переходит в раствор в отработавшие варочные щелоки и по большей части вместе с ними теряется в виде сточных вод производства,—за последнее время химии и ботаники детально изучают химический состав и тонкое анатомическое строение клеточных оболочек, пользуясь разнообразными оптическими методами, привлекая на помощь поляризационный микроскоп и рентгеновские лучи. Особое внимание было обращено на изучение продольной спиральной штриховатости клеточных оболочек, происходящей от строения их из еще более тонких волокон, так называемых

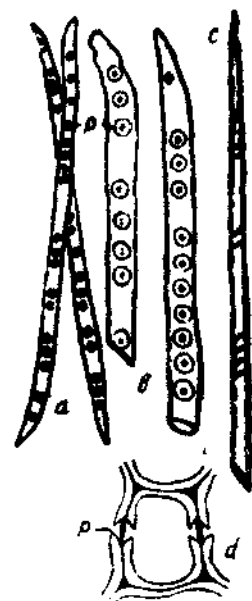


Рис. 6. Трахеиды хвойной древесины

a — из древесины второго года, b — части трахеид из древесины 60-го года, c — часть осенней трахеиды, d — трахеиды в поперечном разрезе, p — окаймленная пора, m — срединная пластинка.

¹ Цитирую здесь очерк проф. А. А. Исаева в книге: «Химия Древесины» Никитина.

фибрилла (рис. 7). Диаметр одной фибриллы лежит почти на границе видности микроскопа, составляя величину порядка 0,1 м.

Ниже, при описании свойств химических веществ, входящих в состав древесных клеточных оболочек, мы подробнее коснемся ультрамикроскопического строения самих фибрилл, построенных из еще более тонких частичек („мицелла“), имеющих ничтожно малые размеры (миллионные доли мм). Фибриллярное спрученное строение целлюлозных клеточных стенок имеет большое значение для их механической прочности. Ниже будет сказано о некоторых гипотезах о том, как в таких сложных системах заложены лигнин, родственные клетчатке прочие углеводы, сапороны, все те вещества, которые с середины прошлого столетия по предложению Паллена стали называть „микрустирующими веществами“.



Рис. 7. Строение клеточной оболочки (по Скарелу).

Физические свойства древесины

Удельный вес самого вещества древесины обычных наших пород в среднем составляет величину, близкую к 1,55 и сравнительно мало колеблется. Что касается объемного веса древесины, то на величину его влияет пористость древесины, следовательно, содержание вещества клеточных стенок в единице объема. На долю клеточных стенок приходится у разных пород от 20 до 50% всего объема. Относительный процент клеточных стенок и процент полостей вычисляется, исходя из истинного удельного веса вещества древесины (1,55) и веса единицы объема. В следующей таблице приведены некоторые средние величины для абсолютно сухой древесины разных пород:

Таблица 2

Порода	Объемный вес	Объем клеточных стенок в %	Объем полостей в %
Ель	0,43	28	72
Сосна	0,52	33	67
Алиственница	0,57	36	64
Береза	0,60	39	61
Дуб	0,68	43	57
Бук	0,70	45	55

Н. А. Филиппов нашел путем измерений наибольший объемный вес из наших пород для дуба и бука (0,76 и 0,72 в воздушно-сухом состоянии); наименьший объемный вес найден им для ели и лиственницы (0,47 и 0,46). В объемном весе отдельных пород в свою

очередь имеются колебания, зависящие от естественных условий произрастания древесины.

Увеличение процентного содержания летней древесины, как более плотной по сравнению с весенней, повышает плотность древесины в целом. Содержание воды является весьма существенным фактором для величины объемного веса при данном состоянии влажности. Чрезвычайно существенной для технической переработки древесины на целлюлозу является впитывающая способность, т. е. способность поглощать воду. Следует различать общее количество воды, которое способна поглощать древесина и „быстроту впитываемости“, т. е. количество воды (в процентах от веса дерева), поглощаемое древесиной в определенные промежутки времени.

Наибольшее значение для целлюлозного производства имеет „быстрота пропитки“ древесиной, зависящая прежде всего от физической структуры древесины, а также от количества смолы и влаги в древесине. Ниже приводится таблица Комарова, характеризующая скорость пропитки.

Таблица 3
Скорость пропитки водой некоторых пород древесины (для кубиков объемом в 1 см³)

Порода	Объемный вес сухой древесины	Влажность пропитки, %	Смолистость (эфирная экстракт, в %)	Поглощение воды через 1 день в %	Поглощение воды через 2 дня в %	Поглощение воды через 4 дня в %
Осина	0,44	9,2	1,81	90	109	132
Сосна	0,46	8,4	3,12	76	90	112
Ель	0,48	8,5	2,86	68	70	93
Лиственница	0,50	9,3	2,30	87	101	125
Дуб	0,57	9,9	1,01	68	83	95
Береза	0,62	9,2	1,45	56	59	74

Более наглядное представление о скорости пропитки можно получить из диаграммы Комарова (рис. 8).

Гигроскопичность древесины характеризует способность ее поглощать влагу из воздуха. Количество поглощенной влаги определяется температурой и относительной влажностью воздуха. Вода, содержащаяся в древесине, частью наполняет клеточные полости (свободная вода), частью же пропитывает самые клеточные оболочки, или является коллоидно-связанной с веществом дерева. Для полной пропитки клеточных оболочек „имбибиционной“ водой требуется для разных пород от 20 до 30% влаги, считая от веса абсолютно сухой древесины. „Точкой насыщения волокон“ называется то характерное содержание влаги, которое наблюдается у той или иной древесины при полном насыщении клеточных обо-

дочек. Американские исследования показали, что для долговозрастной сосны, например, точка насыщения волокон соответствует влажности 25% для красной ели — 31% и т. д. При вымачивании древесины в воде заполняются влагой не только ультрамикроскопические промежутки в клеточных оболочках (см. далее о микцеллярном строении клетчатки), но и грубо-капиллярные клеточные полости. Количество поглощенной воды тогда на много превышает приведенные величины. Даже для таких плотных пород, как железное дерево, или дзелька, влажность в состоянии полной пропитки достигает 85—95% от веса абсолютно сухой древесины.

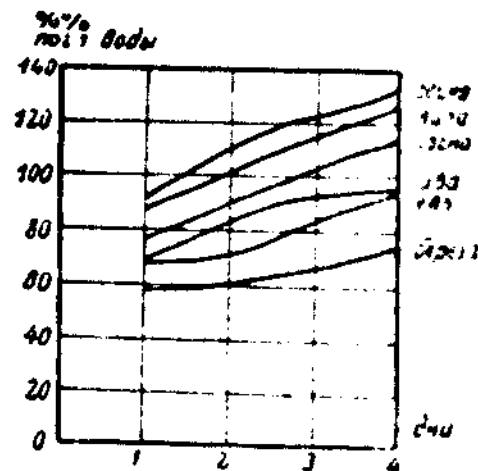


Рис. 8. Быстрота пропитки древесиной разных пород.

В заболони свежесрубленных деревьев содержится по определению Бергстрема, в ели и сосне 64—59% (от сырого веса). Древесина срубленного и оставленного на воздухе дерева понижает свою влажность до тех пор, пока не наступит определен-

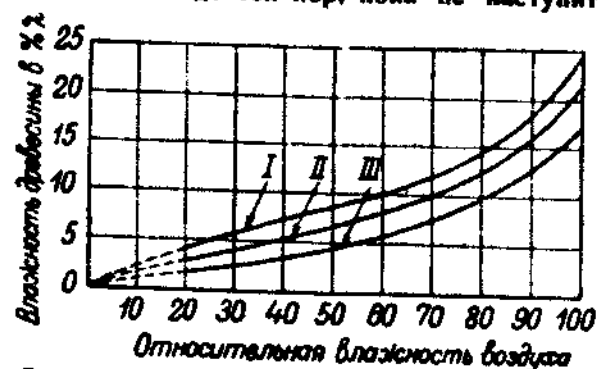


Рис. 9. Зависимость влажности древесины от относительной влажности воздуха.

I — 21° Ц. II — 61° Ц. III — 100° Ц.

ное равновесие с окружающим воздухом. Это равновесие зависит от относительной влажности воздуха и температуры. Достигнуть его можно с приближенной степенью точности, как высушиванием на воздухе сырой древесины, так и постоянным увлажнением (адсорбцией влаги) сухой древесины из окружающего воздуха. Искусственно высушенная при 70—80° древесина поглощает, однако, на

воздуха процента на 2 меньше гигроскопической влаги, по сравнению с древесиной естественной сушки. На помещенной диаграмме (рис. 9) показана зависимость влажности древесины от относительной влажности воздуха для трех температур: 21°, 61° и 100°.

Из этой диаграммы видно, что при повышении температуры при одной и той же относительной влажности воздуха, содержание воды в древесине уменьшается. Так как с повышением температуры упругость паров воды увеличивается, то, следовательно, подогрев воздуха вызывает нарушение установившегося равновесия и удаление воды из древесины.

Интенсивность сушки зависит от температуры, влажности воздуха, от плотности древесины, от поверхности испарения и пр. В продольном направлении через торцы дерева испарение больше, примерно, в четыре раза, нежели в радиальном и в два раза больше, чем в тангентальном направлении.

Замедление процесса высушивания, при удалении воды ниже точки насыщения волокон, сопровождается усушкой и короблением клеточных оболочек, вызывающими существенное изменение объема древесины.

Явление усушки сказывается неодинаково в различных направлениях.

Таблица 4

Усушка некоторых пород
(в %, от свежесрубленного состояния до абс. сухого)

Порода	Продольн.		Радиальн.		Тангентальн.	
	от	до	от	до	от	до
Ель	0,08	0,12	1,1	2,6	2,0	7,3
Пихта	0,19	0,12	1,7	4,8	4,1	8,1
Астраханка	0,01	0,29	0,3	7,3	1,4	7,1
Сосна	0,01	0,10	0,6	3,8	2,3	6,4
Береза	0,06	0,40	1,7	7,2	3,9	9,3
Бук	0,20	0,34	3,3	6,0	5,0	10,7
Дуб	0,2	0,30	3,2	3,3	0,8	7,3
Осица	0,02	0,70	0,8	4,2	3,3	8,9
Тополь	0,09	0,62	1,2	4,2	2,8	9,8

Как видно из таблицы, усушка меньше оказывается в продольном направлении и больше в направлении тангентальном. В действительности она сильно колеблется в пределах одной и той же породы и сильно зависит от плотности древесины, ширины годичного кольца и др. факторов.

Теплотворная способность. Абсолютно сухая древесина различных пород сравнительно мало отапливается по своей

теплотворной способности, как показывают данные нижеприведенной таблицы, пересчитанные на единицу веса:

Таблица 5

Теплотворная способность различных пород
(абс. сухой древесины)

П о р о д а	Теплота горения в кал.
Ольха	5047
Береза	4968
Оси́на	4953
Сосна	4907—4952
Ель	4857

С увеличением процента содержания воды, теплотворная способность древесины падает. Для березы, например, можно привести следующие данные:

Таблица 6

При 10% влаги теплота горения	4411 кал.
30	3854
40	3297
50	2184
60	1627
70	1070
80	513

Определение теплотворной способности древесины с помощью эмпирических формул, например, по формуле Менделеева, дает лишь приближенный результат, так как в процессе горения древесины некоторое количество тепла тратится на побочные реакции, этими формулами не учитываемые. Лабораторные определения теплотворной способности производятся с помощью калориметрической бомбы.

Теплоемкость древесины в абсолютно сухом состоянии почти одинакова для разных пород и, по данным Денлепа, равна 0,327. С повышением влажности древесины теплоемкость ее увеличивается.

Древесина является плохим проводником тепла. Если теплопроводность серебра принять за 1, то для сосны в поперечном направлении теплопроводность — 0,0009, а в продольном — 0,0030.

Химические свойства древесины и клетчатки

При сжигании древесины в тигле, в остатке получается от 0,2 до 1,5% золы. Главная же масса древесины состоит из органических веществ, в среднем содержащих около 49,5% углерода, 6,3% водорода и 44,2% кислорода, считая на абсолютно сухое

вещество. Колебания в элементарном составе для разных пород и по отдельным частям одного и того же дерева незначительны. Нижеприведенная таблица дает представление о результатах анализа наиболее обычных пород:

Таблица 7

Элементарный состав древесины

П о р о д а	% угле- рода	% водо- рода	% кисло- рода
Дуб	49,4	6,1	44,5
Бух	48,5	6,3	45,2
Береза	48,6	6,4	45,0
Клен	49,8	6,3	43,9
Вяз	50,2	6,4	43,4
Ясень	49,4	6,1	44,5
Липа	49,4	6,9	43,7
Тополь	49,7	6,3	44,0
Сосна	49,6	6,4	44,0
Листопад	50,1	6,3	43,6

Более детальный анализ показывает содержание малых количеств азота в составе древесины, именно около 1%. Элементарные анализы древесины сучьев и ветвей, произведенные Ланге, показывают, что эти части дерева имеют почти такой же элементарный состав.

В состав золы древесных пород входят довольно разнообразное вещества. Из растворимых в воде частей золы главнейшей является поташ K_2CO_3 , почему в прежние времена его и добывали из древесной золы. Из нерастворимых в воде зольных веществ главнейшим является углекислый кальций. Кора богаче неорганическими солями, нежели сама древесина, и дает при сжигании до 2—3% золы. Наибольшее содержание неорганических составных частей наблюдается в листьях, где эти части принимают важное участие в сложных процессах образования первичных органических соединений при фотосинтезе.

Таблица 8

Содержание золы в 100 частях воздушно-сухой древесины

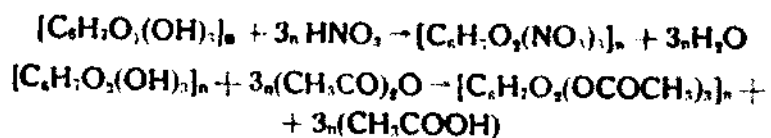
П о р о д а	Всей золы	K_2O	Na_2O	MgO	CaO	P_2O_5	SO_3	SiO_2
Бух	0,55	0,09	0,02	0,06	0,31	0,03	0,01	0,03
Береза	0,26	0,03	0,02	0,02	0,15	0,02	0,01	0,01
Листопад	0,27	0,04	0,02	0,07	0,07	0,03	0,01	0,02
Дуб	0,51	0,05	0,02	0,02	0,37	0,03	0,01	0,01
Сосна	0,26	0,04	0,01	0,03	0,14	0,02	0,01	0,01

Из этой таблицы видно, насколько древесная зола богата окисью кальция (известь), которая связана в ней с углекислотой и находится, следовательно, в виде углекислой соли. Углекислая известь и другие нерастворимые в воде соли обычно составляют от 75 до 90% всей золы.

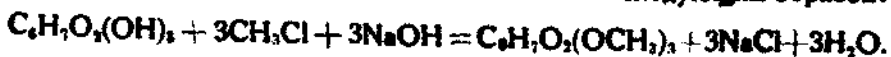
Входящие в органический состав древесины вещества состоят главным образом из клетчатки, родственных ей полисахаридов, пентозанов и гексозанов и из лигнина, вещества не принадлежащего к классу углеводов. Кроме того, в состав разных древесин входят вещества, экстрагируемые органическими растворителями (смола), малое количество азот-содержащих протеинов, различные, но по большей части небольшие количества дубильных веществ.

Химические свойства клетчатки. Содержащаяся в древесине хвойных и лиственных пород клетчатка (около 50%) составляет важнейшую часть древесины, наиболее ценную для большинства процессов химической переработки. Так, в целлюлозном производстве, удаляя действием реагентов лигнин, содержащийся в срединной пластинке и в основной массе вторичных слоев клеточных стенок, раздвигают клеточные оболочки и получают волокнистую техническую „целлюлозу“. Последняя никогда не получается вполне чистой, в ней всегда содержатся небольшие количества пентозанов, лигнина и гексозанов.

По своим химическим свойствам клетчатка ($C_6H_{10}O_5$)_n является полисахаридом и имеет свойства коллоидов. В каждой ее группе $C_6H_{10}O_5$ имеется по три активных гидроксила, так что формула ее может быть представлена так: $[C_6H_7O_2(OH)_3]_n$. При реакции с крепкой азотной кислотой в присутствии серной¹, или с уксусным ангидридом в присутствии катализатора серной кислоты, получаются соответственно азотные эфиры и ацетилцеллюлоза:



Получение трехзамещенных азотных эфиров происходит нередко со значительными трудностями и, например, дву-нитроклетчатка ($C_6H_7O_2(NO_2)_2$)_n получается значительно легче, чем трехзамещенный эфир. Сообразно с наличием в клетчатке спиртовых гидроксидов, она способна давать не только сложные, но и простые эфиры, например триметилцеллюлозу $[C_6H_7O_2(OCH_3)_3]_n$. Последняя получается действием хлористого метила на клетчатку в присутствии щелочи. Опуская для простоты фактор полимеризации n, реакцию получения триметилцеллюлозы можно написать следующим образом:

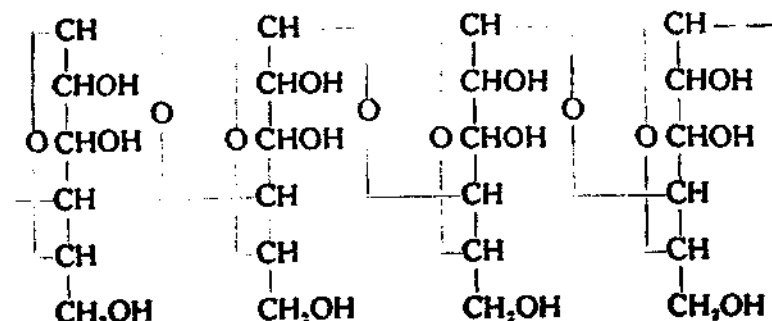


Некоторые из сложных и простых эфиров клетчатки имеют большое техническое применение. Нитроклетчатка применяется для приготовления бездымных порохов (пироксили), ацетил-целлюлоза для производства ацетатного искусственного шелка, лаков и пленок. Этилцеллюлоза и бензилцеллюлоза находят применение в производстве пластических масс.

В воде, спирте, эфире, пиридине, и во всех других обычных органических растворителях клетчатка нерастворима. Наиболее известными растворителями для нее являются реактив Швейцера, т.е. аммиачный раствор гидроокиси меди $[Cu(NH_3)_4](OH)_2$, горячий концентрированный раствор хлористого цинка, такой же концентрированный горячий раствор роданистого кальция $Ca(CNS)_2$ и некоторые другие насыщенные солевые растворы. С реактивом Швейцера клетчатка при этом образует комплексное химическое соединение, так что процесс не является простым растворением. Из всех этих растворов клетчатка может быть высажена в виде рыхлых набухших хлопьевидных белых осадков, лишенных волокнистой структуры. Такая набухшая целлюлоза несколько прочнее удерживает воду при высушивании. В прежнее время склонны были считать, что вода в осажденных препаратах клетчатки является химически связанной, наподобие воды настоящих гидратов, и потому давали этим препаратам название „гидратцеллюлоза“, приписывая последней свойства особого химического вещества.

В настоящее время эта точка зрения совершенно оставлена так как в химических отношениях набухшая клетчатка не отличается от природной, исходной. Она также, например, не восстанавливает жидкости Фелинга, не обнаруживая альдегидных свойств.

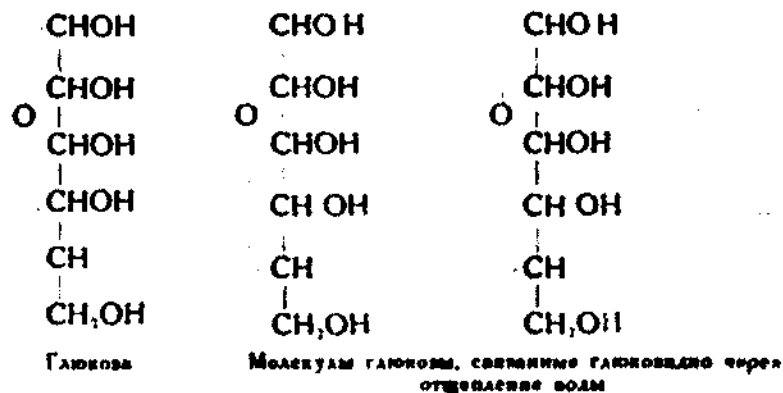
Работами Толленса, Фрейдленберга, Хеуэрса и других химиков в настоящее время выяснено, что молекулы клетчатки построены в виде цепей и могут быть изображены в следующем виде:



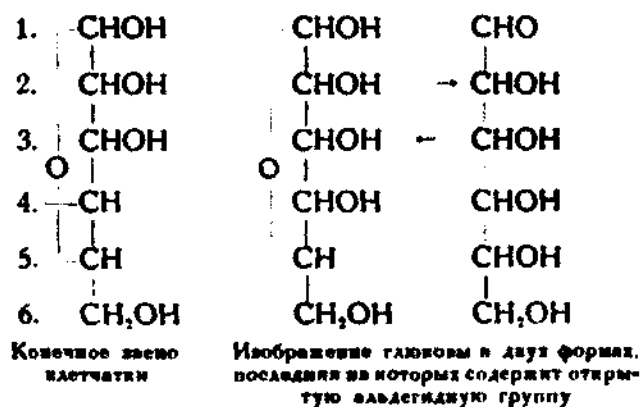
Приведенная цепевая формула показывает, что в основе строения цепей лежат молекулы глюкозы $C_6H_{12}O_6$, глюкозидно связан-

¹ Серная кислота вытесняет воду, образующуюся при реакции.

ные друг с другом, посредством отщепления частицы воды от гидроксильных, находящихся при первом и четвертом углеродных атомах.



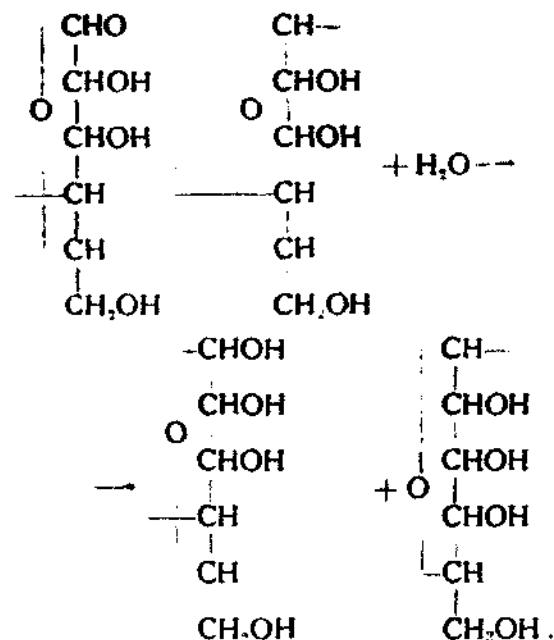
Конечное звено в данной цепевой молекуле клетчатки имеет альдегидную группу при первом углеродном атоме, как и сама глюкоза:



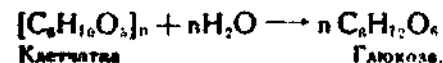
В действительности отдельные звенья в цепях клетчатки повернуты через одно на 180° , так что первичные спиртовые группы CH_2OH обращены через одну, то вниз, то вверх. Эти детали мы здесь не приводим.

Мейер и Марк принимают на основании своих исследований, что число звеньев $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ в цепевой молекуле клетчатки составляет 60—100, Штаудингер же полагает, что степень полимеризации клетчатки в действительности еще больше. На основании определений молекулярного веса по методу измерения вязкости целлюлозных растворов, Штаудингер принимает, что цепи клетчатки состоят, примерно, из 1000 звеньев.

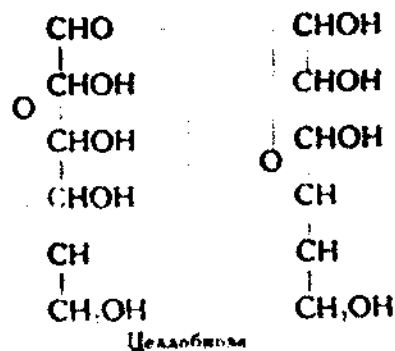
При действии на клетчатку концентрированных кислот, 72-процентной серной, или 42-процентной соляной, происходит гидролиз клетчатки и расщепление цепей, путем присоединения частиц воды по следующей схеме, в которой для простоты взяты только два соседних звена:



Из этой схемы видно, что при постепенном гидролизе клетчатки мы можем нацело превратить ее в глюкозу, путем полного расщепления цепей:



Практически такой процесс осахаривания клетчатки наступает не сразу, но по мере расщепления цепей и присоединения воды, сперва возникают более короткие отрезки цепей, затем цепи с 6, 5, 4, 3 и 2-мя глюкозными остатками и, наконец, глюкоза. Следует заметить, что при гидролитическом расщеплении цепей клетчатки, в местах разрыва освобождаются альдегидные группы при углеродных атомах, находящихся в положении 1. Так, у получающегося, например, промежуточного продукта (дисахарида), целлобиозы (стр. 18), из двух звеньев одно (второе) имеет альдегидную группу, способную восстанавливать раствор Фелинга, как и другие альдегиды:



Восстановление раствора Фелинга¹ происходит по такой схеме, что содержащийся в нем гидрат окиси меди отдает кислород альдегидной группе и превращается в закись меди:



Альдегидная группа при этом окисляется и переходит в карбоксильную:



По количеству осаждаемой из Фелингова раствора закиси меди можно судить о редуцирующей способности клетчатки. Если клетчатка не гидролизована и ее молекулы сохранили большую длину, то редуцирующая способность ее весьма незначительна, так как альдегидные группы находятся лишь на концах длинных цепей и относительный процент этих групп очень мал. Если же, вследствие гидролиза, цепи клетчатки начинают расщепляться и укорачиваться, то, за счет появляющихся на концах отрезков новых альдегидных групп, редуцирующая способность вещества увеличивается. Количественно редуцирующую способность технической беленой целлюлозы выражают так называемым «медным числом». Медное число есть количество грамм меди, осаждаемой из раствора Фелинга 100 г целлюлозы, при кипячении с этим раствором.

Из этого краткого описания видно, что гидролиз клетчатки происходит также постепенно, как и гидролиз крахмала, весьма близкого полисахарида. При гидролизе клетчатки сперва появляются целлюлозодекстрины, имеющие укороченные цепи и повышенную редуцирующую способность. Длина цепей в продуктах последующего гидролиза этих декстринов продолжает уменьшаться и это сказывается в дальнейшем повышении редуцирующей способности по отношению к раствору Фелинга. Так как природная клетчатка всегда имеет форму волокон (волокна хлопка, клеточные оболочки древесины, из которых удален лигнин и другие сопровождающие вещества, очищенная целлюлоза льна и т. п.), то при

осторожном гидролизе происходит постепенный распад этих волокон и образование порошкового белого продукта, представляющего смесь неизменной клетчатки с удерживаемыми на ее поверхности продуктами ее начального гидролиза: целлюлозо-декстринами и высшими углеводами. Подобные частично гидролизованные продукты имеют название гидроцеллюлозы. Гидроцеллюлозу можно, например, получить смачиванием фильтровальной бумаги (являющейся почти чистой клетчаткой) 3-процентной серной кислотой и высушиванием сперва на воздухе, а затем в сушильном шкафу при 60—70°. Серная кислота, как вещество нелетучее, концентрируется при таком высушивании на волокнах бумаги и разрушает их, медленно гидролизуя с поверхности и превращая в белый хрупкий продукт. Простое, легкое растирание такой обработанной 3-процентной кислотой бумаги делает ее порошкообразной. Редуцирующая способность гидроцеллюлозы всегда выше, нежели у неизменной природной клетчатки.

В рамках этого краткого очерка химии древесных оболочек и клетчатки невозможно останавливаться на других способах получения гидроцеллюлозы, например посредством быстрого растворения клетчатки в концентрированной 41% соляной кислоте и быстрого высаливания продукта водою, пока еще гидролиз и укорочение цепей не зашел очень глубоко. Мы должны здесь упомянуть еще о другом существенном продукте, именно — о продукте окисления клетчатки, так называемой «оксицеллюлозе». Оксицеллюлоза, получаемая в результате воздействия на клетчатку окислителей, представляет собою смесь неизменной клетчатки и продуктов ее окисления, удерживаемых на поверхности постепенно распадающегося волокна. При отбелке технической целлюлозы растворами хлорной извести CaOCl_2 , выделяющей хлорноватистую кислоту HOCl и затем кислород¹, окисляющий и разрушающий окрашенные примеси и остатки лигнина в волокнах, может происходить нежелательное повреждение самой клетчатки и образование «оксицеллюлозы» в тех случаях, когда по неосторожности применяют слишком крепкие белящие растворы. Образование оксицеллюлозы непосредственно связано с разрывом цепей клетчатки, с постепенно углубляющимся распадом волокна, начиная с его поверхности. Как и при других аналогичных реакциях, клетчатка не реагирует вся сразу и насквозь, но продукты распада начинают возникать прежде всего в тех частях твердого вещества, которые больше всего соприкасаются с действующим реагентом. Что касается природы получающихся продуктов окисления, то они представляют смесь различных веществ. Мы уже

¹ Отбелка происходит в водном растворе, в присутствии углекислоты воздуха. Хлорная известь при этом распадается по следующему уравнению:



Настоящая хлорноватистая кислота в свою очередь распадается и выделяет активный кислород: $2\text{HOCl} \rightarrow 2\text{HCl} + \text{O}$.

¹ Жидкость Фелинга представляет раствор CuSO_4 , NaOH и сернистой соли $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$, служащей для удержания образующегося гидрата окиси меди $\text{Cu}(\text{OH})_2$ в растворе.

видели из формулы строения клетчатки, что в каждом звене ее имеются три гидроксильные группы, из которых одна группа первичная, т. е. CH.OH :

1. CHO
2. $\begin{array}{c} | \\ \text{CH.OH} \end{array}$
3. $\begin{array}{c} \text{O} \\ | \\ \text{CH.OH} \end{array}$
4. CH
5. CH
6. $\begin{array}{c} | \\ \text{CH.OH} \end{array}$

Первичная спиртовая группа, по аналогии с другими многоатомными спиртами, окисляется прежде всего и переходит сперва в группу альдегидную ($-\text{CHO}$), а затем в карбоксильную ($-\text{COOH}$). При последующем окислении вторичных спиртовых групп, находящихся у 2 и 3 углеродов, наступает разрыв цепей клетчатки. Это расщепление цепей ускоряется, так как кроме процесса окисления имеет место и одновременный гидролиз. Так, например, при окислении клетчатки азотной кислотой, распадающейся по схеме $2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{NO} + 3\text{O}$ имеет место и гидролитическое действие этой кислоты на клетчатку. В зависимости от концентрации кислоты и температуры, это гидролизующее действие будет сказываться более или менее сильно, наряду с процессами окисления. Как уже было сказано, окисление клетчатки приводит к ослаблению прочности волокон и к постепенному их распаду. Поэтому образование оксидцеллюлозы является нежелательным побочным процессом, как при отбелке технической целлюлозы, так и при отбелке нитей и изделий текстильной промышленности, пользующейся хлопком. В общем же необходимо отметить, что клетчатка представляет вещество гораздо более стойкое в отношении окисления, чем легко окисляющийся лигнин. При отбеливании древесной целлюлозы растворами хлорной извести или хлора, всегда происходит разрушение остатков лигнина, целлюлоза же не только становится белее, но и чище, свободнее от примесей сопровождающих веществ.

Продукты окисления клетчатки в большей части имеют альдегидный характер и обладают способностью растворяться в разбавленном едком натре. Оксидцеллюлоза, в зависимости от способа получения с разными окислителями, при разных условиях, имеет переменный состав. Кислорода в ней всегда больше, чем соответ-

¹ Хлор в водных растворах также образует частично хлорноватистую кислоту: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCl} + \text{HOCl}$. Эта нестойкая, легко выделяющая активный кислород, хлорноватистая кислота и является действующим началом при отбелке хлором и хлорной известью.

ствует эмпирической формуле клетчатки $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$. Но окисленная клетчатка, подобно гидроцеллюлозе, отнюдь не является однородным и однообразным химическим продуктом, но всегда оказывается смесью. Редуцирующая способность оксидцеллюлозы много выше, чем у неизмененной клетчатки и медные числа ее могут быть 10, 12, 15 и выше, в зависимости от степени окисления.

Растворимая в щелочи часть оксидцеллюлозы, так же, как растворимая часть гидроклетчатки, может быть высажена обратно при подкислении щелочного раствора разбавленными минеральными кислотами, или уксусной кислотой. Эту высаживаемую подкислением часть условно называют β -целлюлозой, в противоположность нерастворяющейся в разбавленном едком натре (17,5%), стойкой α -целлюлозе. Наиболее же разрушенную часть клетчатки, не способную высаживаться при подкислении щелочного раствора кислотой, но способную осаждаться от прибавления избытка спирта, называют γ -целлюлозой.

Мицеллярное строение клетчатки. Выше уже говорилось о спиральной структуре целлюлозной части древесных клеточных оболочек. Волокна некоторых травянистых растений, например рами (*Boehmeria tenacissima*), показывают подобное же спиральное строение, что лучше всего обнаружить рассматриванием при помощи поляризационного микроскопа (рис. 10).

Исследование целлюлозной части клеточных оболочек в поляризованном свете показывает, что все они обнаруживают двойное



Рис. 10. Строение волокна рами.

лучепреломление, свойственное веществам кристаллическим. Уже в пятидесятых годах прошлого столетия ботаником Негели было высказано предположение, что целлюлоза клеточных оболочек имеет мицеллярное строение, будучи сложена из ультрамикроскопических кристаллоподобных частиц, направление продольных осей которых совпадает с косым расположением фибрилл в клеточных стенках. Позднейшие исследования Амбруа, Фрея, и в особенности рентгеноскопические исследования Шерера, Герцога, Марка и других, показали справедливость взглядов Негели. Длина ультрамикроскопических кристаллоподобных мицелл найдена была для целлюлозы не свыше 50 миллимикрон. Мицеллы ориентированы вдоль фибрилл; диаметр одной мицеллы составляет около 5 μ , так что на диаметре одной фибриллы ($\infty 0,1 \mu$) можно уложить не менее 100 мицелл. На рис. 11 и 12 приведено схематическое изображение расположения мицелл в трахеиде хвойных и

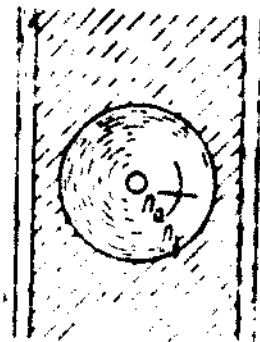


Рис. 11. Расположение мицеллы в трансверсальном сечении.

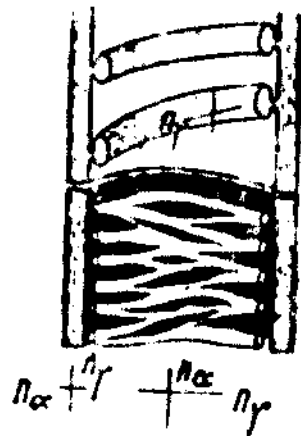


Рис. 12. Расположение мицеллы в спиральном и сетчатом сосудах.

в спиральном и сетчатом сосудах (по данным Фрея). Знаками n_r , n_α и n_γ отмечены коэффициенты преломления в радиальном, тангентальном и продольном направлениях.

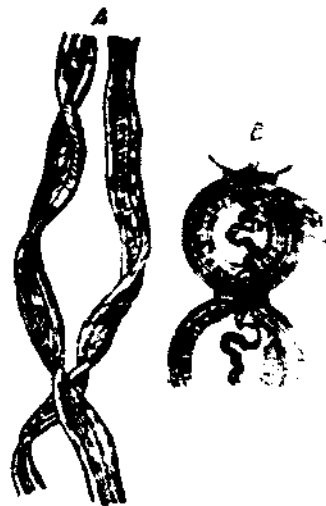


Рис. 13. Набухание волокон в медноаммиачном растворе.

А — волокно до обработки медноаммиачным раствором, В — волокно после обработки медноаммиачным раствором.

рейти в полное растворение, при котором освобожденные мицеллы окажутся отдельными коллоидными частицами, рассеян-

ными в жидкой окружающей среде. Коллоидный характер имеют растворы клетчатки и в других растворителях, например в насыщенном горячем растворе роданистого кальция $\text{Ca}(\text{CNS})_2$ и т. п. При осаждении водой из этих растворов мы получаем рыхлые, белые хлопьевидные осадки, представляющие хаотические, беспорядочные скопления мицелл.

Знание структуры клеточных оболочек является полезным для понимания поведения их при различных способах химической переработки древесины. Так растворение и удаление лигнина и других инкрустов и склеивающих клетки веществ, должно производиться до тех пор, пока не будут изолированы отдельные волокна, или небольшие пучки последних. При этом не должны быть повреждены или разрушены соединения и спайки между спиральными фибриллами и тем более не должны быть освобождены или разрушены самые мицеллы. Освобождение клеток должно достигаться осторожными и планомерными приемами при соблюдении определенных условий варки для того, чтобы волокна оказались гибкими и неразрушенными.

В последние годы строение мицелл клетчатки особенно детально было изучено рентгеноскопическим методом Марком и Мейером. Мицеллы состоят, по данным этих авторов, из 40—60 параллельно уложенных цепей (молекул) клетчатки, подобных изображенным выше на стр. 15. Как уже говорилось, в каждой цепи имеется не менее сотни отдельных звеньев ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$), глюкозидно соединенных обычными химическими связями. Цепи удерживаются параллельно друг к другу силами побочных валентностей, и общее построение волокна из мицелл представляется в нижеследующем виде (рис. 14). Считают возможным также и переход цепей из мицеллы в мицеллу.

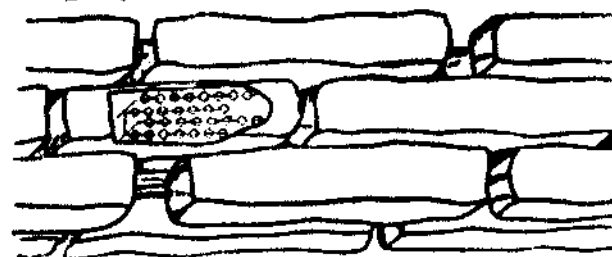


Рис. 14. Схема построения целлюлозного волокна из мицелл. Одна мицелла вскрыта для обнаружения цепей.

Основываясь на измерениях расстояний между углеродными атомами, равными $1,53 \text{ \AA}^1$ и между атомами углерода и кислорода и водорода, а также учитывая направление валентностей углерода и кислорода ², была построена пространственная модель глюкозы

¹ Ангстрем = 10^{-10} м.

² Направление валентностей углерода в его тетраэдре принимается от центра тетраэдра к четырем углам. Кислородный атом имеет валентности, направленные в одну сторону под углом в 109° .

(рис. 15), при помощи которой были затем построены пространственные модели отдельных цепей.

При построении пространственных моделей клетчатки учитывалось гликозидное соединение между 1 и 4 углеродными атомами соседних звеньев, происходящее при отщеплении молекул воды, о чем уже говорилось на стр. 16. Схематическое пространственное строение одной цепи клетчатки представлено ниже на рис. 16. Каждое последующее звено повернуто здесь по отношению к предыдущему на 180° , как это и имеет место в действительности.

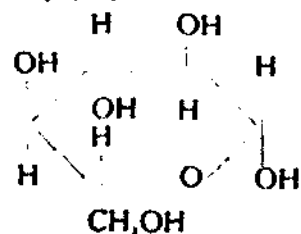


Рис. 15. Схематическое перспективное изображение пространственного строения β-глюкозы

Многие химические реакции, например получение азотных эфиров, могут происходить в клетчатке при сохранении формы ее волокон. При нитрации хлопка смесью крепких азотной и серной кислот, форма отдельных клеточных оболочек вполне сохраняется. Это показывает, что замещение гидроксильных групп на остатки азотной кислоты протекает как бы путем диффузии через оболочку. В других случаях, например при ацетиловании, вещество клеточных оболочек растворяется в ацетилирующей смеси. При этих реакциях эфиробразования, индивидуальность мицелл частью сохраняется, даже тогда, когда вещество переходит в коллоидный раствор. В тех же случаях, когда клетчатка гидролизруется, или на нее

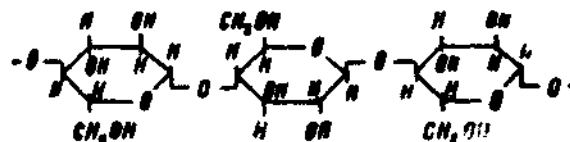
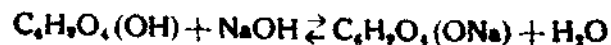


Рис. 16. Схема пространственного строения клетчатки по Марку и Мейеру.

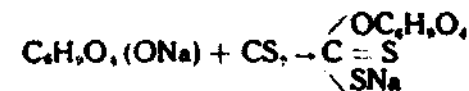
действуют сильными окислителями, наступает распад мицелл и цепей, причем поверхностные цепи разрушаются в мицеллах быстрее, чем внутренние.

Из химических реакций клетчатки важное техническое значение имеет образование ксантогената, применяемого для производства искусственного вискозного шелка. Для этой цели листы сульфитной целлюлозы замачивают в 17,5-процентном едком натре и затем отжимают избыток щелочи. Реакция со щелочью проходит по схеме:

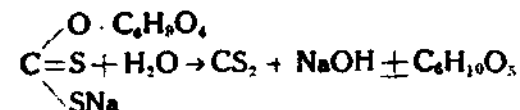


Получающийся алкоголь клетчатки („алкалицеллюлоза“) способен гидролизываться при действии воды, так что реакция эта обратима. После замачивания, отжатой от щелочи алкалицеллюлозы, ее подвергают выдерживанию в закрытых ящиках для

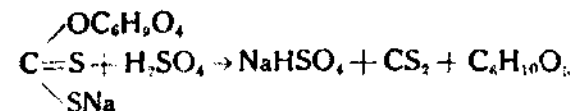
регулирования вязкости раствора ксантогената, получаемого на алкалицеллюлозы во второй стадии процесса.¹ Ксантогенат получают действием сероуглерода на алкалицеллюлозу по схеме:



После реакции алкалицеллюлозы с сероуглеродом, проводимой при температуре около 20° , получившийся оранжевый пластический ксантогенат растворяется в 4-процентном едком натре, давая вязкий коричневый раствор — вискозу. Последняя затем должна быть подготовлена к „прядению“ посредством фильтрования, освобождения в вакууме от пузырьков воздуха и продолжительного выдерживания при постоянной температуре ($15-16^\circ$). Вязкость раствора во время этого окончательного созревания вискозы своеобразно изменяется, а химический состав ксантогената медленно меняется, вследствие постепенного отщепления сероуглерода и едкого натра под действием воды. Для одного звена цепевой молекулы клетчатки, гидролитический распад можно изобразить таким уравнением:



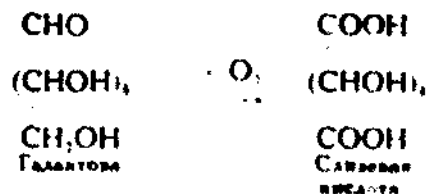
В действительности, при созревании раствора ксантогената не доводят дело до полного отщепления сероуглерода от мицелл и цепей клетчатки и раствор ксантогената продавливают через тончайшие отверстия в особых платиновых ситах, или фильерах. Продавливание производят под поверхность разбавленной кислотной осадительной ванны, протекающая реакция осаждения нитей может быть схематически изображена так:



Осаждение нитей искусственного шелка представляет собой процесс обратного получения целлюлозы из раствора; вся операция

¹ Коллоидные растворы клетчатки и ее производных в различных растворителях отличаются большой вязкостью, обусловленной, главным образом, препятствием рассеиваемых коллоидных частиц (мицелл или отдельных цепей) друг другу. Вытекание растворов целлюлозы через капилляры происходит, поэтому, лишь замедленно. Величина вязкости тесно связана с длиной цепей клетчатки. При уменьшении длиной цепей, вследствие частичного гидролиза, окисления и т. п., вязкость растворов сильно падает. При хранении влажной алкалицеллюлозы в закрытых ящиках, протекают процессы медленного, очень слабого окисления, вызывающего постепенное падение вязкости растворов и появление небольших количеств продуктов распада клетчатки.

крепкой азотной кислотой. Тогда получается нерастворимая слизевая кислота в форме игольчатых кристаллов по следующей схеме:



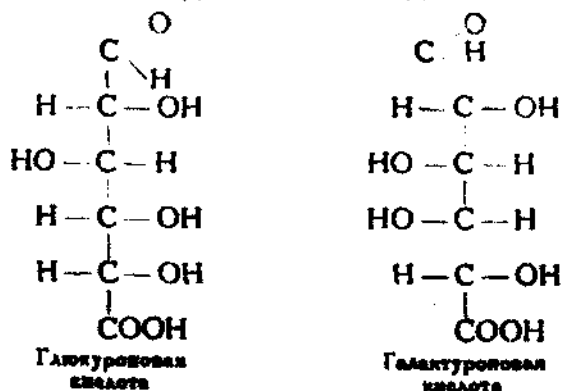
Значительный интерес для лесохимиков представляет растворимый в горячей и даже в холодной воде полисахарид древесины сибирской лиственницы, галакто-арабан, при гидролизе дающий 6 частиц галактозы на 1 частицу арабинозы:



Определение молекулярного веса галакто-арабана указывает, что частица его, примерно, утроена.

Галакто-арабан может быть выделен экстрагированием измельченной лиственничной древесины горячей водой в количестве свыше 10%. Его предложили употреблять для замены гумми-арабика, для приготовления клея и для замены других камедей в текстильной промышленности. Лиственничная камедь, вытекающая из поврежденных деревьев в значительных количествах, содержит много галакто-арабана. Жеребов, Зубкова и Залмазов при экстрагировании лиственничной древесины водю нашли в ней от 9 до 20% воднорастворимых веществ, имеющих углеводную природу и способных при гидролизе давать сахара.

Кроме пентозанов и гексозанов, различные виды древесины иногда содержат метилпентозаны (в небольшом количестве, главным образом у хвойных пород). Характерно также нахождение в древесине хвойных и лиственных особых полисахаридов, имеющих кислотные группы, так называемых «полиуронинов». Кислоты с группы у полиуронинов имеются благодаря включению в их состав частиц изомерных галактуроновой и глюкуроновой кислот:



Галактуроновая и глюкуроновая кислоты отщепляют CO_2 из группы COOH при гидролитическом воздействии кислот и превращаются в пентозы. Подобное отщепление углекислоты имеет место и при сульфитной варке древесины, когда гидролизующим реагентом является сравнительно слабая сернистая кислота. Полиуронины не имеют, однако, какого-либо существенного технического значения для лесохимических производств. Гораздо большее значение имеет второй, существенно важный (после клетчатки) компонент древесины, именно — лигнин.

Лигнин

Лигнин содержится в древесине хвойных в количестве 27—28% и в древесине лиственных от 18 до 25%. Его легко можно выделить при гидролизе древесных опилок 72% серной, или 42% соляной кислотой при обыкновенной температуре, причем углеводная часть древесины, т. е. клетчатка, пентозаны и гексозаны переходит в раствор в виде осахаренных продуктов, лигнин же остается как коричневатый негидролизованный остаток, частицы которого в общем сохраняют форму опилок. Можно действовать на древесину и такими реагентами, которые не затрагивают углеводную часть, но наоборот—переводят в раствор лигнин в виде различных его производных, или продуктов распада. В технике получения целлюлозы часто применяют для удаления лигнина и освобождения волокон, варку древесной щепы с растворами сернистой кислоты и ее кислых солей при температуре около 145—150°, или щелочную варку с 5—6-процентным раствором едкого натра при 170°. Лигнин переходит при подобной обработке в раствор в виде лигносульфоновой кислоты (см. ниже) или, соответственно, в виде щелочного соединения, природа которого до сих пор еще недостаточно изучена.

Существуют и окислительные методы удаления лигнина из растительных клеточных оболочек, например обработка газообразным хлором, при которой кроме окисления происходит также и хлорирование.¹ Хлорным способом успешно получают целлюлозу из соломы. Варка древесной щепы с разбавленной азотной кислотой также неоднократно предлагалась для получения целлюлозы из древесины. При обработке древесины окислителями, лигнин разрушается несравненно легче клетчатки, в результате этого окисления в раствор переходят органические кислоты: щавелевая, уксусная и другие продукты глубокого распада, по которым нельзя составить представления о строении молекул самого лигнина.

С тридцатых годов прошлого столетия, когда Пайен открыл лигнин, его стали считать веществом совершенно отличающимся от углеводов, так как он не обнаруживает склонности к гидролизу, имеет в своем элементарном составе 60—65% углерода, вместо 44—45%, свойственных клетчатке, пентозанам, или гексо-

¹ Замена водорода в сложном комплексе лигнина по схеме: $\text{RH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{RCI} + \text{HCl}$.

знам и проявляет большую способность к окислению. То обстоятельство, что лигнин может быть выделен из древесины такими органическими "растворителями" как горячий фенол, глицерин и диоксан,¹ при 100—110°, также свидетельствует о том, что строение и свойства лигнина непохожи на свойства углеводов. В настоящее время большинство исследователей считает лигнин ароматическим продуктом, ближе всего стоящим к некоторым дубильным веществам, от которых он, однако, отличается своей полной нерастворимостью в воде.

Для характеристики лигнина важно еще отметить, что в состав его сложных молекул входят метоксильные группы OCH_3 , а также группы гидроксильные, способные к образованию эфиров. Количество метоксильных групп в лигнине сам составляет около 15—16%. При щелочной варке древесины, с целью получения целлюлозы, некоторая небольшая часть метоксильной лигнина отщепляется и дает метиловый спирт по схеме:



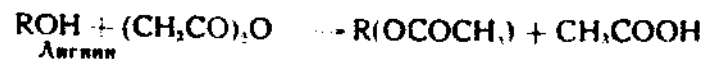
В наших формулах мы нередко будем обозначать буквой "R" основное ядро сложной молекулы лигнина. При нагревании лигнина с концентрированной диоксидаводородной кислотой, отщепление метоксильных групп наблюдается настолько полное, что этим способом можно пользоваться для количественного определения метоксильных в лигнине:



Образующийся метил отгоняют в спиртовой раствор азотнокислого серебра и определяют процент OCH_3 по весу осажженного AgJ :



Гидроксильные группы лигнина способны метилироваться и ацетилироваться при действии соответствующих реагентов. Применяя, например, уксусный ангидрид $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ в среде пиридина, можно получить ацетиллигнин по следующей схеме:



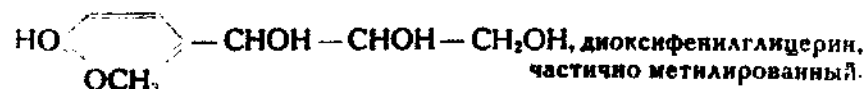
О способе соединения лигнина с углеводами в клеточных стенках высказывалось много предположений. Пайен полагал, что лигнин как бы механически внедрен и "инкрустирует" клеточные оболочки, залегая по преимуществу в срединной пластинке и в толще вторичных целлюлозных слоев. Другие исследователи

справедливо указывали на трудность удаления лигнина из клеточных оболочек, скорее говорящую за химическую связь его с клетчаткой.

В последнее время Фрейденберг вновь высказывается в пользу механического сочетания лигнина с клетчаткой, путем внедрения его в отдельные фибриллы (стр. 22—24). Исследование остатков волокон, из которых клетчатка удалена гидролизом, показывает, что в поляризованном свете в фибриллах обнаруживаются длинные пустоты на месте прохождения мицеллярных рядов, т. е. вытянутых шнуров, составленных из мицелл. Между этими мицеллярными рядами лигнин залегает в виде аморфных беспорядочно расположенных нитевидных молекул,¹ "как бы в виде войлока". Согласно этой гипотезе, фибриллы, из которых состоит целлюлозная часть клеточных оболочек, имеют в свою очередь довольно сложное строение; наряду с десятками проходящих в них продольно мицеллярных рядов, они содержат внедренное между рядами вещество лигнина и вся эта сложная система как бы пропитана и склеена студнем, состоящим из геммицеллюлоз.

Описанная схема залегания лигнина в клеточных оболочках не является строго доказанной, но она согласуется с данными оптического изучения и хорошо объясняет трудность выделения лигнина из древесины. Мы ею можем временно пользоваться в дальнейшем, при разъяснении вопросов, связанных с сульфитной и щелочной варкой древесной щепы, при получении целлюлозы.

Кратко характеризуя химическое строение лигнина, можно указать, что по новейшим исследованиям Фрейденберга, молекулы лигнина построены в виде цепей, основными звеньями которых, повидимому, являются, примерно, такие вещества, как:



Из этих структурных основных единиц образование цепей лигнина происходит, вероятно, путем конденсации, с отщеплением воды и образованием непосредственных связей через углеродные атомы, как например:

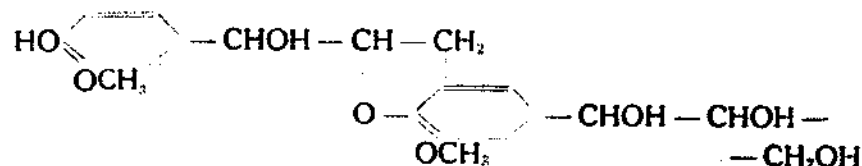
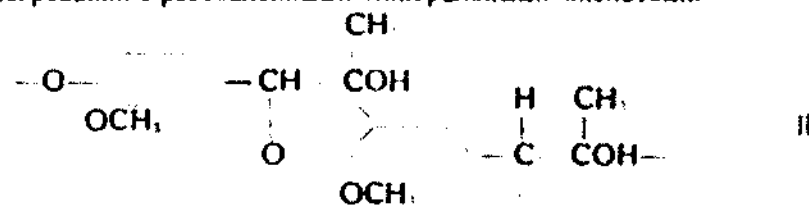


Рис. 19. Конденсация двух молекул диоксифенил-глицерина при одновременном замыкании кольца через кислород и отщепление воды.

¹ Для успешности "растворения" необходимо прибавление к реагенту небольших количеств катализаторов, минеральных кислот. Переход лигнина в раствор сопровождается химическими реакциями, о которых более подробно можно узнать в специальных руководствах, указанных в конце этой главы.

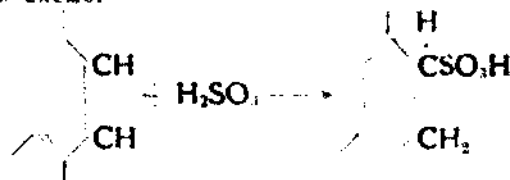
¹ По аналогии с прочими составными частями древесины, клетчаткой и геммицеллюлозой, лигнин, по данным Фрейденберга, тоже имеет цепное строение, о чем мы скажем ниже.

Подобным путем может происходить конденсация с образованием цепей, содержащих 7—9 звеньев. Фрейдленберг приходит к заключению на основании своих исследований, что лигнин, строго говоря, не является индивидуальным однородным химическим веществом, но представляет смесь весьма близких продуктов конденсации. Около 69% природного лигнина он выражает цепевой формулой I, приведенной выше и 22% приписывает цепевую схему II и считает, кроме того, что около 9% лигнина содержит группы пипероналя, способные отщеплять немого формальдегида (CH_2O) при нагревании с разбавленными минеральными кислотами.

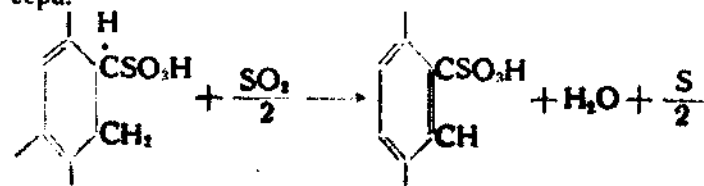


Свои соображения по поводу такого строения лигнина Фрейдленберг подкрепляет многочисленными опытами. В частности, он указывает на весьма малый процент ненасыщенных двойных алифатических связей в природном лигнине, в противоположность принявшимся ранее взглядам.

Чрезвычайно большое значение для промышленности имеет получение целлюлозы из древесины путем варки при 145—150° с растворами сернистой кислоты (H_2SO_3) и бисульфита кальция $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$. До сих пор в точности не установлено, как происходит эта важная реакция, в результате которой древесина расщепляется и лигнин переходит в раствор в виде лигносульфоновой кислоты. Фрейдленберг считает вероятным, что при действии растворов сернистой кислоты на лигнин происходит сульфитирование ядер по схеме:



Так как расход сернистой кислоты во время варки количественно не совпадает с такого рода гипотезой, то для объяснения этого выдвигается предположение, что часть сернистой кислоты расходуется на окислительный процесс, в результате чего выделяется сера:



В 1937 г. была высказана Фрейдленбергом и другая гипотеза о том, что присоединение H_2SO_3 происходит с разрывом кислородного мостика в гетероцикле лигнина (см. формулу I и II), причем образуется фенольный гидроксил и группа SO_3H становится к углероду боковой цепи. Часть сернистой кислоты непрочно присоединяется во время варки к альдегидным группам углеводов (гексоз и пентоз), частично переходящих в раствор, вследствие гидролиза. Класон раньше предполагала, что эта «непрочно связанная» сернистая кислота также присоединяется к лигнину, но это не оправдалось. Класон, кроме того, доказывал, что боковые цепи лигнина содержат двойные связи, но их фактически не удалось, до сих пор обнаружить. Обнаружению двойных связей придавали большое значение, так как к этим связям могла бы присоединяться H_2SO_3 при сульфитной варке. При щелочной варке, видимо, происходит расщепление кислородных мостиков щелочью, с образованием растворимого соединения типа фенолятов.

Количество клетчатки, лигнина, пентозанов и т. п. в различной древесине

Химические анализы древесины лиственных и хвойных пород, а также сердцевинным и периферическим слоям одного и того же дерева, произведенные разными исследователями (Швальбе, Кенигом, Беккером, Шоргером, Комаровым и др.) показывают, что количество клетчатки, лигнина, пентозанов и прочих составных частей не одинаково в различной древесине.

Из приводимых в таблицах 9 и 10 аналитических данных о химическом составе древесины лиственных и хвойных пород—можно видеть, что древесины лиственных содержат большое количество пентозанов, в среднем около 22%, тогда как породы хвойные дают их только около 11%. Но количество лигнина, гексозанов и смолы выше в древесине хвойных пород. Среднее количество лигнина в последних составляет 27%, гексозанов—12% и смолы—3%, тогда как древесины лиственных дает, в среднем, около 23% лигнина, 2,5% гексозанов и 1,5% смолы.

Вопрос о том, древесина каких пород, лиственных или хвойных, содержит больше клетчатки—используя еще считать вполне выясненным. Если основываться на общепринятом методе определения клетчатки по Кроссу и Бивену, то оказывается, что хвойные породы содержат больше целлюлозы (данные в таблице 5). Но методы аналитического количественного определения целлюлозы далеко еще не безупречны и благодаря коллоидной природе клеточных оболочек, выделение из них той или другой составной части, не затрагивая и не разрушая других составляющих (пентозаны, гексозаны и т. п.), представляет очень большие трудности. Коллоиды, входящие в состав клеточных оболочек, в действительности оказываются довольно тесно связанными друг с другом (клетчатка, например, тесно связана с частью пентозанов), почему разделение их не может быть произведено с такой точностью и простотой, как это имеет место в обыкновенной аналитической химии.

Выделяемые при помощи современных методов лигнины, клетчатка, дубильные и прочие вещества оказываются в действительности нередко несколько видоизмененными действием химических реактивов, а с другой стороны — не всегда оказываются свободными от примесей.

В таблице 9 приведены данные анализов некоторых пород, полученные Швальбе и Беккером в Германии, а также нескольких анализов, полученных в нашей лаборатории.

Таблица 9

Химический состав листовых и хвойных пород в % от веса абс. сухой древесины

Порода	Целлюлоза свободная от пентозанов	Лигнин	Пентозаны	Гексозаны	Смолы	Растворимые в горячей воде вещества	Автор
Ель	57,84	28,29	11,50	—	2,30	—	Швальбе и Беккер
Сосна	54,25	26,35	11,02	—	3,45	—	Швальбе и Беккер
Ель II	53,30	29,08	10,83	—	3,70	5,39	Комаров
Ель III	55,17	27,00	11,24	—	1,87	3,19	Никитин и Комаров
Бук	53,46	22,46	24,86	—	1,78	—	Швальбе и Беккер
Береза	45,30	19,56	27,07	—	1,80	—	Швальбе и Беккер
Осина	47,11	18,24	23,75	—	3,16	—	Швальбе и Беккер
Осина II	47,08	23,52	21,67	—	1,51	2,96	Никитин и Комаров
Бук	45,75	24,72	23,40	—	0,45	3,41	Комаров

Содержание гексозанов не определялось в приведенных анализах, и, возможно, что за счет их получались преувеличенные цифры для содержания целлюлозы. Данные о гексозанах помещены в таблице 10, представляющей сводку из работы Кенига и Беккера. Последние авторы пользовались другим методом определения чистой клетчатки и их данные, в отношении последнего вещества, оказываются пониженными.

Таблица 10

Химический состав различных древесин по Кенигу и Беккеру (в % от веса абс. сухой древесины)

Порода	Целлюлоза свободная от пентозанов	Лигнин	Пентозаны	Гексозаны	Смолы	Растворимые в горячей воде вещества
Сосна	41,93	29,52	10,80	12,78	3,17	не определял.
Пихта I	44,06	27,98	11,63	13,00	1,71	
Пихта II	40,63	29,17	11,48	13,58	2,83	
Тополь	47,36	22,45	22,71	2,60	2,66	
Ива	42,91	24,70	23,31	5,05	2,04	
Береза	41,85	23,27	25,86	4,61	2,47	

При обзоре аналитических данных, имеющихся для разных пород, возникают интересные вопросы о том, как влияют условия произрастания деревьев на их химический состав, как отражается на этом составе возраст деревьев и т. п. Но для надежного суждения по этим вопросам нужен материал гораздо более обширный, чем имеющийся в настоящее время. Только на весьма большом числе деревьев определенной породы можно было бы вывести заключение о влиянии почвенных условий и т. п. факторов на химический состав, так как иначе влияние индивидуальных колебаний перекрывало бы изменения, происходящие от этих факторов.

В таблице 11 приводятся данные о количестве целлюлозы, лигнина и растворимых в горячей воде веществ (дубильные вещества, сахара и пр.) в древесине сердцевинной и заболони некоторых пород, по анализам Шоргера и Риттера (США).

Таблица 11

Химический состав сердцевинной и заболони ствола разных пород (в % от веса абс. сухой древесины)

Порода	Содержание целлюлозы		Содержание лигнина		Растворимость в горячей воде	
	Сердцевина	Заболонь	Сердцевина	Заболонь	Сердцевина	Заболонь
Дуб	48,60	49,53	32,74	32,34	10,15	4,11
Кедр	44,53	49,09	33,67	34,73	7,08	2,97
Сосна	50,23	54,25	26,14	26,51	7,68	5,18
Береза	56,88	58,91	24,62	24,69	5,69	1,98
Ясень	53,72	49,72	28,38	27,39	4,46	7,02

Из этой таблицы видно, что почти все исследованные породы содержат больше целлюлозы в заболони, нежели в сердцевине (за исключением ясеня). Содержание лигнина мало отличалось в заболони и сердцевине. Все породы, кроме ясеня имели растворимых в горячей воде веществ больше в сердцевинной части, нежели в заболони.

Химический состав древесины, пораженной некоторыми фаунами (например грибами *Fusarium*¹, *Ceratostomella pilifera*², а также относительный состав древесины осины, пораженной грибом *Fomes igniarius*, вызывающим белую гниль не отличается или отличается незначительно от состава здоровой древесины, как это можно видеть из данных таблицы 12. Отсутствия в изменении химического состава покрасневшей древесины (гриб *Fusarium*) или древесины, пораженной синевой (*Ceratostomella*), можно было ожидать, принимая во внимание природу этих фаун и слабое, сравнительно,

¹ Вызывает покраснение словых балансов.

² Вызывает синеву словых балансов.

изменение окраски дерева при сохранении прежнего удельного веса древесины. Но белая гниль осиним вызывает трудность и понижение удельного веса, так что неизменность химического состава является только относительной, так как и целлюлоза и лигнин при этой гнили одинаково разрушаются и содержание этих веществ в единице объема гнилой осинки становится конечно меньшим.¹

Таблица 12

Химический состав древесины, поврежденной различными фаунами
(в % от веса абс. сухой древесины)

Древесина	Целлюлоза свободная от пентоз	Лигнин	Пентозаны	Смолы	Раствори- мые в горя- чей воде вещества
Ель (здоровая)	55,17	27,00	11,24	1,87	3,19
Ель, поврежденная грибом <i>Fusarium</i> (краснота)	53,18	28,56	11,23	2,88	2,98
Ель, поврежденная грибом <i>Ceratostomella</i> (синевя)	52,91	28,27	10,96	2,56	2,14
Осина здоровая	49,17	22,56	22,67	1,51	2,94
Осина, поврежденная III стадией гнили <i>Fomes igniarius</i> (домный трутеник)	47,85	22,62	23,32	1,59	3,83

Фальк, исследовавший ряд других гнилей, установил, что такие грибы, как *Fomes annosus* и *Merulius lacrymans*, производят довольно значительные изменения в химическом составе сухой древесины. Гриб *Fomes annosus* вызывает уменьшение лигнина, целлюлозы и пентозанов в древесине, а гриб *Merulius lacrymans* вызывает значительное увеличение относительного процента лигнина и уменьшение % целлюлозы в древесине (таблица 13).

Таблица 13

Химический состав древесины, разрушенной гнилями
(в % от веса абс. сухой древесины)

Древесина, род и стадия гнили	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны	Примечание
Ель неповрежденная	56,0	23,55	9,0	Уд. вес дре- весины при этих гнилях уменьшается
Ель сильно разрушенная от <i>Fomes</i> <i>annosus</i>	48,2	15,10	6,1	
Ель с разрушением от <i>Merulius</i> <i>lacrymans</i> в III стадии	7,8	56,58	5,8	

¹ См. Никитин и Комаров. О химическом составе фауны елового беляка. «Хозяйство Севера» № 7—8 (1930 г.). См. также «Труды по лесному опыльному делу» вып. 2 (1930 г.) статью авторов о химическом составе древесины и целлюлозы осин.

Что касается отличий в химическом составе древесины различного возраста, то необходимо отметить, что по этому вопросу имеются довольно скудные данные.

В таблице 14 приводятся сведения о химическом составе древесины различного возраста, полученные в нашей лаборатории.

Таблица 14

Химический состав древесины различного возраста, высушенной в одинаковых условиях

(в % от веса абс. сухой древесины)

Древесина	Целлюлоза	Лигнин	Пентозаны	Смолы	Раствори- мые в горя- чей воде вещества
Ель 40 л.	53,31	29,11	13,01	2,59	1,22
Ель 100 л.	55,17	27,00	11,24	1,87	3,19
Осина 41—44 г.	48,81	22,48	23,94	1,81	2,04
Осина 67—83 г.	47,08	23,52	23,29	1,89	2,92

Повидимому в химическом составе древесины различного возраста с некоторого возрастного момента нет особо существенных отличий.¹

Литература к первой главе

- Н. И. Никитин — «Химия древесины», 1935.
Э. Хегглаунд — «Химия древесины», 1934.
П. П. Шормигин — «Химия целлюлозы», 1936.
Н. И. Никитин — «Коллоидные растворы и эфиры целлюлозы», 1933.
Хаудей и Уайт — «Химия древесины», 1931.

¹ Методы анализа древесины описаны подробно в книге (русский перевод) Швальбе и Зибора: «Химический контроль в целлюлозно-бумажном производстве». См. также русский перевод «Химии целлюлозы и древесины» Шоргера и Комаров: «Руководство к лаборат. занятиям по химии древесины».

ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ

ВВЕДЕНИЕ

Применение древесины в качестве сырья для производства полуфабрикатов (целлюлоза и древесная масса) бумажного производства, возникло относительно недавно.

С давних пор (производство бумаги насчитывает более 2000 л.) и до середины прошлого века, основным видом сырья для производства бумаги являлось тряпье (придаваемые волокна).

Для получения бумаги, тряпье (в виде старой одежды, обрезков тканей, веревки и т. п.), после предварительной очистки от загрязнений, красок и др. веществ варкой с более или менее крепкими щелочами и последующей промывки, подвергается разделению на отдельные волокна, путем обработки (размола) в специальных аппаратах (роллах).

Превращенное в волокнистую массу, очищенное тряпье является уже полуфабрикатом для бумаги и носит название «тряпичная полумасса».

Полученная тряпичная полумасса подвергается дополнительной обработке (размолу), в результате которой достигается не только окончательное разделение нитей на отдельные волокна, но и разделение последних на большей или меньшей длины элементарные волокна (фибриллы).

После размола, волокна размешиваются с большим количеством воды (150—400 частей воды на 1 часть волокна) и полученная суспензия профильтровывается через сита с весьма малыми отверстиями (на современных бумагоделательных машинах процесс процеживания через сито производится непрерывно на бесконечной сетке). Большая часть воды проходит сквозь отверстия сита, а на его поверхности остается равномерный слой переплетенных между собой волокон, который и является уже полотном бумаги.

Влажное полотно, для удаления воды, подвергают отсасыванию, и отжатию на прессах, причем одновременно происходит уплотнение слоя волокон и выравнивание поверхности бумаги.

После прессования бумажное полотно проходит сушильные аппараты, на которых испаряется избыток воды, и получается бумага с нормальным содержанием влаги (6—8%).

Бумага, выработанная из тряпья, отличается высокой механической прочностью и долговечностью, однако, изобретение печат-

ного станка (XV в.), повлекшее повышение спроса на бумагу и, в особенности, изобретение бумажной машины (начало XIX в.) и развитие ее конструкции дали резкое отставание в удовлетворении таким сырьем развивающейся бумажной промышленности.

Это обстоятельство привело к поискам новых видов волокнистых полуфабрикатов, в результате которых и возникло применение древесины в качестве сырья для производства бумаги.

В пятидесятых годах прошлого столетия было изобретено изготовление древесной массы. Приготовление древесной массы заключается в истирании древесины на вращающемся камне, имеющем шероховатую поверхность.

Под влиянием трения от прижимаемой к камню древесины отдираются отдельные волокна, пучки и обрывки, которые смыываются с поверхности камня струей воды и дают волокнистый материал.

В шестидесятых годах изобретено получение натронной целлюлозы, т. е. получение волокон целлюлозы путем растворения лигнина и других нецеллюлозных частей древесины варкой с щелочами при высокой температуре.

В семидесятых годах прошлого столетия был изобретен способ получения целлюлозы путем варки древесины с сернистой кислотой, содержащей некоторое количество кислых солей сернистой кислоты (бисульфитов), т. е. получения так называемой сульфитной целлюлозы.

Древесина быстро завоевывает себе место наиболее употребительного сырья для производства полуфабрикатов, для выработки бумаги и в настоящее время удельный вес древесного сырья в бумажной промышленности доходит до 70%.

ПРОИЗВОДСТВО ДРЕВЕСНОЙ МАССЫ

Древесина

Как уже было указано, древесная масса представляет собою волокнистый материал, полученный истиранием древесины. Вообще говоря, древесную массу можно получить из любой породы, но в технике промышленного получения древесной массы нашли применение далеко не все породы дерева.

Выбор породы обуславливается возможностью получения дешевой, но удовлетворительной по качеству древесной массы.

Качество волокнистых полуфабрикатов для производства бумаги определяется их способностью давать достаточно прочную и стойкую бумагу, т. е. способностью отдельных волокон давать более

¹ Высокое качество тряпичных бумаг объясняется свойствами придаваемых волокон. Волокна тряпичной полумассы, (т. е. волокна льна, хлопка, шерсти, джута и т. п.), а тем более фибриллы этих волокон, обладающих большой длиной

и малым диаметром, дают возможность получения прочного переплетения. В свою очередь химический состав тряпичных волокон, показывающих большой процент содержания клетчатки, обеспечивает незаменимость свойств, чем и объясняется долговечность тряпичных бумаг, давность которых некоторыми сохранившимися образцами насчитывает до 2000 лет.

или менее прочное переплетение и их химическим составом (чистотой).

Способность к переплетению волокон зависит от их величины (длина, толщина и их соотношения) и гибкости. По данным Касима длина волокон в бумаге составляет от 0,1 до 3 мм, при естественной толщине волокон от 0,01 до 0,04 мм. Однако, абсолютная длина волокон еще не характеризует прочность переплетения, считается, что образуют достаточные переплетения такие волокна, в которых отношение длины к ширине составляет не менее 30. Чем ниже это отношение, тем менее прочной получается бумага.

В главе о строении растительных клеточных оболочек приведены данные о размере волокон некоторых древесных пород. Как видно из таблицы 1, волокна древесных хвойных пород выгодно отличаются от лиственных пород (в среднем 3 мм против 1,0 мм). На хвойных породах в Европе наибольшее применение для производства древесной массы нашла ель (*Picea excelsa*) Сосна (*Pinus sylvestris*) обладает не менее ценным волокном, но большое содержание смолы в ее древесине вызывает затруднения как в самом древесно-массном производстве, так и в дальнейшем при выработке бумаги, кроме того, древесина сосны, отличающаяся высокой прочностью, является более ценной, чем еловая, для лесопильной и деревообрабатывающей промышленности.

По тем же причинам не нашла применения в древесно-массном производстве и лиственница. Кроме ели, для производства древесной массы вполне пригодна и пихта.

Из лиственных пород некоторое применение нашли тополь и осина (*Populus tremula*). Древесная масса из лиственных пород (тополь, осина), хотя и отличается высокой белизной и мягкостью, но, вследствие укорочения в процессе истирания и без того коротких волокон, употребляется лишь в качестве дополнения к другим полуфабрикатам для придания бумаге некоторых специальных свойств.¹

Таким образом, наиболее ценной и употребительной для производства древесной массы является древесина ели.

Хранение и предварительная обработка дерева

Для бесперебойного снабжения сырьем древесно-массного завода необходимо при заводе всегда иметь некоторый запас древесины.

Размер запаса древесины при заводе зависит как от производительности самого завода, так и от условий доставки древесины с места ее заготовки.

Если завод обладает небольшой производительностью и доставка древесины производится жел.-дор. транспортом, нет необходимости

¹ Сосновая древесина частично применяется при производстве бурой древесной массы.

² В Италии содержание древесной массы из лиственных пород (лиственного тополя) в бумаге доходит до 70%, при 30% тростня.

сосредоточивать большое количество древесины на территории завода. Крупные же современные древесно-массные заводы, в особенности находящиеся в системе комбинатов, расходуя большое количество древесины, как правило, располагаются на больших сплавных реках, позволяющих использовать наиболее дешевый



Рис. 20. Поперечная лесотаска

вид транспорта леса и широко применять механизацию тяжелых выгрузочных работ. В этом случае доставка ограничивается сплавным сезоном (4—5 мес.), и за это время необходимо создать и сохранить запас древесины, обеспечивающий работу завода на весь остальной период года.

Место, отведенное для хранения древесины, носит название лесной биржи.

Оборудование лесных бирж состоит из различных механизмов

для выгрузки, перемещения и укладки древесины. устройство которых подробно описано в специальных курсах.¹

Обычно древесина приплавляется к заводу и идет бревен длиной 4—6—8 м, однако, вместе с бревнами всегда бывает большое или меньшее количество «коротыя» длиной 1—2 м.²

Древесина хранится на бирже или в правильно уложенных штабелях (европейский метод), или в больших кучах (американский метод).

При штабельном хранении древесины оборудование биржи схематично состоит из следующих агрегатов.

Древесина, приплавляемая к берегу, выгружается при помощи лесотасок или механизированных лебедок и раскатывается по штабелям.

Если биржа удаляется вглубь от берега, ставятся дополнительные

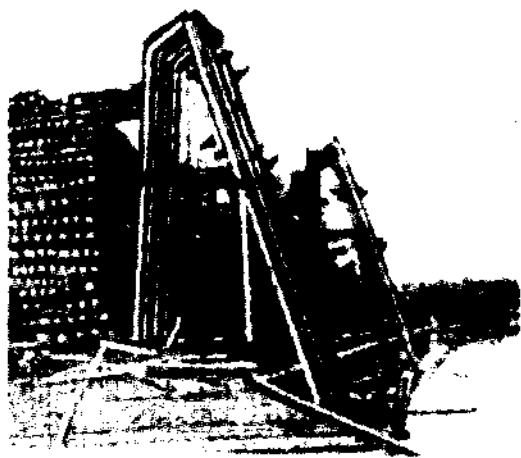


Рис. 21. Лесотаска системы Боллиндера

ные транспортеры для передвижения бревен от лесотасок до места расположения штабеля.

Лесотаски применяются как поперечные, так и продольные, последние наиболее употребляются при работе на коротких чурках (рис. 20).

На заводах небольшой и средней производительности могут с успехом применяться поперечные лесотаски типа «Боллиндер», распространенные на биржах лесозаводов. Лесотаски такого типа обычно устанавливаются на рельсовом пути, вдоль берега, или

¹ Гомфстигаль. Перемещение массовых грузов, т. I и II. Разманов и Гужагин. Механизация выгрузки леса и др.

² Размер бревен в значительной степени зависит от условий сплава древесины. В случае, если сплав производится по маломощным рекам, количество коротыя возрастает.

на понтонах, и древесина непосредственно после лесотаски скатывается на штабель (рис. 21).

Примером выгрузки древесины при помощи механизированных лебедок может служить оригинально оборудованная биржа Вишерского целлюлозно-бумажного комбината¹. Устройство биржи заключается в следующем: на расстоянии 250—400 м от берега на рельсовом пути устанавливаются башни, несущие электролебедки. Бесконечный трос тянется перпендикулярно к береговой линии от лебедки к блоку, установленному на плоту или понтоне.

Древесина, подлежащая выгрузке в штабель, заводится между плотом и берегом и собирается в пачки; последние затягиваются

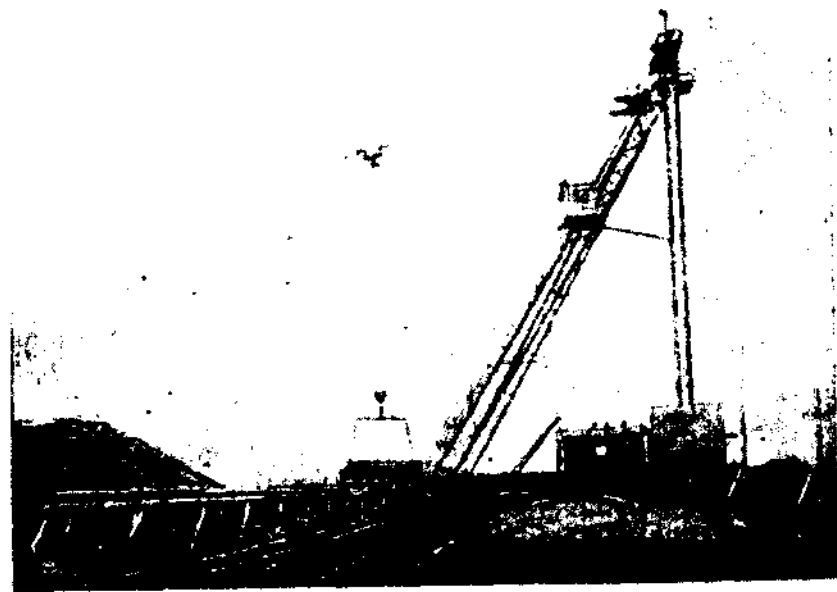


Рис. 22. Работа кабельного крана.

штропами и закрепляются на движущемся тросе посредством автоматических зажимов.

Прикрепленная к тросу пачка волочится по лагам к штабелям, в определенном месте отцепляется и раскатывается по штабелю.

Оборудование такой биржи простое и относительно недорогое, однако, раскатка и отцепление пачек от троса представляют некоторую опасность в работе.

Современные крупные комбинаты² применяют для перемещения

¹ Журнал «Бумажная Промышленность» № 2, 1932 г., статья Соколовского.

² Высокая первоначальная стоимость при оборудовании бирж кабельными кранами позволяет их использовать только при крупных масштабах производства.

древесины по бирже и укладки ее в штабеля более совершенное оборудование.

Распространенным типом крупной механизированной биржи являются биржи, оборудованные кабельными кранами.

Схема работы кабельного крана ясна на рис. 22. Между двумя башнями высотой до 35 м натянут несущий трос, по которому ходит тележка, прикрепленная к бесконечному тяговому тросу.

На одной из башен (машинной) находится лебедка с двумя барабанами, которые огибают тросы.

Вращением одного барабана (тягового) достигается перемещение тележки, вращением другого (подъемного) — опускание и подъем подвешенного к ней блока. Вторая башня служит противовесом для натяжения несущего троса. Башни крана устанавливаются на рельсовом пути и могут перемещаться параллельно друг другу. Древесина, выгруженная лесотаской, подается транспортером до места укладки штабеля и сваливается в приемник Скопившиеся в последнем бревна огибаются двумя тросами¹ (штропами), концы которых надеваются на крюки и коромысла, подвешенного к крюку блока, последний в свою очередь подвешен к тележке.

Захваченная пачка древесины переносится на нужное место, опускается, штропы освобождаются и тележка направляется за новой пачкой.

Иногда подкрановые рельсовые пути располагаются параллельно линии берега. В таких случаях часто машинную башню комбинируют с наклонной лесотаской. Бревна подаются с реки лесотаской в «карман», минуя какие-либо транспортеры, и из него, в виде пачек, переносятся краном на штабель.

Скорость передвижения тележки в кабельных кранах доходит до 250—300 м/мин. и подъема до 40 м/мин. Расстояние между башнями достигает 600—800 м.

Производительность кабельного крана зависит от его грузо-подъемности и времени, потребного на каждую посадку тележки. Мощный кабельный кран грузо-подъемностью 6 т может уложить на штабель до 150 м³ баланса в час.²

Кроме кабельных кранов описанного устройства, в некоторых странах нашли применение и другие механизмы для укладки древесины в штабеля (радиальные краны, порталные краны, мостовые краны и т. п.).

Для лучшего проветривания древесины штабеля располагаются с учетом господствующего направления ветра.

Между штабелями оставляются промежутки (2—3 м при коротком балансе, до 5—6 при длинных бревнах).

Место для биржи выбирается по возможности сухое и бревна кладутся не непосредственно на землю, а на подкладку из дре-

весных лаг или старых рельс. Высота штабеля зависит от длины бревен. Короткие двухметровые чураки укладываются на высоте 2—3 м. Высота штабелей 6- и 8-метровых бревен, уложенных кабельными кранами, может достигать 12—14 м.

При расположении штабелей учитываются также правила пожарной охраны, сводящиеся к созданию разрывов и пожарных проездов между группами штабелей.

Древесина при хранении в штабелях за сезон достаточно просыхает и при соблюдении правил укладки штабелей и своевременной очистки территории биржи от загрязнений (кора, щепа) хорошо сохраняет свои качества, не подвергаясь порче от загнивания.

Подача древесины в производство осуществляется обычно системой транспортеров.

Биржи, оборудованные кабельными кранами, используют последние и для подачи бревен со штабеля на транспортер.

Кучевое хранение баланса, распространенное главным образом в Америке, заключается в следующем:

Вся древесина, непосредственно после выгрузки, распиливается на чураки длиной соответственно размерам дефибрера (обычно 1—1,25 м) окоривается в корообдирочных барабанах (см. ниже) и подается в кучи. Для укладки древесины в кучи служат или эстакадные лесотаски, или мощные стаккеры.

Эстакадная лесотаска представляет собою продольный кабельный транспортер (конвейер), расположенный на эстакаде высотой до 20 м. Баланс, распиленный на короткие чураки и окоренный в барабанах, перемещается по конвейеру.

В нужном месте открывается доска (люк) лотка транспортера, и чураки свободно падают вниз.

Производительность подобной лесотаски, при скорости конвейера 0,5—0,6 м в секунду, достигает 100 м³ древесины в час.

Более мощные биржи при кучевом хранении баланса оборудуются стаккерами. Стаккер представляет массивную платформу с грузом, к которой в виде хобота, под углом 28° к горизонтали, прикреплена наклонная лесотаска длиной до 50—60 м. Конец лесотаски при этом возвышается над уровнем земли до 30—35 м.

Баланс после распиловки и окорки подается конвейером на наклонный транспортер стаккера, поднимается до верхней точки хобота и свободно падает вниз (рис. 23).

При помощи стаккера насыпаются кучи больших размеров. Куча 30 м высотой, длиной до 350 м вмещает около 300 000 м³ баланса (в переводе на складочную меру).

Более длинных куч не укладывают, так как находящаяся в кучах древесина представляет большую угрозу в пожарном отноше-

¹ Вместо штропов для захватывания древесины иногда употребляют «самохваты» — грейферы.

² Краны, установленные у нас в Союзе на Сясьском и Камском комбинатах, имеют пролет 320 м.

¹ Некоторое применение при подаче в производство находят также гидравлические транспортеры (наклонные лотки). Простота устройства, надежность в эксплуатации и почти полное отсутствие потребности в ремонте являются основными преимуществами этого вида транспорта; кроме того, в зимнее время баланс за время нахождения в лотке частично оттаивает, что облегчает процесс окорки, а в целлюлозном производстве — и рубки древесины.

нии. Для предупреждения пожара в сухое летнее время кучи периодически орошаются водой из брандспойтов со специальными пожарных вышек.

Как видно из изложенного, хранение баласа в кучах не требует применения рабочей силы при укладке, но разгрузка куч при подаче в производство значительно сложнее, чем при штабельном хранении. Помимо большого применения рабочей силы эта операция не безопасна, в особенности в летнее время, когда для отселения

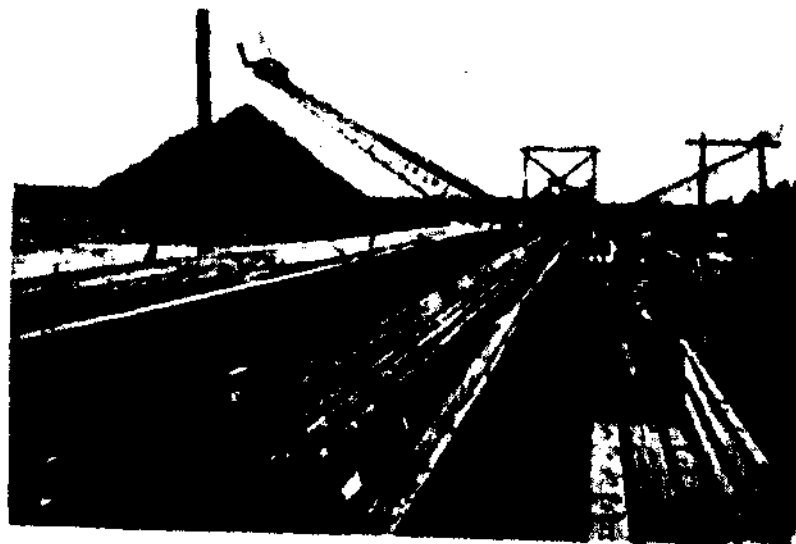


Рис. 23. Стакер и кабельный конвейер

смерзшихся чурakov иногда приходится прибегать к взрывчатым веществам.

Балас при кучевом хранении недостаточно просыхает и более подвержен развитию гнилей, чем при штабельном хранении.

Принято считать, что кучевое хранение древесины применимо для комбинатов, вырабатывающих низкие и средние сорта бумаги, содержащие большое количество древесной массы. Заводы, вырабатывающие высококачественную целлюлозу, как правило, оборудуются биржами европейского типа.

Вся древесина перед поступлением на древесно-массный завод подвергается распиловке на чурак, соответственно размерам дефибреров. Для распиловки баласа применяют часто качающиеся балансные пилы.

Обычно, исходя из механической прочности диска допускают вращение с окружной скоростью около 50—70 м/сек.

Диаметр диска составляет 900—1500 мм, число оборотов в минуту 700—1000. Толщина диска выполняется около 1/300 от диа-

метра. Развод зубьев (а следовательно, и толщина пропила) делается равным полуторной толщине.

Производительность дисковых пил при наладочной подаче доходит до 30 м³ в час, при потребной мощности 8—10 л. с. Отличающиеся малой толщиной пропила и меньшим расходом энергии ленточные пилы не нашли распространения на заводах Союза.

Заводы большой производительности для распиловки баласа пользуются многопильными станками—слешерами.

Балас подается при помощи ряда цепей (по две на пилу) к последовательно, попарно расположенным, дисковым пилам, смонтированным на наклонном или горизонтальном столе.



Рис. 24. Слешер.

Первая пила распиливает бревно пополам, каждая пара последующих перепиливает полученные отрезки. Число пил слешера зависит от длины бревен и требуемого размера чурakov. Производительность слешера при распиловке бревен длиной 6—8 м достигает 300—350 м³ в час, при расходе энергии около 12 л. с. на пилу (рис. 24).

Древесина поступает на завод преимущественно в неокоренном или частично окоренном виде.¹

¹ Частично окоренный или так называемый балас тонкорной окорки получается в лесу частичным снятием коры топором. Чистая окорка в лесу не производится, так как в условиях заготовки затруднена механизация окорочных работ.

Только иногда, при весенней заготовке, применяется так называемая соковая окорка в лесу.

Вся кора должна быть тщательно удалена до истирания древесины. Даже небольшое количество коры, оставшейся при небрежной или недостаточной окорке, может понизить качество древесной

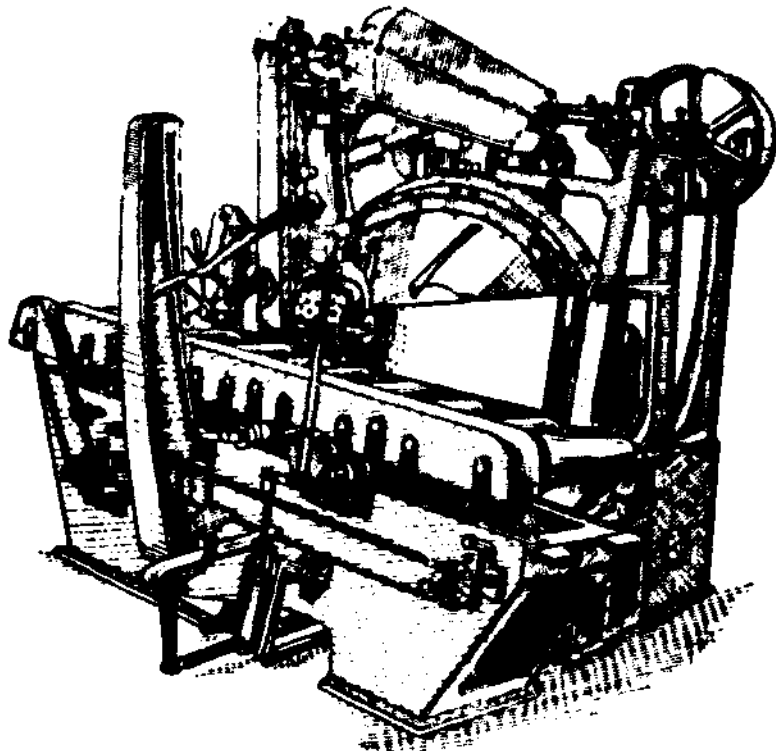


Рис. 25. Кореобдирка Фреска

массы, так как окрашенные частички коры, после истирания придают массе сорность.

Окорка древесины на большинстве заводов ранее производилась вручную при помощи скобеля. При ручной окорке достигается высокая чистота, при сравнительно незначительных потерях древесины (кроме коры и луба скобелем частично затрагивается и древесина), составляющих 1,5—2%.

Ручная окорка, в виду малой производительности (опытный рабочий окоривает до 5 м³ баланса за смену) и тяжести работы, имеет теперь весьма ограниченное применение.

В настоящее время существует целый ряд окорочных машин, которые можно разделить на следующие два вида:

1. Машины, удаляющие кору срезанием (дисковые—ножевые).
2. Машины, удаляющие кору трением (барабанные и корообдирки Турне).

Одним из распространенных видов дисковых корообдирок является корообдирка системы Фреска (рис. 25).

Основной рабочей частью дисковых корообдирок является вращающийся выпуклый диск, несущий на себе ножи (в рассматриваемой системе 7 ножей). Они жестко закрепляются на крестовине, вращающейся вместе с диском. Диск по отношению к крестовине допускает осевое перемещение, чем создается возможность изменения выпуска ножей.

Подлежащее окорке дерево длиной до 2,5—3 м подается по роликовому транспортеру и прижимается к диску ершом (ролик, поверхность которого покрыта стальными шипами).

Ерш имеет принудительное вращение и расположен под некоторым углом, древесина прижимается к диску, одновременно получая вращательное (вокруг своей оси) и поступательное движение.

Кора срезается ножами и проходит через зазоры на обратную сторону диска.¹

Производительность корообдирки описанного устройства при умелой работе достигает 25 м³ баланса в час при потребной мощности 30—35 л. с.²

Дисковые корообдирки дают высокую чистоту окорки, однако, слишком большие потери древесины (5—6%) и частый ремонт частей корообдирки значительно снижают достоинства этой системы.

Наиболее механизированным видом окорочных машин являются корообдирочные барабаны.

Устройство их заключается в следующем (рис. 26): ряд балок швеллерного профиля прикреплен к железным кольцам (бандажам) закруглением во внутрь.

Барабан подвешен на массивных цепях. Одно из колес выполнено в виде большой зубчатой шестерни; оно также огибается цепью, посредством которой барабан приводится во вращение (6—8 об. мин.).

Барабан или частично погружается в ванну, или обильно орошается водой. Баланс в виде чураков длиной 1—1,25 м подается транспортером к барабану и по лотку поступает в его торцовую часть. Благодаря вращению барабана, чураки, беспорядочно переваливаясь, проходят последний.

Непрерывно поступающие свежие чураки вытесняют загруженные ранее, последние вываливаются через порог, установленный у другого конца барабана.

За время прохождения барабана чураки, благодаря трению друг о друга, а также вследствие ударов о железный корпус барабана,

¹ Кора обычно используется как топливо.

² Производительность относится к балансу среднего диаметра; при балансе толком, производительность корообдирки снижается.

успевают освободиться от коры, чему способствует подача воды. Кора проваливается в зазоры между швеллерами.¹

Окорочные барабаны работают без применения ручной силы. Вся работа сводится к наблюдению за транспортерами и к сортировке окоренного бруса, при которой недостаточно окоренные чураки возвращаются на повторное прохождение барабана.

Производительность корообдирочных барабанов зависит от размеров барабана и состояния древесины перед окоркой. Наиболь-

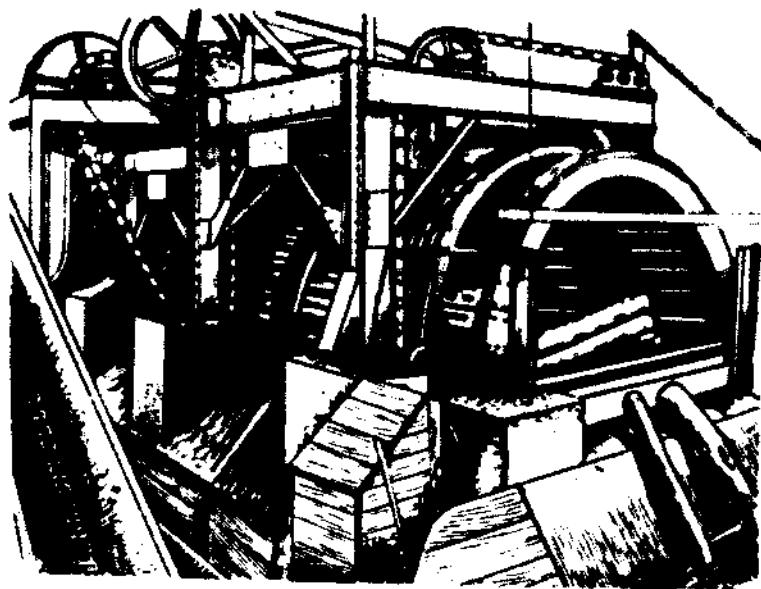


Рис. 26. Корообдирочный барабан

шая производительность достигается при работе на балансе, прошедшем длительный сплав по порожистым рекам. При сухом балансе жел.-дор. доставки производительность значительно снижается.

Наиболее распространены барабаны диаметром от 2,4 до 3,9 м и длиной от 9 до 14 м.

Подобные корообдирочные барабаны, установленные на Балахинском бумажном комбинате, при диаметре 3 м и длине 13,75 м. дают производительность 70—75 м³ в час при мощности мотора 150 л. с. (рис. 26).

Корообдирочные барабаны дают весьма незначительные потери древесины (1—2%), происходящие в результате размачивания торцов баланса.

¹ Кора после корообдирочных барабанов вследствие чрезмерной влажности не может быть непосредственно употреблена как топливо. Для удаления лишней воды кора подвергается отжиму на специальном прессе.

² Для доокорки отсортированного недостаточно окоренного бруса применяют так же мощные корообдирки.

Чистота окорки в барабанах значительно уступает таковой при сравнении с дисковыми корообдирками или ручной острожкой. Так как наряду с этим в размочаленные торцы баланса, в особенности при кучевом хранении, забивается грязь, у нас принято считать, что окорка в корообдирочных барабанах наиболее применима для мощных комбинатов, вырабатывающих низкие и средние сорта бумаг.

В последние годы в Швеции нашли применение барабаны для окорки длинных бревен. Они имеют слегка коническую форму (меньший диаметр 3 м, больший 3,5 м при длине до 35 м). Бревна

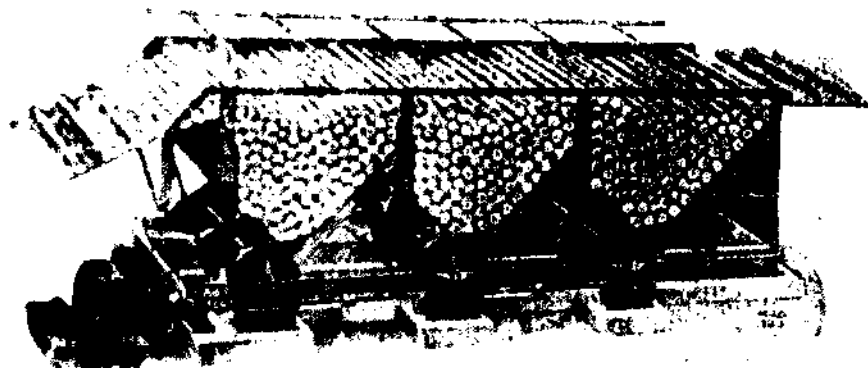


Рис. 27. Корообдирочная машина Торне.

правильно закладываются в барабаны (ось бревна совпадает с осью барабана) и размачивания торцов не происходит.

Применение окорочных барабанов для длинника дает возможность использовать преимущества штабельного хранения для окоренной древесины.

Окоренный баланс при хранении быстрее просыхает, уменьшается его смолистость,¹ и он значительно труднее поддается заражению гнилями и вредителями.

Вторым видом корообдирочных машин, работающих на принципе трения, являются корообдирки Торне (рис. 27).

Как видно из рисунка, корообдирка Торне состоит из трех карманов, внизу которых вращаются мощные кулаки, приводящие баланс в сотрясательное и одновременно в некоторое поступательное движение. Баланс непрерывно подается в первый карман и вываливается из третьего.

Подобные корообдирки отличаются отсутствием потерь (если не считать потерь при доокорке), но, вследствие весьма значительного

¹ Точнее приводит к снижению химического состава смолы, в результате чего последняя не вызывает больших затруднений в производстве.

расхода энергии, нашли применение, главным образом, в странах, пользующихся дорогим привозным балансом.

Дефибрирование

Истирание древесины, являющееся основной операцией в процессе изготовления древесной массы, производится на специальных машинах дефибрерах. Имеется ряд своеобразных конструкций дефибреров, но все работают на одном принципе, а именно древесина прижимается к вращающемуся камню, прошаемому водой.

Различие в конструкциях заключается, главным образом, в устройстве прижимного механизма.

Свойства камней, на которых производится истирание, имеют огромное значение в производстве древесной массы. Раньше в качестве дефибрерных камней применялись исключительно естественные песчаниковые камни. В специальных каменоломнях обтесывались каменные глыбы, которым придавалась нужная цилиндрическая форма. Состав естественных камней бывает различным, но в общем все песчаниковые камни состоят из кварцевых зерен, связанных между собой цементирующим веществом. Свойства камней зависят от величины и формы кварцевых зерен и количества и прочности цементирующего вещества.

По характеру зерен камни разделяются на крупно- и мелкозернистые. В процессе истирания волокна древесины как-бы заклиниваются между зернами и отрываются друг от друга. При применении мелкозернистого камня (чем мельче зерно, тем больше зерен приходится на единицу поверхности камня) будут отделяться более тонкие волокна; наоборот, камни с крупными зернами, имеющими острые грани, дают больше пучков и обрывков волокон, т. е. более грубую массу. Химический состав и количество цементирующего вещества определяет твердость камня.

Камни, содержащие меньшее количество цементирующего вещества, мягкие по составу, быстрее изнашиваются, обложаясь свежими слоями зерен; эти камни изнашиваются быстрее. Наоборот — большое количество твердого цементирующего вещества затрудняет вымывание зерен, вследствие чего замедляется изнашивание поверхности; такие камни называются твердыми. Если в составе цементирующего вещества преобладают глинистые породы, камни имеют красноватый или зеленоватый оттенок и обладают меньшей твердостью и прочностью и более низким удельным весом (1,9—2,3).

Камни, в составе цементирующего вещества которых преобладают соединения кремнезема, обычно имеют сероватый оттенок, обладают наибольшей прочностью и более высоким удельным весом (2,3—3,0).

В процессе истирания древесины, камень должен противостоять ряду механических усилий, поэтому механическая прочность камня может лимитировать повышение размеров и мощности дефибреров.

Вращаясь вокруг своей оси с большой окружной скоростью, камень должен противостоять развивающейся центробежной силе, стремящейся его разорвать. Под влиянием давления дерева на камень и трения о древесину, камень подвергается сжатию и

напряжению на скалывание. Кроме того, вследствие выделяющегося в результате трения большого количества тепла, камень должен быть достаточно стойким и в отношении температурных напряжений.

Применительно к существующим конструкциям дефибреров, для выработки древесной массы, у нас употребляются камни шириной от 500 до 1370 мм и диаметром от 1300 до 1500 мм.

Подобрать такой величины камень с равномерной зернистостью и удовлетворительными механическими свойствами не так легко, уже в старых конструкциях нельзя было увеличивать окружную скорость камня из-за недостаточного сопротивления естественных камней разрывающим усилиям.

В настоящее время все мощные дефибреры вырабатывают древесную массу на искусственных камнях. Искусственные камни изготавливаются следующим образом: кварцевые зерна тщательно сортируются по размерам просеиванием через сито и в строгой пропорции замешиваются с лучшим сортом порландского цемента.¹

Для большей механической прочности каркас камня делается из металлической арматуры. Внутренняя часть камня (ядро) заполняется связующим веществом приблизительно следующего состава: 1 1,5 части цемента, 2 части песка и 2 части гравия; рабочая же часть камня, толщиной 200 мм с поверхности, выполняется из абразивной смеси, состоящей из кварцевых зерен и 35—38% цемента.

Приготовленный таким образом камень до употребления должен затвердевать не менее полгода, что представляет некоторые затруднения в их производстве.

Искусственные камни отличаются однородностью и более высокими механическими качествами, что дает возможность работать на больших окружных скоростях и при более высоком давлении.

Срок службы камней зависит от их состава и условий их эксплуатации. На дефибрерах небольшой мощности камень служит около 6 мес.

На дефибрерах, работающих с большой окружной скоростью, обычный срок службы камней составляет 3—4 мес., причем камни не вполне удовлетворительного качества срабатываются еще быстрее.

За последние годы начали изготавливать искусственные камни из зерен карборунда на керамической связке. Более твердые зерна дают возможность применять и более прочное цементирующее вещество. В качестве последнего берут полевой шпат, сплавленный с глиной.

Процесс изготовления заключается в сплавлении в печах приготовленной смеси карборунда, глины и полевого шпата.

Спавленные цементирующим веществом зерна карборунда в виде отдельных сегментов набираются на металлический барабан, а промежутки между сегментами

¹ Производство искусственных камней за последние годы налажено у нас в СССР, а, как показала практика, качество этих камней не уступает зарубежным.

также изнашиваются расплавленными боббитами. Карборундовый камень служит до 5 лет при интенсивном производстве бумаги.

В настоящее время у нас в Советском Союзе имеются искусственные перманеновые камни конструкции, разработанные Научно-исследовательским институтом бумаги.

Камень собирается из отдельных сегментов, состоящих из вермикулитового карборунда, спаянного твердой перманеновой массой.

Каждый ряд сегментов скрепляется стальными вальцами, вставленными в специальные пазы сегментов, чем обеспечивается высокая механическая прочность камня. Шам между сегментами заполняется составом флюида с добавлением вермикулитового карборунда, обеспечивающим характер работы слоя и твердость швов такую же, как и самих сегментов.

Эксплуатация отечественных перманеновых камней (в частности на фабрике им Горького) подтверждает их высокую ценность.

Дефибрерный камень жестко укрепляется на стальном валу; укрепление камня на валу требует большой точности, так как

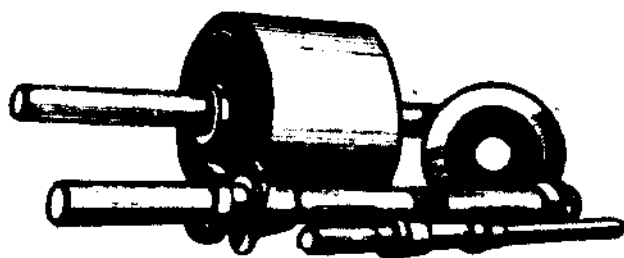


Рис. 28. Крепление камня на валу.

работать на неправильно центрированном камне не представляется возможным.

Наиболее совершенным видом крепления камня на валу в настоящее время является крепление по патенту Ненцеля (рис. 28).

Камень зажимается между двумя шайбами, имеющими правую и левую резьбу (поэтому при работе камень еще более зажимается).

Для того чтобы не было затруднений при снятии с вала отработанного камня, непосредственно на вал наворачивается не сама шайба, а лишь поднимающая ее втулка, заклиненная серпообразными клиньями, легко удаляемыми при развинчивании.

Применяющиеся в настоящее время дефибреры можно разбить на 3 типа: прессовые, магазинные и дефибреры непрерывного действия.

Дефибреры прессовые, хотя и являются типом наиболее старым, но все же благодаря простоте устройства и высокой стоимости, находят применение и в настоящее время, в особенности на малоомощных древесно-массовых заводах, использующих энергию небольших гидросиловых установок, обладающих непостоянной мощностью.

На рис. 29 изображен 4-прессовый гидравлический дефибрер. Камень 1, насаженный жестко на вал 2, приводится в движение от электромотора или другого двигателя. Камень заключен в чугунные сто-

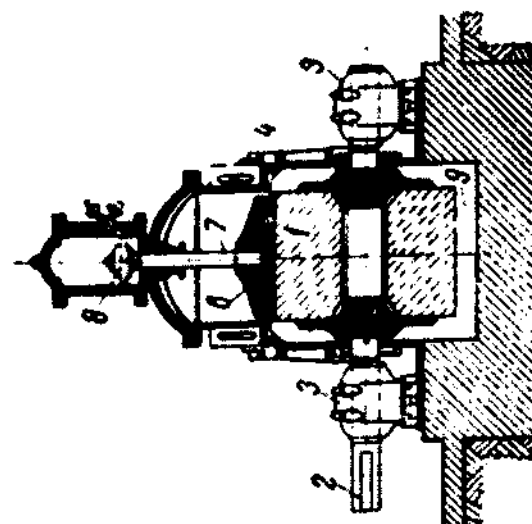
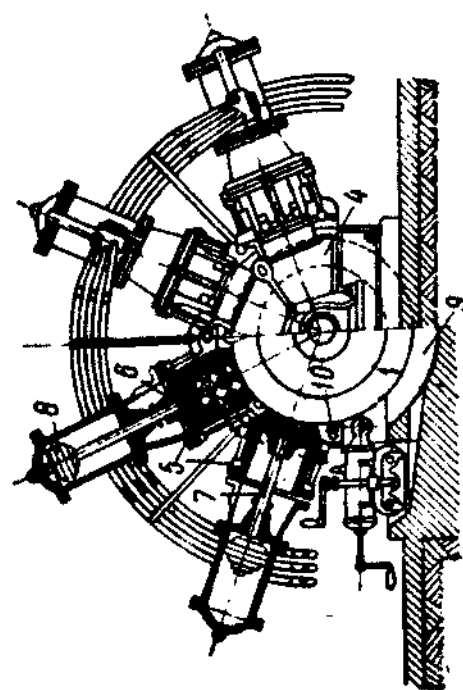


Рис. 29. Прессовый дефибрер.



плате 4, на который упрямлен ряд прессовых поршней 1. Внутри прессовых поршней ходит прессовая плита 6, соединенная штоком 7 с поршнем гидравлического цилиндра 8.

Нижней частью камня погружен в ванну 9, уровень массы в которой регулируется при помощи поршня.

Масса снимается с камня с помощью подающей воду 10. Гидравлический цилиндр снабжен трехходовым вентилем, при помощи которого можно направлять воду на поршень или под него. В первом случае поршень будет опускаться, а во втором поднимать прессовую плиту.

Для укладки древесины башмак (прессовая плита) поднимается в верхнее положение и между ним и камнем, через специальную дверцу укладываются, в правильном порядке, чураки. По окончании

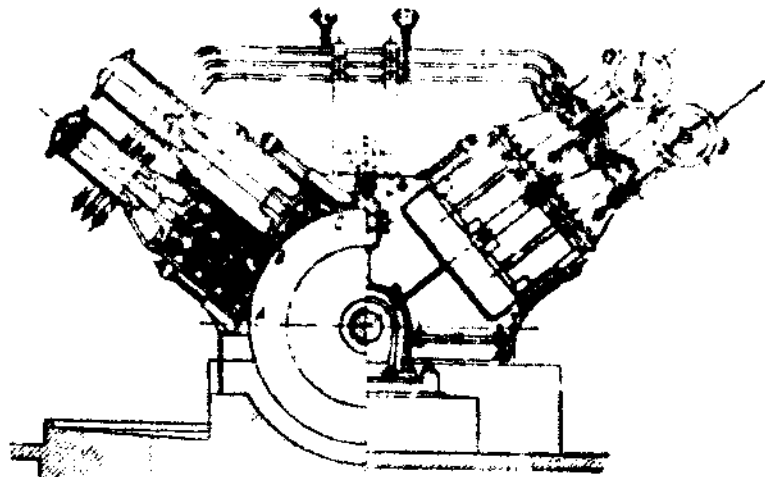


Рис. 30. Сдвоенный дефибрер

загрузки на поршень подается вода высокого давления 3—4 ат и древесина прижимается к камню до тех пор, пока башмак почти не дойдет до камня, в это время переключают воду под поршень, башмак поднимается и пресс вновь загружается. Гидравлические дефибреры строятся различных размеров, наиболее распространены дефибреры с 3—4 прессами, для баланса длиной 500, 675, 1000 и 1100 мм с производительностью от 1500 до 16 000 кг вод.-сухой массы в сутки и потребной мощностью от 120 до 1000 л. с.¹

Основными недостатками гидравлических дефибреров являются: неравномерная нагрузка на двигатель в результате периодичности работы отдельных прессов, и малая ширина истирающей поверхности камня под каждой прессовой коробкой (0,3—0,4 м).

¹ Подъем поршня происходит легко и быстро и, чтобы не расходовать для этой цели воду высокого давления, на большинстве заводов обратный ход поршня достигается применением воды низкого давления (1—2 ат).

² В приведенных цифрах меньше относится к трехпрессовому дефибреру длиной истираемого баланса 500 мм, больше к 4-прессовому дефибреру и длиной истираемого баланса 1100 мм, прочие дефибреры дают промежуточные цифры.

Выключение одного пресса на загрузку значительно изменяет нагрузку дефибрера (при 3 прессах на 33%), что отражается на работе двигателя и однородности получаемой массы.

Малая ширина истирающей поверхности (прессовой коробки) приводит к тому, что пучки волокон, оторвавшись от древесины,

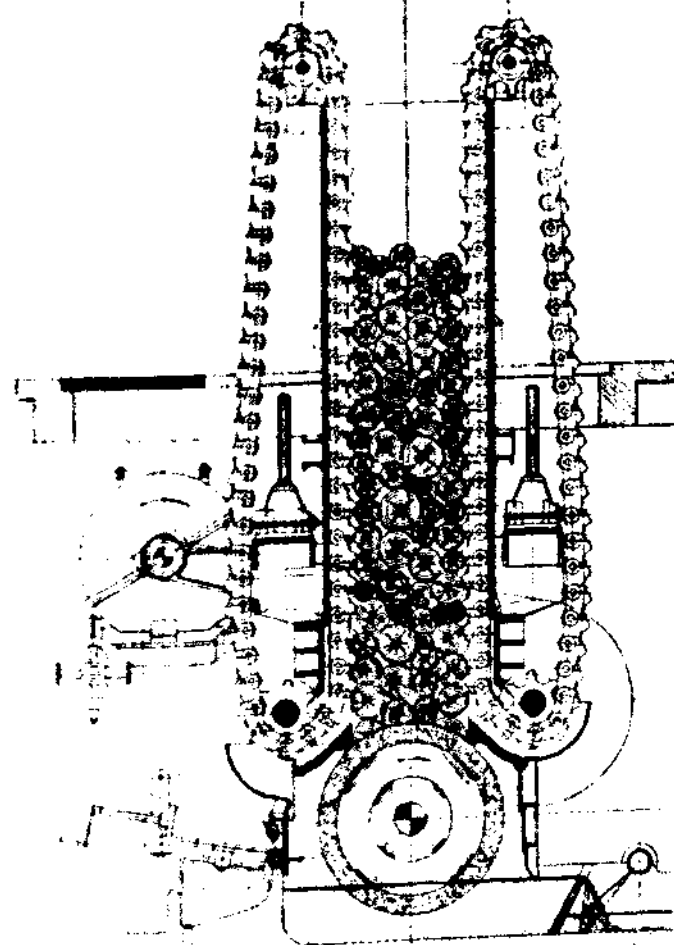


Рис. 31. Непрерывный дефибрер системы Фойта.

быстро удаляются из сферы воздействия давления и, недостаточно разработанными, уходят в ванну; это обстоятельство повышает процент грубой массы. Частично устраняет последний недостаток двойной прессовой дефибрер, выполненный фирмой Миаг, в котором устанавливается по два сдвоенных пресса, с шириной каждой половиной сдвоенного пресса 0,5 м (рис. 30).

Имея общую ширину истираемой поверхности до 1 м, указавшая конструкция частично использует преимущества вышеописанных дефибреров непрерывного действия.

Магазинные дефибреры, в конструкции которых было заложено стремление набежать периодичности работы, присущей прессовым дефибрерам, не нашли у нас распространения, так как в 1922 г. был введен в технику более совершенный аппарат—дефибрер непрерывного действия.

Из дефибреров непрерывного действия в Европейских странах¹ и СССР наиболее распространены дефибреры системы Фойта и Ненцеля.

Прижим древесины к камню в дефибрерах Фойта создается при помощи бесконечных цепей, звенья которых имеют выступающие приливы, захватывающие баланс (рис. 31).

Древесина непрерывно, по мере истирания, загружается в верхнюю открытую часть шахты (пространство между цепями).

Движение передается цепям от специальной турбины, через последнюю прогоняется масло под давлением².

Число оборотов турбины, следовательно и скорость движения цепей, прижимающих баланс к камню, зависят от количества подаваемого масла.

Регулирование хода цепей производится автоматически, посредством поворота клапана на маслопроводе, подводящем масло в турбину. Положение клапана зависит от нагрузки электромотора, вращающего камень.

В таблице 15 приведены некоторые размеры дефибреров системы Фойта.

Таблица 15

Наименование	Величины			
	I	III	V	VII ⁴
Длина баланса мм	500	1 100	1 200	2 200
Ширина шахты мм (расстояние между цепями)	1 000	1 000	1 000	1 100
Диаметр камня мм	1 500	1 500	1 500	1 700
Число об. мин. сред.	230	230	230	200
Ширина камня мм	—	1 250	1 370	2 350
Потребная мощность л.с.	500	1 000	1 200	2 200
Производительность вода, сух. масс и тонн в сутки	9—14	16—27	18—30	до 40

¹ У нас в Союзе имеются только два магазинных дефибрера, установленных на Окуловской бумажной фабрике. В Северных штатах Америки и Канаде имеется довольно большое количество заводов, оборудованных магазинными дефибрерами.

² В Америке распространены дефибреры системы Варрена, по своему устройству весьма близкие к дефибрерам Фойта.

³ Давление масла в трубопроводе составляет 5—6 ат и выше, в зависимости от сорта изготавливаемой массы. При установке одного насоса на два дефибрера давление достигает 12 ат.

⁴ Дефибрер VII размера, значительно меньший, у нас в Союзе не установлен.

В непрерывных дефибрерах системы Ненцеля прижим баланса осуществляется при помощи четырех полых стержней, диаметром 300 мм, установленных внутри шахты (рис. 32), стержни снабжены винтовой нарезкой и медленно вращаются вокруг своей оси (1,5 об. мин.). При вращении нарезки винтов стержней вдавливаются в прилегающие чурочки и продвигают их книзу. Давление передается соседним чурочком, и вся масса древесины, находящаяся в шахте, прижимается к камню.

Винтовые стержни приобретают вращение от масляного двигателя, вращение которого также зависит от количества нагнетаемого масла, в свою очередь регулируемого в зависимости от нагрузки двигателя (мотора), вращающего камень.

Размер шахты дефибрера Ненцеля может быть изменен, путем раздвижения стержней параллельно самим себе, что позволяет изменять ширину истирания.

Дефибреры Ненцеля, как и дефибреры Фойта, изготавливаются на истирание баланса длиной от 500 до 2000 мм с соответствующими размерами камня и потребляемой мощностью (таблица 15).

Дефибреры непрерывного действия обладают рядом существенных преимуществ по сравнению с прессовыми и быстро завоевали себе господствующее положение.

Древесная масса, по своему химическому составу, является почти неизменной древесиной. Наличие лигнина, легко подвергающегося окислению, придает древесной массе недостаточную химическую стойкость. Волокна древесной массы при хранении, в особенности на свету и в присутствии влаги, постепенно желтеют и теряют механическую прочность.

Указанное обстоятельство допускает широкое применение древесной массы только для выработки сортов бумаги, не требующей высокой прочности и не предназначенной для длительного хранения, имеющую, по возможности, невысокую стойкость.

Поскольку в процессе производства не происходит какого-либо химического воздействия, качество древесной массы зависит в основном от условий истирания.

В процессе истирания от древесины могут отделяться отдельные волокна, перетертые, расщепленные части волокон (малышот) и пучки волокон большей или меньшей величины.

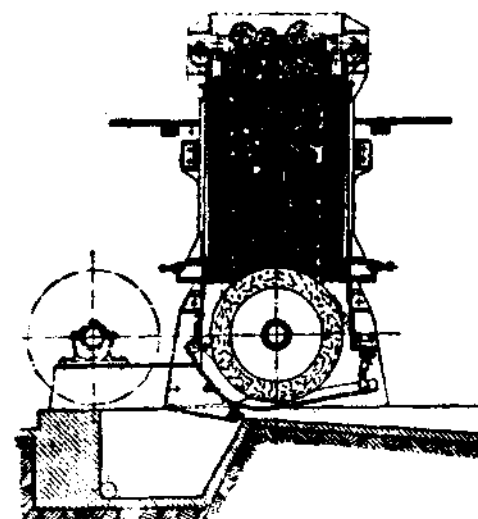


Рис. 32. Винтовой дефибрер

Соотношением этих групп волокон и характеризуется качество массы.

Масса, в которой преобладают тонкие, расщепленные по длине волокна, с расщепленными концами и относительно малым количеством пучков, называется тонкой массой, наоборот масса, в составе которой находится много пучков волокон и мало тонко-расщепленных, называется грубой древесной массой. Масса грубая дает рыхлые отливки на сетке, легко пропускающие воду; наоборот, масса, состоящая из некоторого количества крупных волокон и большого количества тонких и мелкотофа, образует при удалении воды на сетке плотный трудно пропускающий воду слой.

На принципе пропускаемости воды основан аппарат Шонпер-Риглера, определяющий жирность массы.

Масса, дающая наиболее плотные отливки, называется жирной, легко пропускающая воду — тощей или садкой.

Так как иногда древесная масса различного структурного состава может обладать одинаковой жирностью, в настоящее время производят кроме определения жирности, определение качества древесной массы, разделением волокон на три группы: крупное, среднее и мелкое (мелкотоф), с последующим вычислением их соотношения.

При производстве древесной массы, основной задачей является получение массы требуемого качества при наиболее эффективном использовании оборудования с наименьшими производственными затратами.

Качество массы, производительность дефибрера и расход энергии на единицу выработанной продукции являются наиболее существенными показателями, характеризующими как работу дефибрера, так и работу завода в целом.

Работа дефибрера зависит от ряда факторов, важнейшими из которых будут: состояние поверхности камня, давление дерева на камень, ширина истирающей поверхности, окружная скорость камня, качество дерева и температура дефибрирования.

Ранее уже было указано, что мелкозернистый камень дает более тонкую, а крупно-зернистый — более грубую массу.

Крупно-зернистый камень обладает более высокой производительностью при меньшей удельной затрате энергии. Дефибрерные камни как естественные, так и искусственные изготавливаются определенных марок, в зависимости от размера и характера зерен.

Камни определенных марок выбираются соответственно сорту вырабатываемой массы. В процессе дефибрирования зерна камня частично снашиваются и выкрашиваются. Камни твердые снашиваются медленнее, но поверхность их зашлифовывается быстрее.

Для поддержания зерен в обнаженном состоянии камень подвергается ковке, заключающейся в нанесении на камень насечки.

Острота и форма насечки играют большую роль. Насечка более острая дает большую производительность при меньшем удельном расходе энергии, но масса получается грубее, чем при более тупой насечке.

Насечка может наноситься или в виде желобков или углублений в виде точек. Основное различие разных насечек заключается в количестве углублений на единице площади поверхности камня и в направлении этих углублений.

Насечка более частая дает тонкую массу, но влечет за собой повышение удельного расхода энергии и снижает производительность.

Нанесение на камень насечки производится при помощи специального аппарата, работающей частью которого служит стальной цилиндрический ролик с насеченной поверхностью (шарошка).

Ролик прижимается к вращающемуся камню и передвигается по его ширине, оставляя на камне углубления, формой и размером соответствующие выступам ролика. Выбор шарошки также должен быть произведен согласно вырабатываемому сорту массы.

Давление дерева на камень, точнее — удельное давление¹ имеет большое значение при получении древесной массы.

Повышение удельного давления ведет к увеличению производительности дефибрера и уменьшению удельного расхода энергии, но масса с увеличением давления получается грубее.

Увеличение размеров истирающей поверхности, в особенности ее ширины (по пути вращения камня) значительно повышает жирность массы, так как отдельные волокна и пучки волокон, отложившиеся на поверхности камня, находятся больший период времени под давлением последующих чуряков, а поэтому масса получается более тонкая.

Производительность дефибрера увеличивается пропорционально увеличению окружной скорости, без заметного ухудшения качества вырабатываемой массы.

Однако, увеличение окружной скорости лимитируется прочностью камня на разрыв. Скорость не должна превышать 12—14 м/сек. при естественных и 20 м/сек. при хороших искусственных бетонных камнях.

Качество древесной массы зависит от древесины, из которой она вырабатывается. Ранее уже было указано о применяемых породах. Как показала практика, удельный расход энергии значительно ниже при работе на свежесрубленном дереве, по сравнению с выдержанным.

В особенности желательна работа на свежесрубленной древесине при лиственных породах, при которых кроме снижения расхода энергии значительно повышается производительность, а масса отличается высокой белизной.

¹ Наиболее распространены ролики со спиральной и шпообразной поверхностью. Шарошки имеют определенный номер, показывающий в спиральной шарошке число зубьев, а в шпообразной — число рядов зубьев, приходящихся на длину до длины окружности ролика. Кроме № шарошки характеризует шаг, показывающий угол наклона зуба. Обычно на гидравлических дефибрерах применяются для грубой массы 8—9, средней 10—11 и тонкой 13—14 номера при непрерывных дефибрерах соответственно 6, 8—9, 10—12.

² Под удельным давлением подразумевается величина давления дерева на см² истирающей поверхности.

Ель лучше применять выдержанную, так как наличие в свежесрубленной древесине мягкой и клейкой смолы приводит к зашлакованию поверхности камня, влекущему за собой скопление его и понижение производительности, кроме того, клейкая смола вызывает ряд затруднений в отделе очистки древесной массы и на бумажных машинах.

Древесина, содержащая большое количество сучков, резко повышает расход энергии и снижает производительность дефибрера.

Древесина сухая дает повышенное содержание щепы и увеличивает расход энергии.

Температура дефибрирования имеет прямое влияние на качество массы и, как это будет указано ниже, косвенным путем повышение температуры дефибрирования ведет к снижению расхода энергии и повышению производительности.

При повышении температуры древесина несколько размягчается, а связь между волокнами несколько ослабевает, поэтому при прочих равных условиях при горячем дефибрировании получается масса с более тонкими и длинными волокнами при меньшем количестве грубых пучков.

Приведенные основные факторы дефибрирования со всей наглядностью показывают преимущества непрерывных дефибреров.

Действительно непрерывные дефибры, работающие с более или менее постоянной нагрузкой, дают массу более однородную, чем дефибры прессовые. Широкая истирающая поверхность, заключенная под шахтой, позволяет применять при непрерывных дефибрах более острую насечку, камень с более крупным зерном и большее удельное давление¹ без ухудшения качества массы.

Все эти перечисленные факторы, как это было указано, приводят к общему снижению удельного расхода энергии и повышению производительности.

Более высокое давление и сосредоточенное положение древесины (в шахте, в особенности у камня, древесина лежит значительно плотнее, чем в прессовых коробках) облегчает получение высокой температуры при дефибрировании, а непрерывность процесса дает возможность держать ее постоянной.

Температура дефибрирования регулируется количеством подаваемой на сырьевую массу воды. По данным Кирхнера, половина энергии, расходуемой на дефибрера, переходит в тепло. Спрысковая вода охлаждает камень и уменьшение ее количества ведет к повышению температуры.

Однако, количество spryskivoy воды должно быть достаточным, чтобы все волокно успевало сниматься с поверхности камня. При горячем дефибрировании на сырьевую массу дефибрера подается не свежая, а более теплая оборотная вода (см. ниже).

Ограниченное количество воды в целях достижения более высокой температуры дефибрирования (110—115° в зоне дефибрирования или соответственно 68—72° в ванне дефибрера) все же отражается на качестве массы и создает необходимость тщательного наблюдения за камнем из-за возможности местным перегревом его и подгорания древесины.

¹ Непрерывные дефибры работают при удельном давлении 1,3 кг/см², в то время, как прессовые 0,5—0,85 кг/см². Шаровые для одного сорта массы могут применяться на непрерывном дефибре на 1—2 сорта выше.

В последнее время на некоторых заводах применяют «жидкое» горячее дефибрирование, заключающееся в том, что повышение температуры дефибрирования достигается не уменьшением количества spryskivoy воды, а созданием таких условий, чтобы оборотная вода, поступающая на сырьевую, сохраняла более высокую температуру.

Очистка и обезвоживание древесной массы

Масса, полученная на дефибрере, еще не является однородным продуктом, годным для выработки бумаги. Наряду с волокнами нормального размера в массе находится некоторое количество

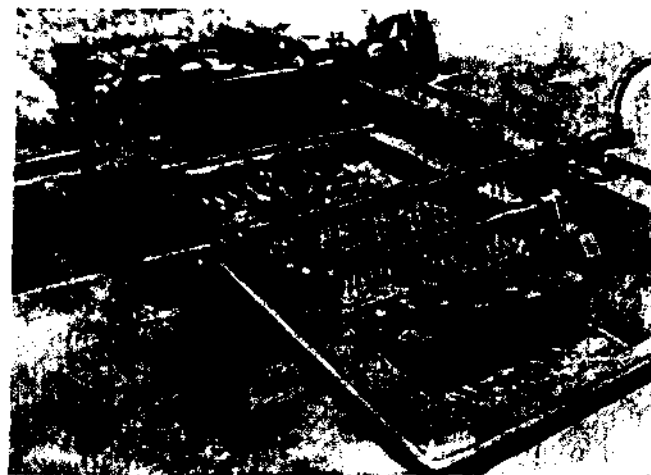


Рис. 33. Плоская щепколовка.

крупных щепок и осколков древесины, а также ряд пучков волокон, которые можно использовать только после дополнительного размола. Сортирование массы производится в два приема: грубое или предварительное на щепколовках и тонкое — на сортировках.

Простейшая щепколовка представляет собою коробку с дырчатым дном.

С одной стороны коробка подвешена на упругих пластинах, а с другой — соединена с эксцентриком вращающегося вала, благодаря чему непрерывно находится в сотрясении (180—200 колебаний в минуту).

Размер отверстий щепколовки (диаметр) 5—9 мм. Масса, выходящая из ванны дефибрера, имеет концентрацию 2—5% волокон. При такой концентрации отверстия щепколовки быстро забивались бы волокнами, поэтому, сразу же по выходе из ванны, масса разбавляется до концентрации 0,5—0,7% (1 часть волокна на 150—200 частей воды) и с такой концентрацией направляется в коробку щепколовки. Вода с волокном проходит сквозь отверстия и отводится к насосу, перекачивающему массу в отдел тонкого сортирования.

щепы же остается на сите и периодически выгребаются граблями (рис. 33).

Количество щепы при нормальной работе не превышает 4 % от истертой древесины. Щепколовка с размером сита 1400—1800 мм может пропустить в сутки 16—18 т древесной массы при незначительном расходе энергии (потребная мощность 1,5—2 л. с.).

Крупные древесно-массовые заводы ставят весьма распространенные многопальные щепколовки. Сита таких щепколовок имеют корытообразную (полукруглую) форму. Щепколовки отличаются большой пропускной способностью (до 80 т) и снабжены приспособлениями для автоматического выгреба щепы.

Щепу возможно возвращать в шланг дефибрера для вторичной переработки.

Некоторые заводы применяют для грубого сортирования описанные ниже (см. главу «Сульфитная целлюлоза») сучколовители Хауга, а также другие системы щепколовок.

Задачей тонкого сортирования является отделение от массы грубых пучков волокон.

На современных заводах для тонкого сортирования применяют горизонтальные центробежные сортировки, из которых наиболее распространены сортировки системы Фойта, Берда и Аппью.

Устройство сортировки Фойта состоит в следующем: в цилиндр, ароческом сплошном кожухе укреп-

лен второй сетчатый кожух, а по оси последнего проходит вал, несущий лопастную крыльчатку (направление лопастей образует с осью вала небольшой угол (рис. 34)).

Вал вращается со скоростью 150—250 об/мин. Масса, поступающая в сортировку с одного конца барабана, под действием крыльчатки с большой скоростью и силой проталкивается через отверстия сетчатого барабана (кожуха) и стекает в лок (под барабан). Глубокие волокна, не прошедшие сквозь отверстия, продвигаются по лопастям крыльчатки к противоположному концу барабана и удаляются через боковой желоб. Так как вода удаляется быстрее чем волокно, чтобы масса чрезмерно не густела, внутрь сортировки (примерно к середине) подводится вода. Для правильного сортирования требуется разбавление массы до концентрации 0,30—0,33 % (1:300—1:330).

При более густой массе увеличивается количество хорошего волокна, увлеченного грубой массой в отход, и забивается сортировка; чрезмерное разбавление приводит к повышению расхода энергии (на проталкивание через сито воды).

Размер отверстий сита колеблется от 1,2 до 1,8 мм, в зависимости от сорта массы и условий сортирования.

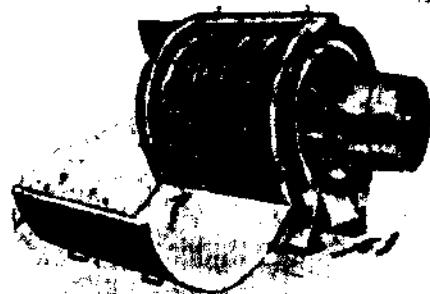


Рис. 34. Сортировка Фойта.

Производительность сортировок Фойта (большой величины), составляет 20—25 т в сутки при потребной мощности 25—30 л. с.

В американской центробежной сортировке Берда отсутствует крыльчатка и центробежная сила создается вращением самого сетчатого барабана.

Для обеспечения правильной работы сортировки, она все время должна быть целиком заполнена массой, что достигается подачей

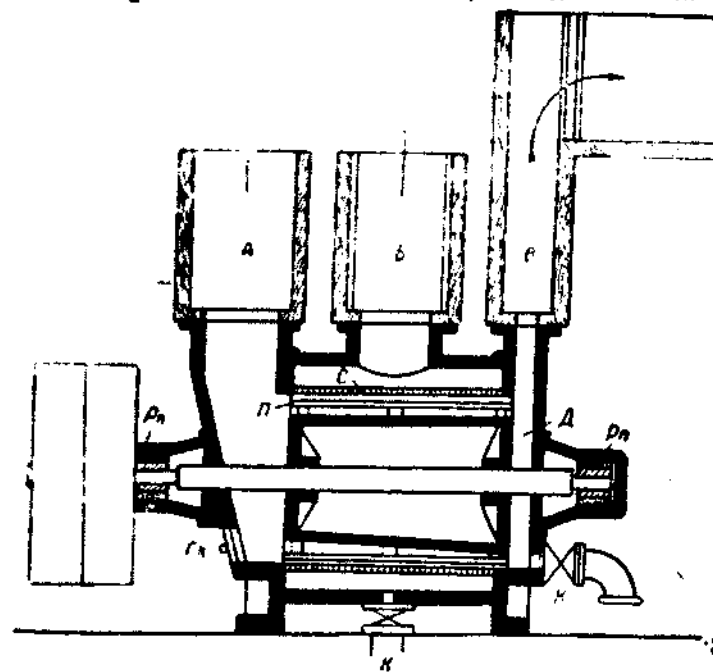


Рис. 35. Сортировка Аппью.

А—впуск массы; Б—выход тонкого волокна; В—выход грубого волокна; С—сетка; Д—барабан; П—лопасти; Р_а—роликовые подшипники; К—отверстие для чистки; К'—клапан для спуска массы при остановке сортировки.

последней под некоторым напором из ящика, установленного выше сортировки, и отводом отсортированной массы в приемный ящик, устанавливаемый также выше сортировки.

В данном случае масса продавливается через отверстия сита более плавно, благодаря чему для одного и того же сорта массы в сортировках Берда можно допустить увеличение размера отверстий, повышающее производительность при уменьшении удельного расхода энергии.

Наиболее современной в настоящее время является сортировка Аппью (рис. 35).

Сортировка Берда и сортировка Аппью во время работы находятся под наливом (масса поступает под напором). Как и в сор-

тировке Фойта, масса в сортировке Аппью прогоняется через неподвижный сетчатый барабан, но продвижение массы достигается не крыльчаткой, а вращением слегка конического барабана с приклепанными к нему узкими планками.

Сортировка Аппью пропускает 60 т массы при потребной мощности 25—30 кв.

Масса, прошедшая отверстия сит в сортировках, при концентрации 1,350—1,400, направляется на стущение, а грубое волокно, составляющее от всей массы 4—6% при непрерывных и 12—18% при дефибрерах прессовых, направляется для дополнительного размола на рафинер.

Как бы тщательно не производилось сортирование, вместе с грубой массой выделяется некоторое количество тонкого волокна, которое в процессе рафинирования будет укорачиваться, т. е. переходить в менее ценный материал. В целях

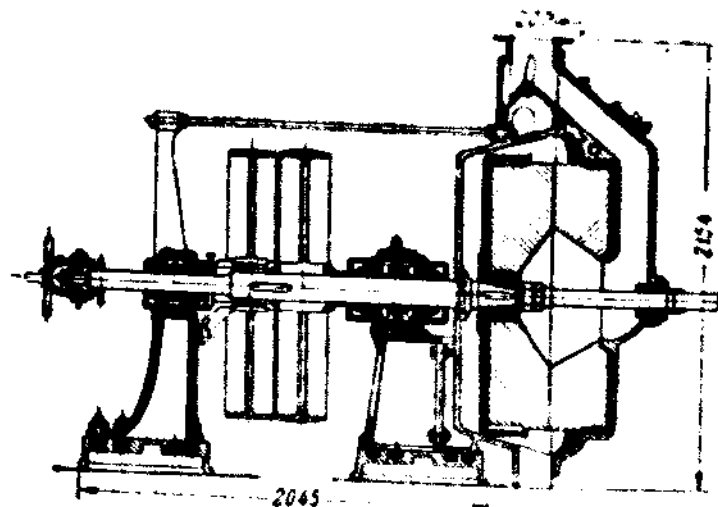


Рис. 36. Рафинер.

уменьшения отхода тонкого волокна с грубой массой на большинстве заводов введено двойное сортирование.

На сортировке первой ступени умышленно ведется сортирование с увеличенным отходом тонкой массы, но потом грубой массой, прежде чем попасть на рафинер, пропускается еще раз через сортировку (вторая ступень).

Со второй ступени тонкое волокно присоединяется к массе от первого сортирования, а грубое направляется на рафинер. Двойное сортирование не только значительно уменьшило количество тонкого волокна в рафинерной массе, но дало повышение производительности и уменьшение расхода энергии на сортирование в целом, так как введение второй ступени дало возможность увеличить размер отверстий в ситах первой ступени.

Обычно одна вторичная сортировка обслуживает 4—5 первичных.

Работающей частью рафинера являются два камня; один неподвижный, другой вращающийся. Камни соприкасаются друг с другом торцевой поверхностью, снабженной насечкой. Насечка выполняется в виде изогнутых желобков треугольной формы, глубоких

и узких у центра камней, переходящих в мелкие, но более широкие у наружного края камней (рис. 36).

Масса вводится внутрь рафинера через отверстие в центре неподвижного камня и растирается между камнями.

Проклинь между камнями регулируется передвижением подпятника у вала вращающегося камня. Камни выполняются из твердой базальтовой лаавы и служат до 3 лет. Насечку подновлять приходится раз в 2—3 месяца. Обслуживание рафинера сводится к наблюдению, чтобы он не перегружался и не работал вхолостую. Рафинеры изготавливаются с диаметром камня от 700 до 1500 мм, производительностью от 0,5 до 4 т массы в сутки при потребной мощности от 15 до 100 л. с. Масса, прошедшая рафинер, направляется вновь на сортировку.

В последнее время принято считать, что масса, прошедшая рафинер как менее доброкачественная, должна выводиться из общего

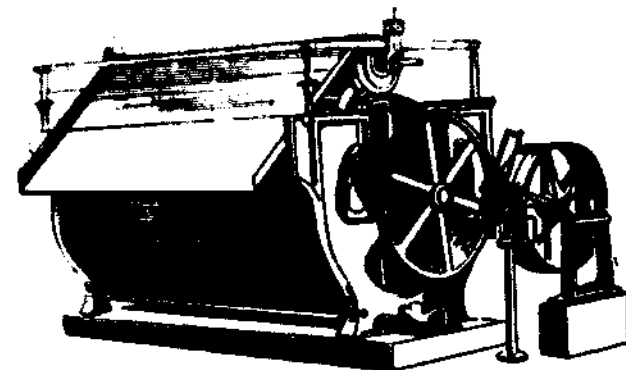


Рис. 37. Стустиль.

потока (для сортирования ее выделяется третья ступень) и употребляется на выработку более низких сортов бумаги (например оберточная).

Однако, ряд работников и в настоящее время считает, что рафинерная масса, при направлении ее в общий поток, не снижает качества, если соответствующим образом вести рафинирование.

Для грубых сортов древесной массы рафинерную массу можно размалывать на аппаратах-клаффинах, по своему устройству похожих на мельницу Жордана (см. стр. 227).

На древесно-массных заводах, находящихся в системе комбинатов, древесная масса передается на бумажную фабрику в «жидком» виде, при этом массу, полученную после сортировок, достаточно довести до концентрации 4—6%. Такая концентрация достигается на стущителях. Устройство стущителя несложное (рис. 37). В чугунной ванне вращается сетчатый цилиндр, состоящий из каркаса, обтянутого двумя рядами сеток. Первая, более грубая, сетка служит для поддержания наружной сетки с весьма малыми отверстиями (сетка № 70).

Открытые торцы цилиндра плотно прилегают к боковым стенкам ванны (зазор между ними уплотняется сукном или ремнем).

Подлежащая сгущению масса поступает в ванну, вода проходит внутрь цилиндра и отводится через его торцовую часть, сгущенное же волокно снимается с поверхности цилиндра прижимным валиком, а с последнего — шабером и сваливается в бассейн.

Производительность сгустителя определяется его поверхностью и условиями работы: 1 м² поверхности (цилиндра) сгущает около 650—750 кг массы в сутки. Сгустители с диаметром цилиндра 1000—1250 мм и длиной 1600—2000 мм обладают производительностью от 3 (для меньшего размера) до 10 т в сутки.

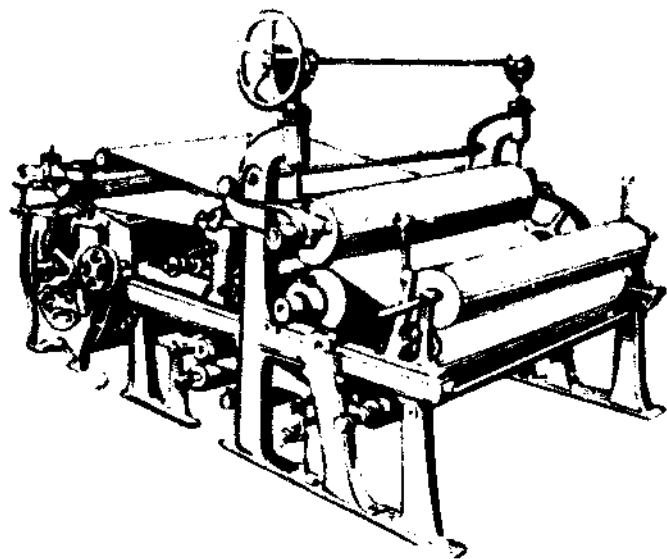


Рис. 38. Папочная машина

На производительность сгустителя значительно влияет неравномерность концентрации волокна в ванне.

В настоящее время для выравнивания концентрации массы применяют принудительную циркуляцию массы в ванне сгустителя при помощи насоса. Производительность сгустителей с принудительной циркуляцией при тех же размерах выше в два раза и более, чем при обычных.

Вода, уходящая от сгустителей, содержит в себе некоторое количество волокна.

¹ Производительность сгустителя зависит от степени разбавления поступающей массы и ее конечной концентрации, числа оборотов барабана и от гидростатического напора, получаемого вследствие разности уровней массы в ванне сгустителя и порога торцовой части, через который отводится удаленная вода.

Во избежание потерь волокна вода эта (называемая оборотной) не направляется в сток, а используется для разбавления массы перед щепколовкой на сортировках и на sprays дефибреров (при горячем дефибрировании).

Применение оборотной воды не только сохраняет волокно, но и уменьшает расход свежей воды.

При отсутствии возможности использовать массу в „жидком“ виде, последняя требует более значительного обезвоживания, достигаемого на папочной машине или на шнек-прессах. Папочная машина также имеет сгустительный цилиндр, но масса снимается с него не шабером, а бесконечным сукном, огибающим приемный валик (рис. 38).

Снятая масса непрерывным тонким слоем проводится на сукне между двумя падами, отжимающими массу до сухости 30—33%. После прессов сукно, пройдя сукномойку и ряд направляющих валиков, возвращается к приемному валику сгустительного цилиндра, а слой древесной массы наматывается на верхний, так называемый форматный, вал, с которого периодически снимаются более толстые пласты ее или папка.

При транспортировке на сторону, масса, полученная на папочной машине, обезвоживается до сухости 50%, отжатая на гидравлических прессах.

В случае надобности древесная масса высушивается теплым воздухом до воздушно-сухого состояния (сухость 88%).

Производство бурой древесной массы

Изготовление бурой древесной массы заключается в том, что древесина, прежде чем подвергнуться истиранию, пропаривается от 6 до 12 часов в специальных котлах, при давлении пара до 6 ат.

Под влиянием высокой температуры связь между волокнами значительно ослабевает, и масса при истирании получается с более длинными волокнами.

Однако, вследствие разрушения некоторых содержащихся в древесине органических веществ, волокно приобретает темный цвет, что ограничивает применение бурой древесной массы. Чем длительнее ведется пропаривание, тем темнее получается волокно, но и тем более ослабляется связь между волокнами.

Процесс изготовления бурой древесной массы не отличается от такового для белой.

Камни¹ и шарошки выбирают более грубые, размер отверстий в щепколовках и сортировках увеличен.

¹ Срок службы обычных камней при производстве бурой древесной массы резко понижается, так как на износ поверхности влияет разъедающее действие кислот.

В этом отношении хорошо зарекомендовали себя норвежские камни Норрона, применяемые в качестве связующего вещества кислотостойкий цемент.

ПРОИЗВОДСТВО СУЛЬФИТНОЙ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

В результате получения органических кислот при пропаривании, масса приобретает кислую реакцию, и металлические части машины соприкасающиеся с массой, защищаются медными оболочками.

Бурая древесная масса употребляется для выработки желтой оберточной бумаги и прочих сортов картона.

В отличие от белой древесной массы, для бурой можно употреблять сосну, так как в результате пропаривания смола частично разрушается и экстрагируется.

Общие замечания

В древесно-массном производстве основные статьи расхода складываются на расхода древесины и энергии (стоимость их достигает 75—90 % стоимости готового продукта). На изготовление 1 т древесной массы, в пересчете на воздушно-сухой вес (влажность 12 %) требуется затратить около 3,3—3,4 складочных м³ бальса (или в переводе на плотную меру 2,3—2,35 м³) при коэффициенте укладки 0,72).

Расход энергии, как об этом уже говорилось ранее, зависит от сорта древесной массы и конструкции дефибрера, для обычной белой древесной массы среднего качества расход энергии на все производство составляет около 1000—1050 кат-час при непрерывном, и 1200 кат-час, при прессовом дефибрере. Для более тонких сортов расход энергии увеличивается, а грубых — уменьшается.

Расход свежей воды при надлежащем использовании воды оборотной составляет около 40—50 м³ (также на 1 т древесной массы).

Бурая древесная масса требует большей затраты древесины (3,6—3,8 м³) при меньшем расходе энергии.

Список основной использованной и рекомендуемой литературы

1. А. Малиновский — Производство древесной массы, ГАТИ, 1933 г.
2. П. Ф. Ниссен — Производство древесной массы, ГАТИ, 1936 г.
3. К. Гофман — Древесно-массное производство (перевод с немецкого), ГНТИ, 1931 г.
4. Ф. Миллер — Производство бумаги и его оборудование, т. I, ч. I.
5. Производство полуфабрикатов и бумаги (Америк. энциклопедия), т. I, ч. III, НТС Бумпром, 1929 г.
6. Г. М. Жарилки — Производство и эксплуатация искусственных дефибрерных камней, ГАТИ, 1935 г. «Дефибрерные камни».
7. Материалы Лен. Обл. НИТО Бумажи, вып. IV, статья — Типизация дефибреров.
8. Журнал — Бумажная промышленность, № 12 за 1929 г.
9. С. А. Фотиев — Технологии бумаги, т. IV, ГАТИ, 1937 г.

Производство сульфитной целлюлозы, возникшее около 60 лет назад, занимает одно из важнейших мест в химической технологии дерева.

В настоящее время сульфитная целлюлоза является не только основным видом высококачественного волокнистого полуфабриката для бумажного производства, но служит полуфабрикатом и для ряда развивающихся новых отраслей химической технологии: производства искусственного шёлка, нитроцеллюлозы, других эфиров целлюлозы, применяемых для получения лаков и пленок, пластических масс и прочих обогащенных продуктов.

Совершенствование технологического процесса получения сульфитной целлюлозы, все возрастающая область применения ее и обширные сырьевые ресурсы нашего Союза создают хорошие условия для дальнейшего развития этой отрасли промышленности. Использование органической части отходящих сульфитных щелоков, путем переработки их на полезные продукты (этиловый спирт, дубильные и клеевые экстракты, кормовые дрожжи, пеки и т. п.), хотя и не разрешает полностью вопроса об использовании удаленных из древесины лигнина и инкрустов, но представляет все же некоторые достижения на пути разрешения этой важной народнохозяйственной задачи.

В предыдущих главах уже было указано, что делигнификация древесины с целью получения целлюлозы при сульфитном способе достигается путем варки ее с сернистой кислотой, содержащей некоторое количество кислых, сернистокислых солей кальция или магния. В технике получения целлюлозы осуществляется по следующей схеме: окоренная древесина измельчается на щепу примерно одинаковых размеров, загружается в варочный котел и варится под давлением с кислотой, приготовленной в кислотном отделе. В результате варки инкрустирующие вещества растворяются в варочной жидкости; отработанные щелоки направляются на переработку для получения тех или иных продуктов, а волокнистая масса целлюлозы, после предварительной промывки, подвергается очистке, сортированию и обезвоживанию и, в случае необходимости, отливается и сушится в виде папки. При необходимости получить продукт высокой белизны или химической чистоты, отсортированная целлюлоза подвергается дополнительной химической обработке — отбелке.

Указанные операции выполняются в специально оборудованных цехах и отделах сульфит-целлюлозного завода.

Древесный отдел

Для производства сульфитной целлюлозы в основном применяются те же породы, что и для выработки древесной массы. Ценность той или иной породы определяется не только размерами волокна, но и химическим составом древесины, обуславливающим выход целлюлозы и возможность варки ее сульфитным способом. В настоящее время сульфитным способом не могут быть переработаны породы, имеющие высокое содержание смолы, так как последняя не поддается воздействию варочной кислоты и препятствует пропитыванию кислоты щепы.¹ По этой причине для выработки сульфитной целлюлозы в Европейских странах основной применяемой породой является ель и частично пихта. Из лиственных пород сульфитным способом вырабатывается весьма незначительное количество целлюлозы, так как по характеру волокна из нее не может быть получена достаточно прочная бумага. Наибольшее применение из лиственных пород находят осина и быстрорастущий тополь. (В композициях бумаг встречается целлюлоза и из других пород: береза, каштановое дерево, ольха и др.).

В главе о физических и химических свойствах древесины уже было указано о влиянии условий произрастания и фаутов на химический состав и свойства древесины. Для целлюлозного производства как в отношении размеров волокна (отношение длины к толщине), так и с точки зрения химического состава (содержание целлюлозы и лигнина), наиболее ценна осенняя древесина. При нормальных условиях произрастания древесина узкослойная предпочтительнее широкослойной,² она содержит больше осенней древесины и имеет выше удельный вес, что обеспечивает и более высокий выход целлюлозы.

Целлюлозу предпочтительнее варить из вполне здоровой древесины, однако, далеко не все распространенные фауты в одинаковой степени снижают качество баланса. Наиболее вредными пороками являются те, которые ведут к нарушению прочности стенок волокна и загрязнению древесины, повышающему сорность целлюлозы. Довольно распространенным пороком северного баланса является крень (неравномерное развитие годичных колец с эксцентрично расположенной сердцевинной). Кренивая часть древесины

¹ В ряде стран, в связи с истощением сырьевой базы ведутся работы над разрешением вопроса получения сульфитной целлюлозы из древесины, богатой смолой, в частности — из сосновой древесины. За последние годы предложен ряд способов варки смолистых пород (способ Швальбе, Серджануса, Бергштрёма), однако рентабельность их сомнительна и широкого применения в заводском масштабе они не нашли.

² Целлюлоза из лиственных пород применяется, главным образом, в качестве наполнителя в высоко сорта печатных бумаг и некоторые другие сорта для придания бумаге специальных свойств (пухлость, мягкость, эластичность), однако, для этой цели особенно ценна натронная целлюлоза.

³ У нас ель произрастает главным образом в северных и северо-восточных районах Союза, климатические условия которых благоприятствуют высокому содержанию осенней древесины.

имеет менее ценные волокна (широкие, короткие) с повышенным содержанием лигнина. Благодаря чрезмерной плотности, пропитка ее варочной кислотой происходит плохо, и пораженная древесина дает значительно меньший выход целлюлозы и большой процент непровара.

Сучковатость баланса не отражается непосредственно на качестве целлюлозы, но является нежелательной, так как сучки, обладая повышенной плотностью и смолистостью, не развариваются и увеличивают отход, понижая выход целлюлозы I сорта. Большое количество сучков ведет также к увеличению расхода энергии и быстрому затуплению ножей при рубке баланса.

Синевя, вызываемая развитием грибка *Ceratostomella pilifera*, не оказывает заметного влияния на качество получаемой целлюлозы. Древесина, пораженная красниной, образующейся под действием грибка *Trametes pini*, допустима для варки лишь в период первой стадии гнили; с развитием болезни происходит разрушение древесины.

Следует набегать применения баланса, пораженного гнилью, вызванной деятельностью насекомых. Такая древесина дает меньший выход целлюлозы, а иногда ухудшает ее цвет и увеличивает сорность.¹

Влажность древесины имеет большое значение при варке целлюлозы. Древесина, обладающая высокой влажностью, медленнее пропитывается варочной кислотой и производит нежелательное ее разбавление, замедляющее процесс варки. Помимо умеренной абсолютной влажности (20—30%) для получения однородной целлюлозы необходимо иметь щепу однородную по содержанию влаги. Невысокая и более равномерная влажность легче достигается при штабельном хранении древесины, в особенности при хранении окоренного или частично окоренного баланса, поэтому американский метод хранения применяется лишь на заводах, находящихся в системе комбинатов, вырабатывающих бумагу с высоким содержанием древесной массы. Для просыхания окоренного баланса требуется 2—3-летних месяца. баланс же в коре просыхает значительно медленнее и доходит до воздушно-сухого состояния (влажность 20—25%) лишь в летние месяцы второго года хранения. Это обстоятельство делает ценной установку окорочных барабанов для длинника непосредственно после выгрузки бревен из воды.

Существенное значение имеет и изменение состава смолы, происходящее в процессе сушки древесины, поэтому наилучшим для сульфит-целлюлозного производства является выдержанный баланс, что обеспечивается наличием на бирже к концу выгрузочного сезона годового запаса древесины.

Окорка древесины имеет первостепенное значение для качества получаемой целлюлозы. Кора не теряет своей темной окраски

¹ Подробно о фаутах см. С. И. В а з н а. Древесноеводство, изд. 1934 г.

² Кемский целлюлозно-бумажный комбинат, рассчитанный на высокую производительность и целлюлозного и древесно-массового заводов, имеет биржу кучевого хранения для древесно-массового завода и штабельного для целлюлозного.

в процессе варки. Даже небольшое количество коры приводит к значительному увеличению сорности целлюлозы, — поэтому прежде чем баланс подвергать рубке, требуется тщательная его очистка от коры и луба.¹

Длина баланса не имеет существенного значения и распиловка ограничивается разрезанием на размеры, позволяющие без затруднений производить окорку на окорочных станках.²

Окоренная древесина поступает на измельчение в рубильные машины.

Рубильная машина состоит из массивного стального диска, в гнездах которого с помощью болтов укрепляются ножи (число

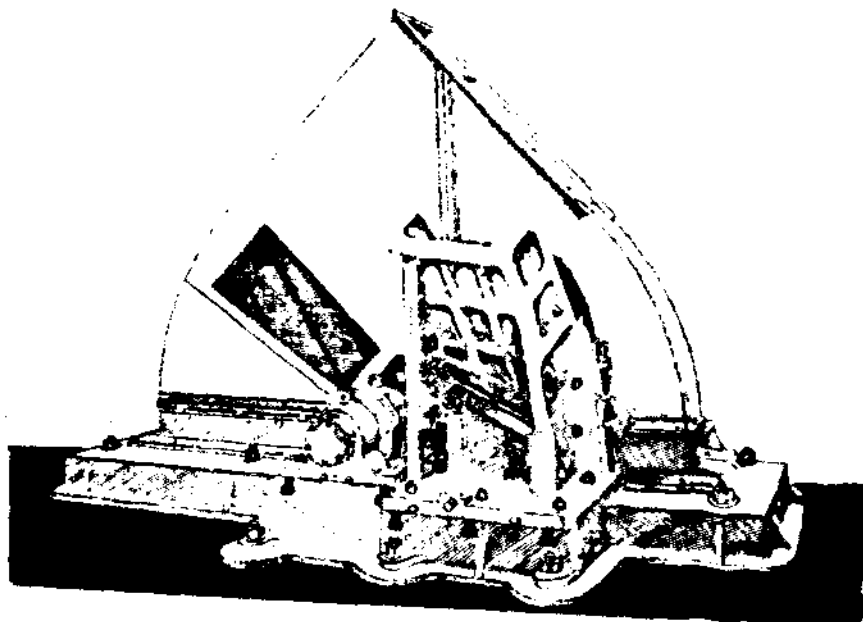


Рис. 39. Рубильная машина. Вид с лицевой стороны (в смотровую дверь виден нож).

ножей обычно 3). Диск имеет толщину около 50 мм, диаметр 2100—2800 мм, закрепляется он на стальном валу и вращается со скоростью 180—220 об/мин. Снаружи диск закрыт глухим кожухом, имеющим выход для щепы и дверцу для наблюдения и установки ножей. К лицевой части диска, под углом около 45° и к вертикали, и к горизонтали, и к плоскости диска, прилегает чугунный жолоб—патрон (рис. 39 и 40).

¹ Окорка древесины описана в предыдущей главе.

² Многие шведские заводы рубят баланс длиной 6—8 м, благодаря чему уменьшаются потери древесины (опилки) и увеличивается производительность рубильных машин.

В нижней части патрона закрепляется неподвижная плита—так называемый контр-нож.

При вращении диска ножи его проходят на весьма близком расстоянии от контр-ножа (около 1 мм), образуя как бы ножницы, которыми и отсекаются шайбы от баланса, подводимого к диску по наклонному патрону (рис. 41).

Шайбы, толщиной соответственно выпуску ножа (обычно 25—30 мм), проходят через прорезь на обратную сторону диска, падают вниз, подхватываются лопатками, приклепанными к окружности диска, и выбрасываются в виде щепы через выкидной рукав.

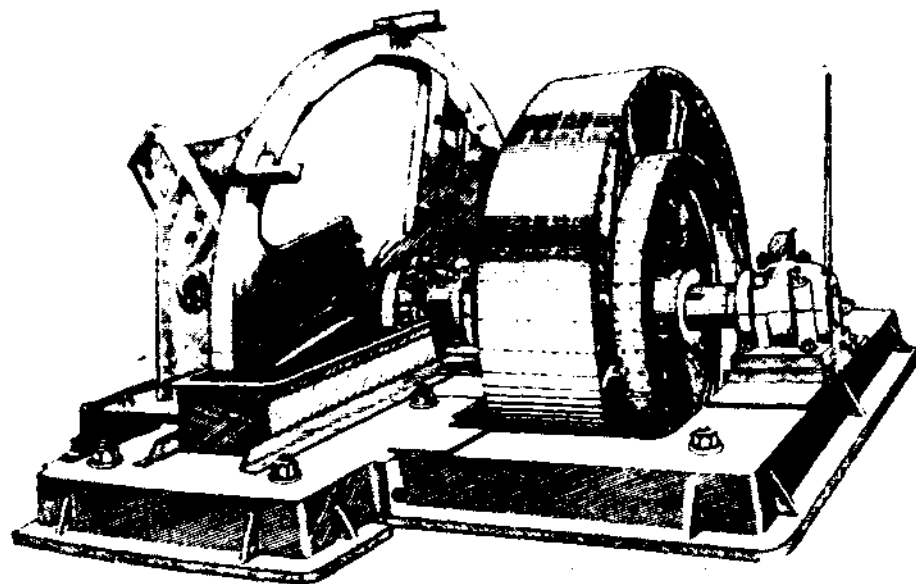


Рис. 40. Рубильная машина. Вид со стороны привода (верхняя часть кожуха снята).

Щепа выбрасывается с большой скоростью и в сопровождении воздуха. Чтобы щепа не разбрасывалась, выкидной рукав обычно присоединяют к так называемому циклону (железный цилиндр с нижней конической частью и вытяжной трубой в центре). В последнем, в результате потери скорости, щепа падает вниз и проваливается через отверстие конической части, а воздух, вместе с образующейся при рубке пылью, уходит через верхнюю вытяжную трубу.

Рубка баланса требует значительного расхода энергии. Наклонное положение патрона облегчает получение более чистого среза при меньшем расходе энергии. Большое влияние на чистоту среза

¹ Разламывание шайбы на щепочки начинается уже в момент отруба и завершается ударом о диск, вращающийся с большой окружной скоростью (20—25 м/сек).

и расход энергии оказывают состояние и установка ножей; при тупых ножах щепка имеет мятую кромку, затрудняющую пропитку, и увеличивается отход древесины в виде мелочи, расход энергии возрастает. Так же увеличивается отход мелочи и расход энергии при работе на сучковатом и мерзлом балансе.

Производительность машины в основном зависит от выпуска ножей и числа отрубов в единицу времени, т. е. от числа оборотов диска и количества ножей, а также и от диаметра и налаженности подачи баланса в рубильный патрон. Машина с диском диаметром 2800 мм, несущим 3 ножа, при 175 об/мин. в среднем даст производительность около 35 м³ баланса в час, при потребной мощности 100—150 л. с.

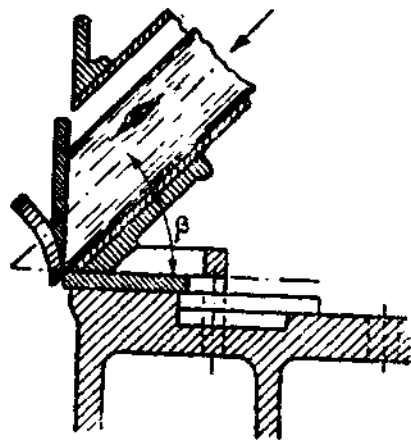


Рис. 41. Схема работы рубильной машины.

Не вся древесина, намельченая на рубильной машине, в одинаковой степени годна для варки. Основную массу щепы нормальных размеров (10—30 мм длины и 2—3 мм толщины), всегда сопровождает большее или меньшее количество крупных кусков древесины и мелочи в виде опилок. Крупная щепка может быть пущена на варку после дополнительного намельчения. Опилки же, обычно со-

держащий большое количество сора (кора, грязь) и мелкодробленых сучков, не представляет ценного материала и большей частью используется в качестве топлива.

Щепка подвергается сортированию на плоских или барабанных сортировках для отделения от нее крупных кусков и мелочи (рис. 42).

Действующей частью сортировки являются два¹ наклонных сита, приводящихся в сотрясательное движение посредством шатуна, соединенного с эксцентриком. Верхнее сито имеет отверстия диаметром 35 мм,² а нижнее 5 мм. Несортированная щепка подается на верхнее сито; нормальная щепка и мелочь проваливаются на нижнее сито, а более крупная сваливается с нижнего края верхнего сита на транспортер. На нижнем сите таким же образом происходит отделение опилок.

¹ Иногда щепу сортируют на 4 сорта: крупная, нормальная, мелкая и опилки. Среднее сито, через которое проходит мелкая щепка, имеет отверстия 10—15 мм. Мелкая щепка идет на варку целлюлозы II сорта.

² Сита могут иметь и не круглые отверстия, а овальные или прямоугольные. Так же кроме сит из перфорированного железа употребляют и сита из стальных проволоки.

Плоские сортировки обладают довольно высокой производительностью, не требуя много места для установки. Сортировка с шириной сита 2200 мм и длиной 2800 мм отсортировывает до 20 м³ щепы в час (в переводе на баланс) при потребной мощности 2,5—3,5 л. с.

Особенно высокой производительностью отличаются американские сортировки. Интенсивность сортирования достигается значительно большим углом наклона сит и созданием в них поперечных перегородок, дающих энергичное перемешивание щепы. Производительность таких сортировок достигает 45—50 м³ щепы в час при затрате 3 л. с.

У нас сортировки американской конструкции установлены на Балахнинском Бумкомбинате и фабрике им. Куйбышева.

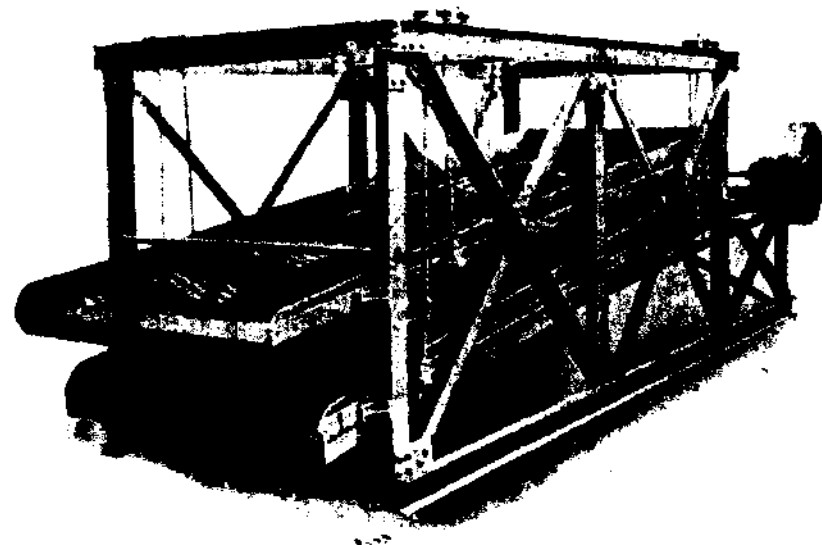


Рис. 42. Плоская сортировка.

На рис. 43 представлена барабанная сортировка, состоящая из внутреннего и наружного наклонно установленного сетчатого барабана. Щепка подается во внутренний барабан, имеющий отверстия диаметром 30—40 мм или продолговатые щели шириной 12—15 и длиной 60—80 мм; щепка нормальных размеров и опилки проходят сквозь отверстия, крупная же выходит с торцевой части внутреннего цилиндра (рис. 43). Через отверстия большого барабана (диаметр отверстий 5—8 мм) отсеиваются опилки. Барабаны заключаются в конический кожух, имеющий щель для отвода опилок. Производительность барабанных сортировок зависит от их размеров и числа оборотов. Сортировка с диаметром 2,0 и малого

и 2,5 м большого барабана, длиною 7 м при 15 об. мин. пропускает до 25 м³ щепы в час.

Несмотря на громоздкость установки и несколько больший расход энергии, барабанные сортировки, благодаря надежности

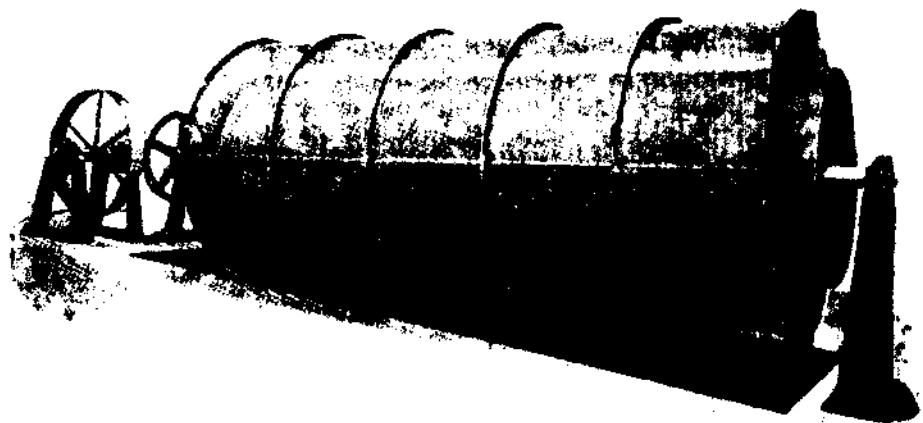


Рис. 43. Барабанная сортировка.

в эксплуатации, нашли широкое распространение в Скандинавских странах.¹

Для измельчения крупной щепы служит дезинтегратор. Изображенный на рис. 44 дезинтегратор системы Ломбарда состоит из

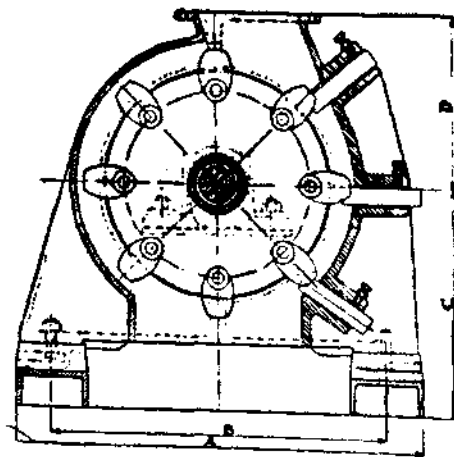


Рис. 44. Дезинтегратор.

ряда дисков (около 20 шт.), закрепленных на валу, на одинаковом расстоянии один от другого. Между дисками на стержнях подвижно подвешены зубья (била).

На массивном чугунном кожухе, с внутренней стороны, так же укреплены 2 ряда неподвижных зубьев. Подвижные била при вращении вала с дисками с большой скоростью (около 1000 об. мин.), под влиянием центробежной силы распрямляются и проходят в промежутках между неподвижными зубьями кожуха. Крупная щепка подается в верхнюю

часть дезинтегратора, дробится ударами бил и вываливается через нижнее отверстие. Попадая на крупные сучки, обладающие большой твердостью, била отклоняются и не дробят их. Дезинтеграторы изготовляются трех размеров на производительность 15, 25 и 35 м³ баласа в час при расходе энергии соответственно 10, 15 и 20 л. с.

Прошедшая дезинтегратор щепка вновь направляется на сортирование. Незамеченная в дезинтеграторе щепка состоит, главным образом, из сучков и чрезмерно плотной древесины, т. е. не представляет большой ценности. Во избежание раздробления сучков, приводящего к увеличению сорности целлюлозы, на современных

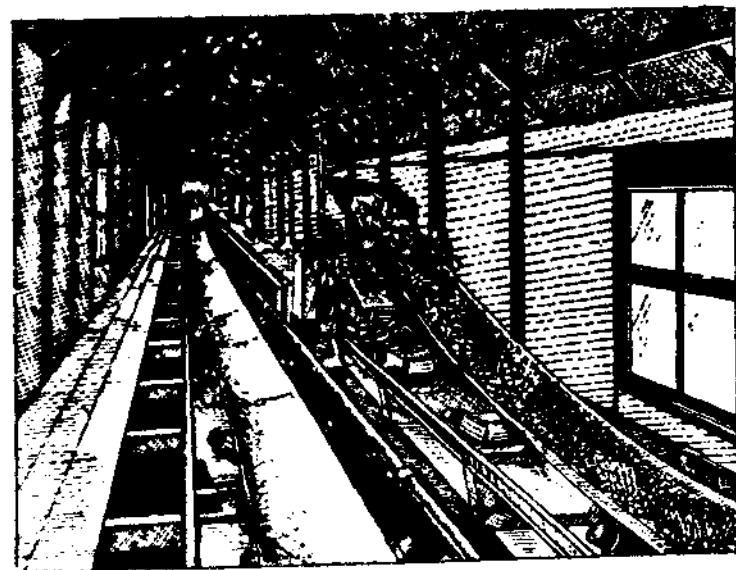


Рис. 45. Ленточный транспортер для щепы.

заводах ставят отдельную сортировку для щепы, выходящей из дезинтегратора. После этой сортировки щепка нормальных размеров идет в варочный отдел, крупная же не направляется на повторное измельчение, а вместе с мелочью используется как топливо.

Часто на заводах малой производительности отказываются от установки дезинтегратора и крупную щепу не используют для варки целлюлозы. Хотя в данном случае и не полностью используется древесина, но схема работы значительно упрощается.

При нормальной работе рубильной машины и сортировочного отдела, потери древесины составляют около 1,0—1,5% отходов в виде сучков, крупных щепок и 3—4% опилок. При работе на тупых ножах и металлом баланс отходов мелочи увеличивается.

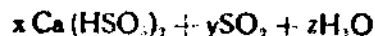
¹ У нас барабанные сортировки работают на Дубровской бумажной фабрике и Свердловском целлюлозном заводе.

В варочный отдел щепы передается при помощи ленточных наклонных транспортеров или системой транспортеров и ковшевых элеваторов (рис. 45).

Кислотный отдел

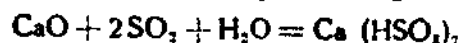
Назначением кислотного отдела является приготовление кислоты для варки древесины.

Ранее уже было указано, что для варки применяется сернистая кислота, содержащая бисульфит кальция, таким образом, состав варочной кислоты может быть изображен следующей формулой:



В составе кислоты различают так называемую свободную кислоту или свободный SO_2 , под которым подразумевается весь SO_2 , растворенный в воде (Y) + половина SO_2 , находящегося в соединении в виде бисульфита. Вторая половина SO_2 , находящегося в бисульфите, носит название кислоты связанной. Под всей кислотой подразумевается сумма свободной и связанной ($2x + Y$).

Бисульфит кальция может быть представлен как соединение одной частицы окиси кальция с двумя частицами сернистого газа:



CaO , находящийся в кислоте (в бисульфите), носит название — «основание».

Соотношение между отдельными компонентами влияет не только на режим варки, но и на возможность получения целлюлозы определенного качества.¹

От кислотного отдела требуется получение кислоты по возможности наиболее высокой крепости (содержание всей SO_2) при определенном содержании основания (1—1,2% CaO по весу).

На целлюлозных заводах применяют два способа приготовления кислоты: Митчерлиха или башенный и известково-молочный. В обоих случаях приготовление идет по следующей схеме: сжиганием серы или колчедана получается сернистый газ, который, после очистки и охлаждения, направляется на поглощающую установку. В последней происходит растворение сернистого газа и образование бисульфита, основание для которого берется из известкового молока, или из известняка (способ Митчерлиха).

Наилучшим видом сырья для получения сернистого газа является сера. Помимо того, что для сжигания серы не требуется сложной аппаратуры, получаемый печной газ обладает большой крепостью и чистотой. Из разведанных месторождений самородной серы наиболее мощные находятся в США, Италии и Японии. У нас в Союзе также имеется ряд месторождений, из которых наиболее крупными являются Гурданское (в средней Азии) и Ка-

ракумское. Кроме того, известны залежи в Крыму, Армении, Дагестане и Фергане. Особый интерес представляет Алексеевское месторождение в Куйбышевской обл., запасы которого по предварительным данным, довольно значительны. Развернувшиеся геолого-разведочные работы несомненно добавят к существующим ряд новых месторождений.

Большие перспективы имеет так называемая химическая сера, т. е. сера, полученная из других продуктов. В частности, уже разработаны методы получения серы из углистых колчеданов, флотационных хвостов, газов обжигательных печей и цветной металлургии, серы из сульфатов и т. д.

Развитие производства химической серы и развешивание добычи серы самородной, создают базу для перевода работы кислотных отделов сульфит-целлюлозных заводов на серу.

В настоящее время в качестве основного сырья для получения сернистого газа у нас в Союзе, а также и в большинстве Европейских стран, применяется серный колчедан (железный колчедан, пирит FeS_2), являющийся довольно распространенным минералом. Наибольшие месторождения серного колчедана находятся в Испании, откуда большое количество колчедана экспортируется в другие страны. В СССР также имеются крупные месторождения колчеданов, из которых наиболее мощными являются Уральские. Кроме того, имеются месторождения на Кавказе, в Сибири, на Кольском полуострове и в Центральном районе, последние обычно сопровождаются примесью угля.

Качество колчедана, применяемого для получения SO_2 , определяется содержанием активной серы (способной гореть) и наличием вредных примесей. Теоретически серный колчедан (FeS_2) должен содержать 53,3% S, и 46,7% железа, практически содержание серы в колчедане составляет от 30 до 52%, остальное приходится на долю примесей. Для целлюлозной промышленности считается рентабельным использование колчедана с содержанием серы не менее 42%.² Из примесей наиболее вредным является селен, ничтожные количества которого, попадая в кислоту каталитически окисляют сернистую кислоту в серную, следствием чего получается порча волокна целлюлозы. Примесь меди³ обуславливает сплываемость колчедана на сподах печи, приводящую иногда

¹ Целлюлозные заводы иногда работают и на колчедане с значительно меньшим содержанием серы.

² Для целлюлозного производства допускается колчедан с содержанием не свыше 0,0015% селена. Колчеданы с большим содержанием селена могут использоваться сернокислотной промышленностью.

³ Колчедан с содержанием около 1% меди и свыше с успехом применяется для получения меди. Для этой цели колчедан направляется на обогатительные фабрики, на которых из размельченной в порошок руды, посредством флотации, получают медный концентрат с содержанием до 20% меди. Отход же, состоящий из 60—80% с содержанием 45—48% S носит название — «флотационные тарты». Развитие цветной металлургии сделает в ближайшие годы флотационные тарты одним из основных видов сырья для получения SO_2 на сернокислотных и целлюлозных заводах.

¹ О значении состава кислоты при варке целлюлозы, будет указано при описании последней.

к поломкам и повреждениям. Наличие других металлов обычно ведет к неполному использованию серы, находящейся в колчедане. Примесь угля нежелательна, так как значительное содержание угля создает чрезмерно высокую температуру, вызывающую преждевременный износ оборудования. Так же значительно повышает температуру наличие в колчедане большого количества пыли, кроме того последняя приводит к засорению газа.¹

Кроме природного (рядового) колчедана, в последние годы начинают применяться флотационные хвосты, имеющие состав обычного рядового колчедана (с содержанием серы 45—48%), но представляющие пылевидный материал.

Сжигание серы не представляет каких-либо затруднений. Наиболее распространены вращающиеся серные печи. Устройство таких печей весьма простое; железный или чугунный цилиндр с коническими днищами приводится во вращение (1—1,5 об/мин.) от роликов, одновременно служащих и для поддержания печи (рис. 46).



Рис. 46. Серная печь с камерой дополнительного сгорания.

Сера загружается в печь через переднюю коническую часть посредством шнека или, в расплавленном виде, по трубе; воздух, требующийся для горения, подается через регулирующие щели в передней крышке.

Под влиянием высокой температуры, развивающейся в печи (850—900°), сера частично возгоняется, не успев сгореть. Несгоревшая сера не только влечет потери ее, но и причиняет затруднения, загрязняя газопроводы и кислоту, поэтому печные газы, вместе с увлеченной серой, направляются через заднюю коническую часть печи, в камеру дополнительного сгорания. Последняя представляет железную, футерованную огнеупорным кирпичом коробку², разделенную недоходящей до верха перегородкой. Для сжигания серы в камеру дополнительного сгорания подается воздух так же через отверстия, поддающийся регулированию.

¹ Горение происходит на поверхности. Чем мельче раздроблен материал, тем больше площадь, на которой происходит горение. Пылевидный колчедан, находящийся в зоне высоких температур, быстро сгорает, без избытка воздуха, вследствие чего температура резко повышается.

² Камеры дополнительного сгорания имеют цилиндрическую или прямоугольную форму. Объем камеры делается в 2,5—3 раза больше объема печи.

Эти печи обладают высокой производительностью, так как благодаря вращению, горение серы происходит на большой поверхности. Печь длиной 3,5 м и диаметром 1,2 м сжигает до 6—7 т серы в сутки при потребной мощности электромотора (для вращения) 2—3 л. с.

Из реакции горения серы в воздухе ($S + O_2 = SO_2$) видно, что на каждый объем кислорода, затраченного на сжигание серы, образуется равный объем сернистого газа, следовательно, максимальная, теоретически возможная концентрация (крепость) сернистого газа (по объему) будет соответствовать содержанию кислорода в воздухе, т. е. составит 21%. Практически для полного сгорания серы всегда требуется некоторый избыток воздуха, и крепость газа лишь при особенно хорошей работе достигается 16—18% SO_2 .¹

Выгорание серы в колчедане происходит значительно труднее. Для облегчения процесса горения колчедан перед обжигом в печах размельчается на кусочки размером 7—8 мм, чем достигается большая поверхность соприкосновения его с воздухом. Чрезмерное размельчение колчедана имеет недостатки, указанные ранее (чрезмерно высокая температура в печи и загрязнение газа пылью).²

На большинстве заводов дробление колчедана происходит по следующей схеме: кусковой колчедан, размером 75—200 мм,³ подвергается предварительному дроблению на щековой дробилке, пройдя которую, поднимается ковшевым элеватором в просеивной барабан, расположенный обычно в верхнем этаже дробильного отделения. Из барабана колчедан, достаточно размельченный, направляется в бункера (хранилища). Более крупные куски по желобу подаются в валцовую дробилку для дополнительного размельчения, а из последней вновь поступают на элеватор, подающий несортированный колчедан после щековой дробилки в просеивной барабан.

На рис. 47 представлена весьма распространенная щековая дробилка системы Блэка. Подлежащий дроблению колчедан⁴ поступает в пасть дробилки А, заключенную между неподвижной В и подвижной В щеками. Подъем и опускание шатуна, насаженного на кривошип коленчатого вала, вызывает приближение и удаление

¹ При нормальной работе печи крепость газа обычно составляет 14—16%. В последние годы в Америке установлен новый вид стационарной серной печи. Сера нагревается в печи через форсунку, причем дозировка подаваемых в печь серы и воздуха поддерживается автоматическими регуляторами, работающими в зависимости от температуры отходящего из печи газа, последняя же находится в прямой зависимости от соотношения между количеством серы и воздуха. Указанная установка позволяет получать газ — крепостью до 20% SO_2 . Теплота горения серы используется паровым котлом, установленным после печи.

² В настоящее время имеется возможность сжигать мелко раздробленный колчедан, но для этого требуется однородность его размельчения и специальный режим сжигания.

³ Более крупные куски предварительно разбиваются кувалдами.

⁴ Во избежание размельчения достаточно мелкого колчедана, часто подвод его происходит по грохоту: прошедший сито грохота мелкий колчедан поступает на общий элеватор.

подвижной щеки от неподвижной. В момент сближения щек происходит дробление крупных кусков, во время же раздвижения происходит дробление коалесцента из пасты через нижнюю щель. Щеки, подвергающиеся большой нагрузке, выполняются из прочной шарогацевистой стали. Заводы изготовляют дробилки Блэка разных размеров на производительность от 0,7 до 100 т в час.

На наших заводах распространены дробилки производительностью 3—5 т коалесцента в час, потребляющие 6—8 л. с.

Сортировочный барабан, представляющий цилиндр с дырчатой поверхностью (размер отверстий 8—10 мм), вращающийся на ро-

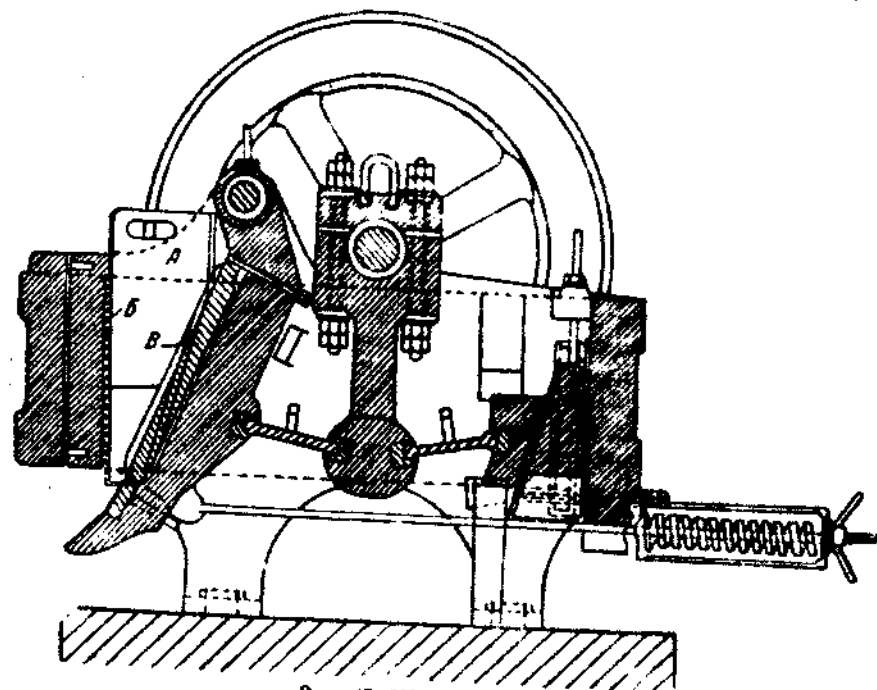


Рис. 47. Щековая дробилка.

ликах, применяется для сортирования дробленого коалесцента на многих заводах.

Для облегчения поступательного движения коалесцента барабан имеет небольшой уклон (рис. 48).

Производительность просеивного барабана зависит от его размеров. Барабан с диаметром 0,6 м, длиной 2,5 м при 18 об/мин. может пропустить до 9 т коалесцента в час при затрате около 0,5 л. с. При влажном коалесцене производительность значительно уменьшается.

Вальцовая дробилка состоит из двух чугунных валов, покрытых съёмными бандажными из броневой стали. Зазор между вальцами обычно составляет 6—8 мм. Коалесцен, подаваемый раздельно,

подается в воронку, протаскивается между вальцами, вращающимися в направлении друг к другу, и в размельченном виде проваливается вниз.

Во избежание порчи рубашки при попадании чрезмерно твердых кусков подшипники одного из валов допускают поперечное



Рис. 48. Просеивной барабан.

(горизонтальное) смещение и прижимаются к подшипникам другого вала пружинами. Вальцовые дробилки изготовляются разных

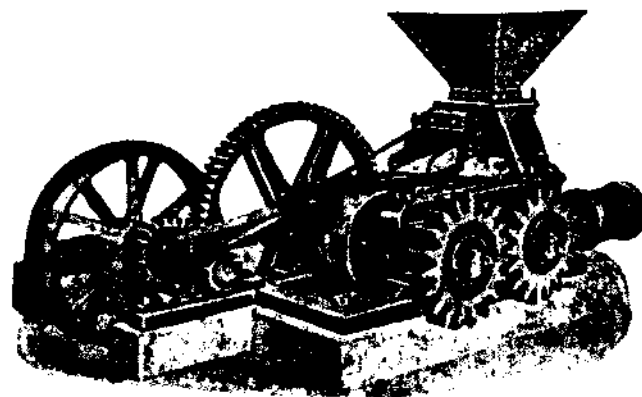


Рис. 49. Вальцовая дробилка.

размеров. Дробилка с диаметром вала 700 мм и длиной 300 мм при 60 оборотах вала в минуту обладает производительностью 8—9 т коалесцента в час с затратой 12 л. с.¹ (рис. 49).

Раздробленный, отсортированный коалесцен при помощи вагонеток или системой транспортеров и элеваторов по мере надобности подается в бункера печного отдела.

Для сжигания коалесцента повсеместно применяются почти исключительно многотопливные механические коалесцентные печи с автоматическим перемещением горящего коалесцента. Несмотря на разно-

¹ Щековые и вальцовые дробилки у нас в Союзе изготовляются заводом им. Артёма в Днепродзержинске.

образе систем,¹ различие их заключается лишь в деталях конструкции и методе охлаждения вала и ручек, принцип же работы во всех системах одинаков.

На рис. 50 изображен разрез пятиэтажной печи системы Ведже.

В массивном цилиндрическом, железном кожухе, стенки которого выложены огнеупорным фасонным кирпичом, из того же кир-

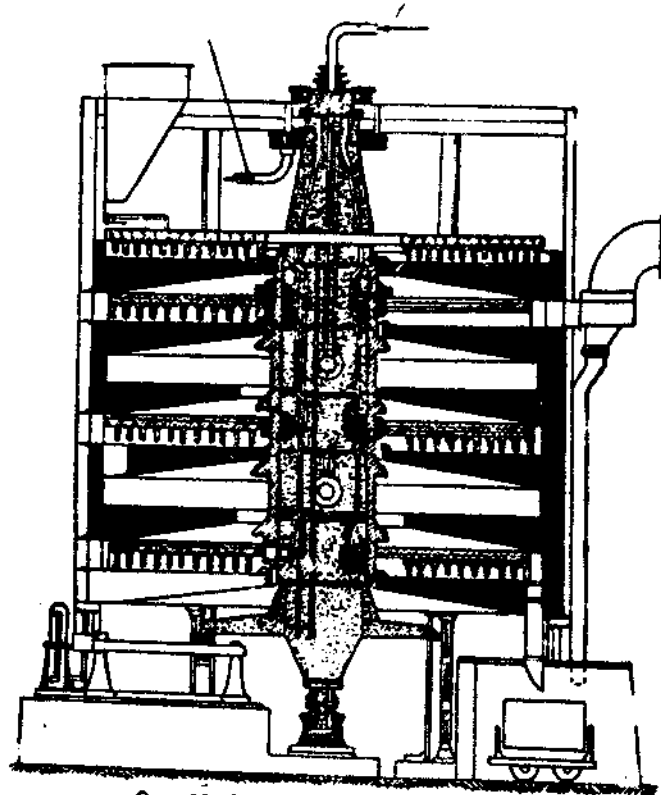


Рис. 50. Разрез печи системы Ведже.

пича сделан ряд кольцевых сводов (этажей). Обычно толщина свода несколько толще у стенок печи и тоньше у центра. В каждом этаже имеются дверцы, снабженные глазками, через последние ведется наблюдение за правильностью горения и состоянием гребков (см. ниже). Дверцы же служат для возможности произвести ремонт (смена гребков и зубьев). По вертикальной оси печи проходит сквозной полый вал, диаметром 1,2—1,5 м, также обму-

рованный огнеупорным кирпичом. Вал медленно вращается (1 об/мин.) посредством насаженной на его нижнюю часть шестерни, поддерживаемой катками. К валу прикреплены ручки (гребки), по две на каждый этаж, на последние подвешены зубья, имеющие форму лопаток. Для предупреждения порчи гребков от высокой температуры они делаются полыми, разделенными внутри перегородкой на два сообщающихся канала. Из распределительной напорной чашки, расположенной в верхней части вала, по отдельной трубке к каждому гребку подается вода, которая охлаждает гребок и выводится по другой трубке в приемный кольцевой жолоб. Отработанная вода уходит при температуре 60—70°.

Бункер для хранения колчедана (на рис. 50, верхний левый угол) имеет в нижней части полку, на которой постоянно расположена горка колчедана.¹ Ножом (выступающая планка), прикрепленным к верхней ручке, колчедан сбрасывается определенными порциями на подсушивающий под печи (верхний наружный свод). Зубья бороздят по поверхности свода, перегребают колчедан и продвигают его от стенок по все суживающейся спирали. Такое движение обеспечивается тем, что зубья (лопатки) располагаются не перпендикулярно с гребком, а образуют некоторый угол с направлением движения гребка. Во время нахождения на поду происходит подсушивание колчедана. Дойдя до вала, колчедан сыпается через кольцевую щель² внутрь печи на свод I (верхнего) этажа. Зубья ручек I этажа имеют другой угол с направлением вращения, обеспечивающий продвижение колчедана также по спирали, но в направлении от вала к наружным стенкам печи, у последних также имеются отверстия для перехода колчедана во II этаж, в котором повторяется движение, аналогичное передвижению на поду. Таким путем каждый кусочек колчедана последовательно проходит все этажи, в каждом описывая длинный спиральный путь и из нижнего (в нашем случае V) этажа, колчедан, вернее, колчеданный огарок, вываливается в вагонетку или воронку транспортера, выводящего его за пределы печного отделения. В среднем время нахождения колчедана в печи составляет около 8 часов.

Воздух, необходимый для горения, подается через боковые отверстия (душники), расположенные по окружности нижнего этажа и, пройдя последовательно все этажи в направлении, противоположном движению колчедана, выходит в газопровод, примыкающий к I этажу (на рис. 50 правый верхний угол).

Куски колчедана и огарка, увлеченные печными газами, оседают в кармане газопровода. Количество подаваемого воздуха регулируется задвижками (регистрами), прикрывающими душники, и тягой.

¹ Как видно из рисунка, одна из стенок бункера не доходит до полки, и колчедан, располагаясь под углом естественного откоса, образует всегда одинаковых размеров горку.

² В кольцевой щели имеется приспособление для регулирования ввода колчедана в печь, так называемый питатель. Основное регулирование нагрузки печи достигается определенным выпуском «ножа».

¹ На целлюлозных и сернокислотных заводах применяются печи системы Герресгоффа, Гумбольда, Ведже, Лурги и Вагнера.

Крепость получаемого газа при сжигании колчедана значительно ниже, чем при работе на сере. Как видно из реакции, $4 \text{FeS}_2 + 11\text{O}_2 = 2 \text{Fe}_2\text{O}_3 + 8 \text{SO}_2$ из 11 объемов кислорода — 3 идет на окисление железа и лишь 8 на образование сернистого газа. 100 объемов воздуха, при полном использовании кислорода, дают $\frac{21 \times 8}{11} = 15,3$ объема сернистого газа. Объем же печных газов составит $79 + 15,3 = 94,3$, т. е. максимальная теоретически возможная концентрация составит:

$$\frac{15,3}{94,3} \cdot 100 = 16,2\% \text{ SO}_2.$$

Чем выше содержание серы в колчедане, тем легче она поддается сжиганию, последние же остатки серы выгорают с большим трудом, требуя большого избытка воздуха. До некоторой степени, уменьшение содержания серы в колчедане, поступающем на нижние своды, компенсируется тем, что в последние подается свежий воздух. Однако, нельзя давать чрезмерно большой избыток воздуха, так как последний приводит к разбавлению газа. Для получения крепкого газа без больших потерь серы в огарках, требуется тщательное наблюдение за работой печи. При нормальной работе наиболее высокая температура (до $750-800^\circ$) наблюдается во II и III этажах, в верхнем этаже температура несколько ниже, так как некоторое охлаждение происходит за счет поступления свежего колчедана и потери тепла через верхний свод. В нижнем этаже температура опускается до $300-350^\circ$. Горение происходит во всех этажах, кроме нижнего, в последнем слабое пламя огарка наблюдается лишь у вала. Опускание горения на нижний этаж показывает, что сера не успевает выгореть; избежать последнее можно форсировкой работы печи (увеличение подачи воздуха, тяги); если же это не помогает, следует уменьшить подачу колчедана. При нормальной работе содержание серы в огарке не должно превышать 1—1,5%, что соответствует 2—3% от всей серы, находящейся в колчедане (количество огарков составляет около 700 кг на 1 т сжигаемого колчедана). Недогрузка печи влечет разбавление газа. Крепость получаемого газа в значительной степени зависит от качества колчедана и режима работы печи. При особо благоприятных условиях можно получить газ с содержанием до 10—11% SO_2 . При нормальной работе получается газ крепостью 9—10%, недостаточно удовлетворительная работа, в особенности на колчедане с содержанием менее 42—44% приводит к понижению крепости газа до 6—7%. Производительность печи зависит, главным образом, от площади сводов, на которых происходит сжигание колчедана, т. е. от диаметра печи и числа рабочих этажей. Печи малой производительности (до 6 т сжигаемого

в сутки колчедана) могут сжигать до 80, средней—100 и большой производительности (свыше 10 т)—120 кг в сутки с каждого кв. метра рабочей площади.

Описанная пятиэтажная печь Ведже при диаметре 6 м обладает производительностью 12 т в сутки. Семнэтажная печь диаметром 6,5 м сжигает 20 т колчедана в сутки. Потребная мощность на вращение вала 1,5—2 л. с.

Укажем на особенности печей других систем.

Печь Геррессгофа, являющаяся первым типом многоярусных колчеданных печей, на новых заводах не устанавливается. Основным недостатком ее является отсутствие искусственного охлаждения вала и гребков и малая производительность. Охлаждение вала происходит естественной тягой воздуха. Производительность самой большой печи Геррессгофа—3 т.

Печь Гумбольда имеет двойной полый вал и разделенные перегородкой ручки. Воздух нагнетается во внутренний закрытый вихрь вала, попадает на него по торцевому отверстию в ручки, обгибает в последних перегородку и выводится в кольцевое пространство между внутренним и наружным валом. Семнэтажная печь Гумбольда, производительностью 12 т в сутки, распространена на наших заводах (Сясь, Балахна, Вишерский и др.).

Печь системы Лурги отличается тем, что охлаждающий воздух в каждый гребок подводится по трубке, чем достигается некоторая экономия воздуха, потребного для охлаждения. Печи Лурги изготовляются на производительность 6, 8, 10, 15 и 18 т в сутки.

Фирмой Гроппель изготовляется вращающаяся круглая печь, имеющая вид трубы (наподобие цементных печей), но, повидимому, она не обладает особым преимуществом сравнительно с печами обычного типа.

О значении флотационных хвостов в балансе сырья для получения сернистого газа ранее уже было указано. Как показала практика, сжигание флотационного колчедана может быть осуществлено в обычных печах, но для предотвращения перегрузки верхних сводов и спекания колчедана несколько уменьшается подача воздуха через регистры и вводится воздух через смотровые дверки II и III этажей. Недостатком при сжигании флотационного колчедана является большая засоренность печных газов пылью.

В настоящее время разрабатан и частично применяется в практике сернокислотных заводов метод сжигания пылевидного флотационного колчедана, подобно пылевидному топливу, в специальных печах. Хотя в упомянутых печах и получается высокая концентрация газа (12—14%), однако, чрезмерная пыльность газа и высокое содержание серного ангидрида делают более целесообразным применение их для сернокислотной промышленности. Кроме того, конструкция не является еще окончательной и требует дальнейшего усовершенствования.

В последнее время привлекает внимание сжигание кускового и пылевидного колчедана с использованием тепла печных газов, в частности — в Америке имеется установка, дающая на каждую

¹ До последнего времени огарок на наших заводах являлся отбросным балластом. За границей, в частности в Германии, колчеданный огарок, содержащий большой процент железа используется в металлургии для выплавки металла.

тонну сжигаемого пылевидного колчедана тонну пара давлением 11 ат.

В Германии во время войны была установлена круглая печь для получения сернистого газа из гипса, восстановлением его углем в комбинации с получением цемента. Малая крепость газа делает данный способ более пригодным для производства серной кислоты.

Газы, получающиеся после серной печи, состоят из сернистого газа, небольшого количества серного ангидрида, азота и кислорода, приносимого избыточным воздухом. Газы колчеданных печей содержат, кроме того, большее или меньшее количество пыли, состоящей, главным образом, из увлеченного огарка. Количество пыли обычно колеблется в пределах 2—5 г на 1 м³ газов.¹ Поскольку в газах имеется сернистый ангидрид и кислород, не исключается образование серного ангидрида:



Последнее ведет не только к потерям серы, но и вызывает затруднение в работе поглотительной установки.

Как показали опыты Книтша, приведенная реакция наиболее легко протекает при температурах от 400 до 700°. При температурах ниже 150 и выше 750°,² заметного образования серного ангидрида не наблюдается. Некоторые катализаторы, в частности, колчеданный огарок (пыль), значительно ускоряют процесс образования SO₃.

Таким образом, во избежание образования серного ангидрида, печные газы должны быть подвергнуты быстрому охлаждению, до температур ниже 250—300°, газы же колчеданных печей, кроме того должны быть предварительно очищены от пыли. В целях более полного освобождения газа от серного ангидрида и лучшего растворения сернистого газа (см. ниже), охлаждение газа производится до температур 25—35°.

Целлюлозные заводы применяют очистку газа сухим и мокрым способом. В настоящее время вышла из употребления, применявшаяся ранее пыльная камера Говарда (рис. 51), очистка пыли в которой производилась на основе того, что газ, попадая на газопровода в камеру большого сечения, терял скорость, и пыль, под влиянием силы тяжести, оседала на ряд горизонтальных, близко одна от другой расположенных полок. Помимо того, что в камере Говарда задерживается не свыше 70% пыли, она обладает рядом эксплуатационных недостатков. Более совершенными аппаратами, при сухой очистке газа, являются электрофильтры, в частности, распространенная камера Коттрелля. Устройство камеры Коттрелля следующее (рис. 52). В кирпичной или железобетонной,

выложенной огнеупорным кирпичом, коробке, подвешен ряд пластин, состоящих из проволоочной сетки, натянутой на железной раме. Пластины, являющиеся осадительными электродами, заземлены (положительный полюс). Между пластинами подвешен ряд хромовоникелевых проволок, натягиваемых грузом, служащих излучающими электродами. К хромовоникелевым проволокам подво-

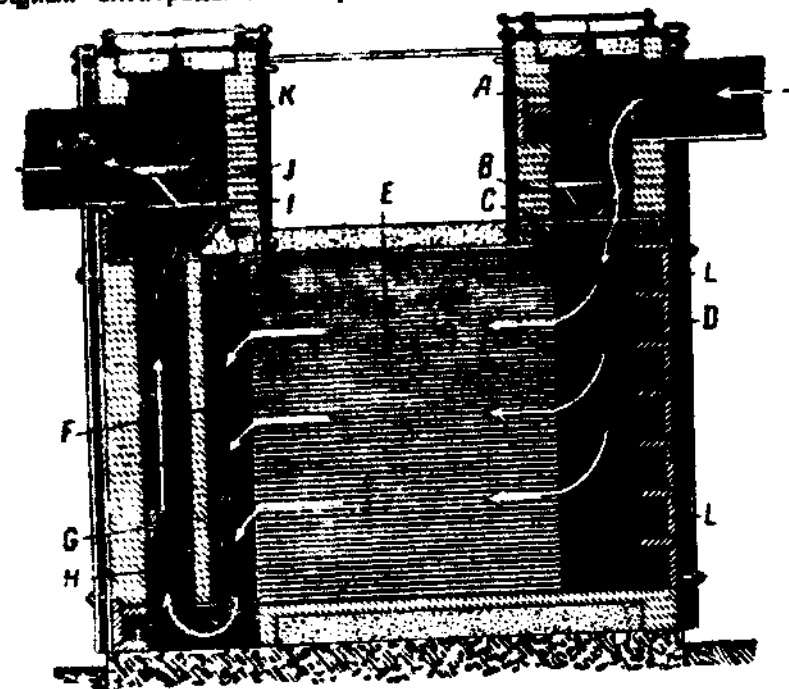


Рис. 51. Камера Говарда.

дится пульсирующий постоянный ток (от отрицательного полюса выпрямителя) небольшой силы, но высокого напряжения (от 50 000 до 55 000 в).

Газ, загрязненный пылью, проходит между пластинами (обычно температура газа 400—450°)¹ частицы пыли, под влиянием тока высокого напряжения, наэлектризовываются и, получив одноименный заряд, отталкиваются к осадительным электродам, на последний они теряют заряд (а также и скорость) и оседают. Периодически, ударом молоточка, пыль стряхивается с осадительных электродов в конический приемник. Скорость газа при прохождении между пластинами должна составлять 0,8—1,0 м/сек. Камера Коттрелля² улавливает до 98% пыли, при затрате энергии около

¹ В печах для флотационного колчедана количество пыли возрастает до 40 г на 1 м³ печных газов.

² Свыше 750° начинается диссоциация серного ангидрида $2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{O}_2$. Свыше 1000° серный ангидрид диссоциирует полностью.

¹ Камера работает при температурах газа не ниже 250°.

² У нас камера Коттрелля установлена на Каменской бумажной фабрике им. С. М. Кирова.

0,5—0,7 квт·ч на 1000 м³ газа (в переводе к нормальным условиям 0° 760 мм давл.).

Основным недостатком аппаратов для сухой очистки газов является то, что газовая смесь приходит в аппараты при температурах благоприятствующих окислению SO₂ в SO₃. Кроме того, камера Коттрелля представляет дорогую установку. Поэтому на

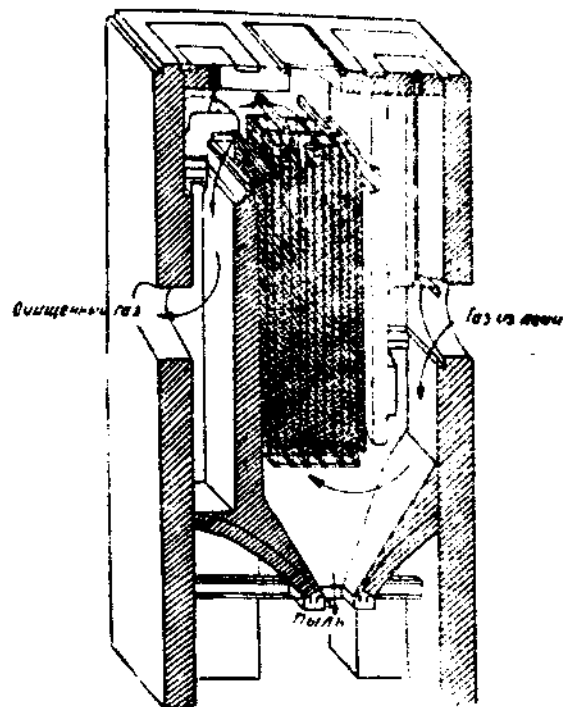


Рис. 52. Камера Коттрелля.

сульфит-целлюлозных заводах большей частью применяется мокрая очистка газов. Мокрая очистка заключается в том, что газ приводится в соприкосновение с водой или путем прохождения его через слой воды, или пропусканием его через пористый инертный материал (насадка), орошаемый водой, или газ проходит пространство с распыленной в нем водой. Пыль, смоченная водой, значительно увеличивает свой вес и легко оседает под действием силы тяжести. Положительным качеством мокрой очистки является быстрое охлаждение газа до температуры 80—150°, происходящее одновременно с промывкой его. Кроме того, при мокрой очистке газов, удаляется не только пыль, но и в значительном количестве серный ангидрид, растворяющийся в промывной воде. Значительные потери¹ сернистого газа, растворяющегося в промывной воде,

¹ Потери доходят до 15%.

могут быть снижены до 4—5% многократным ее использованием и поддержанием высокой температуры (до 60°) выходящей из промывалки воды. Растворимость сернистого газа падает с повышением температуры.

Распространенным типом промывалок являются промывалки Доренфельда и Лурги.

Промывалка Доренфельда или скруббер (рис. 53) со-

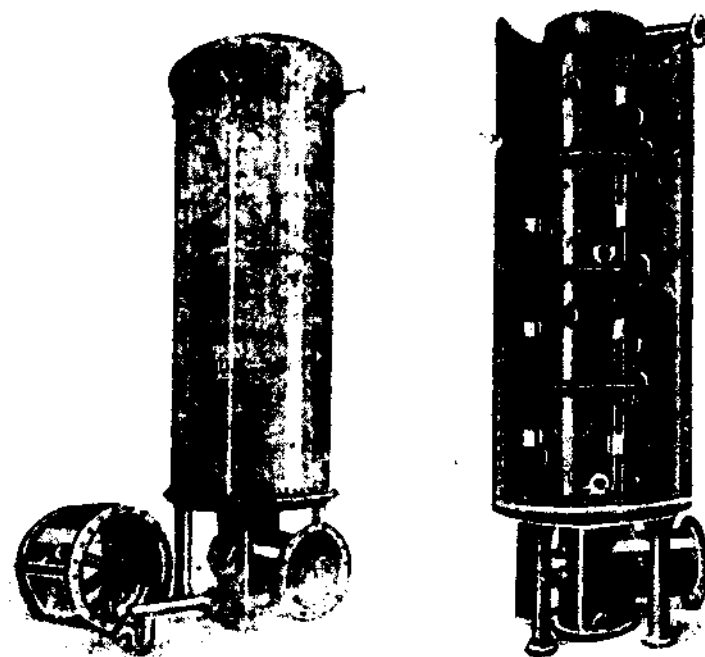


Рис. 53. Промывалка Доренфельда

стоит из наружного железного кожуха и внутреннего свинцового цилиндра, состоящего из нескольких секций, скрепленных фланцами.

Между свинцовым цилиндром и наружным кожухом циркулирует холодная вода, подводимая в нижнюю и вытекающая из верхней части кожуха. В верхнюю часть внутреннего цилиндра подается под давлением¹ вода и распыляется посредством особой насадки (форсунки). Газ подводится в свинцовый цилиндр в его верхнюю часть и выводится через нижний боковой свинцовый газопровод. Отработанная промывная вода с температурой 50—55° отводится по сифону, образуя гидравлический затвор, в отстойник, в последнем пыль оседает на дно в виде шлама, а осветленная

¹ Давление воды до 4 ат.

вода вновь используется на sprysке промывалки. ¹ Промывалка, имеющая диаметр внутреннего цилиндра 1 м и длину его 3,5 м достаточна для обслуживания одной 20-тонной печи.

Устройство промывалки Лурги ясно из рис. 54. Материалом для стенки кожуха служит железобетон, облицованный

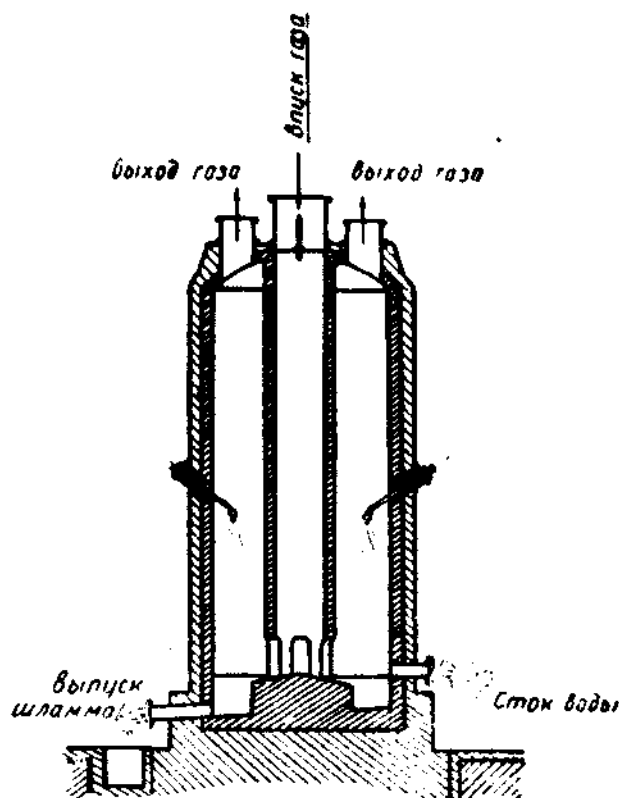


Рис. 54. Промывалка Лурги.

кислотоупорными плитками, внутренняя труба выполняется из шмота.

Перемена направления газового потока при встречной подаче воды, значительно облегчает промывку. Промывалка диаметром 2,5 м и высотой 5 м обслуживает 12-тонную печь, расходуя 40—70 л воды в минуту.

Прежде чем направиться на поглощение, газ должен быть охлажден до температуры 25—35°. Хотя теплоемкость газа и невелика, значительный объем его может вызвать при недостаточном охлаждении, повышение температуры при поглощении. На диа-

¹ Применение оборотной воды сокращает потери, но ускоряет разделение sprysка.

грамме (рис. 55) показана растворимость сернистого газа при различных температурах. ¹

Для охлаждения газов существует большое разнообразие холодильников, но все они могут быть разделены на два типа: первый — газ проходит по трубам, охлаждающимся водой, или между труб, по которым циркулирует вода (погруженные холодильники), второй тип — газ проходит по трубам, поверхность которых орошается водой (орошаемые). Также имеются холодильники, представляющие комбинацию I и II типа. Не входя в описание многообразных видов холодильников, отметим, что производительность их при прочих равных условиях, ² главным образом, определяется площадью охлаждающей поверхности.

Обычно, на 1 т сжигаемого в сутки колчедана, требуется поверхность охлаждения орошаемых холодильников 6—8 м² при мокрой очистке газов и до 10—12 м² при очистке газов в камере Коттрелля;

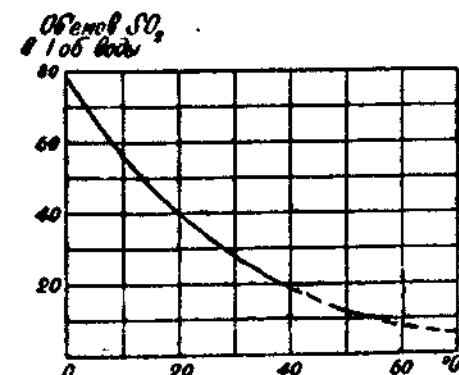


Рис. 55. Растворимость SO₂ в воде в зависимости от температуры.

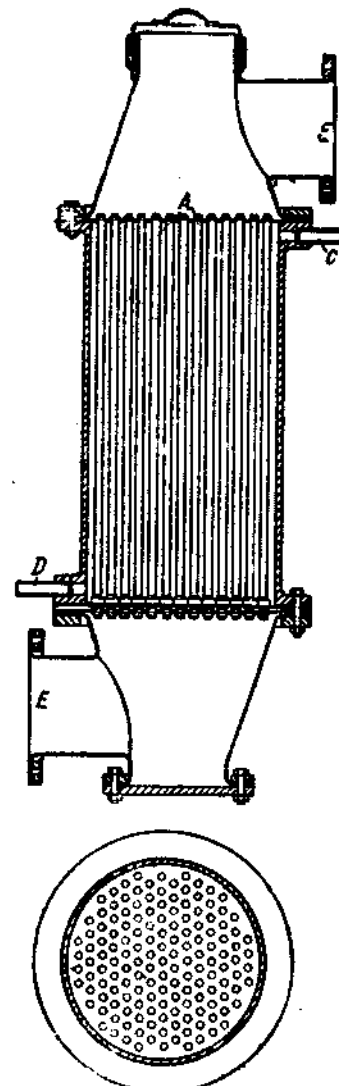


Рис. 56. Трубчатый холодильник. А — свинцовые трубы, С — поступление охлаждающей воды, D — выход воды, E — поступление газа, F — выход газа.

¹ Газы, благодаря малой теплоемкости, вызывают повышение температуры при поглощении не более чем на 2—3° (при темп. газов до 60°). Однако, охлаждение газов до более низкой температуры необходимо для обеспечения более полного удерживания SO₂ в конденсате холодильников.

² На производительность влияет температура поступающего газа и охлаждающей воды.

для холодильников погруженных поверхность охлаждения соответственно от 10 до 20 м² при сухой очистке газов. На рис. 56 представлен простейший вид погруженного холодильника.

На рис. 57 изображено устройство орошаемого холодильника системы Лурги.

Распространенный холодильник Сунсфельда в отличие от Лурги имеет только нижнюю коллекторную камеру, из которой газ по параллельным вертикальным трубам (прямоугольного сечения)

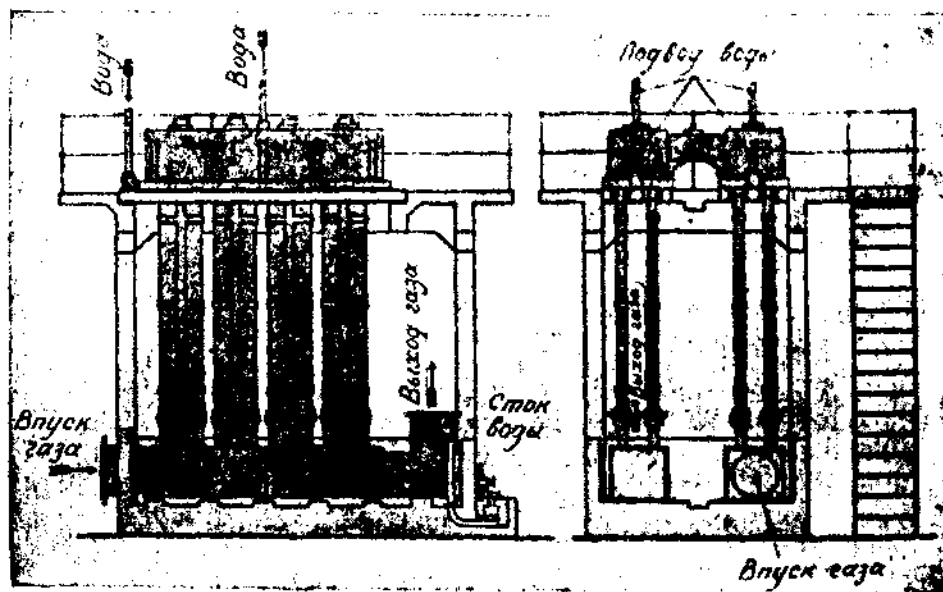


Рис. 57. Холодильник Лурги.

поднимается вверх, проходит соединительные колена (отдельно для каждой пары труб) и опускается в приемные соединительные коробки. Орошаются только вертикальные трубы. При мокрой очистке, одновременно с очисткой от пыли, газ в значительной степени освобождается от серного ангидрида и частично от селена. Серный ангидрид и селен также частично удаляются с конденсатом, получающимся на холодильниках, однако, пройдя последние, газ всегда еще содержит большее или меньшее количество серного ангидрида.

Некоторые заводы для более тщательной очистки газов применяют так называемые булькающие промывалки (форвашер), устанавливаемые после холодильников. Устройство их простое (рис. 58). Газ поступает в колокол, нижние отверстия которого (по окружности кромки) залиты водой на высоту 120—150 мм. Не имея другого выхода, газ пробулькает (проталкивается) через слой воды и выходит через соответствующие газопроводы. Серный

ангидрид, во время прохождения газа через слой воды, растворяется. Вода периодически освежается (сменяется). Булькающие промывалки также очищают газ и от селена, если последний находится в небольших количествах. При значительном содержании селена (до 100 г на тонну колчедана и выше), требуется специальное устройство для улавливания селена. Наиболее пригодны для этой цели электрофилтры, в частности селеновая камера, задерживающая до 99% селена. Устройство селеновой камеры в принципе не отличается от камеры Коттрелла. Основное отличие в том, что поскольку в нее поступают холодные, содержащие влагу (а следовательно и серную и сернистую кислоту) газы,

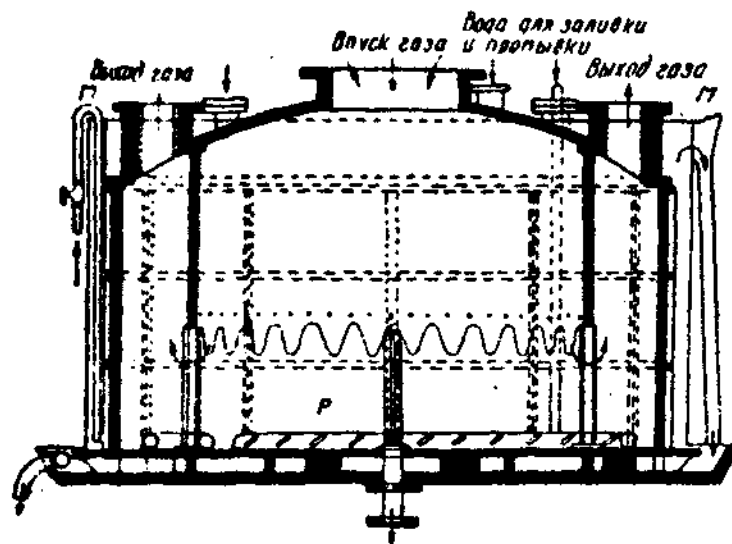


Рис. 58. Булькающая промывалка.

материалы камеры должны быть кислотостойкими. Излучающие (коронирующие) электроды, делаются из медной оцинкованной проволоки, собирательными (положительными) являются свинцовые пластины, прикрепленные также к свинцовым стенкам камеры.

Селен, серный ангидрид, а также мышьяк, находящиеся при низких температурах в туманообразном состоянии, заряжаются от отрицательного электрода, отталкиваются и осаждаются на собирательных пластинках. Серный ангидрид образует с водой капельки серной кислоты, последняя растворяет в себе селен и стекает вниз, откуда выводится сифоном.

Очищенный и охлажденный газ подается в башенную или известково-молочную поглотительную установку.

При башенном способе приготовления кислоты, очищенный и охлажденный газ проходит через слой известняка, орошаемого сверху водой. Сернистый газ, растворяясь в воде, дает сернистую

кислоту $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{H}_2\text{SO}_3$, последняя воздействует на известняк и образует бисульфит кальция: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$,
 $\text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_3 = \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$.

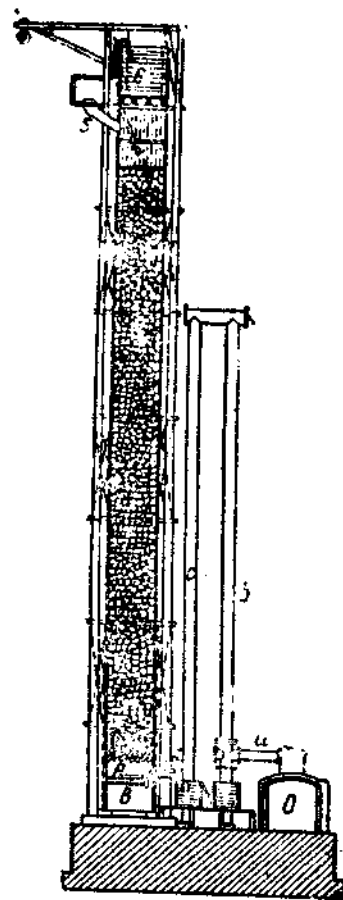


Рис. 59. Турма Митчерлиха, прежней конструкции.

ниже колосников. Нижняя служит сборником для кислоты, отводная труба для кислоты располагается на уровне 2—3 м от пола, нижняя же часть сборника используется как отстойник для увлеченных кислотой грязи и шлама. На уровне колосниковой решетки имеется люк для вы-

Раствор бисульфита кальция стекает вниз, обогащаясь новыми порциями растворяющегося в нем сернистого газа.

Башня Митчерлиха, имеющая вид вертикально поставленного цилиндра, высотой 35—40 м, делается из дерева¹ или железобетона, облицованного изнутри кислотоупорными плитками. Во избежание закупорки турмы известняком, нижний диаметр делается несколько больше, чем верхний.

Турмы больших размеров имеют диаметр нижнего сечения 2,8 м и верхнего 2,4 м.² На высоте 5—7 м от пола в турме устанавливается колосниковая решетка из прочных дубовых брусков, служащая для поддержания столба известняка, загружаемого до самого верха турмы (высота столба известняка 28—34 м). Сверху турма закрыта днищем, снабженным распределительным устройством для орошения воды, последняя должна подаваться не отдельной струей, а растекаться по всей поверхности известняка. Отработанные газы (азот, кислород избыточного воздуха, угольный ангидрид, получающийся при реакции, а также оставшиеся непоглощенными остатки сернистого и серного ангидрида), выводятся через вытяжную трубу в верхней части турмы. Газ, подлежащий поглощению, вводится по свинцовому газопроводу, расположенному на 1,5—2 м часть турмы обкладывается свинцом и

¹ Лучшим материалом для деревянных турм является лиственница и мелкослойная сосна.

² В вышеописанных турмах Иенсона диаметр нижнего сечения доходит до 3,4 м и верхнего 2,6 м.

грузки известкового камня при чистке турм. Загрузка известняка производится через боковой люк в верхней части турмы. Турмы заключаются в общий каркас, снабженный лестницами для обслуживания. Подача известкового камня наверх производится подъемником (рис. 59).

Работа поглотительной установки зависит от ряда условий, влияющих как на производительность турм, так и на состав получаемой кислоты. Как уже было указано, приготовление кислоты сводится к растворению сернистого газа в воде и последующему воздействию сернистой кислоты на известняк. На стр. 97 была

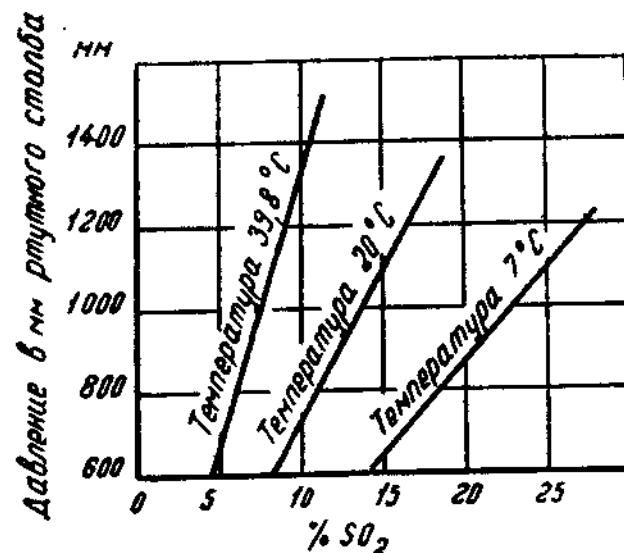


Рис. 60. Растворимость SO_2 при различной температуре и зависимости от давления.

приведена диаграмма растворимости сернистого газа в воде в зависимости от температуры, из которой видно, что понижение температуры воды в значительной степени улучшает растворение сернистого газа. Растворимость сернистого газа находится также в прямой зависимости от его давления, последнее обстоятельство обуславливает важность получения печного газа с наиболее высоким содержанием SO_2 .¹ С увеличением содержания в воде растворенного бисульфита, растворимость сернистого газа (свободно растворенного) несколько уменьшается (рис. 60).

Практически поглощение газа в турме протекает в меняющихся по ее высоте условиях. Реакция растворения сернистого газа и образования бисульфита кальция сопровождается выделением не-

¹ Парциальное давление SO_2 соответствует его процентному содержанию в газовой смеси.

которого количества тепла, поэтому по мере протекания в нижнюю часть турмы, температура орошающей воды повышается.¹ Парциальное давление сернистого газа вначале резко падает, при переходе же в верхнюю часть турмы понижение концентрации замедляется, поэтому для уменьшения потерь непоглощенного газа и требуется столь значительная высота турмы. Уменьшение растворимости сернистого газа, вследствие падения его концентрации, частично компенсируется тем, что в верхнюю часть подается более холодная свежая вода, однако, большее или меньшее количество сернистого газа остается непоглощенным.

Подробные исследования поглощения газа в турмах Митчеллих производились Хром Гуммом, который установил зависимость между введенным или понятим высоты половинного поглощения и количеством сернистого газа, оставшимся непоглощенным (под высотой половинного поглощения подразумевается высота столба известкового камня, дойдя до которой газ уменьшает вдвое свою начальную концентрацию). Зависимость эта выражается следующей формулой:

$$X = a \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{H}{h}}$$

где: X — концентрация SO_2 в отходящих газах (в объемных проц.), a — начальная концентрация газа, подводимого в турму, H — общая высота столба известкового камня, h — высота половинного поглощения.

Ниже приводится диаграмма поглощения сернистого газа по высоте турмы и высота половинного поглощения при различных температурах, в условиях получения кислоты крепостью 3,5% всей SO_2 и начальной концентрацией газа 10% (рис. 61).

При установившемся режиме работы печного отделения, крепость получаемой кислоты находится в обратной зависимости от количества орошающей воды, так как за вычетом потерь весь сернистый газ растворяется соответственно в большем или меньшем объеме воды. Образование бисульфита также зависит от температуры и количества орошающей воды. С повышением температуры воды уменьшается растворимость сернистого газа, и последний медленнее понижает свою концентрацию, поэтому образование сернистой кислоты распространяется на большую высоту столба, загруженного в турму известняка и продолжительность ее воздействия на известняк увеличивается, вследствие чего кислота получается с повышенным содержанием основания. Уменьшение количества орошающей воды также приводит к увеличению в кислоте основания, так как более крепкая кислота энергичнее вступает в реакцию с известняком. Кроме того, с уменьшением объема воды, уменьшается скорость ее протекания, а поглощение крепкого сернистого газа распространяется на большую высоту, т. е. в этом случае известняк подвергается более длительному воздействию кислотой. Повышение температуры кислоты за счет

теплоты, выделяемой при реакции, также увеличивается с уменьшением количества орошаемой воды.

Образование бисульфита в значительной степени зависит от качества известняков и состояния известкового камня в турме. Хотя известняки принадлежат к одной из наиболее распространенных пород, далеко не все они в одинаковой степени пригодны для получения турменной кислоты. По химическому составу чистый известняк представляет углекислый кальций, но обычно известняки содержат большее или меньшее количество примесей $MgCO_3$, Fe_2O_3 , Al_2O_3 , SiO_2 и др. В хороших известняках содержание $CaCO_3$ доходит до 98—99%.

Более чистые известняки обладают лучшей растворимостью в кислотах. Углекислый магний, часто содержащийся в известняках, значительно понижает растворимость известкового камня в сернистой кислоте, поэтому для башенного способа получения кислоты считается целесообразным применение известняков с содержанием не выше 2—2,5% $MgCO_3$. Доломиты¹ при башенном способе для получения кислоты непригодны. Прочие примеси, хотя и не отражаются на растворимости известняков, но приводят к загрязнению поверхности и увеличению шлама в турме. Поэтому желательно, чтобы содержание их не превышало 1,5—2%.

Большое значение имеет физическое строение известняков.

Известняки встречаются от пористой (раковистой) и аморфной, до крупнокристаллической структуры. Удельный вес соответственно также колеблется от 2 до 2,75. По данным Реммера растворимость известняков в кислотах повышается с увеличением их удельного веса. Для применения в турмах пригодными считаются известняки, имеющие удельный вес не ниже 2,5. Известняк загружается в турмы в виде камней 20—40 см в поперечнике, последние должны обладать достаточной прочностью, чтобы не разбиваться при падении во время загрузки, так как мелкие куски ложатся плотнее и затрудняют прохождение газа.

Реакция известняка с сернистой кислотой происходит, главным

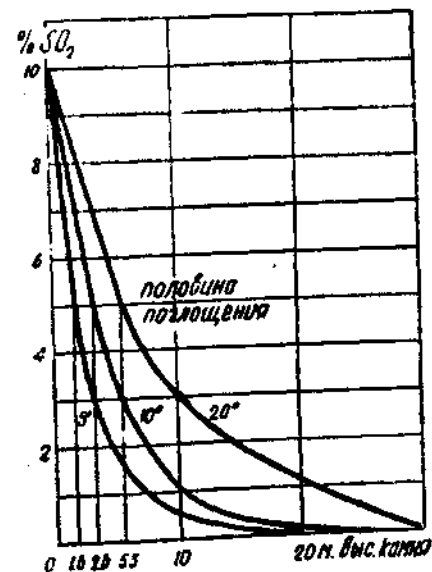


Рис. 61. Изменение концентрации газа по высоте башни при разных температурах.

¹ В обычных условиях тепло, выделяющееся при реакции $SO_2 + H_2O = H_2SO_3 + 7,7$ ккал.
 $2H_2SO_3 + CaCO_3 = Ca(HSO_3)_2 + H_2O + CO_2 + 29,3$ ккал., создает разницу между температурой орошающей воды и получаемой кислоты в 6—8° Ц.

¹ Доломитами называются известняки с большим содержанием $MgCO_3$ (до 45%).

образом, на поверхности камня. Наряду с образованием бисульфита на поверхности камня образуется некоторое количество трудно-растворимых моносulfита кальция¹ и гипса. Последние значительно понижают реакционную способность известняка, поэтому турмы периодически выключаются на промывку, во время которой очищается поверхность камня и удаляется шлам. Один—два раза в год турмы останавливаются на капитальную чистку, во время которой выгружается весь известковый камень и заменяется новым. Пористые известняки совершенно непригодны, так как гипсация в них происходит не только с поверхности, но и внутри камня, и промывка турм не достигает должного эффекта. Недостаточно охлажденный печной газ обычно содержит большее количество газообразного SO_2 , обладающего высокой растворимостью в воде, поэтому, как правило, недостаточное охлаждение газа влечет быструю гипсацию турм, трудно удаляемую промывкой. При температурах газа ниже $46^\circ C$ SO_2 находится в туманообразном (жидком распыленном) состоянии, в таком виде сернистый ангидрид почти не растворяется в воде и проходит всю турму вместе с другими непоглотившимися газами. По мере растворения высота столба известкового камня в турме понижается. Чтобы не было больших потерь непоглотившего газа, вследствие уменьшения поверхности соприкосновения его с водой и известняком, турмы периодически, раз в 7—8 дней, выключаются на догрузку и промывку. Суммируя основные факторы, влияющие на работу поглотительной установки, можно сделать следующий вывод. Получение крепкой кислоты без значительных потерь непоглотившего газа обеспечивается получением наиболее крепкого газа в печном отделении и применением достаточно холодной воды.²

Регулирование крепости кислоты достигается регулированием воды, поступающей на орошение, последнее, однако, не должно чрезмерно понижаться, во избежание потерь непоглотившего газа. Для бесперебойности работы качество известняка должно соответствовать ранее указанным требованиям и своевременно производиться загрузка и чистка турм. При нормальных условиях работы турмы обладают производительностью около 100 м^3 кислоты в сутки, содержащей 3—3,2% всей SO_2 с 1 м^2 среднего сечения турмы.

Основным недостатком турм Митчерлиха являются неизбежные потери некоторого количества непоглотившего газа (увеличивающиеся с повышением крепости получаемой кислоты) и периодич-

¹ Из реакции видно, что моносulfит кальция является промежуточным продуктом, растворяющимся в избытке сернистой кислоты.

² Непрерывная работа турмы в зимнее время может продолжаться до 11—12 дней, летом же, при отсутствии источника получения холодной воды, иногда снижается до 5 дней.

³ Наиболее подходящая температура охлаждающей воды находится в пределах $8-12^\circ C$. Так как в летнее время вода в реках достигает $18-20^\circ C$, а в зимнее иногда понижается до $4-6^\circ C$, (что приводит к недостаточному содержанию оснований), многие заводы пользуются артезианской водой, обладающей достаточно низкой и постоянной температурой в течение всего года.

ность в работе (выключение на промывку и загрузку). За последнее десятилетие большим распространением пользуются турмы системы Иенсена.¹ По своему устройству турмы Иенсена не отличаются от турм Митчерлиха, но работают не изолированно, а в соединении двух турм в одну систему. Печные газы последовательно проходят сначала первую турму, затем по газопроводу подводятся под колосники второй турмы. В первой турме поглощается 80—90% всего поступающего сернистого газа. Непоглотившийся в первой турме газ растворяется в воде, орошающей известняк во второй турме и образует слабую кислоту (полукислоту), последняя из сборника перекачивается насосом на орошение первой турмы (турмы крепкой кислоты). Систематически (примерно 1 раз в сутки) направление газа и воды в системе турм меняется, т. е. турма крепкой кислоты переключается на выработку полукислоты и наоборот. Турмы Иенсена обычно выполняются из железобетона с кислотоупорной облицовкой. Турмы больших размеров имеют диаметр до 3,4 и высоту до 40 м. Турмы, работающие по системе Иенсена, обладают значительными преимуществами по сравнению с турмами Митчерлиха, так как газ последовательно при противотоке проходит общую высоту орошаемого известняка 60—65 м. Турма обеспечивает получение крепкой кислоты при высокой производительности и отсутствии потерь непоглотившего газа.² Температура орошающей воды оказывает меньшее влияние на крепость получаемой кислоты. В случае падения крепости, или необходимости изменить состав кислоты, регулирование может происходить не только количеством подаваемой на орошение воды, но и соотношением между количеством орошаемой воды в турме полукислоты и количеством полукислоты в турме крепкой кислоты, путем возвращения части полукислоты на турму полукислоты, или добавки воды на турму крепкой кислоты. Попеременная работа турм то в качестве турмы полукислоты, то крепкой кислоты, способствует поддержанию в чистоте поверхности известкового камня (рис. 62). Поэтому гипсация турм в системе Иенсена имеет значительно меньше места.

При работе по способу Митчерлиха необходимо иметь резерв (около 30% от числа работающих турм), обеспечивающий производительность установки, так как систематически часть турм находится под загрузкой и чисткой. Полное поглощение газа во второй турме позволяет при работе по системе Иенсена производить непрерывную догрузку турм, попеременная же работа турм позволяет исключить и необходимость выключения турмы на промывку, поэтому установка системы Иенсена не требует наличия какого-либо резерва (на время капитальной чистки, производимой раз в год, одна турма может быть выключена, вторая же работать по способу Митчерлиха).

¹ У нас в Союзе установки системы Иенсена имеются на Балахнинском и Канском целлюлозно-бумажных комбинатах.

² Даже при применении теплой воды (до $20-22^\circ C$) потери непоглотившего газа не превышают 0,5% от начального содержания.

Производительность двойной турмы Иенсена обеспечивает получение до 150 м³ кислоты в сутки, крепостью до 3,5% SO₂, с 1 м³ среднего сечения турмы. Одна пара турм достаточна для

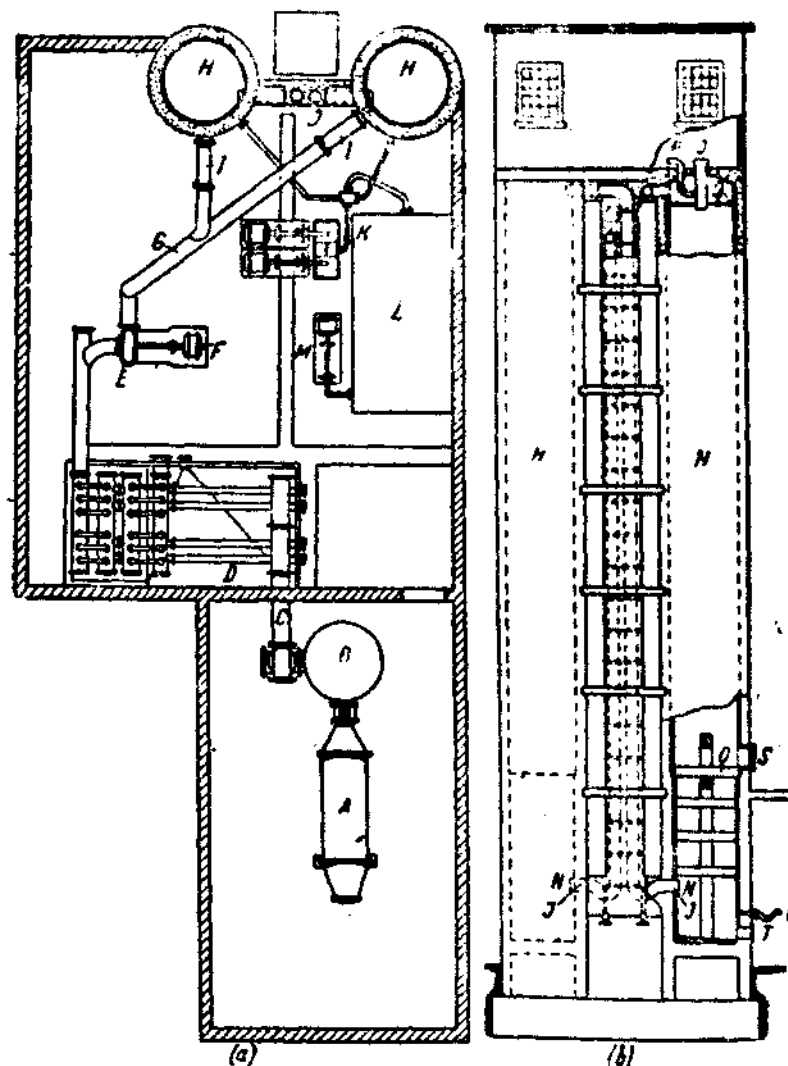
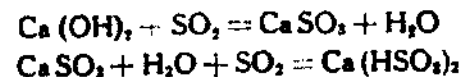


Рис. 62. Схема работы турмы Иенсена.

снабжения кислотой завода, вырабатывающего до 180—200 т целлюлозы в сутки. Некоторые заводы имеют систему из трех турм, из которых две являются турмами крепкой и одна турмой полу-кислоты.

В практике работы заводов США и Канады распространены турмы Иенсена, имеющие две колосниковые решетки на расстоянии 5—6 м одна от другой. Пространство между верхней и нижней решеткой заполняется деревянными шашками или другим инертным материалом и служит для насыщения кислоты свободно растворенным SO₂, т. е. для повышения соотношения в кислоте между свободной и связанной кислотой.

Если завод не имеет возможности получать известняки удовлетворительного качества, отвечающие требованиям, предъявляемым к ним при башенном способе получения кислоты, в частности в отношении содержания Mg CO₃ и физических свойств (плотность, прочность, структура), для поглощения газа применяют известково-молочный способ.¹ В этом случае материалом для получения бисульфита служит разведенная в воде едкая известь (Ca(OH)₂) или так называемое известковое молоко. Сернистый газ легко реагирует с известковым молоком, образуя бисульфит



Для приготовления известкового молока применяется негашеная (жженная) известь — CaO,² которая гасится водой, образуя гидрат окиси кальция (CaO + H₂O = Ca(OH)₂), последний разбавляется водой до требуемой консистенции и очищается от механических примесей. Наличие в извести даже весьма значительного количества MgO не только не отзывается вредно на производстве, но и придает некоторые положительные качества кислоте, так как и моносульфит и сульфат магния обладают значительно лучшей растворимостью по сравнению с соответствующими солями кальция, что благоприятно отражается в процессе варки. Гашение извести водой осуществляется в деревянных ящиках (творилах) или в аппарате непрерывного действия (аппарат Мика), представляющего собою вращающийся железный цилиндр с приспособлением для дозировки поступающей извести и воды. Для очистки от загрязнений (песок, недожженная известь и т. п.) известковое молоко или процеживается через сито (фильтрующий барабан, обтянутый мелкой сеткой), или проходит аппараты,³ в которых примеси отделяются осаждением. Простые отстойники для этой цели не годятся, так как известь обладает малой растворимостью в воде и находится в известковом молоке, главным образом, во взвешенном состоянии. Очищенное

¹ В США и Канаде известково-молочный способ часто применяется и при наличии доброкачественных известняков.

² Негашеная известь получается путем обжига известняков, которые при прокалывании теряют углекислоту CaCO₃ → CaO + CO₂. Заводы пользуются или привозной известью с содержанием 70—85% CaO, или имеют собственные обжигательные печи, последнее предпочтительнее, так как известь при хранении поглощает углекислоту, чем снижается содержание CaO.

³ Из аппаратов для очистки известкового молока находят распространение аппараты Корнелла, мешалка Русселя и классифер Дорра.

известковое молоко сохраняется в резервуарах, снабженных мешалками, устраняющими оседание извести, и из последних качается центробежными насосами в поглотительную установку. Из аппаратов для поглощения газа известковым молоком наибольшей производительностью, при одновременной простоте устройства, отличается башня системы О. К. Гиллера.¹

Башня Гиллера представляет собой деревянную призму четырехугольного сечения (2 × 2,2 м) высотой около 12—13 м. Башня разделена на 13 этажей, из которых 11 (высотой около 0,9 м) являются рабочими, верхний (осушительный) служит для распределения поступающего известкового молока и отвода отработанных газов, а нижний для сбора получаемой кислоты (рис. 63).

Каждый рабочий этаж разделяется двумя или тремя поперечными перегородками, снабженными в нижней части отверстиями для прохода газа и жидкости. Между собою этажи сообщаются широкими прямоугольными каналами для прохождения газа и переливными трубами для жидкости, последние располагаются диагонально чередуясь по углам. Очищенный и охлажденный печной газ подводится в нижний этаж, поднимается по каналу в первый рабочий этаж, и, не имея другого выхода, вынужден пробулькивать через слой жидкости, покрывающей отверстия поперечных перегородок (уровень переливной трубы в каждом этаже находится несколько выше уровня отверстий). Таким образом газ, пробулькивая через слой жидкости, проходит весь этаж, после чего по следующему широкому каналу переходит во второй этаж, где повторяет путь в обратном направлении и проходит в третий этаж и т. д. вплоть до верхнего этажа, откуда отработанные газы (азот и кислород избыточного воздуха) отсасываются турбовентилятором. Известковое молоко, поступающее в верхний этаж, поднявшись до уровня переливной трубы, расположенной рядом с каналом для прохода газов, перетекает в нижерасположенный этаж, в котором также растекается на глубину, соответственно уровню переливной трубы и т. д., вплоть до нижнего этажа, из которого кислота отводится в отстойник (резервуар для хранения кислоты). Прохождение известкового молока облегчается тем, что в каждом этаже направление его движения совпадает с направлением тока газов, имеющих значительно большую скорость. Для лучшего соприкосновения и перемешивания газа с жидкостью в каждом этаже против отверстий поперечных щитов устанавливаются пороги. Как показали опыты, поглощение газа почти полностью завершается в первых восьми этажах, выше лежащие этажи поглощают незначительный остаток SO_2 . Образование кислоты по этажам протекает по следующей схеме.

В верхних этажах, в которые поступает свежее известковое

молоко и незначительное количество газа, вначале образуется моносульфит кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SO}_2 = \text{CaSO}_3 + \text{H}_2\text{O}$, последний

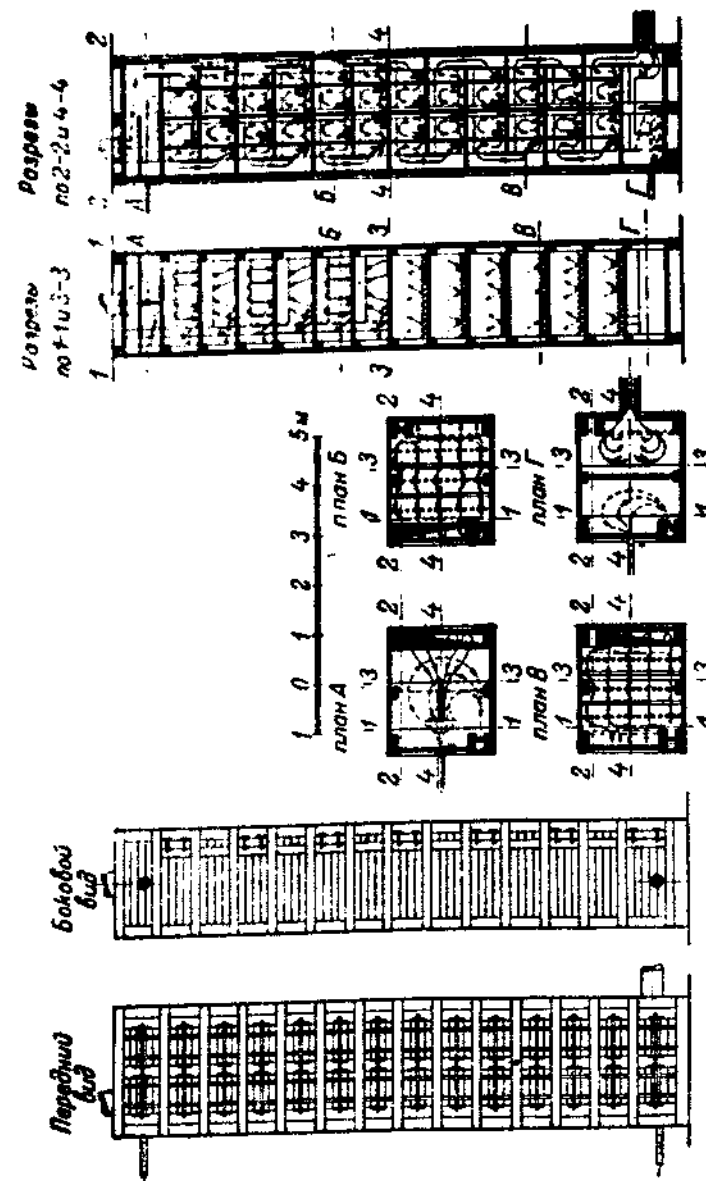
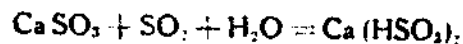


Рис. 63. Башня Гиллера.

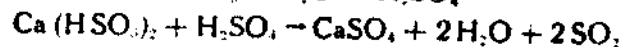
частично осаждается на дно этажа, часть же увлекается с известковым молоком в ниже лежащие этажи, в которых, наряду с образо-

¹ Башня системы О. К. Гиллера установлена на фабрике им. Куйбышева и Виссерком бум. комбинате, за границей находят применение установки Тигса, Франка и башня Браккера, все они в работе несколько уступают башне Гиллера.

ванием моносulfита, происходит реакция с новыми порциями сернистого газа, переводящего моносulfит в бисульфит:



Приведенные реакции протекают, главным образом, на участке от 10-го до 6—5 этажа. В ниже лежащих этажах раствор бисульфита обогащается растворяющимся в нем сернистым газом. В первом этаже обычно наблюдается некоторое уменьшение содержания как всей, так и связанной кислоты, последнее находит объяснение в том, что в поступающем печном газе всегда имеется большее или меньшее количество SO_2 , который связывает основание из бисульфита, образуя малорастворимый гипс и вытесняя газообразный SO_2 :

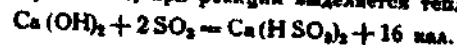


Кислота при известково-молочном способе обычно имеет более высокую температуру, чем при способе Митчерлиха.¹ Температура при этом способе оказывает незначительное влияние на состав кислоты, поскольку последний, главным образом, зависит от концентрации известкового молока. Повышение температуры кислоты, создавая некоторое перемещение поглощения газа в верхние этажи башни Гиллера, дает возможность получать некоторую экономию расхода пара при варке и уменьшить ее продолжительность. Основным недостатком башни Гиллера является необходимость частой прочистки этажей и отверстий переливных труб от закупорки их осадком из известкового молока (недожженной извести, песка и грязи), выпадающего моносulfита и гипса.

Для целей очистки турмы каждый этаж снабжен тремя люками. Применение извести, полученной из доломитов с высоким содержанием магнезии, значительно уменьшает засоряемость турм Гиллера. Башня Гиллера приведенных размеров, без напряжения в работе, обеспечивает производительность более 650 м³ кислоты в сутки при потребной мощности около 80 л. с. (Расход энергии необходим для вентилятора, просасывающего газы через этажи).

Как при башенном, так и при известково-молочном способе получения кислоты, весь процесс, начиная от колчеданных или серных печей и кончая поглотительной установкой, связан в замкнутую систему аппаратов и газопроводов, по которой печной газ должен проходить, преодолевая различные сопротивления (трение в газопроводах, пробуксовывание через слой жидкости, прохождение через башню и т. п.), не нарушая тяги в печах. Для этой цели в кислотных отделах применяются вентиляторы. При башенном

¹ При работе по известково-молочному способу иногда применяют газ с температурой 80—100°, кроме того, при реакции выделяется тепло:



Иногда температура кислоты достигает до 50—60° С.

способе вентилятор обычно ставится в промежутке между отделом очистки и охлаждения газа и поглотительной турмой. В этих случаях для обеспечения преодоления сопротивлений и получения нужной тяги в печах достаточно создать разрежение перед вентилятором около 200—250 мм водяного столба, для чего необходима мощность вентилятора 5—10 л. с. (в зависимости от количества печей, включенных в систему). При известково-молочном способе, как уже было указано, вентилятор требует значительно большей мощности (разрежение, создаваемое вентилятором, должно быть около 2500 мм водяного столба), но в отличие от башенного способа, вентилятор может быть изготовлен из обычных материалов (не кислотостойких), так как в отработанных газах после башни Гиллера не содержится ни сернистого, ни серного ангидрида.

Полученная в кислотном отделе кислота на современных заводах, прежде чем поступить в варочный отдел, проходит нижеописанную регенерационную установку, в которой повышает свою крепость за счет сернистого газа, отходящего из котла при сдвухах. Повышение крепости кислоты создается увеличением содержания свободной кислоты, причем несколько увеличивается и количество жидкости, поэтому для наличия в варочной кислоте 0,8—1% CaO , содержание последнего после поглотительной установки должно составлять 1—1,2%. В отличие от варочной, кислота, не прошедшая еще регенерационную установку, носит название „сырой“ или турменной кислоты, последняя хранится в деревянных, или защищенных от разъедания кислотоупорным материалом, железных или железобетонных баках, снабженных шкалой для измерения ее количества.

Высокая степень уплотнения варочных котлов (см. ниже) и сокращение времени оборота котла, внедряющихся в последние годы, обуславливают необходимость получения более крепкой кислоты.

В свою очередь получение крепкой кислоты связано с созданием условий для повышения растворимости сернистого газа. По данному пути и идет совершенствование технологического процесса получения кислоты.

В целях получения газа максимальной крепости, можно пользоваться для сжигания серы или колчедана не воздухом, а чистым кислородом, однако, вследствие высокой стоимости последнего в настоящее время экономически это не оправдывается. Более целесообразно пользоваться воздухом, обогащенным кислородом.

Еще ближе к практическому разрешению метод обогащения сернистого газа (путем сжатия газов) относительно невысокой концентрации давлением и получения крепкого газа, вплоть до 100% SO_2 . Такие установки могут быть и вне системы целлюлозного завода, а последний пользуется готовым жидким газом.

Последнее может быть выполнено более экономично химическим путем. Газы, содержащие сернистый газ, пропускаются через растворитель, поглощающий SO_2 в большом количестве, послед-

ний перекачивается в подогреватель (использующий теплоту печных газов), от которого 100% SO_2 направляется в поглотительную установку, а растворитель, пройдя холодильник, опять используется для поглощения SO_2 (цикл проходит непрерывно).

Менее сложным методом является увеличение растворимости SO_2 обычных печных газов путем значительного увеличения давления в поглотительном аппарате, или укрепления обычной сырой кислоты перекачкой через колонку, в которую нагнетается сернистый газ (печной или сдубочный) под большим давлением.

Варочный отдел

Несмотря на то, что производство сульфитной целлюлозы за 70 лет своего существования развилось в мощную отрасль промышленности, развитие процесса сульфитной варки, являющейся основной операцией в получении целлюлозы, до последнего времени шло, главным образом, эмпирическим путем. Лишь за последнее десятилетие изучение характера и свойств составных частей древесины, в частности—лигнина, дало возможность внести некоторую ясность в понимание сущности химических процессов при сульфитной варке, однако, и в настоящее время еще нет единой общепризнанной теории сульфитной варки.¹ Из различных теорий процесса варки наибольшим признанием пользуется теория, разработанная Э. Хегглуном. Согласно последней, варочный процесс делится на две стадии: первая—присоединение сернистой кислоты к лигнину (образование лигносульфоновой кислоты) и вторая—частичный гидролиз древесины и растворение полученной в первой стадии твердой лигносульфоновой кислоты. Как показали многочисленные экспериментальные данные, а также практика заводских варок, образованию твердой лигносульфоновой кислоты должна предшествовать пропитка древесины кислотой. Скорость пропитки древесины, а следовательно и скорость течения первой стадии процесса варки, зависит от температуры пропитки и крепости варочной кислоты. С повышением крепости варочной кислоты, а также с повышением температуры при одной и той же крепости кислоты, скорость и полнота пропитки значительно возрастают, причем, как указывают различные исследования, при одной и той же крепости кислоты пропитка идет тем быстрее, чем выше отношение содержания свободной кислоты к кислоте связанной.

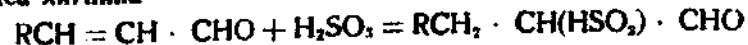
Установлено, что в период пропитки уже начинается некоторый гидролиз углеводной части древесины и растворение лигносульфоновой кислоты, процессы эти также ускоряются с повышением температуры и крепости кислоты.

¹ Это объясняется тем, что до сих пор нет единой общепризнанной теории химической природы и строения лигнина и установленного характера связи между основными составными частями древесины—целлюлозой, лигнином и другими углеводами. Подробно см. Никитин *«Химия древесины»*.

Влажность древесины также существенно отражается на ходе пропитки: чем больше находится воды в клетках древесины, тем медленнее происходит впитывание кислоты, однако, пересушенная древесина затрудняет проникновение кислоты в глубь клеточных оболочек, так как последние с понижением влажности становятся более плотными. Смолистость древесины препятствует пропитке, высокое содержание смолы делает невозможным получение достаточной пропитки в обычных условиях. Проникновение кислоты при пропитке наиболее легко идет вдоль по капиллярам трахеид, сосудов и т. п., поэтому существенное значение приобретает чистота отруба и отсутствие мятя при рубке щепы. Практически для получения проваренной целлюлозы важно, чтобы пропитка наиболее полно прошла в период, когда содержимое котла еще находится при температурах не выше 112—115°. Присоединение сернистой кислоты к лигнину и образование твердой лигносульфоновой кислоты начинается одновременно с пропиткой древесины. Соединение это весьма прочное и не разлагается действием минеральных кислот.

Кроме прочного присоединения, некоторое количество сернистой кислоты присоединяется в форме малостойкой связи—так называемой легкоотщепляемой SO_2 .

Классон объяснял прочное присоединение сернистой кислоты тем, что оно происходит по этиленовой связи акролеинового комплекса лигнина



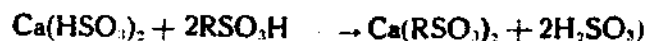
Позднее, когда Фрейденбергом было указано на отсутствие этиленовых связей, предполагалось, что подобные связи возникают в результате отщепления воды от боковых групп лигнина, содержащих гидроксил; однако, подобное предположение не дает удовлетворительного объяснения некоторым свойствам лигносульфоновой кислоты, указывающим на сохранение гидроксильных групп.

Хегглуном предполагается присоединение сернистой кислоты по связям, образующимся в результате разрыва кислородного мостика в лигнине. В первой главе уже говорилось, что в последнее время и Фрейденберг считает наиболее вероятным присоединение сернистой кислоты именно таким образом. Непрочное присоединение сернистой кислоты, повидимому, происходит главным образом к карбонильным группам, причем, как это указывает Хегглуна, большая часть легкоотщепляемой SO_2 находится в соединении с карбонильными группами не лигнина, а углеводов.

Состав варочной кислоты отражается на содержании прочно-связанной и легкоотщепляемой SO_2 : увеличение содержания основания (бисульфита)—влечет повышение образования прочно связанного соединения, а увеличение свободной SO_2 и понижение содержания основания—повышают количество легкоотщепляемой SO_2 . Присоединение сернистой кислоты не ограничивается периодом образования твердой фазы, а продолжается и во время перехода лигносульфоновой кислоты в раствор.

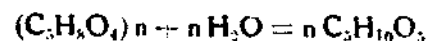
Вторая стадия процесса варки, заключающаяся в гидролизе лигносульфоновой кислоты, в результате которого сложный коллоидальный комплекс твердой лигносульфоновой кислоты распадается на растворимые более простые частицы различной степени дисперсности, в значительной степени зависит от температуры и кислотности среды (концентрации водородных ионов). Согласно данным Стангеленда, повышение температуры на каждые 10° увеличивает относительную скорость реакции расщепления лигносульфоновой кислоты в два раза. Повышение активной кислотности (концентрации водородных ионов) также в значительной степени ускоряет процесс гидролиза. Хегглюнд указывает на то, что сама лигносульфоновая кислота, даже в твердой фазе является кислотой сильно ионизированной, поэтому не малое значение имеет гидролиз твердой лигносульфоновой кислоты под влиянием собственных водородных ионов. Увеличение в растворе количества ионов основания оказывает замедляющее действие на растворение лигносульфоновой кислоты¹.

Лигносальфоновая кислота перешедшая в раствор, как кислота сильная образует кальциевую соль, вытесняя сернистую кислоту из бисульфита:



последняя реагирует с новыми количествами лигнина.

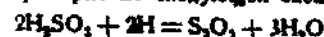
Гидролиз гемицеллюлоз (пентозанов и гексозанов) начинается еще в период пропитки. Претерпевая частичную деполимеризацию, эти углеводы переходят в раствор, где дальнейший гидролиз завершает ее до образования простейших сахаров:



Вполне понятно, что процесс этот всецело зависит от концентрации водородных ионов, т. е. от кислотности среды. Полученные сахара, обладающие редуцирующей способностью, могут вступать во взаимодействие с сернистой кислотой, в результате которого часть сахаров окисляется и разрушается, сернистая же кислота восстанавливается в тиосульфат, который в условиях варки (кислотность среды и температура 135—145°) разлагается с образованием серной кислоты и серы². СаО, находящийся в растворе,

¹ Кульгрэн (Svensk Kemisk Tidskrift 44, 1935 г.) на основании своих опытов, показывающих, что добавление некоторых солей (NaCl, Na₂SO₄) может остановить растворение лигносульфоновой кислоты, а также сравнения гидролиза лигносульфоновой кислоты в чистой воде и с добавкой HCl, приводит обоснованные выводы, что скорость растворения лигносульфоновой кислоты зависит не от кислотности среды, а от соотношения между количествами водородных ионов и других катионов (основания).

² Реакция протекает примерно по следующей схеме:



оказывает каталитическое действие в этой реакции разрушения сахаров. Исследования Хегглюнда показали, что замена в кислоте СаО на эквивалентное количество MgO уменьшает разрушающее действие¹.

Как известно клетчатка, являющаяся сложным углеводом, также способна подвергаться гидролизу на простейшие сахара



Хотя в первую очередь гидролизу подвергаются менее стойкие углеводы (гемицеллюлозы), все же, по мере возрастания кислотности щелока (варочной жидкости), вследствие растворения лигносульфоновой кислоты, клетчатка претерпевает все большее воздействие кислоты. Основание в бисульфите, до некоторой степени, является буфером в отношении возрастающей кислотности щелока, с израсходованием основания кислотность жидкости резко возрастает, и гидролиз клетчатки, понижающий механические качества волокна целлюлозы и ее химические константы, становится уже значительным, поэтому практически варку прерывают до окончания реакции полного растворения инкрустов. Отсюда ясно, что техническая целлюлоза не является чистой клетчаткой, а содержит большее или меньшее количество инкрустов, в зависимости от того — насколько прошло их навлечение к моменту окончания варки и, наоборот, не вся клетчатка, содержащаяся в древесине, осталась в целлюлозе, так как некоторое количество ее в результате гидролиза растворилось в щелоке (разрушилось).

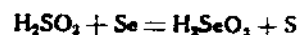
Ранее уже было указано, что кроме прочного присоединения, некоторое количество сернистой кислоты соединяется с лигнином и углеводами в форме легко отщепляемой SO₂, причем последняя, повидимому, находится в соединении, главным образом, с карбонильными группами. Как показали исследования различных авторов, в большинстве своем эти группы (если они находятся в ненасыщенном состоянии) обуславливают темное окрашивание, наличие же бисульфита, насыщающего эти группы, предохраняет щелок от потемнения. К концу варки, когда бисульфит в большей своей части израсходован на образование соли лигносульфоновой кислоты, в щелоке возрастает количество ненасыщенных карбонильных групп, и он приобретает темный цвет. Если бисульфит израсходован еще в стадии образования твердой лигносульфоновой кислоты, возможно не только интенсивное потемнение щелока, но и потемнение волокна целлюлозы. По мнению автора и редактора настоящей книги профессора Никитина Н. И., темное окрашивание щелока обуславливается не отщеплением бисульфитных групп (наличием ненасыщенных карбонильных групп), а потемнением растворенных в щелоке сахаров под влиянием кислотности среды.

Таким образом, чтобы в процессе варки клетчатка не подвергалась значительному гидролизу, понижающему выход и качество

¹ Работы проф. А. П. Жеребова и О. К. Гиллора подтверждают различное действие на сахар кальциевого и магниевого оснований.

волокна, количество основания в варочной кислоте должно быть достаточным для связывания в виде соли всей лигносульфоновой кислоты. Однако, наличие определенного количества основания в варочной кислоте еще не гарантирует безупречную варку, так как в результате побочных реакций при варочном процессе, основание может быть израсходовано не по назначению. Выше было указано на образование тиосульфатов при взаимодействии сернистой кислоты с сахарами, приводящее к разложению сернистой кислоты на серную и серу. В результате побочных реакций при варке наблюдается образование политионовых кислот, которые легко разлагаются также на серную кислоту и серу, последние, реагируя с сернистой кислотой, образует новые количества политионовых кислот и т. д., т. е. сера является катализатором для перевода сернистой кислоты в серную.¹ Еще большей каталитической способностью разлагать сернистую кислоту на серу и серную кислоту обладает селен, наличие которого даже в ничтожных количествах затрудняет получение прочной целлюлозы, или делает варку невозможной вообще.

До последнего времени считалось, что допустимое содержание селена в кислоте не должно превышать 0,4–0,5 мг на 1 л. Илж. Волков считал, что предельное содержание даже не должно превосходить 0,1 мг Se на 1 л кислоты. Хетглюндом были проведены работы, показывающие возможность сварить целлюлозу с кислотой, содержащей 0,75 мг Se в 1 л без ухудшения ее свойств. Наличие большого количества основания замедляет разложение сернистой кислоты. Разложение кислоты селеном протекает по следующей схеме: $2H_2SO_3 + SeO_2 = 2H_2SO_4 + Se$, восстановившийся до металлического селен при температурах варки снова окисляется в селенистую кислоту.



Образующаяся серная кислота, по степени ионизации превышающая лигносульфоновую кислоту, реагируя с бисульфитом, вытесняет сернистую кислоту, прочно связывая основание в виде малорастворимого гипса. Если по тем или иным причинам (разложение сахаров, влияние серы, селена и т. п.) количество образовавшейся серной кислоты будет значительным,² это может привести к тому, что большая часть основания будет связана и его не останется для полной нейтрализации образующейся лигносульфоновой кислоты. В этом случае кислотность щелока резко возрастает, и целлюлоза имеет вследствие гидролиза ослабленное волокно. Лигносульфоновая кислота в свободном состоянии неустойчива и при высокой температуре и повышенной кислотности среды легко подвергается полимеризации и осмолению, — в результате чего происходит получение черных (темно окрашенных) продуктов. Последние находятся не только в щелоке, но и адсорбируются поверхностью волокна, в свою очередь в значительной

¹ Разложение политионовых кислот идет по следующей схеме: $H_2S_2O_8 \rightarrow H_2SO_4 + SO_3 + S$.

² По данным Хетглюнда в обычных условиях в серную кислоту переходит от 10 до 20% серы, затраченной на варку. С увеличением количества основания увеличивается количество образующейся серной кислоты.

степени разрушенного гидролизом, — поэтому, при недостатке основания происходит „черная варка“, т. е. получение темного волокна, с неудовлетворительными механическими свойствами (вплоть до полного разрушения), негодного как для получения бумаги, так и для химической переработки.

Диаграмма (рис. 64) дает характеристику одной из сульфитных варок, протекавшей в нормальных условиях.

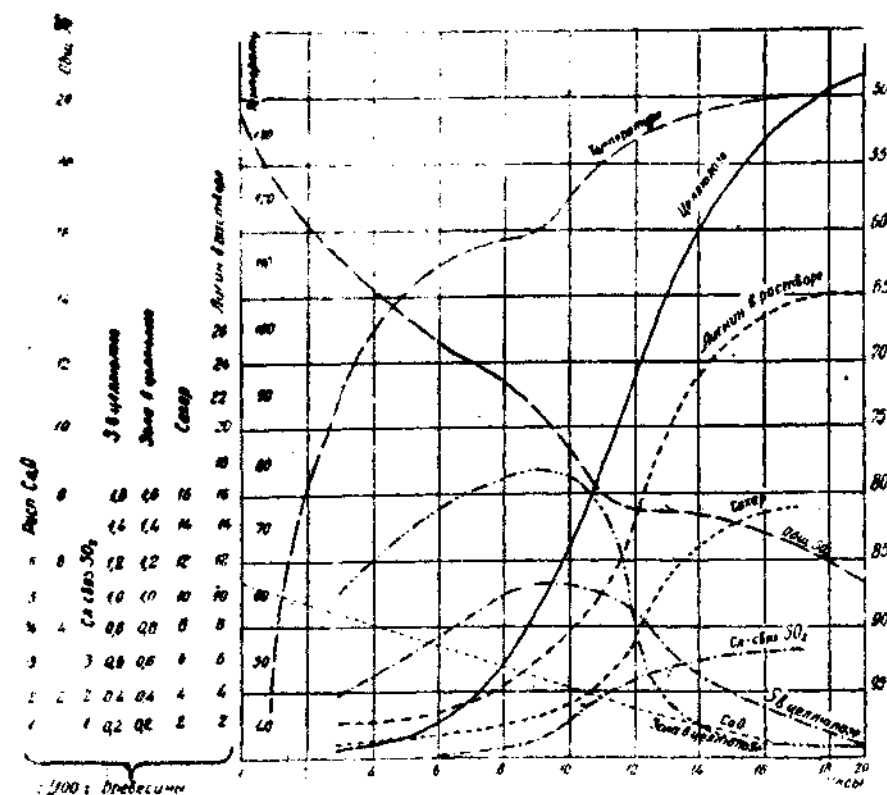


Рис. 64. Диаграмма варки.

Изменение кислотности варочной жидкости иллюстрируется следующей таблицей.

Таблица 16.

Время от начала варки в час	0	6	12	16	18
Соответствующее pH	1,88	2,04	2,02	1,90	1,82
Соответствующее количество [H ⁺]	$1,52 \times 10^{-3}$	$0,91 \times 10^{-3}$	$0,96 \times 10^{-3}$	$1,26 \times 10^{-3}$	$1,51 \times 10^{-2}$

Как видно из таблицы, кислотность щелока вначале падает, вследствие поглощения (пропитки) древесиной сернистой кислоты, по мере же растворения лигносульфоновой кислоты — кислотность вновь возрастает.

В результате некоторых побочных реакций (отщепление боковых групп лигнина и др.) при сульфитной варке образуется некоторое количество уксусной (2,5—4% в щелоке) и муравьиной (0,05—0,1%) кислот и метилового спирта (около 1,5% от веса лигнина).

В значительно меньших количествах находит место получение и других продуктов, в частности — смолистые вещества древесины дают так называемое сульфитное масло (около 0,1—0,12% от веса целлюлозы), главной составной частью которого является цимол, фурфурол, частично получающийся при гидролизе пентозанов¹ и т. п.

Не вдаваясь в более подробное изложение теории сульфитной варки, перейдем к описанию ее технического оформления. Практически варка осуществляется в больших железных котлах, стенки которых предохраняются кислотостойкой обмуровкой от разведения кислотой. Щепка, предназначенная для варки, загружается в котел и заливается кислотой, после чего крышка котла закрывается и его содержимое подвергается нагреванию паром, последнее производится или по системе Риттер-Кельнера — острым паром, или по способу Митчеллиха — паром, проходящим по эмсевикам. На преобладающем большинстве заводов, а у нас в Союзе — исключительно, применяется варка по системе Риттер-Кельнера. Варка по способу Митчеллиха, хотя и дает более высококачественную целлюлозу при большем выходе ее из древесины, отличается чрезмерной продолжительностью, вследствие чего в настоящее время находит крайне ограниченное применение. В дальнейшем изложение будет относиться к варке по способу Риттер-Кельнера.

Для варки сульфитной целлюлозы применяются преимущественно стационарные вертикальные, цилиндрические котлы, клепанные из котельного железа толщиной 25—30 мм.² Нижняя и верхняя часть котла оканчивается коническими или овальными сферическими сужениями, к которым посредством фланцев присоединяются верхняя и нижняя горловины. Емкость котлов, применяющихся на сульфит-целлюлозных заводах колеблется в больших пределах, начиная от 45—60 м³ на старых предприятиях и достигая 400 —

460 м³. Котлы большой емкости предпочтительнее в том отношении, что, при относительно небольшом удлинении оборота, — производительность повышается. Однако, с увеличением объема котла труднее достигается равномерность провара, так как медленнее происходит выравнивание температур в различных участках котла и хуже протекает циркуляция жидкости. Поэтому, в зависимости от местных специфических условий, большей частью применяются котлы емкостью от 110 м³ на небольших заводах и до 230—300 м³ на заводах большой производительности. Форма котла также имеет значение как для полноты использования объема котла (форма верхней части) и облегчения его опоражнивания (нижняя часть котла), так и для равномерности провара содержимого. (Распределение температур и условия циркуляции). На существующих заводах, и особенно на старых, имеются котлы весьма разнообразной формы. В настоящее время на европейских заводах большей частью изготавливаются котлы с отношением высоты к диаметру 2,2—2,5, в американской практике применяются более высокие котлы с отношением высоты к диаметру 3,5—4. На современных котлах нижняя коническая часть обычно имеет угол 60°, верхняя — угол 90° или выполняется параболической формы.³ На зачищенную внутреннюю поверхность котла наносится обмуровка. Широкое распространение нашла обмуровка по системе Купка, заключающаяся в следующем: на поверхность котла наносится бетон⁴ толщиной 100—130 мм и после того как он схватится и затвердеет, на что требуется около двух недель, поверхность его выравнивается, насекается и облицовывается кислотоупорными, керамическими плитками толщиной 30—35 мм. Швы между плитками (щели) промазываются глетом, разведенным на глицерине. Бетонная обмуровка служит до 25 лет, облицовочные же плитки, если своевременно проводится текущий ремонт, при удовлетворительном их качестве стоят до 8—10 лет.

Применяется обмуровка и с двумя рядами плиток без толстого слоя бетона.

Научно-исследовательский институт бумаги разработал метод обмуровки котлов кислотостойкими диабазовыми плитками (искусственное каменное литье). Некоторые котлы на заводах Союза уже имеют такую обмуровку.

Варочные котлы снабжены арматурой, несколько различной, в зависимости от принятого метода варки и опоражнивания котла. На рис. 65 представлен эскиз варочного котла. Щепка загружается

¹ $C_5H_{10}O_5 - 3H_2O \longrightarrow C_5H_4O_2$.

² Подробно о теории сульфитной варки см. Никитин, «Химия древесины».

³ Под нагреванием острым или прямым паром подразумевается такой метод, когда греющий пар непосредственно соприкасается или смешивается с нагреваемым веществом. Пар, греющий путем теплопередачи через стенку (паровая рубашка, эмсевики), в противоположность острому носит название глухого, закрытого пара.

⁴ Швы закладку. В связи с успехами технического машиностроения вполне вероятно, что для варки сульфитной целлюлозы в ближайшее время начнут применять сварные котлы.

¹ Приведенная форма конической части принята проектными организациями в качестве типовой. Вообще нижняя коническая часть часто имеет в больший угол, доходящий до 90°, в частности — котлы для вымывки (см. ниже) часто имеют угол около 75°.

² Состав бетона, примерно, следующий: 5 частей цемента на 3 части шпота. Часто к этому добавляется до 5—7% железных опилок, имеющих назначенное приращение коэффициент теплового расширения бетона и таковому для кошула котла. Бетонная подкладка для плиток состоит из 10 частей цемента на 3 части шпота.

в котел через отверстие верхней горловины, закрывающееся массивной съемной крышкой, закрепляемой при помощи болтов. Крышка делается из стали с свинцовой обкладкой нижней поверхности (для защиты от кислоты) или из кислотостойкой бронзы. Кислота закачивается в котел через нижний патрубок. Водомерное стекло служит для наблюдения уровня закачиваемой кислоты. К тем же патрубкам, через которые закачивается кислота, подведены паровые линии для ввода пара в котел. По мере нагревания содержимого котла возрастает и давление газов и пара, причем давление поднимается значительно быстрее, чем температура, так как растворимость сернистого газа при повышении температуры падает, и последний выделяется из жидкости, увеличивая парциальное давление. Кроме того, в процессе варки выделяются некоторые паробразные продукты и газы (метилловый спирт, CO_2 и др.). Вполне понятно, что прочность котла должна быть рассчитана в зависимости от давления и с увеличением его должна увеличиваться и толщина стенки котла, что ведет к удорожанию стоимости оборудования, повышению расхода металла и усложнению оборудования в целом, в особенности в отношении его громоздкости.¹ Обычно котлы изготавливаются на рабочее давление 6 ат с соответствующим запасом прочности (варка фактически происходит при давлении

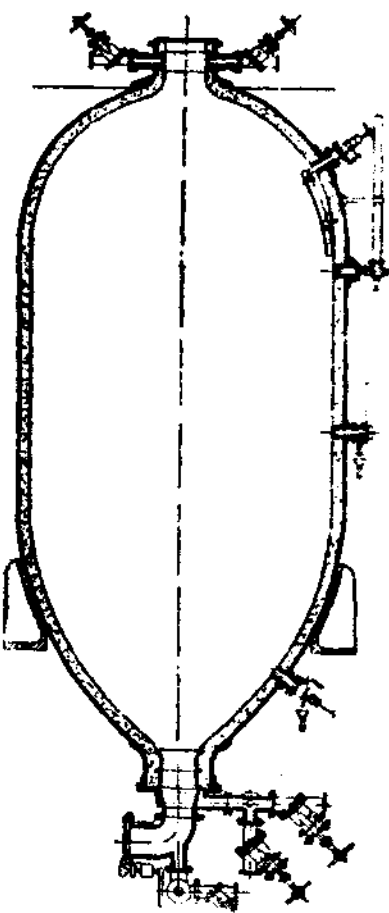


Рис. 65. Варочный котел.

5—5,5 ат). Такое давление наблюдается уже при температурах 90—100°;² поэтому для возможности дальнейшего нагревания

¹ Для иллюстрации можно привести следующие данные: котел объемом 300 м³ имеет вес около 70 т (толщ. стенок 28 мм), кроме того, обмуровка котла имеет вес около 90 т, для такого котла требуется сооружение отдельного фундамента, выбор грунта и т. п. (увеличение же толщины стенки влечет и увеличение веса).

² Давление в котле зависит от ряда факторов, из которых основными будут: температура, количество и крепость кислоты, находящейся в котле.

искусственно понижают давление в котле, путем удаления из него части газов и пара (сдувка).

Для этой цели котел снабжен сдувочной арматурой (рис. 65), состоящей из кольцевой предохранительной сетки и двух вентилях (из них один резервный) для отвода газов и паров из пространства между сеткой и обмуровкой горловины. Подобная же сетка, имеющая назначение предупреждать закупорку трубопроводов (штуцеров) щелей и массой, установлена и в нижней горловине.¹ Во время варки и, в особенности, в момент опоражнивания котла, обмуровка нижней конической части в месте присоединения горловины подвергается наибольшему напряжению, поэтому для предохранения ее от разрушения котлы снабжаются бронзовым кольцом. Для спуска (при вымывке) или перепуска щелоков (см. ниже) вывод последних производится по трубопроводу.

Опоражнивание котла осуществляется двумя методами — «вымывкой» или «выдувкой». Первый из них заключается в следующем: по окончании варки, сдувочное давление в котле снижается до 0, не ожидая окончания сдувки (примерно при давлении в котле 1—1,5 ат) в котел нагнетается вода,² вытесняющая отработанный щелок, через патрубок трубопровода и присоединенный к нему щелокопровод. После промывки открывается верхняя крышка котла и он полностью заливается водой. Поворотом защелки³ откидная крышка, подвешенная на шарнире, открывается, и сваренная масса под действием собственного веса и струи воды, подаваемой в верхнюю часть котла, вытекает из него. На опоражнивание котла вымывкой требуется довольно продолжительное время, удлиняющее оборот котла (снижение давления, спуск щелоков и промывка занимают около 1,5—2,5 час. в зависимости от объема котла), поэтому опоражнивание котла «выдувкой», занимающее от 5 до 20 мин. (в зависимости от объема котла), нашло значительно большее распространение.⁴ Котлы, приспособленные для выдувки, вместо откидной крышки имеют присоединенный к горловине выдувной массопровод, снабженный выдувным вентиляем (шибером). При опоражнивании выдувкой давление в котле снижается путем сдувки лишь до 1,0—2,5 ат, после чего открывается выдувной вентиль и масса остаточным давлением быстро выдавливается в ссужу (см. ниже).

По мере течения варки уровень массы в котле понижается; чтобы не расходовать пар на непроизводительный нагрев щелока,

¹ Иногда предохранительные сетки выполняются в виде сферических колпачков.

² Для того чтобы не разрушалась нагретая обмуровка, щелотельно применяют горячей воды.

³ Во время варки, кроме шарнира и защелки, крышка закреплена болтами, снимающимися после того как давление в котле снижено до 0.

⁴ Вследствие того, что при медленном понижении давления при вымывке не происходит расширения непроизводительных щелоков засоряющих щелокопровод, для этих сортов щелоков иногда предпочитают вымывку, несмотря на удлинение оборота котла.

находящегося выше уровня массы, часть жидкости может быть удалена из котла через штуцер.

Кроме перечисленной арматуры котлы снабжаются арматурой для контроля варки: один штуцер снабжен манометром, термометром и вентилем для взятия пробы жидкости (кислоты, щелока) другой штуцер служит для отбора пробы массы. Верхний штуцер для

отвода жидкости и пробный штуцер для массы на большинстве установленных у нас котлов отсутствует. Некоторые заводы установили на котлах штуцер для вывода из котла воздуха при загрузке с уплотнением по системе Балкова; штуцер этот расположен в верхней части котла (вблизи горловины). В настоящее время арматура котлов, соприкасающаяся с кислотой, а также кислотопроводы и слуховые линии (трубы) делаются из прочной кислотостойкой стали, что значительно удлиняет срок их службы и создает надежность в работе.

К корпусу котла прикреплены четыре лапы, которыми он опирается на колонны (стойки), установленные на фундаменте.

На рис. 66 представлено общее расположение оборудования в варочном отделе. Щепка подается на верх варочного отдела элеватором 1 и распределяется по бункерам (силосам) варочного отдела транспортером 2. Бункера, расположенные над котлами, служат для создания запаса, обеспечивающего бесперебойную загрузку, по-

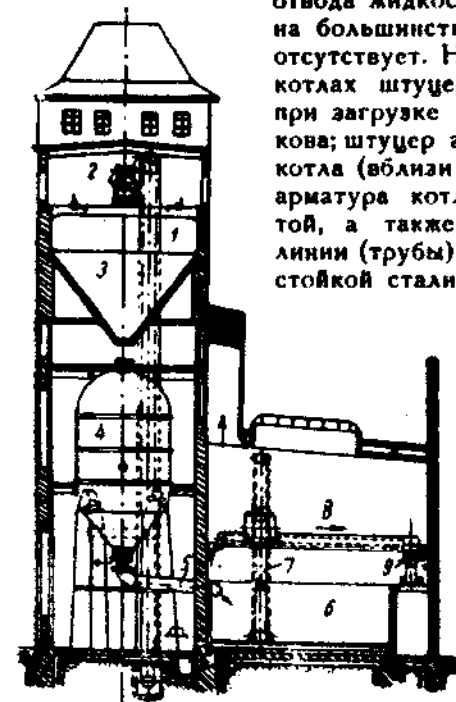


Рис. 66. Общее расположение оборудования в варочном отделе.

этому объем каждого силоса должен вмещать количество щепы, несколько превышающее загрузку котла (иногда силос делается объемом на две загрузки).

Во избежание затора щепы стенки силоса должны быть гладкими, а наклон воронки силоса достаточно крутым, чтобы обеспечить скольжение щепы.¹ Нижняя часть четырехгранной воронки закрывается задвижкой. Силосы выполняются из дерева, обитого железом, или из железобетона, последний предпочтительнее в противопожарном отношении.

При загрузке выдвигается задвижка силоса и между его нижней частью и горловиной устанавливается переносная воронка, через

которую щепка сыпается в котел под влиянием собственного веса.

Как видно из рисунка, для размещения силосов над котлами требуется весьма большое здание, что усложняет его конструкцию. В последние годы в Америке распространяется хранение щепы не над варочными котлами, а в отдельном помещении (сарай), из которого щепка по мере надобности системой элеваторов и транспортеров подается непосредственно в котел, причем это оборудование устанавливается с таким расчетом, чтобы загрузка не превышала 25—30 мин.

Помимо удобства в работе это нововведение значительно удешевляет постройку здания варочного отдела.

Загрузка занимает около 30 мин. Вполне понятно, что чем плотнее ложится загружаемая щепка, тем большее ее количество поместится, следовательно и тем больше будет выход целлюлозы с 1 м³ емкости котла. При естественном наполнении щепы в котле ложится довольно рыхло, и в переводе на плотную меру древесины вмещается около 0,36 м³ на каждый куб. метр емкости котла.

Для увеличения производительности варочного котла и уменьшения расхода пара на варку (см. ниже), на современных заводах широко применяют искусственное уплотнение щепы. Не имея возможности остановиться на описании различных методов уплотнения, упомянем лишь о некоторых, нашедших применение на наших заводах: уплотнении пропаркой, аппаратом Фреска и уплотнении по системе Балкова. Первый вид уплотнения заключается в том, что в котел, загруженный щепой, снизу пускается пар. При этом щепка встряхивается, кроме того пар, вытесняя воздух, конденсируется в щепе, увеличивая ее вес. Это способствует уплотнению щепы, уровень ее в котле понижается, и последний догружается свежей порцией щепы. Методом пропарки плотность загрузки увеличивается на 10—12%. Указанный метод, кроме уплотнения, улучшает пропитку щепы, поскольку пар вытесняет воздух из пор древесины. К недостаткам этого метода относится некоторое ускорение износа обмуровки.

Уплотнитель Фреска, действие которого ясно из рис. 67, основан на принципе увеличения скорости падения щепы.

Благодаря тому, что в котле вентилятором, отсасывающим воздух, создается некоторый вакуум, а щепка попадает в струю нагнетаемого воздуха, щепочки развивают большую скорость падения. Распределительный конус загрузочной воронки способствует получению щепочками вращательного движения (щепка ложится плашмя) и равномерному распределению как в центре котла, так

¹ В случае затора щепу встряхивают кочергой, часто для этой же цели в силос вводится по трубке пар или сжатый воздух.

² Плотность укладки зависит от скорости падения щепочек, ясно, что чем выше котел и чем тяжелее щепка, тем выше скорость и тем плотнее будет загрузка, т. е. с увеличением объема (высоты) котла и влажности щепы — увеличивается плотность наполнения.

¹ Считается целесообразным иметь наклон под углом 55—60°.

и у его стенок. Данный уплотнитель дает увеличение плотности загрузки до 25%, но к недостаткам его относится некоторое увеличение продолжительности загрузки и значительный расход энергии (для вентилятора требуется мощность около 0,5 л. с. на куб. метр емкости котла).

Уплотнитель системы Балкова по своему принципу действия несколько похож на аппарат Фреска. В горловину котла вставляется трубчатое кольцо, от которого ответвляется ряд па-

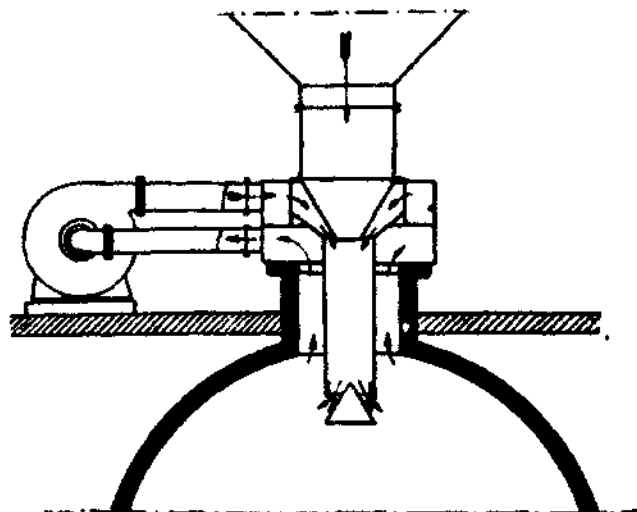


Рис. 67. Уплотнитель Фреска.

ровых сопел, направленных под углом и к вертикали и к образующей окружности. Через эти сопла пропускается под давлением пар. Щепа, попадая на загрузочной воронки в струю пара, как и в аппарате Фреска, получает ускорение, одновременно утяжеляясь конденсирующимся паром, последний, так же как и при уплотнении пропаркой, облегчает пропитку. Для выхода воздуха, вытесняемого щепой, служит специальный штуцер в верхней части котла.

По данным инж. Балкова уплотнитель повышает загрузку на 25%.¹ Кроме приведенных видов уплотнения применяются приспособления, увеличивающие плотность загрузки трамбованием.

Закачка кислоты (в зависимости от объема котла) занимает от 15 до 40 мин. Обычно, для сокращения продолжительности полного оборота котла, закачку кислоты начинают еще до окончания загрузки.² Кислота закачивается до верха котла, чем обеспечи-

вается пропитка всей щепы. Кислота занимает в котле все пространство между щепой, кроме того, некоторое ее количество (10—15%) поглощается пропиткой древесины, поэтому при загрузке щепы (в переводе на плотную древесину) 0,35 и 0,40 м³ на 1 м³ котла, количество закачиваемой кислоты соответственно составляет 0,70 и 0,65 м³.

По окончании наполнения котла, содержимое нагревается паром. Продолжительность и характер (температурный график) варки зависят от ряда факторов, из которых наиболее важными будут: температура варки и крепость кислоты. Кроме этих основных моментов, на скорость варочного процесса влияет и ряд других факторов, в частности—при прочих равных условиях продолжительность варки зависит: от марки вырабатываемой целлюлозы, характеризующейся степенью провара щепы, от влажности щепы, повышение которой замедляет пропитку и разбавляет кислоту, от состава кислоты (соотношение между свободной и связанной кислотой) и т. п.

Практически варочный процесс разделяется на два периода: первый—заварка, характеризующаяся пропиткой древесины и заключающаяся в подъеме температуры до 105—115°, и второй—собственно варка, т. е. подъем температуры до конечной и выдержка при ней до завершения растворения нитратов.

Продолжительность заварки, в зависимости от сорта (марки) вырабатываемой целлюлозы, крепости кислоты и влажности древесины, а также от возможностей котельной установки, поставляющей пар,¹ составляет от 1 до 3 час., кроме того, пропитка завершается стоянкой при температуре 105—115° в течение 0,5—2 час.² По достижении более или менее полной пропитки продолжается подъем температуры до максимальной, обычно составляющей при Риттер-Кельнеровской варке 142—145°.³

Выше было указано, что во время варки, для возможности нагрева без развития в котле чрезмерно высокого давления, необходимо делать сбросы газов. Как метод производства сбросов, так и характер подъема температуры на разных заводах осуществляется различно.

На некоторых заводах принято производить варку так называемым ступенчатым методом, заключающимся в том, что нагревши котел до 105—110°, прекращают впуст пара, возобновляя его для последующего нагрева котла до 125° и вновь прекращая при достижении этой температуры. Таким же путем делается стоянка при 135—145°, причем время каждой ступени (стоянки) и время

¹ Пар для варки обычно применяется давлением 6—7 ат с перегревом до 220°. Некоторые заводы освоили варку с применением пара перегретого до 320—340°.

² Для очень мягкой целлюлозы (см. ниже), предназначенной для химической переработки, стоянка иногда доходит до 3-х час.

³ По способу Митчерлиха варка завершается при температуре 130°. На наших заводах в последнее время в целях сокращения продолжительности варки конечную температуру поднимают до 150°.

¹ На этом же принципе (паровые сопла) работают уплотнители системы Свенсона и Штольц Фроберга.

² При применении уплотнения паром кислота закачивается по окончании загрузки.

нагрева между ступенями весьма разнообразны (от 0,5 до 2,5—3 час). Сдвухи при таком способе варки, большей частью, делаются глубокими (давление понижают до 3—3,5 ат), но редкими. Сдвуха делается перед пуском пара для дальнейшего нагрева. Противоположностью такому способу будет варка с непрерывным пуском пара и непрерывной отдувкой, в этом случае быстрота подъема

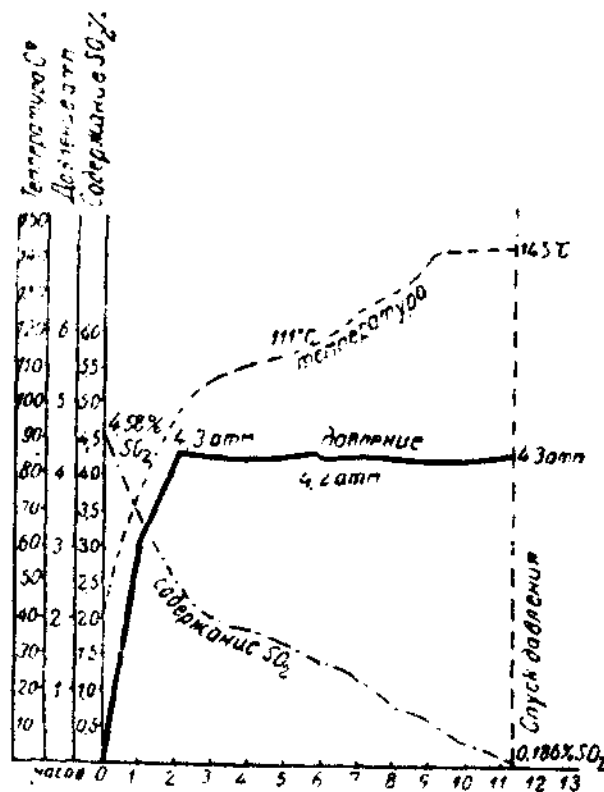


Рис. 68. Диаграмма варки.

температуры, а также и давление регулируются большим или меньшим открытием паровых и сдувочных вентилей.

Широко применяются также частые, но мелкие сдвухи. Вообще на заводах нет какого-либо стандартного режима варки и управление варкой, заключающееся в регулировании подачи пара и сдувок, в значительной степени зависит от опыта и знаний варщика. Состояние котла характеризуется показанием манометра и термометра¹ и анализом проб варочной жидкости, показывающих содержание в кислоте SO₂, основании и общей кислот-

¹ Некоторые заводы для облегчения наблюдения снабжены самопишущими приборами, регистрирующими температуру и давление.

ности. Кроме того, в конце варки большое значение для возможности суждения о степени готовности массы имеет цвет щелока.¹

На диаграмме (рис. 68) представлена одна из варок типичных для Риттер-Кельнеровского способа.

Выше (см. теорию варки) было указано, что чем полнее производится извлечение инкрустов, тем в большей степени подвергается разрушающему действию и волокну клетчатка, а следовательно, и его механические качества; поэтому варку прерывают не дожидаясь полного извлечения инкрустов. Одновременно следует отметить, что не все инкрусты в одинаковой степени понижают качество волокна, в частности, наличие пентозанов придает волокну целлюлозы положительные качества в отношении способности к размолу и проведения проклейки массы.² Вредным для целлюлозы, предназначенной для выработки бумаги, является наличие большого количества лигнина, придающего волокну ломкость и изменчивость (цвет и прочность) при хранении. Целлюлоза, предназначенная для химической переработки, должна быть по возможности освобождена от всех инкрустов. В соответствии с количеством оставшихся в целлюлозе инкрустов, техническая целлюлоза разделяется по маркам Ж, С и М (жесткая, средняя и мягкая).

Жесткой целлюлозой называется целлюлоза с содержанием 3,5% лигнина и выше, средней—1,5—3,5% и мягкой менее 1,5% (1,1—1,5%) лигнина.

Из различных методов определения жесткости большим распространением пользуются определения «числа Зибера» и «числа Бьеркмана».

Определения эти основаны на том, что инкрусты, содержащиеся в целлюлозе, способны окисляться при действии некоторых химических реагентов. В качестве окислителя при определении по способу Зибера применяется хлорная (белильная) известь, при определении же по Бьеркману окислителем служит марганцево-кислый калий (KMnO₄). В том и другом случае навеска целлюлозы взаимодействует известным количеством растворенного окислителя, взаимодействуя с ним в течение определенного промежутка времени и при определенных физических условиях. По разности, между взятым количеством окислителя и определяемым количеством непрореагировавшего остатка, узнается количество израсходованного, пропорционального количеству находящихся в целлюлозе инкрустов. Соответственно количествам расходованных реагентов Зибером и Бьеркманом составлена шкала жесткости.

Под жесткой целлюлозой подразумевается целлюлоза, имеющая число Зибера от 50 до 70 или число Бьеркмана от 80 до 120, под

¹ Достигнутые в последние годы успехи в разрешении вопросов получения весьма крепкой варочной кислоты (крепостью 8—10%) и постоянства ее состава создают условия для варок по стандартному графику с автоматическим регулированием температуры и давления.

² См. ниже главу «Производство бумаги».

средней—соответственно 30—45 по Зиберу и 60—80 по Бьеркману и мягкой—ниже 30 по Зиберу и 50 по Бьеркману.¹

Получение целлюлозы определенной марки требует соответствующего режима варки. Плотность провара древесины (извлечение никрустов) находится в прямой зависимости от того, насколько полно завершаются отдельные стадии варочного процесса (пропитка, образование и растворение лигносульфоновой кислоты). Чем мягче требуется получить целлюлозу, тем более плавно проводится подъем температуры и длительнее выдержки котла при температурах пропитки и отдельных периодов варки, поэтому общая продолжительность варки для мягкой целлюлозы на 2—4 часа больше, чем для жесткой.² Недостаточная пропитка древесины влечет увеличенный отход неразварившихся щепочек, а в некоторых случаях приводит и к полному непровару, поэтому если предназначенная для варки щепа имеет слишком высокую или (в особенности) неравномерную влажность, а также при слабой кислоте, время для пропитки нужно увеличить. По мере хода варочного процесса, крепость кислоты (содержание всей SO_2) непрерывно понижается. Падение содержания SO_2 идет не только за счет образования лигносульфоновой кислоты, но является также результатом разбавления кислоты конденсатом пара и в весьма значительной степени удалением SO_2 во время сдувок. Чем длительнее и полнее проводится разваривание щепы, тем меньше бывает остаточное содержание SO_2 к моменту окончания варки. Обычно, при нормальных условиях, окончанию варки соответствует SO_2 от 0,04 до 0,12% для мягких и 0,2—0,3% для жестких целлюлоз. Поскольку при отсутствии SO_2 продолжать варку не только бесполезно, но и невозможно,³ ясно, что получение мягкой целлюлозы требует более осторожного проведения процесса, нежели целлюлозы жесткой. Заводы, вырабатывающие мягкую целлюлозу предъявляют и более высокие требования в отношении качества древесины (влажность и однородность щепы) крепости кислоты, режима сдувок и т. п.

Варочный отдел занимает центральное место в процессе получения целлюлозы и его производительностью определяется производственная мощность завода в целом. Варка целлюлозы требует значительной затраты времени и сокращение ее продолжительности ускоряет оборот котла. Обычная Риттер-Кельнеровская варка протекает в течение 10—14 час.⁴ Ускорение варочного процесса может идти двумя путями: увеличением крепости кислоты и повышением конечной температуры. Примером сочетания этих факторов может служить быстрая варка, широко применяющаяся в практике амери-

канских заводов (рис. 69). Для проведения быстрой варки применяется кислота крепостью 6,5—7% всей SO_2 и конечная температура варки достигает 155—160°, продолжительность варки при этом сокращается до 6,5—9 час. Варка производится как и обычно при Риттер-Кельнеровском способе, но давление во время пропитки доходит до 6—6,5 ат.

Дальнейшее нагревание происходит при непрерывной сдувке, поддерживающей постоянное давление. В наших условиях¹ получение кислоты такой крепости представляется затруднительным и ускорение варочного процесса достигается, главным образом, повышением конечной температуры до 150—155°. Быстрые варки имеют свои недостатки, заключающиеся в некотором уменьшении выхода целлюлозы из древесины и увеличении расхода пара и серы, но дают возможность наиболее эффективно использовать производительность оборудования.²

В практике наших заводов (фабрика им. Куйбышева, Окуловская бумажная фабрика) применяется также «варка с оттяжками», дающая ускорение варочного процесса на 1—1,5 часа. Оттяжка заключается в том, что понижение давления в котле достигается не сдувками, а выпуском (оттяжкой) некоторого количества жидкости через нижний штуцер. Замена части сдувок, понижающих содержание SO_2 , оттяжками дает возможность сохра-

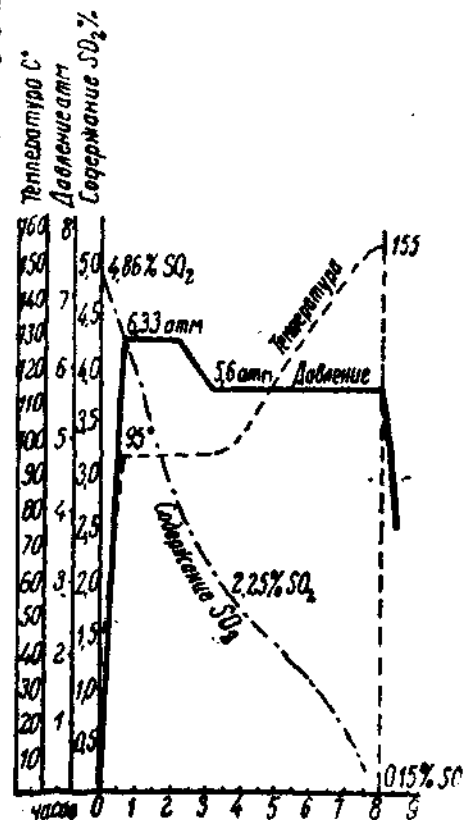


Рис. 69. Диаграмма быстрой варки.

¹ В Америке кислотные отделы работают преимущественно на сере.

² В Западно-европейских и скандинавских странах в противоположность американской практике, в последнее время наблюдается тенденция к удлинению продолжительности варки и снижению конечной температуры, в целях увеличения выхода целлюлозы и повышения качества волокна. Повышение выхода целлюлозы, при исключительной высокой ее качестве, на некоторых заводах Америки достигается не путем удлинения времени варки, а применением стандартной сверхкрепкой кислоты (более 8—10% SO_2) позволяющей закончить варочный процесс при температурах 130—135° и продолжительности варки 9—10 часов.

¹ Подробно об определении жесткости см. Ф. П. Кошаров, «Руководство к практическим занятиям по химии целлюлозы и древесины».

² Особенно тщательно требуется вести контроль отдельных периодов варки для целлюлозы, предназначенной для химической переработки, в частности—очень мягкой вискозной целлюлозы.

³ См. выше—«Теория варочного процесса».

⁴ 10—жесткая, 14—мягкая.

нить крепость кислоты, кроме того, уменьшением количества жидкости в котле и дальнейшим ее использованием в регенерационной установке (см. ниже), создается некоторая экономия и расходе пара. Особенно желательное применение оттяжек при варке с кислотой небольшой крепости.

На протяжении прошлых лет наши заводы работали без широкого использования технических возможностей и отдельные мероприятия (уплотнение, ускорение варки) проводились единичными заводами кустарным методом. Нормальным считался выход с 1 м³ емкости котла 77 кг жесткой и 72 кг мягкой целлюлозы и оборот котла 13 час. для жесткой и 17 час. для мягкой целлюлозы (а при вымывке на 1—2 часа больше).

Стахановское движение дало толчок, и приведенные нормы на ряде заводов были перекрыты. На основе достижений последних лет, учитывая планомерное применение уплотнения щепы и ускорения варки, в настоящее время выход целлюлозы с 1 м³ емкости котла достигает 87 кг для мягкой, 90 — средней и 92 — жесткой целлюлозы¹ и полный оборот котла 11,5—13,5 час. для мягкой и 9,5—11,5 час. для жесткой целлюлозы.

Следует отметить, что и указанные выходы являются лишь временными; дальнейшее совершенствование технологического процесса представляет широкие возможности к повышению эффективности сульфит-целлюлозных заводов. Одним из существенных факторов рационализации процесса, является варка с принудительной циркуляцией.

Как показали исследования, щепы, находящаяся в различных участках котла, варится далеко не в одинаковых условиях. Пар, поступающий в нижнюю горловину, стремится потоком, параллельным оси котла, пройти в верхнюю часть, к стенкам же нижней трети котла распределяется конденсат пара, разбавляющий кислоту. С увеличением объема котла неравномерность распределения температур возрастает, и в больших котлах (250—300 м³) разность температур в верхней и нижней части их составляет 5—10°, поэтому для равномерности прогрева требуется весьма значительное время, частично выравнивающее температуру. Не менее существенное значение имеет и крепость кислоты. Давление в нижней части котла складывается из давления газов и паров верхнего пространства и давления столба жидкости, составляющего в больших котлах 1,2—1,5 ат.² Растворимость же SO₂, следовательно, и крепость кислоты находится в прямой зависимости от давления. Приведенные данные говорят о том, что и степень провара щепы в различных участках котла неодинакова. Действительно, рядом проведенных опытов, установлено, что к моменту, когда основная часть щепы характеризуется нормальным проваром, часть ее, находящаяся по вертикали от нижней горловины, переварена, часть же (у сте-

нок нижней трети) еще недостаточно проварилась. Это обстоятельство не только ведет к тому, что теряется часть волокна (целлюлоза, разрушенная в переваренной щепе, и отходы непровара), но и целлюлоза в среднем, характеризующаяся нормальным про-

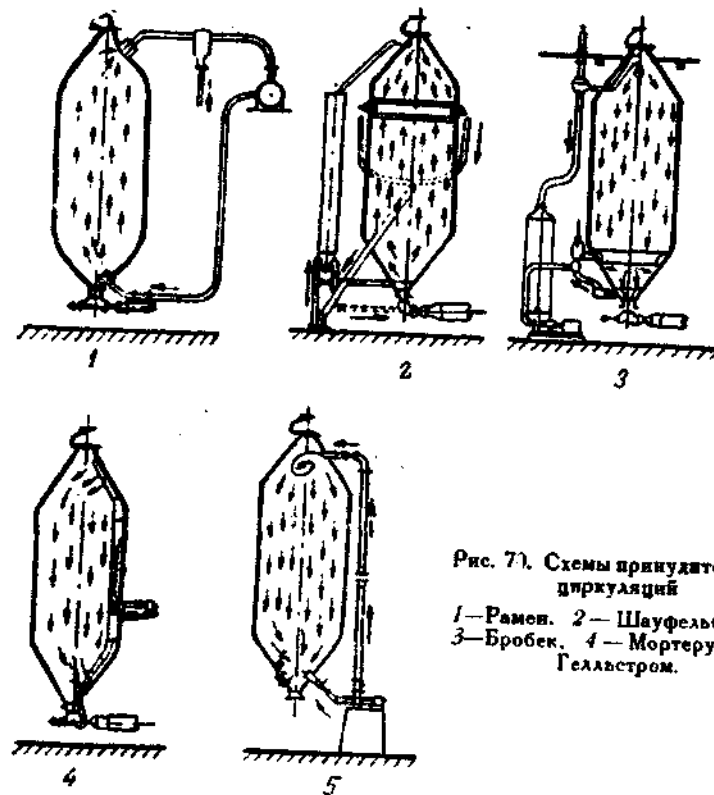


Рис. 70. Схемы принудительных циркуляций

1—Рамен. 2—Шауфельбергер. 3—Бробек. 4—Мортёр. 5—Гелье́стр.

варом, в действительности является смесью волокон с большим и меньшим содержанием остаточных инкрустов, т. е. продуктом неоднородным. Применение уплотнителей щепы и увеличение емкости котлов уже давно привлекали техническую мысль к введению принудительной циркуляции варочной жидкости, однако, отсутствие достаточно кислотостойких материалов для соответствующей аппаратуры задерживало разрешение этой задачи. В настоящее время, в связи с внедрением в обиход кислотостойкой стали и некоторых сплавов, предложен ряд методов принудительной циркуляции, некоторые из них приведены на рис. 70. Не вдаваясь в описание различных систем,¹ каждая из которых имеет свои положительные стороны, отметим, что в основном их можно разделить

¹ Выход, считая на воздушно-сухую целлюлозу (сухость 88%) 1 + II сорт (III сорт — целлюлоза, полученная в виде отходов тонкого сортирования).

² При высоте котла 12—15 м.

¹ Подробно о принудительной циркуляции проф. С. А. Фотиса. Журнал «Бумажная промышленность», № 10, 1935 г.

на следующие типы: принудительная циркуляция с прямым и косвенным нагревом. В свою очередь первая разделяется на циркуляцию газов (Рамен), газа и жидкости (Рамен Лурги), циркуляцию жидкости снизу вверх (Мортруд) и т. п. Вторая также разделяется по методу вывода и ввода жидкости (снизу вверх—Гробек, с верхней трети котла, вниз и вверх—Шауфельбергер) и т. п. Первый тип (прямой нагрев) несколько упрощает конструкцию, второй дает возможность использовать пар низкого давления (3—3,5 ат). Применение принудительной циркуляции дает возмож-

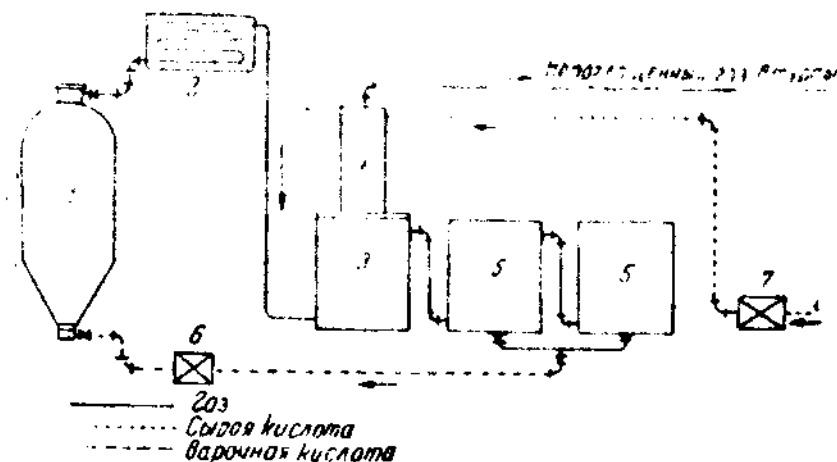


Рис. 71. Схема регенерации SO_2 .

ность ускорить процесс варки и увеличить выход (за счет снижения непровара и перевара) от 4 до 7%. Целлюлоза может быть получена со значительно меньшим количеством лигнина, при сохранении большого количества гемицеллюлоз. Механические качества волокна также повышаются.

На варку целлюлозы, с учетом неизбежных потерь, требуется израсходовать около 10—11% SO_2 от веса абсолютно сухой древесины, загруженной в котел. Фактически количество SO_2 , поступающее с кислотой, закачиваемой в котел, на 45—65% превышает потребное для варки. Неиспользованный сернистый газ выделяется из котла со сдвухами. Все современные заводы имеют регенерационную установку, улавливающую этот избыточный сернистый газ. На рис. 71 дана схема регенерации SO_2 . Сдвучные газы, уходящие из котла 1, охлаждаются в холодильнике 2 и поступают в регенерационный бак 3. Свинцовые трубы холодильника, для уменьшения сопротивления, делаются довольно большого диаметра. Непоглотившиеся в баке газы уходят в колонну 4, заполненную

¹ По данным Хогстауда.

инертным материалом (деревянные шашки, плитки и т. п.), орошающимся сырой (турменной) кислотой. Остаток непоглощенных сдвучных газов отводится в турмы кислотного отделения. Турменная кислота, насыщаясь добавочным количеством сернистого газа, повышает свою крепость и перепускается в баки варочной кислоты 5, откуда по мере надобности и закачивается в котлы. Таким образом весь избыточный сернистый газ циркулирует между варочными котлами и регенерационной установкой. Так как вместе с газами, в особенности при последних сдвухах, в регенерационную установку поступает и жидкость (конденсирующийся в холодильнике пар), турменная кислота должна готовиться с повышенным содержанием CaO , учитывающим последующее увеличение количества жидкости.

Проведение варки требует значительной затраты тепла. Тепло, потребное на варку, складывается из тепла, потребного: на нагревание содержимого котла, нагревание самого котла и возмещение тепловых потерь, причем преобладающее количество падает на первое. В свою очередь, если учесть весовое соотношение и теплоемкости, то оказывается, что большая часть пара расходуется на нагревание жидкости, находящейся в котле, в частности, на нагрев кислоты. Поскольку конечная температура варки вполне определенная, основным фактором, влияющим на расход пара, будет количество находящейся в котле жидкости и ее начальная температура. При температуре закачиваемой кислоты около 25° и естественным наполнением котла, обычная Риттер-Кельнеровская варка требует затраты около 3—3,2 т пара на каждую тонну полученной целлюлозы, такой расход пара является статьей, в большой степени отражающейся на стоимости продукта, поэтому мероприятия, ведущие к его сокращению, имеют немаловажное значение. Одним из существенных моментов, понижающих расход пара на варку, является увеличение степени наполнения котла. При последнем уменьшается потребное количество кислоты, теплоемкость же древесины, примерно, в 3 раза ниже таковой для кислоты, кроме того и вес древесины значительно меньше, поэтому от одного этого фактора происходит абсолютное снижение расхода пара на варку. Если же учесть, что соответственно с плотностью загрузки, увеличивается выход целлюлозы из котла, то экономия в расходе пара на тонну целлюлозы будет еще более заметной. Еще больший эффект дает частичное использование тепла, затраченного на варку, для варки последующей. В Америке применяется построенный на этом принципе способ Деккера для использования тепла, содержащегося в сдвучных газах (и парах). Для этой цели последняя сдвуха (снижающая давление до 3—3,5 ат) направляется во вновь загруженный, подготовленный к заварке, котел, и нагревает его содержимое. Экономия пара достигает 25 и даже 35%. Одновременно с этим регенерируется и SO_2 , отходящий с последней сдвухой.

О. К. Гиллером на фабрике имени т. Куйбышева был введен так называемый перепуск щелоков, заключающийся в том, что из

котла, находящегося при температурах 130—135° часть щелока через нижний штуцер и присоединенную к нему линию щелокопровода, перепускается в котел, подготовленный для заварки. Количество кислоты, заливаемой в котел составляет 70—85% от потребного, остальное же приходится на долю перепускаемого щелока. Таким образом сокращается расход пара и на первый (уменьшение жидкости) и на второй (использование тепла щелока) котлы. Можно так же сочетать перепуск щелоков со способом Деккера. Оба способа имеют общий недостаток, а именно, необходимость приурочи-

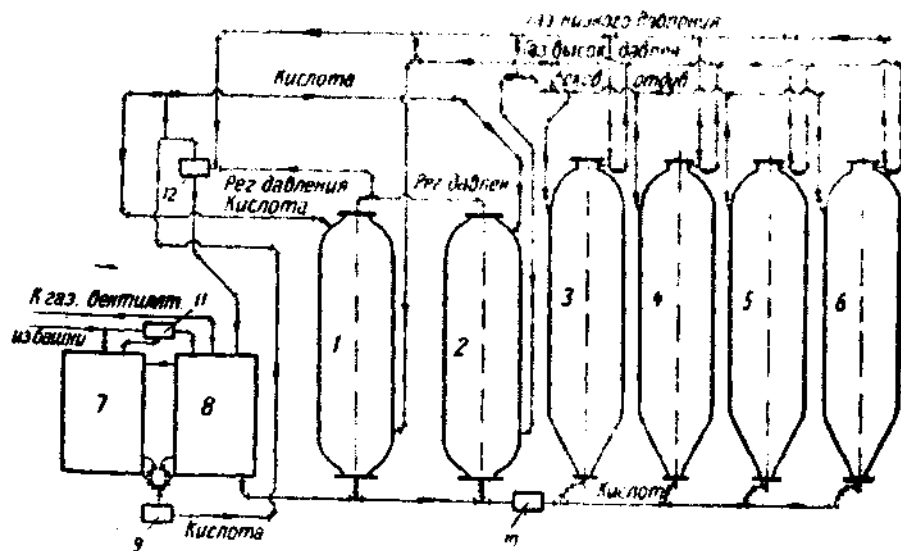


Рис. 72. Схема горячей регенерации.

вать заварку к моменту окончания варки или возможности перепуска из другого котла, что в практике не всегда осуществимо без простоев. Более совершенным методом является тепловая регенерация сдвучных газов и паров. В принципе она не отличается от описанных приемов, но обладает гибкостью и сочетает тепловую регенерацию с полной регенерацией уходящего со сдувкой SO_2 . Сдвучные газы (а также перепускаемый щелок или оттяжки) направляются не в другой котел, а в специальную регенерационную цистерну,¹ наполненную турбеной кислотой. При нагревании растворимость сернистого газа падает и для сохранения SO_2

в растворе требуется увеличить давление, поэтому цистерна рассчитана и работает под большим или меньшим давлением. На рис. 72 дана схема тепловой регенерации по системе Стеббинса. Газы (и пары), отходящие от котлов 3, 4, 5, 6, направляются по сдувочной линии высокого давления в цистерну 1, 2. Непоглотившийся в аккумуляторе (цистерне) газ отводится в бак турбеной кислоты 7, 8. Газ, оставшийся непоглощенным и в баке, проходит из них в колонку Торна (колонка с насадкой из деревянных шашек или другого инертного материала), и оттуда отводится в турмы кислотного отдела. Сырая кислота, подающаяся в колонку Торна, обогащается сернистым газом и стекает в баки 7, 8, из которых по мере надобности закачивается насосом 9 в регенерационные цистерны. Горячая кислота из цистерны 1, 2 подается в котлы насосом 10. Давление в цистерне может достигать 3,5 ат, поэтому все сдувки, имеющие более низкое давление, направляются непосредственно в баки 7, 8. Температура кислоты в цистернах поднимается до 80 и даже 85°. Работа по системе Стеббинса требует строгого наблюдения и регулирования режима сдувок, в противном случае крепость кислоты подвергается большим колебаниям.¹ При достаточно удовлетворительном использовании тепла сдвучных газов и перепускаемой жидкости расход пара на варку 1 т целлюлозы снижается до 2—2,4 т.

Работа регенерационной установки дает возможность значительно повысить крепость кислоты, так, например, при крепости турбеной кислоты 3—3,5%, крепость варочной поднимается до 4—4,5%. В практике американских заводов процент регенерируемой серы (SO_2 , совершающей кругооборот между варочными котлами и регенерационной установкой) доходит до 60—65% от общего количества, поступающего в варочные котлы. В практике наших заводов, работавших при крепости варочной кислоты 3,2—4,5, процент регенерации снижается до 35—45. За последние годы отдельные заводы путем тщательного регулирования и правильной эксплуатации оборудования кислотного отдела и отдела регенерации получают варочную кислоту крепостью более 6% SO_2 и доводят регенерацию до 70%.

За последние годы в Америке значительно усилилось внимание к вопросу регенерации. В целях наиболее полного использования SO_2 , тепла и максимального повышения крепости кислоты — регенерационные цистерны разделяются на две категории: низкого и высокого давления. Таким путем используются не только сдвучные газы всех периодов варки, но и даже SO_2 , отходящий из сцез.

В целях обеспечения равномерного состава кислоты регенерационные линии высокого и низкого давления снабжаются автома-

¹ При такой температуре вывод из котла части жидкости не отражается вредно на проваре (наоборот, улучшается циркуляция), щелок не еще достаточно чистый.

² Цистерна клапанная из железа и снабженная кислотостойкой обмуровкой. Большинство заводов устанавливают по две цистерны: в то время как на одной берется готовая кислота, сдувки направляются во вторую.

¹ Для возможности получения целлюлозы однородного качества и установления более или менее постоянного режима варки, весьма важно наличие кислоты постоянного состава. Более однородная кислота получается при цистернах большой емкости. Некоторые заводы (Камский) устанавливают аккумуляторы емкостью до 1000 м³ каждый.

тическими перепусками и редукционными клапанами, арматурой для перемещения (инжекторами) и т. п.

В сочетании с крепкой сырой кислотой варочная достигает до 8% всей SO_2 при температуре до 85°. При такой кислоте пропитка щепы в котле производится путем циркуляции (перекатки) кислоты через котел) варочной кислоты между регенерационной цистерной и котлом. По окончании пропитки проводится парка (по стандартному графику) с окончанием ее при температуре 135°. При этих условиях значительно возрастают качество целлюлозы и выход ее из древесины.

Непрерывно улучшающиеся условия эксплуатации с частичной реконструкцией наших целлюлозных заводов, и оборудование вновь строящихся заводов с учетом последних достижений мировой техники обеспечивают использование всех факторов для наиболее правильного установления производственного режима в сочетании с максимальным использованием оборудования.

Очистка и обезвоживание целлюлозы

Сваренная масса поступает из котла в большие резервуары — ссези. Ссеза представляет железобетонный ящик, стенки которого облицованы кислотоупорными плитками или деревянной обшивкой. Дно ссези делается с уклоном для стока щелока. На некотором расстоянии от дна устраивается второе дырчатое — ложное дно, состоящее из фильтровальных панток или досок с высверленными отверстиями (3—5 мм), применяются также сплошные доски, поставленные на ребро, с зазором между ними 3—5 мм. Ссези, предназначенные для котлов опоражниваемых вымывкой, делаются открытыми, емкостью несколько превышающей (20—30%) объем котла. При опоражнивании котла выдувкой под давлением, достигающим до 3,5 ат масса поступает в ссезу потоком, имеющим большую скорость, причем потеря давления сопровождается обильным выделением газов и паров; для предупреждения разбрасывания массы и несчастных случаев, ссези для выдувки применяются исключительно закрытые (глухие), с высокой вытяжной трубой для отходящих газов. Стенка ссези, противостоящая выдувной трубе, снабжается предохранительной доской. Во время выдувки на поток массы направляется струя воды, частично конденсирующая пар и уменьшающая скорость. Дно ссези, в целях предохранения от разрушения ударами массы, перед выдувкой заливается водой¹ на глубину 400—700 мм. На рис. 73 показано схематическое устройство ссези для выдувки. Масса из котла 1 открытием выдувного шибера 2 выдувается в ссезу 4 по трубе 3. Бронзовая доска 6 или другое устройство служит для предохранения стенки ссези. Вытяжная труба 6 снабжена перегородками, орошающимися водяным спрыском; мероприятие это введено для

улавливания волокна, улетевшего парами и газами. По окончании выдувки открывается зентиль 9 и щелок стекает или, для ускорения промывки, откачивается насосом в соответствующее хранилище, откуда передается на завод, перерабатывающий щелока на спирт, экстракты или другие продукты.¹ В первый момент вместе с щелоком проходит частично и волокно, но последнее быстро уплотняется и образует фильтрующий слой для вышележащей массы. С окончанием стока щелока ссеза заливается водой (желательно теплой), после чего промывная вода уже направляется

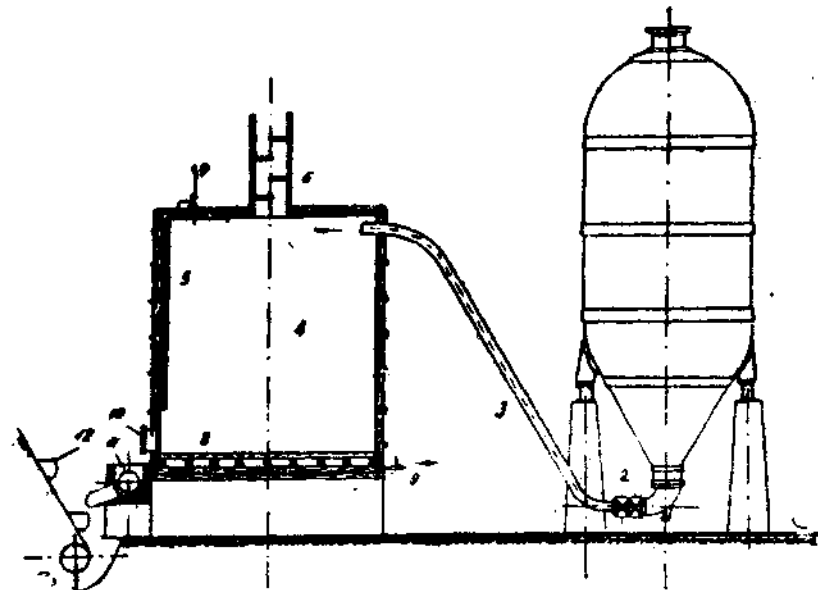


Рис. 73. Схема для котла, опоражниваемого выдувкой.

в канализацию. Промывка проводится 2—3 раза. Промытая масса, сухостью 15—18% выгружается из ссези с помощью транспортеров² или гидравлическим путем. Выгрузка, указанная на рис. 73, состоит в следующем: масса через отверстие 10 поступает на шиновый транспортер 11 и подводится на ковшевой элеватор 12. На наших заводах применяется преимущественно гидравлический метод разгрузки ссези. Масса вымывается из ссези мощными брандспойтами через отверстие, расположенное на уровне ложного дна, и по желобам стекает в приемный бассейн, из которого насосом перекачивается в отдел последующей очистки. Для выравнивания концентрации некоторые заводы применяют бассейн большой емкости.

¹ Раньше щелок направлялся в канализацию.

² На некоторых заводах применяются баттеры, представляющие сочетание наклонных передаточных ленточных транспортеров со спиральными скребковыми транспортерами, подводящими на них массу.

¹ При использовании щелоков, чтобы избежать их разбавления, «подушка» делается из отработанных щелоков предыдущих паров.

Пропускная способность сцез и ее оборот определяются площадью фильтрующей поверхности (площадью дна); принято считать, что на 1 т целлюлозы, получаемой в котле, требуется 5—6 м². Потери при промывке волокна не должны превышать 0,5%.

Следующей операцией в целлюлозном заводе будет отделение от вполне доброкачественной целлюлозы засоряющих ее примесей, к числу которых относятся сучки, неразварившиеся вследствие высокой смолистости, отдельные недонаварившиеся или полуприварившиеся щепочки, по тем или иным причинам несприварившиеся своевременно кислотой, механические загрязнения (кусочки обмуровки, песок) и т. п. Это производится на соответствующих аппаратах прохождением массы через сита и осаждением тяжелых частиц (песочница). Однако, неразварившиеся сучки и полуприварившиеся щепочки часто увлекают вполне доброкачественное волокно, а также и отдельные проваренные щепочки (при вымывке¹ и „сухом“ опраживании сцези) сохраняют свою структуру — поэтому прежде чем подвергнуть целлюлозу сортированию, ее вначале направляют на сепараторы, сбивающие сварившееся волокно с поверхности непровара и разбивающие проварившиеся щепочки. Сепаратор представляет собой деревянное корыто с билами, в котором вращается деревянный вал, также снабженный билами.²

Если сцези разгружаются гидравлическим путем, потребность в сепараторе отпадает, так как крыльчатка насоса, перекачивающего массу, одновременно выполняет и функции сепаратора. Таким образом, пройдя сепаратор или непосредственно из сцези, масса поступает на предварительное сортирование для отделения грубого непровара, состоящего в основном из неразварившихся сучков. Чтобы в достаточной степени отмыть хорошее волокно, перед поступлением на сучколовитель (предварительные сортировки) масса разбавляется в смесительном бачке до концентрации 0,4—0,5%.³ Простейший аппарат для предварительного сортирования это сучколовитель системы Финка. Основной рабочей частью его является вращающийся (25—30 об/мин.) сетчатый барабан (рис. 74), состоящий из ряда колец, в которые врезаны с зазором в 3—4 мм медные прутья трапециального сечения. Разбавленная до указанной концентрации масса вводится внутрь цилиндра и проходит сквозь его щели, крупные же щепочки и сучки не проходят через отверстия и вываливаются с противоположного торца. Для уменьшения отходов хорошего волокна и предупреждения засорения отверстия, барабан орошается из sprysка водой. Сучколовитель Финка с диаметром 800 мм и

¹ При работе на выдувке в результате разницы давления пара, находящегося в порах массы (щепочек) и окружающего пространства в сцезе, сварившиеся щепочки от расширения паров, распадаются на отдельные волокна и пучки волокон (подобно пушке Мезона).

² Сепаратор, работающий на массе с концентрацией 16—18% при длине около 4 м и потребной мощности 35 л. с., пропускает 25 т массы в сутки (воздушно-сухой).

³ Для разбавления применяется оборотная вода, отходящая от обезвоживающих аппаратов.

длиной 1500 мм пропускает до 20 т массы в сутки (в пересчете на воздушно-сухой вес) при потребной мощности 1—1,5 л. с. Большой производительностью и меньшим расходом энергии отличаются сучколовители системы Хауга (рис. 75). Масса посту-

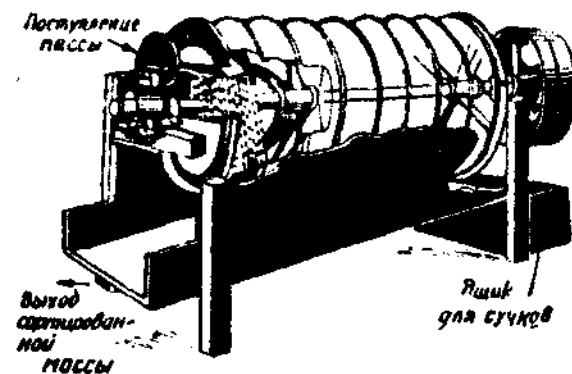


Рис. 74. Сучколовитель Финка.

пает в восьмигранный сетчатый барабан, разделенный недоходящими до вала радиальными перегородками, вращающийся со скоростью около 25 об/мин. Большая часть волокнистой массы про-

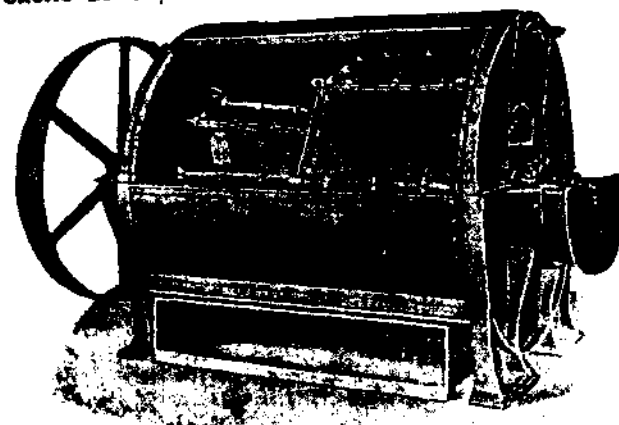


Рис. 75. Сучколовитель Хауга.

ходит сквозь отверстия сетчатой поверхности (диаметр отверстий 6—10 мм), сучки же захватываются радиальными перегородками и, поднявшись до верхнего положения, вываливаются в желоб, переносящий их во вторую часть сучколовителя, последняя имеет коническую форму, несколько меньшего диаметра. В конической части оставшееся хорошее волокно отмывается от сучков посредством

спрыска, подающего воду, не провар же (сучки и щепочки) вымывается с торцевой части по желобу. Сучколовители Хауга пропускают до 25—35 т массы в сутки (в зависимости от размера отверстий), требуя затраты мощности около 0,5 л. с.

Количество отходов на сучколовителях в основном¹ зависит от сорта вырабатываемой целлюлозы. Нормальным считается около 4% для жесткой и 2,5% для мягкой целлюлозы. Сучковая масса, после размол на бегунах (см. ниже размол бумажного брака) или других аппаратах,² употребляется для выработки низких сортов бумаги, в частности — оберточной.

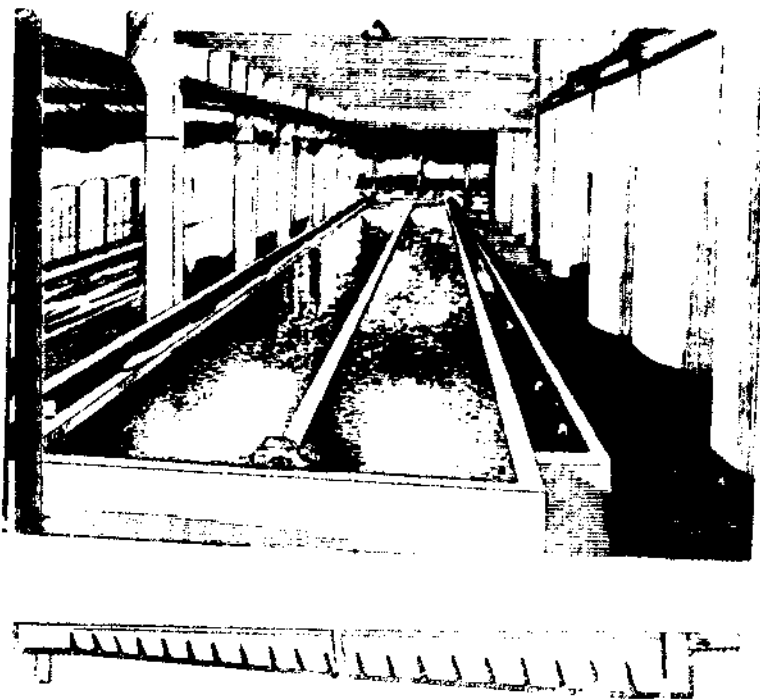


Рис. 76. Песочница.

Масса, прошедшая сучколовитель с концентрацией 0,28—0,33% (разбавленная за счет спрысковой воды на сучколовителях), поступает на песочницу, имеющие назначение удалять тяжелые примеси. Устройство песочниц ясно из рис. 76. Длинный канал

¹ На количество отходов влияет также качество древесины.

² Размол сучковой массы на бегунах производится в течение 20—25 мин. Бегуны с диаметром бегунов 1600 мм размалывают до 8 т массы в сутки, потребляя мощность около 25 л. с.

Из других аппаратов применяются мельница Биффара, представляющая сочетание рафинера с сортировкой, аппарат Клаффана, устройство, подобное мельнице Джордана с укороченным конусом, и прутковые мельницы.

(около 30 м) шириной 1,5—3,0 м имеет ряд перегородок (карманов). Масса протекает со скоростью 12—18 м/мин., при такой скорости песок, мелкие сучки, гипс и т. п. тяжелые примеси успевают осесть между перегородками. Для получения достаточной степени очистки, необходимо чтобы скорость массы не превышала указанной, а уровень ее над перегородками не был слишком высоким (100—150 мм). Наблюдение за песочницей заключается в систематической (раз в 3—4 дня) промывке ее от накопившейся грязи, поэтому в очистном отделе должна быть установлена одна резервная песочница для замены выключающейся на промывку.

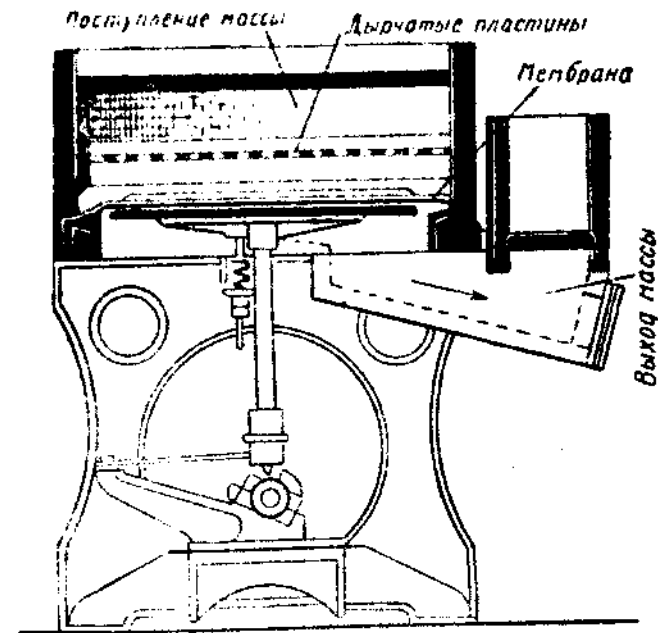


Рис. 77. Мембранная сортировка.

После песочницы масса поступает на тонкое сортирование. Устройство и работа сортировок, предназначенных для этой цели, не отличается от описанных ранее сортировок для древесной массы; размер отверстий сит для сортировок Фойта несколько выше, чем для сортирования древесной массы (1,6—1,8 мм и до 2,2 мм для целлюлозы, идущей на выработку низких сортов бумаги).

Кроме центробежных сортировок, для сортирования целлюлозы применяются плоские мембранные сортировки, устроенные в виде лотка, днище которого состоит из бронзовых пластин с прорезанными щелями, шириной 0,2—0,3 мм. Под пластинами укреплены подвижные мембраны, приводящиеся в колебательное движение.

Мембраны придают массе пульсирующее движение, проталкивающее волокна сквозь отверстия (при отходе мембраны под пластиной создается вакуум, исчезающий при обратном движении). Мембранные сортировки (рис. 77) обладают малой производительностью и занимают много места.

Для сортирования целлюлозы также применяют и двухступенчатое сортирование, заключающееся в работе с увеличенным отходом на первой ступени и вторичном сортировании на сортировках с меньшим размером отверстий.

Характерным для высших сортов целлюлозы является двойное сортирование, построенное на противоположном принципе. На вторую ступень сортирования направляется не отход сортировки, а масса, прошедшая сита первой ступени. Мелкие отверстия сит второй ступени задерживают костру (неразварившиеся волокна) и пучки волокон, прошедшие сита первичной сортировки. В данном случае не только нет никакой экономии в количестве сортировок и расходе энергии, а наоборот — увеличение их почти в два раза, но чистота сортирования достигается весьма высокая. Часто при такой схеме на вторую ступень ставятся пульсирующие сортировки (системы Туна), кожух которых имеет восьмигранную форму, внутренний же вращающийся барабан, с шлицами (прорезями) шириной 0,25—0,35 мм, снабжен ребрами. Масса поступает между кожухом и барабаном и пульсирующим движением (благодаря восьмигранной форме кожуха), проталкивается внутрь барабана, из которого отводится через торцовую часть. Сортировки Туна обладают небольшой производительностью (до 15—20 т) и работают с повышенным отходом целлюлозы, не прошедшей сито.

Отходы целлюлозы при тонком сортировании также зависят от марки вырабатываемой целлюлозы. Считается нормальным отход целлюлозы III сорта (не прошедшей сита сортировок) 2,5% для жесткой и 1,5% для мягкой. На сортировках Туна отход III сорта для мягкой целлюлозы принимается 4%. Целлюлоза III сорта, состоящая из непроварившихся пучков волокон и костры, может быть употреблена для выработки низших сортов бумаги (часто ее используют вместе с сучковой и рафинерной массой).

Отсортированная целлюлоза поступает на сгустители, установленные непосредственно после сортировки.

Степень обезвоживания на сгустителях различна в соответствии с тем, куда впоследствии направляется поток целлюлозы. При выработке целлюлозы на пресспате достаточно обезвоживание на сгустителе до сухости 1—1,5%, в этом случае масса без применения приемных валиков и шаберов из ванны сгустителя самотеком поступает в мешальный чан пресспата. Если завод находится в системе бумажного комбината, применяющего жидкую зарядку, сгущение (как и при производстве древесной массы) проводится до концентрации 3,5—6% (3,5% для бумаг, не требующих размола в ролах). При необходимости получить целлюлозу большей сухости (20—35%) применяют вакуумную машину, шнек-пресс или вакуум-фильтры. На рис. 78 показана схема работы шнек-пресса. Масса,

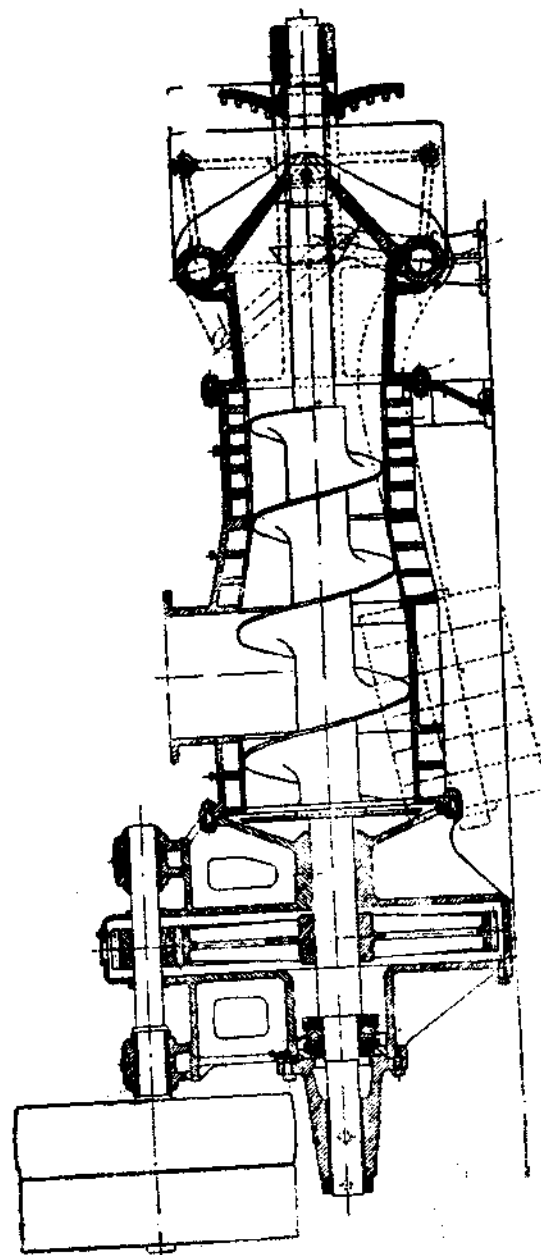


Рис. 78. Шнек-пресс.

доведенная на обычном сгустителе до концентрации 5%, поступает через загрузочную воронку к вращающемуся червяку. Червяк наподобие мясорубки захватывает целлюлозу и продвигает ее к выходному отверстию. Вначале крутая нарезка червяка по направлению к выходному отверстию делается более отлогой, тело же на цилиндрической формы переходит в коническую. Таким образом, по мере продвижения целлюлоза подвергается все более интенсивному сжатию. Вода выдавливается через отверстия дырчатого кожуха 1.5, установленного между червяком и сплошным бронзовым кожухом, и отводится по желобу. Заглушка служит для пускового момента, пока масса еще не накопилась в полостях червяка. Вращение червяку передается от привода. Шнек-прессом целлюлоза может быть обезвожена до сухости 35%. Промышленность шнек-пресса достигает 25-30 т целлюлозы в сутки, при потребной мощности 20 л. с.

Для сгущения целлюлозы до сухости 20-22% могут применяться также вакуум-фильтры (см. главу „Производство сульфатной целлюлозы“).

При сгущении целлюлозы от концентрации 1 до 20%—1 м² поверхности фильтра сгущает 0.25 т целлюлозы в час (в пересчете на возд. сухую) фильтры изготавливаются поверхностью до 25 м².

Вода, уходящая с обезвоживающих аппаратов, содержит некоторое количество волокон. Для уменьшения потерь целлюлозы до 50—60% этой воды используется как обратная для разбавления массы перед сучколовителями, песочницами и др. местах, оставшая же часть направляется на ловушки.¹

Заводы, вырабатывающие целлюлозу на сторону (находящиеся вне системы замкнутого комбината), проводят обезвоживание ее дальнейшим прессованием и сушкой до сухости 88%.

Для получения целлюлозы в листах сухой папки служит пресс-спат,—машина весьма похожая на описанные ниже бумагоделательные машины. Так же как на бумажных машинах на сеточной части происходит формирование целлюлозного полотна и уходит (под сетку и на сосунах) большая часть воды. Влажная лента отжимается на прессовой части до сухости 35—40% и передается на сушильную часть, для дальнейшего удаления воды испарением.

В отличие от бумагоделательной машины, пресс-спат, работающий на скоростях 35—40 м/мин., не имеет тряски в сеточной части, так как прочного переплетения волокон не требуется, оно только вызывает повышение расхода энергии на ролах бумажной фабрики. Прессовая часть иногда снабжается прессом высокого давления, поверхность которого по окружности снабжена бородачками, облегчающими удаление воды. Пресс высокого давления, хотя и дает экономию расхода пара на сушку до 10%, чрезмерно уплотняет целлюлозное полотно, что увеличивает расход энергии и удлинит оборот рола при размоле. Сушильная часть пресс-спата

¹ Устройство ловушек, см. главу V „Производство бумаги“ (улавливание волокон с бум. машины).

работает без сукои. Принцип целлюлозной ленты осуществляется ее натяжением¹ и валиками, обеспечивающими охват на сушильных цилиндрах. Накат на пресс-спате отсутствует. Всушенная лента (сухостью около 88%), разрезается продольным и рубится поперечным ножом на листы размером 600×800 мм, последние пакуются в кипы и отправляются потребителю.

Волокно целлюлозы, в особенности беленой, касаясь горячей поверхности сушильных цилиндров, несколько снижает свое качество как в отношении цвета, так и механических свойств (разрывная длина снижается на 10—15%). Некоторые заводы применяют сушку по способу Фидальго, принцип которого построен на том, что влажная целлюлоза, пройдя прессовую часть пресс-спата, разбивается на кусочки и последние сушатся на ленте транспортера, проводящего их через сушильную камеру, обогреваемую горячим воздухом. Сушка Фидальго большей частью совмещается с применением пресса Камир. В данном случае обезвоживание происходит не на сетке пресс-спата, а на вакуум-фильтре Вольфа (до 25% и последующим проходом пресса Камир (до 55% сухости), работающего без сукои. Разрывание целлюлозы на кусочки сопровождается некоторыми потерями (пыль при сушке) и требует специальной упаковки. Более совершенная в этом отношении сушка Флакты, при которой, получающаяся на мокрой части пресс-спата, влажная лента проходит также на транспортерах в сушильную камеру, но без предварительного размола. Сушка Флакты работает на Соломбальском сульфат-целлюлозном заводе.

Отбелка целлюлозы

Если от целлюлозы требуется большая химическая чистота, или чистый белый цвет,² целлюлозу подвергают отбелке. Принцип отбелки построен на том, что клетчатка является более стойким веществом по отношению к воздействию некоторых химических процессов, в частности к процессу окисления, чем оставшиеся в целлюлозе инкрусты, поэтому при действии на целлюлозу окислителем, он в первую очередь реагирует с веществами, наиболее легко окисляющимися (в нашем случае с лигнином). Лишь при наличии избытка окислителя, или под влиянием некоторых других факторов, которые необходимо учитывать при проведении отбелки, наряду с инкрустами частично разрушается и клетчатка. В течение продолжительного времени (с начала XIX века) в качестве основного белящего реагента как в целлюлозно-бумажной, так и других отраслях промышленности (текстильная) применяется хлор,³ в свободном состоянии или в виде хлорноватисто-кислых солей (гипохлоритов). Из последних применяется преимущественно гипохлорит кальция $[Ca(OCl)_2]$ и реже, как более дорогой, гипохлорит натрия $(NaOCl)$. Гипохлорит кальция заводами получается в виде порошкообразной хлорной или белильной извести, являющейся не чистым гипохлоритом, а двойной солью кальция с хлорноватистой

¹ При выработке целлюлозной папки, плотность которой (вес 1 м²) составляет 400—600 г, лента достаточно прочная и может выдержать некоторое натяжение даже во влажном состоянии.

² Оставшиеся в целлюлозе инкрусты придают волокну типичный сероватый оттенок.

³ В лабораторных условиях для этой цели применяются и другие окислители.

и хлористо-водородной (соляной) кислотой или смесью кальциевых солей этих кислот.¹ Хлорная известь характеризуется содержанием так называемого активного хлора, т. е. хлора, находящегося в виде хлорноватисто-кислого соединения (в свободном состоянии весь хлор считается активным). Согласно стандарта хлорная известь должна содержать 35—37% активного хлора для I сорта и 30—32% для II сорта, практически часто содержание активного хлора бывает ниже приведенного. Приготовление отбелочного раствора из хлорной извести сводится к растворению ее в воде и освобождению от сопровождающих примесей (песок, углекислый кальций, оставшийся от недожженной извести и т. п.). Поступающая в бочки хлорная известь опорожняется из них в специальные мешалки, в которых разводится водой. Крепкий раствор вместе с нерастворившимися примесями и остатками нерастворенной хлорной извести направляется в чаны для выщелачивания, также снабженные мешалками. После размешивания в течение 20—30 мин. нерастворившемуся остатку дают осесть на дно (отстаивание около 2 час.) осветленный верхний слой жидкости сливается сифоном в сборник, а в мешалку добавляется свежая порция воды. Операция эта повторяется еще 2 раза. Осветленный раствор от первых трех декантаций сливают вместе в бак для хранения отбелочных растворов (обычно крепостью 15—20 г активного хлора в 1 л, шлам же смывается в отбельный отстойник, осветленная вода из которого, содержащая некоторое количество активного хлора, используется для разведения новой порции хлорной извести.

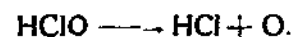
Хлорная известь является нестойким веществом и при хранении, в особенности в летнее время, уменьшает содержание активного хлора, также неизбежны потери активного хлора и при разводе хлорной извести, поэтому в последние годы весьма широкое применение нашло получение отбелочного раствора непосредственно из жидкого хлора. Аппараты для получения отбелочного раствора просты, компактны и характеризуются быстрым приготовлением крепких растворов (до 30—45 г акт. хлора в литре) без потери хлора. Получение сводится к насыщению хлором известкового молока (приготовление последнего было описано ранее). Жидкий хлор непосредственно из стальной цистерны или баллона по трубопроводу вводится в известковое молоко. Для лучшего соприкосновения и перемешивания, ввод хлора производится перед насосом, установленным для циркуляции известкового молока, или в змеевик, через который прогоняется известковое молоко. Аппараты применяются как непрерывного, так и периодического дейст-

вия.¹ Реакция получения гипохлорита $2\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{Cl}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca(OCI)}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ сопровождается выделением тепла; это обстоятельство необходимо учитывать², так как при температурах выше 40°, гипохлориты легко переходят в соединения, не содержащие активный хлор, например в хлорновато-кислые соли: $3\text{Ca(OCI)}_2 \rightarrow \text{Ca(ClO)}_2 + 2\text{CaCl}_2$. Избыток хлора также приводит к потерям активного хлора $\text{Ca(OCI)}_2 + 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaCl}_2 + 4\text{HClO}$ — последняя же, как соединение непрочное, при хранении легко разлагается, поэтому в отбельных растворах сохраняют некоторый избыток основания (извести).

Полученный тем или иным путем отбельный раствор по мере надобности подается в аппараты, в которых отбеливается целлюлоза.

Процесс отбелки заключается в разрушении инкрустов. На основании многочисленных исследований в настоящее время установлено, что основным окисляющим реагентом, как при отбелке хлором, так и гипохлоритом, является хлорноватистая кислота. В первом случае хлорноватистая кислота получается в результате электролитической диссоциации растворяющегося в воде хлора: $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{HCl}$, во втором — образование ее объясняется тем, что хлорноватистая кислота, как кислота, отличающаяся весьма малой степенью ионизации, вытесняется из своих соединений самыми слабыми кислотами, в частности — даже угольной кислотой, всегда находящейся в воздухе, а следовательно, и в отбельных аппаратах:

$2\text{CaOCI}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CaCl}_2 + 2\text{HClO}$. Хлорноватистая кислота, являющаяся соединением непрочным, может находиться лишь в разбавленных растворах и легко отдает кислород, окисляя инкрустирующие и прочие красящие вещества в целлюлозе³.



Кроме окисления инкрустов в процессе отбелки происходят и реакции присоединения и замещения хлора с лигнином,⁴ т. е.

¹ Об аппаратах для получения отбельных растворов из жидкого хлора см. Фогель, *Технология целлюлозы и бумаги*, т. I.

² Количество тепла, выделяющегося при реакции, пропорционально количеству прореагировавшего хлора, что в переводе к единице объема соответствует крепости раствора. Повышение крепости раствора на каждые 3 г акт. хлора в литре сопровождается повышением температуры на 1°С. Приведенное повышение температуры учитывает, что теплота реакции частично компенсируется охлаждением в результате поглощения тепла, вызываемого испарением хлора (переход из жидкого в газообразное состояние).

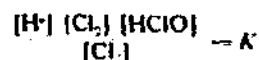
³ При отбелке идут различные окислительные процессы, например спиртовые группы инкрустов окисляются в альдегиды и кетоны $\text{R} \cdot \text{CH}_2\text{OH} + \text{O} \rightarrow \text{R} \cdot \text{CHO} + \text{H}_2\text{O}$ или $\text{R}^1 \cdot \text{CHOH} \cdot \text{R}^2 + \text{O} \rightarrow \text{R}^1 \cdot \text{CO} \cdot \text{R}^2 + \text{H}_2\text{O}$ и далее в карбоксильные $\text{R} \cdot \text{CHO} + \text{O} \rightarrow \text{R} \cdot \text{COOH}$ и т. д. вплоть до выделения CO_2 . Полученные продукты обладают растворимостью в воде.

⁴ Реакции хлорирования идут по схеме $\text{RH} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{RCl} + \text{HCl}$ и $\text{R}_1\text{R}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{R}_1\text{Cl} + \text{R}_2\text{Cl}$.

¹ Хлорная известь получается пропусканием хлора над известью (насыщением ее) по реакции: $\text{CaO} + \text{Cl}_2 = \text{Cl} - \text{Ca} - \text{OCI}$, т. е. хлорная известь представляет соединение двухвалентного металла с остатками двух различных кислот хлорноватистой и хлороводородной (соляной). Есть мнение, что реакция протекает следующим путем $2\text{CaO} + 2\text{Cl}_2 = \text{CaCl}_2 + \text{Ca(OCI)}_2$. С точки зрения принятой теории сущности процесса отбелки как первый, так и второй состав хлорной извести могут быть приняты в одинаковой мере.

реакции хлорирования. Продукты хлорирования в отличие от продуктов окисления, часто бывают окрашенные и не все обладают растворимостью в воде, часть их для растворения требует щелочной промывки.

Реакции окисления и хлорирования в значительной степени зависят от кислотности среды. Реакция гидролиза $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^- + \text{HClO}$ (диссоциирует HClO , как незначительная, можно пренебречь) характеризуется равновесием:



поэтому с увеличением кислотности среды (концентрации H^+), характерным для отбелки газообразным хлором и хлорной водой, равновесие смещается влево.

Практически для проведения отбелки целлюлоза смешивается с нужным количеством отбелного раствора и реагирует с ним в течение времени, достаточного для разрушения инкрустов.

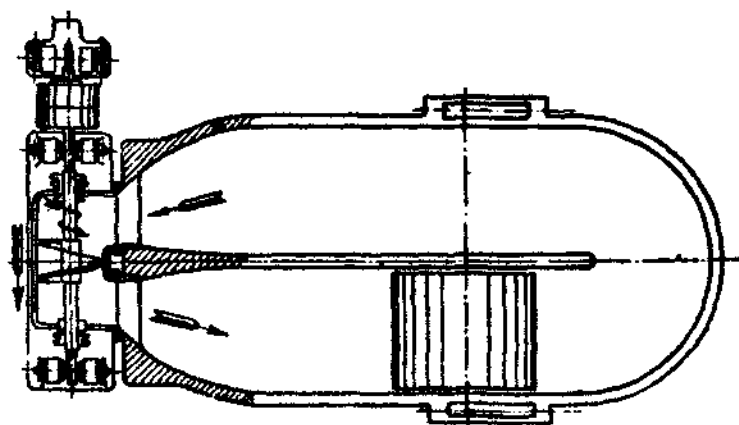


Рис. 79. Отбелный рола Бельмера.

В практике работы отбелных отделов, применяется большое разнообразие аппаратов и схем построения технологического процесса, ниже будут приведены лишь основные, наиболее распространенные способы отбелки.

Одним из старых, но употребляющихся в настоящее время, способов — это отбелка целлюлозы в роллах. Для отбелки применяются рола различной формы и размеров (емкостью от 20 до 500 м³). Характерным для отбелных ролов является наличие гоночного приспособления, обеспечивающего циркуляцию массы, и промывного барабана. На рис. 79 изображен рола Бельмера (в плане), состоящий из ванны с двумя каналами пропеллерного винтового гоночного приспособления и промывного барабана.

Часто встречаются рола и с тремя каналами. Установленный в канале промывной (отливной) барабан представляет собою цилиндр с сетчатой поверхностью (сетка мелкая 65—85 №№) и закрытыми торцами. Внутренняя полая часть барабана разделена изогнутыми полостями на ряд ковшей (черпаков), имеющих выход наружу через полую ось. Для предохранения от разбедания все части, соприкасающиеся с отбелным раствором, защищаются или выполняются из материала, противостоящего действию хлора. Внутренняя поверхность железобетонной ванны облицовывается изразцовыми плитками или цементируется (железнится).

Небеленая целлюлоза, сгущенная до концентрации 6—8%, загружается в рола и приводится в движение гоночным аппаратом. По окончании загрузки отмеривается потребное количество отбелного раствора,¹ причем последний для равномерности распределения вводится постепенно и непосредственно перед пропеллером. Для ускорения отбелки содержимое рола подогревается паром, однако, следует иметь в виду, что температура не должна подниматься выше 35—40°, так как выше этой температуры не только происходит потеря активного хлора (см. выше), но и начинается разрушающее действие хлора на волокно клетчатки, приводящее к понижению прочности целлюлозы. После того как масса достигла желательной степени белизны, процесс отбелки заканчивается. Для удаления растворенных инкрустов промывной барабан (подшипники которого допускают вертикальное перемещение) погружается на некоторую глубину в массу; грязная вода проходит сквозь сетку, отчерпывается ковшом и выводится в сток, в рола же для сохранения уровня добавляется свежая, чистая вода. Промывка должна производиться со всей тщательностью, так как недостаточная отмывка понижает качество отбеленного материала. В особенности важна полнота промывки при наличии остатка неизрасходованного хлора, последний может не только понизить качество волокна, но и привести к ряду затруднений при дальнейшей обработке целлюлозы.² Ни в коем случае не следует целлюлозу перебеливать, так как при этом разрушению подвергаются уже не инкрусты, а волокно клетчатки. Производительность рола определяется количеством загружаемой целлюлозы и его оборотом, из них первое легко может быть определено, исходя из емкости рола и концентрации массы, оборот же рола складывается из ряда отдельных операций: загрузки, собственно отбелки, промывки и опораживания, в свою очередь все эти моменты связаны с емкостью

¹ Часто целлюлоза загружается при меньшей концентрации и дальнейшее сгущение достигается отчерпывающим барабаном, также на некоторых заводах применяют загрузку более густой массы (с папочных машин).

² Количество отбелного раствора берется в соответствии с жесткостью небеленой целлюлозы.

³ В последнее время промывку целлюлозы, в целях сокращения оборота рола, часто производят не в роле, а на отдельных сгустителях. Остаток хлора иногда нейтрализуют даже в роле «антихлором», в качестве последнего обычно применяют гипосульфит или марганцовую кислоту.

ролла и характером остального оборудования отбелного отдела. Продолжительность собственно отбелки составляет от 5 час. и выше, полный же оборот ролла колеблется от 6 до 8 час. при наиболее благоприятных условиях (загрузка густой массы и промывка вне ролла) до 13—15 час. Таким образом, отбелка целлюлозы в роллах требует большой продолжительности и значительного расхода пара (около 0,6—0,8 т на 1 т целлюлозы). Уже давно было уста-

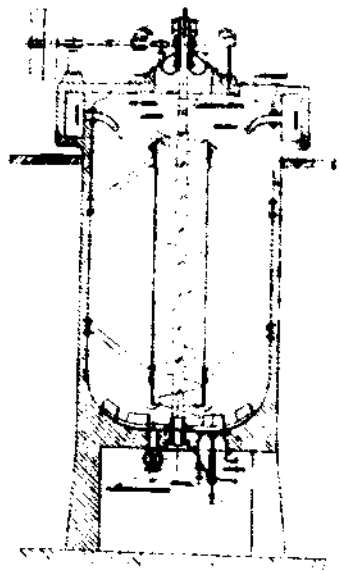


Рис. 80. Отбелный аппарат Вольфа.

новлено, что при прочих равных условиях, отбелка протекает тем быстрее, чем выше концентрация массы. Вначале хлор расходуется быстро, с падением концентрации отбелного раствора замедляется и процесс отбелки. Применить более высокую концентрацию массы в роллах (а следовательно, и меньшее разбавление отбелного раствора) не представляется возможным, вследствие необходимости обеспечить достаточную циркуляцию массы.

Рядом фирм изготавливаются аппараты, обеспечивающие перемешивание и при более высокой концентрации. На рис. 80 представлен аппарат Вольфа. Циркуляция массы, концентрация которой составляет 16—18%, обеспечивается вертикальным шнеком, забирающим целлюлозу в нижней части аппарата и прогоняющим ее вверх. Масса при температуре в 27—30° отбеливается за 3—4 часа. Кроме экономии пара¹ и ускорения процесса отбелки, аппараты Вольфа отличаются и мень-

шим расходом энергии. Отбелный ролл емкостью 180—400 м³ требует мощность мотора для пропеллера соответственно 60—140 л. с., для аппарата же Вольфа, емкостью 36 м³, достаточно мощность мотора 1,5—2 л. с. Несмотря на эти преимущества отбелки при высокой концентрации, заводы небольшой производительности преимущественно применяют отбелку в роллах, установка которых более простая и не требует больших затрат.

Описанная аппаратура для отбелки как при высокой, так и низкой концентрации, характеризуется периодическим действием, т. е. в аппарат загружается порция целлюлозы и отбеливается; только при окончании отбелки, по опоражнивании аппарат может быть загружен вновь. Кроме того, описанный прием работы заключается в том, что все потребное количество отбелного раствора сразу задается в аппарат—такой метод работы носит название отбелки

одноступенчатой. Между тем, большое количество инкрустов, уже перешедших в раствор в результате частичного окисления или хлорирования, оставаясь в растворе до конца отбелки, могут поглощать хлор на дальнейшее окисление. В настоящее время все крупные заводы, вырабатывающие белевую целлюлозу, применяют так называемый двухступенчатый способ отбелки. Двухступенчатая отбелка заключается в том, что отбелный раствор дается не сразу, а в два приема. После того как первая порция хлора, взятая в количестве 60—70% от потребного,¹ израсходована, целлюлоза подвергается отмывке от перешедших в раствор инкрустов, а затем добеливается обычным порядком. Как показала практика двухступенчатый метод отбелки не только дает экономии хлора на 20—25% по сравнению с отбелкой одноступенчатой, но и целлюлоза получается более высокого качества. Последнее объясняется тем, что уменьшение общего количества расходуемого хлора и разделение его по ступеням создает более равномерную концентрацию активного хлора в течение всей отбелки. При этом происходит более полное удаление инкрустов при меньшем воздействии хлора на клетчатку. Подобно тому как двухступенчатая отбелка явилась совершенствованием технологического процесса в отношении расхода хлора и повышения качества продукта, не меньшее значение в отношении совершенствования схемы технологического процесса и производительности отбелного отдела дает введение непрерывного способа отбелки.

В последнее десятилетие непрерывный способ отбелки внедрен как на вновь построенных, так и на ряде старых заводов. Большинство заводов оборудованы или последовательно включенными аппаратами Вольфа, или башнями Торнэ. Отбелные установки по системе Вольфа преимущественно применяют отбелку с меньшей концентрацией в первой ступени и высокой концентрацией (до 18%) во второй, обосновывая это тем, что в первой ступени, когда инкрустов еще много, процесс отбелки идет достаточно быстро и при низкой концентрации. Отбелка по схеме Торнэ протекает при высокой концентрации в обеих ступенях, или первая ступень проводится в башне Торнэ при высокой концентрации, вторая же в обычных роллах с концентрацией массы 7—8%. Преимущество последнего вида заключается в том, что ответственный момент окончания отбелки более доступен контролю. Такая схема осуществлена на Сясьском комбинате им. Сталина и принята для Камского целлюлозно-бумажного комбината. На рис. 81 дана схема отбелной установки по системе Торнэ. Небеленая целлюлоза сгущается на шаберных сгустителях *C* до концентрации массы 8—10% и поступает на шнековые сгустители *D*, на которых концентрация массы доводится до 22—25%. Сгущенная целлюлоза передается транспортером (или шнеком) в двухвальный смеситель *E*, устроенный наподобие сепаратора, в который одновременно подается отбелный раствор и теплая

¹ Если при концентрации массы 6% на каждый кг целлюлозы приходится около 16 кг воды, то при концентрации 18% количество воды составит 4,5—5 кг.

¹ Считая от общего количества взятого на первую и вторую ступень.

вода, повышающая температуру массы до 20°. Разбавленная до концентрации 18% масса, поступает в башню Торна А. Башня Торна представляет большой вертикальный железобетонный цилиндр, по оси которого проходит медленно вращающийся полый

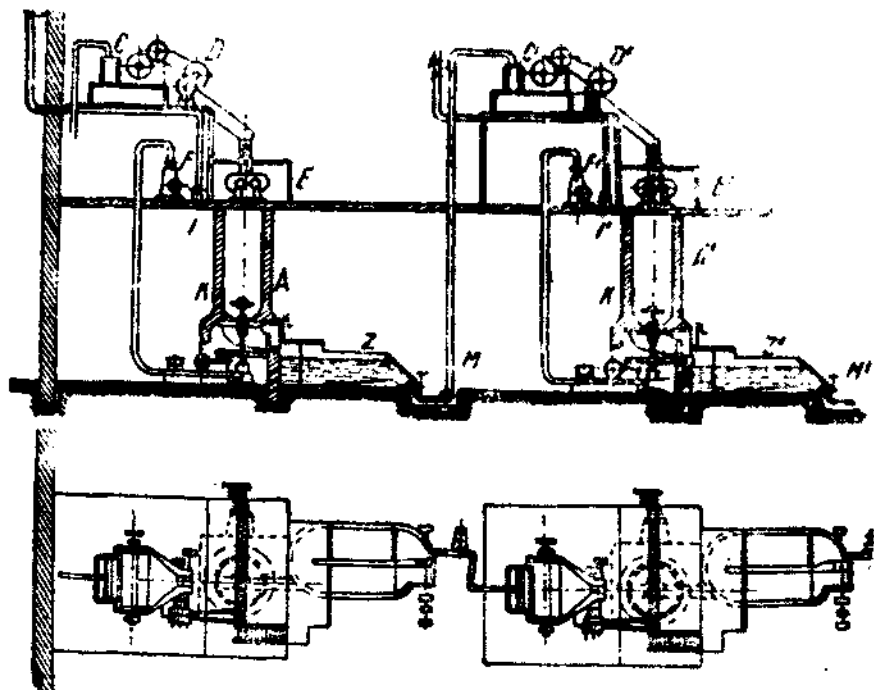


Рис. 81. Отбелка по схеме Торна.

вал К, снабженный тремя гребками; верхний служит для распределения целлюлозы, средний — для размешивания массы и подвода воздуха, нагнетаемого компрессором F² и нижний, находящийся у основания башни, удаляет отдельными порциями массу, прошедшую башню. Полубеленая целлюлоза далее поступает в пропеллерный мешальный чан L—Z, в котором разбавляется водой до концентрации 1—1,5%. Из чана целлюлоза перекачивается насосом М на сгуститель С, далее повторяется путь, аналогичный ходу массы в первой ступени (на рис. 81 буквами D', E', A', K', L', Z', M', обозначены соответствующие аппа-

раты.) Сгущением массы на сгустителях и шнек-прессах одновременно достигается и промывка от растворенных инкрустов, уходящих с водой. Вентилятор I и I' служит для удаления воздуха и газообразных продуктов, накапливающихся в башне. Башня диаметром 3 м и высотой 7 м пропускает 60 т целлюлозы в сутки. Непрерывная ступенчатая отбелка требует больших затрат на оборудование и усложняет схему, поэтому, несмотря на все преимущества непрерывного способа отбелки, использование их доступно лишь для заводов большой производительности.

Отбелка целлюлозы сопровождается неизбежными потерями (разрушение инкрустов и потеря при промывке). Выход беленой целлюлозы в зависимости от качества небеленой и режима отбелки, обычно составляет 92—95%. Расход хлорной извести также неодинаков для целлюлоз различной жесткости. Если мягкая целлюлоза требует для отбелки 10—12% хлорной извести, то для средней расход ее повышается до 14—16%. Расход энергии для одноступенчатой отбелки в ролах колеблется от 50 до 70 квт·час на 1 т целлюлозы.

Ступенчатая отбелка дает указанную выше экономию хлора (20—25%).

Чем больше остаток инкрустов в небеленой целлюлозе, тем труднее она отбеливается. Жесткая целлюлоза обычным методом не отбеливается.

Приготовление гипохлоритных отбелочных растворов так или иначе сопровождается некоторой потерей активного хлора и требует специальной установки. В последние годы на некоторых заводах применяется отбелка целлюлозы хлорной водой и отбелка элементарным (газообразным) хлором. По литературным данным такая отбелка дает еще большую экономию хлора, чем обычная двухступенчатая, причем легко отбеливаются не только мягкие, но и целлюлозы средней жесткости. Схема комбинированной отбелки заключается в следующем: в целлюлозу с концентрацией около 3% вводится газообразный хлор (или хлорная вода), растворенный в воде хлор быстро реагирует с лигнином, причем около 70% хлора при этом переходит в соляную кислоту. Полученная в первой ступени полубеленая целлюлоза нейтрализуется едким натром или известковым молоком и поступает далее на промывку. При добавлении щелочи растворяются продукты хлорирования, нерастворяющиеся в кислой среде (промывку можно проводить перед обработкой щелочью, это дает экономию расходуемой щелочи, но аппаратура должна быть кислотостойкой, следовательно и более дорогой). Промытая целлюлоза поступает на добелку гипохлоритом, проводящуюся обычным путем. Иногда после добелки вводят еще третью ступень, заключающуюся в обработке целлюлозы весьма незначительным количеством хлора (менее 0,05% от веса целлюлозы), последняя придает более высокую и стабильную белизну. Как показали опыты, проведенные в целлюлозно-бумажной лаборатории Лесотехнической Академии, комбинированная отбелка создает экономию хлора для целлюлозы средней жесткости до 35% по сравнению с отбелкой одноступенчатой, не считая экономии, связанной с отсутствием потерь, характерных при приготовлении отбелочных растворов. Комбинированная отбелка запроектирована для Архангельского сульфит-целлюлозного завода.

Целлюлоза, вырабатываемая для химической переработки, должна отвечать ряду дополнительных требований в отношении химической чистоты; последняя характеризуется содержанием лиг-

¹ В летнее время добавки теплой воды не требуется.
² Дутье воздуха ускоряет процесс отбелки.

нина, гемицеллюлозы, смолы¹ и зола. Кроме того, для такой целлюлозы требуется максимальное содержание альфа-целлюлозы² и довольно высокая и, главное, равномерная вязкость³. Иногда для этой цели, кроме описанного способа отбелки, применяется облагораживание, заключающееся в обработке беленой целлюлозы холодной или горячей щелочью NaOH, Na₂CO₃ и последующей промывкой. Обработку щелочью лучше вести между ступенями, при этом получается и экономия хлора. Некоторые заводы понижают зольность обработкой целлюлозы (в конце отбелки) соляной кислотой, однако, последнее нежелательно, так как увеличивая кислотность среды, возрастает гидролиз клетчатки, понижающий содержание альфа-целлюлозы и вязкость. Более чистый продукт с меньшей зольностью дает отбелка гипохлоритом натрия, последний значительно дороже хлорной извести, и кроме того, процесс отбелки замедляется. К числу отбелок, дающих облагороженные целлюлозы, можно отнести и отбелку комбинированную.

Общие замечания

Заканчивая краткое описание современного состояния технологии сульфит-целлюлозного производства, еще раз необходимо отметить, что развитие науки и техники поднимут уровень значения этого вида производства на еще большую высоту. К числу ближайших задач в области рационализации сульфит-целлюлозного производства следует отнести перевод основного процесса — варки — на непрерывный автоматический (идея, заложенная еще изобретателем сульфит-целлюлозного производства Тильгманом), чем осуществится непрерывность потока, начиная от балансовой биржи и кончая готовой бумагой на накате бумагоделательной машины и полное использование органической части древесины, уходящей со щелоками.

Производственные затраты на отдельных аппаратах были указаны в соответствии с последовательностью их изложения. Для удобства и наглядности, в таблице 17 приведены основные технические коэффициенты, однако, необходимо учитывать, что пользование ими возможно лишь как ориентировочными, в каждом отдельном случае возможны повышения эффективности, о которых говорилось в соответствующих разделах главы.

¹ Смола частично улавливается на песочнице, всплывая наверх и собираясь на специально для этого подвешенной суконке.

² Альфа-целлюлоза — целлюлоза не растворяющаяся при действии 17,5% раствора NaOH.

³ Под вязкостью целлюлозы подразумевается вязкость ее растворов (медио-амиллачный раствор или раствор вискозы). Вязкость зависит от степени деполимеризации, которая несомненно имеет место при воздействии на нее химических реагентов (варка, отбелка).

Таблица 17

Наименование расходов (на 1 т кожд. сух. целлюлозы)	Целлюлоза	
	Жесткая	Мягкая
1. Расход балявса (чистоокоренного в плотных куб. метрах)	4,5	4,8
2. Отходов сучков в 4% (I—III сорт — 100%)	4,0	2,5
3. Тоже целлюлозы III сорта	2,5	1,5
4. Расход серы в кг или колчедана в пересчете на содержащий 45% серы	105	120
5. Известкового камня или извести в кг	293	320
6. Пары на варку (с перепуском щелоков и регенерацией тепла) в т	180	200
7. Пары на сушку (прессат) в т	100	115
8. Энергии на производственные аппараты (без водоснабжения) в квт час	2—2,2	2,2—2,41
9. Тоже на прессат	1,8—2,2	1,8—2,2*
10. Воды свежей в м ³	175	175
11. Хлорной извести на отбелку (35% активного хлора) в кг или жидкого хлора	40	47
12. Расход энергии на отбелку (I ступ. башня Торна II ступ. рола) в квт/час	200	200
13. Потери при отбелке	—	90—100
14. Свежая вода на отбелку м ³	—	32
	—	100—120
	—	до 8%
	—	200

Список использованной литературы

1. Н. Н. Непенин — Производство сульфитной целлюлозы, ГАТИ, 1932 г.
2. Американская энциклопедия (Производство полуфабрикатов и бумаги) т. I, ч. II и IV, ГНТИ, 1932 г.
3. Ф. Мюллер — Производство бумаги и его оборудование, т. I, ч. II ГАТИ, 1931 г.
4. С. А. Фотиев — Технология бумаги т. II ГАТИ, 1935 г.
5. М. Г. Элиашберг — Спутник кислотника, ГАТИ, 1935 г.
6. Американская энциклопедия (Производство полуфабрикатов и бумаги (т. I, ч. VIII). Отбелка целлюлозы, ГНТИ, 1932 г.
7. С. А. Фотиев — Технология бумаги, т. I, «Теория отбелки», ГАТИ, 1933 г.
8. Материалы Обл. НИТО вым. I—IV. — Новые проблемы и вопросы рационализации целлюлозного производства.
9. Н. И. Никитин — Химия древесины, ГАТИ, 1935 г.

* В зависимости от уплотнения.

* Меньший для пресспатов, снабженных прессом высокого давления.

ВВЕДЕНИЕ

Получение целлюлозы щелочным методом из растительных материалов является наиболее старым способом получения волокна для бумажного производства. Уже в Китае применяли щелочь в виде золы растений (поташа) или в виде известкового молока для размачивания и разделения волокон, получаемых из луба тутового дерева. Позднее известковое молоко стало широко использоваться для получения тряпичной полумассы, последняя являлась основным полуфабрикатом для выработки бумаги в Европейских странах в средние века. Известково-молочный способ сохранил свое значение при выработке высших сортов тряпичных бумаг до настоящего времени.

Едкий натр был применен значительно позднее, а именно в середине XIX столетия. В 1857 г. француз Мелле (Mellies) впервые получил натронную целлюлозу из соломы, путем обработки ее щелочью в герметически закрытых котлах при температуре 150°. Почти одновременно с соломенной целлюлозой появился ряд предложений на получение древесной натронной целлюлозы.

Тогда же, ввиду большой стоимости основного реагента—едкого натра, были предложены способы регенерации щелочи, т. е. обратного получения едкого натра из использованных на варку щелоков. Потери щелочи, неизбежные при всяком процессе регенерации, восполнялись при этом добавкой свежего едкого натра. Таким образом возник так называемый натронный способ получения целлюлозы.

В 1879 г. немецкий химик Даль (Dahl) предложил возмещать указанные потери более дешевым реагентом—сульфатом натрия; при восстановлении сульфата при высокой температуре в присутствии угля легко получается сернистый натрий, последний же, по своему растворяющему действию на лигнин в водном растворе, почти аналогичен действию едкого натра. Указанное предложение положило начало развитию так называемого сульфатного способа производства целлюлозы.

Относящееся к этому же периоду изобретение более дешевого сульфитного способа задержало на некоторое время дальнейший рост сульфат-целлюлозной промышленности.

Сульфитная целлюлоза не требовала регенерации затраченных на ее получение реагентов, выходы ее получались больше чем натронной и отбеливалась она легче. Жесткая же сульфатная целлюлоза вообще не могла быть отбелена и не годилась для произ-

водства беленых бумаг, однако, высокая механическая прочность сульфатной целлюлозы послужила к тому, что эта целлюлоза вскоре снова завоевала себе совершенно самостоятельное место в бумажной промышленности.

Быстрое развитие промышленности в XX в. потребовало большого количества специальных сортов бумаги, от которых нужна была прежде всего значительная прочность. Крафт-целлюлоза становится важным полуфабрикатом для производства разнообразных сортов оберточной и упаковочной бумаги вплоть до картона толщиной 1 мм. Особо следует отметить применение крафт-целлюлозы для производства мешочной цементной тары, а также для специальных сортов бумаги в электропромышленности—кабельной, телефонной и др.

Сульфат-целлюлозная промышленность в соответствии с темпами своего развития постепенно вводит ряд усовершенствований, направленных по линии возможно полной регенерации щелочи и по линии использования тепла, получаемого при сжигании щелоков (тепловая регенерация).

Продажная стоимость сульфатной целлюлозы в настоящее время не дороже стоимости небеленой сульфитной целлюлозы. Большое преимущество сульфатного способа заключается в том, что он позволяет использовать не только ель, но и другие всевозможные виды древесины и растений. В этом отношении мощной сырьевой базой для сульфат-целлюлозной промышленности являются также отходы лесопиления.

Развитие сульфат-целлюлозной промышленности по странам представлено в таблице:

Таблица 18

Страны	Г о д ы						
	1910	1915	1920	1930	1932	1934	1936
Швеция	124 000	179 201	211 375	622 660	621 890	766 000	1 141 000
США (сульфатная)	—	52 640	141 000	861 210	933 160	1 145 742	1 817 000
„натронная“	—	350 000	400 000	430 125	339 270	496 960	—
Канада	21 700	66 300	188 490	170 750	135 650	221 000	287 000
Норвегия	36 800	55 714	45 404	68 932	58 290	57 230	75 000
Финляндия	60 000	45 630	43 000	165 030	199 000	237 000	429 000
Германия (древ. целл.)	—	—	19 200	32 265	22 150	31 100	55 000
„солом. целл.“ . . .	—	—	—	47 682	36 800	48 100	Нет данных
Япония	—	—	—	28 865	32 365	42 530	—

Как видно из таблицы, главными странами, производящими сульфатную целлюлозу, являются Скандинавия и Америка.

В Швеции работает 26 заводов по щелочному способу, среди них такие гиганты, как недавно пущенный завод в Остранде, рассчитанный на производительность 300 т целлюлозы в сутки.

В США вместе с Канадой работает около 50 крупных заводов, среди них крупнейшее предприятие в мире завод в Моироз с выработкой 500 т крафт-целлюлозы в сутки.

Главнейшими породами, используемыми в США, являются: гемлок (*Tsuga canadensis*), белая ель (*Picea canadensis*), висконсинская ель, длиннохвойная сосна (*Pinus palustris*), норвежская или красная сосна (*Pinus taeda*), дугласова пихта (*Pseudotsuga taxifolia*), лиственница (*Larix laricina*). Из лиственных пород используются: тополь, осина, тальпанное дерево и др.

У нас в СССР до 1936 г. имелся единственный завод древесной сульфатной целлюлозы на Урале (Ново-Лялинский).

Недавно пущен второй завод в Архангельске (Соломбальский комбинат). Он работает на отходах лесопильного завода имени т. Молотова. В настоящее время пускается еще один завод на севере. Кроме этих заводов, работающих на древесном сырье, в СССР существуют 3 завода, вырабатывающих сульфатную соломенную целлюлозу (Добруш, Пенза, Понинки).

Сущность современного сульфатного процесса представлена на схеме (рис. 82).

Измеленная древесина в виде щепы подвергается в котлах варочному процессу с раствором смеси едкого натра и сернистого натрия. Продолжительность процесса 6—8 час. при температуре 175°C и давлении ~ 9 ат. После окончания варки, материал поступает на промывку, задача промывки заключается в возможно полном отделении отработанного щелока (черного щелока) от целлюлозы. Необходимым условием при этом является получение черного щелока в возможно большей концентрации. После промывки происходит разделение производственного процесса; промытая целлюлоза направляется в очистной отдел, а отмытый от нее черный щелок направляется на регенерацию. Сначала щелок упаривается в выпарной установке. Сгущенный щелок направляется в аппараты содо-плавильного отдела, состоящие из дискового выпарителя, вращающейся печи и содо-плавильной печи. Окончательно сгущенный в первых двух агрегатах щелок сжигается в дальнейшем в содо-плавильной печи.

Горячие газы, получаемые из печи, частично используются по принципу противотока для сгущения щелока в вращающейся печи и дисковом выпарителе. Часть горячих газов в современных установках используется для получения пара в отдельно стоящем паровом котле. В плавильную печь производится также добавка сульфата натрия (Na_2SO_4) для возмещения потерь щелочи. В плавильной печи одновременно с выгоранием органической части происходит восстановление сульфата (Na_2SO_4) в сернистый натрий— Na_2S .

Минеральная часть из плавильной печи, получаемая в виде плава, состоящего из соды и сернистого натрия (Na_2S), растворяется и полученный щелок каустизируется едкой известью.

Полученный в результате реакции «белый щелок», состоящий из смеси едкого натра и сернистого натрия, возвращается снова на варку.

Описанная схема регенерации, применяемая обычно в Скандинавских странах, может отличаться системой сжигания щелока.

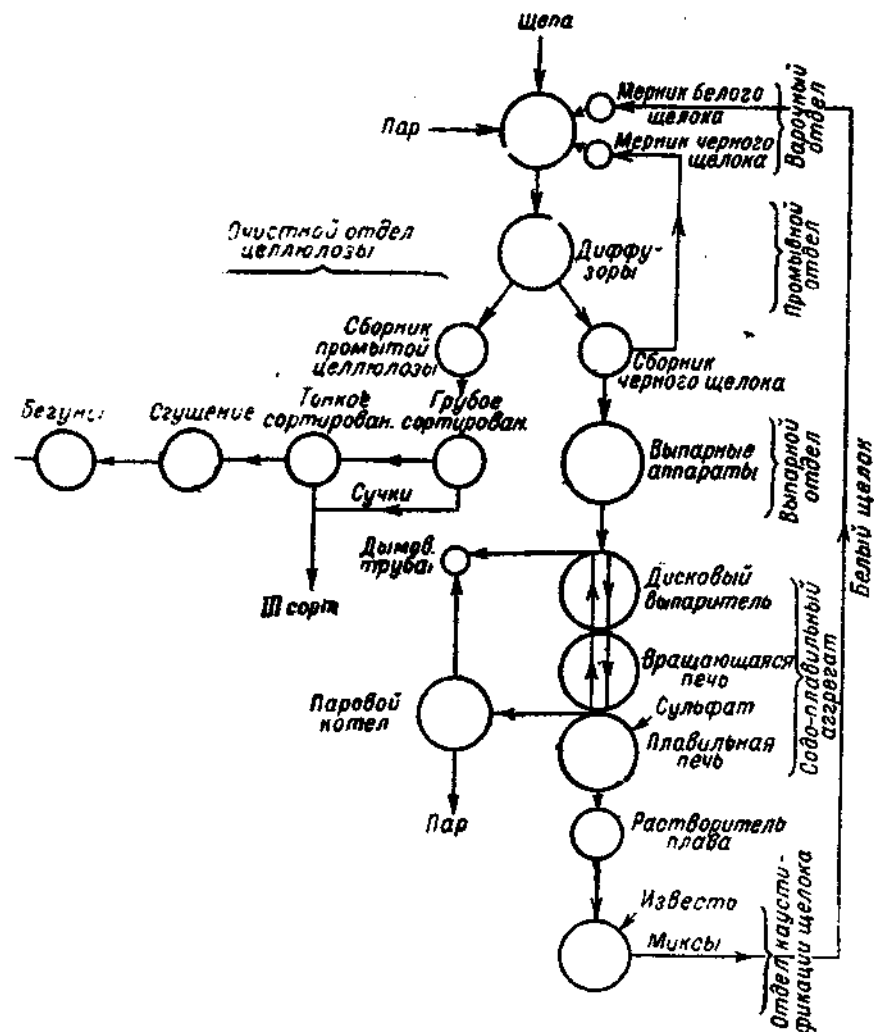


Рис. 82. Схема сульфат-целлюлозного процесса.

За последние годы в США применяют сжигание выпаренного до 65% сухого остатка щелока непосредственно в печах особой конструкции (печь Вагнера). Эти печи сейчас применяют и у нас.

Схема процесса по чисто натронному способу, сохранившаяся преимущественно в США, несколько проще.

На заводах натронной целлюлозы содо-плавильная печь обычно

отсутствует, причем значительная часть органического остатка щелока выгорает во вращающейся печи, одновременно с этим натрий, связанный с органическим остатком, переходит в соду Na_2CO_3 .

Для облегчения сжигания щелока и перевода щелока в соду, перед печью устраивается подпечная тонка, отапливаемая дровами. Горячие газы, полученные в топке, проходят через вращающуюся печь, дисковый выпаритель и направляются в дымовую трубу. Часто горячие газы из вращающейся печи используются под паровым котлом.

Подзол из вращающейся печи, состоящий из соды и некоторого количества угля, выщелачивается, отделяется от угля и каустизируется, как и в сульфатном процессе, едкой известью. Возмещение потерь щелока в натриевом способе производится добавкой соды в процессе каустизации, или просто добавкой едкого натра в полученный после каустизации белый щелока

СЫРЬЕ И ЕГО ПОДГОТОВКА

По щелочному способу целлюлоза может быть получена из всевозможных видов растительного сырья. Основным видом все же является древесина хвойных пород — сосны и ели. В меньшей степени используются лиственные породы — тополь, осина и др. (США).

Значительное место в ряде стран занимает также получение целлюлозы из соломы злаков, а за границей также из некоторых дикорастущих растений (альфа, аспарто).

Экономическая целесообразность использования того или иного вида недревесного сырья зависит прежде всего от количества содержащегося в этом сырье технически пригодного волокна.

Следующим моментом, определяющим возможность использования сырья, является наличие сырьевых ресурсов, достаточное для бесперебойного обеспечения проектируемой мощности завода. Значительную роль, при этом, в случае недревесных видов сырья, играет урожайность, условия сбора, хранения и транспортабельности подобного вида материалов. В случае наличия особо благоприятных условий, использование различных культурных и даже дикорастущих растений может иметь большое значение для создания бумажной промышленности в безлесных районах или странах, находящихся накануне истощения лесных ресурсов.

Главнейшими породами, которые могут быть использованы для получения сульфатной целлюлозы в условиях севера, являются ель (*Picea excelsa*) и сосна (*Pinus silvestris*).

Сульфатная целлюлоза из ели и сосны, примерно, равноценна по своим свойствам, длина волокон — трахеид колеблется от 2,4—4,4 мм, при ширине 0,025—0,075 мм.

Некоторые исследователи придерживаются мнения, что механические свойства крафт-целлюлозы из ели несколько выше, чем для сосны, однако, это мнение не может считаться оконча-

тельно установленным. В химическом отношении обе хвойные породы отличаются высоким содержанием лигнина (28—29%), большей смолистостью и меньшим количеством пентозанов по сравнению с лиственными породами, а также соломой. Сосна от ели отличается, главным образом, большей смолистостью, последняя, как известно, является причиной, благодаря которой сосна не может быть использована для получения целлюлозы по сульфитному (кислому) способу.

Скорость варочного процесса по щелочному способу протекает, примерно, одинаково для обеих пород, поэтому некоторые фабрики за границей часто применяют для варки смешанную щепу из ели и сосны, это обстоятельство представляется важным в смысле возможности использования смешанных отходов, получаемых при лесопилении. Некоторые американские исследователи утверждают также возможность одновременной варки не только смеси хвойных пород, но и смеси их с лиственными.

Так как удельный вес сосновой древесины выше, чем еловой, то степень заполнения варочного котла, а следовательно, и выход целлюлозы из котла будет больше для сосны, чем для ели. По данным различных авторов, степень заполнения котла сосновой щепой на 12—17% больше, чем для еловой.

В отношении абсолютного выхода целлюлозы по отношению к весу исходной щепы, величина выхода, примерно, одинакова для обеих пород. В зависимости от жесткости получаемой крафт-целлюлозы, выход составляет 46—50%. В случае варки белых сортов сульфатной целлюлозы из хвойных пород выход ее ниже, порядка 40%, т. е. меньше чем сульфитной целлюлозы, предназначенной для отбелки, выход которой составляет 42—44%.

Сибирская лиственница (*Larix sibirica*) может также служить источником сырья для производства целлюлозы по щелочному методу. По данным Н. Розенбергера, целлюлоза из лиственницы равноценна еловой, однако, выход ее от веса древесины, примерно, на 5% ниже, чем для ели.³

Из отходов древесины хвойных пород, которые могут быть использованы для производства сульфатной целлюлозы, следует также упомянуть пиевый осмол, т. е. отбросную древесину, остающуюся после извлечения из нее смолистых веществ экстракционным способом.⁴

Лиственные породы отличаются значительно меньшей длиной волокна, составляющей в среднем немного более 1 мм, при ширине 0,02—0,04 мм и механические свойства бумаги, приготовленной только из лиственной целлюлозы, ниже чем из хвойной. Вследствие этого, а также благодаря специфическим свойствам волокна — мягкости и пухлости, лиственная целлюлоза применяется исключительно в беленом виде и большей частью в композиции с белой сульфитной еловой целлюлозой. Как уже говорилось выше, в химическом отношении лиственные породы отличаются от хвойных меньшим содержанием лигнина (20—22%), отсутствием смолы и более высоким содержанием пентозанов. Характерным для листвен-

венных пород является также наличие экстрактивных веществ. значительная часть этих веществ может быть удалена из древесины простой обработкой водой, или слабыми растворами щелочей. При горячей обработке, например 1-процентным раствором NaOH , удаляется до 22% веществ по весу древесины. Выход целлюлозы от первоначального веса взятой на варку щепы выше, чем для хвойных пород и составляет в среднем около 46—48% белевой целлюлозы. Так как удельный вес лиственной древесины больше, то выход волокна из единицы емкости котла собственно будет выше, чем, например, для ели. Лиственные породы используются преимущественно в США, причем варка древесины производится обычно по чисто натронному способу. Из общего количества древесины, используемой в США, на долю лиственных пород (осина, тополь, тюльпанное дерево, платан, авкалант и др.) приходится около 10%. Подробнее о лиственных породах, используемых в США, см. книгу Зутермейстера.¹

Недревесные виды сырья

Солома. Солома хлебных злаков широко используется для производства сульфитной целлюлозы. Длина основной массы волокон стебля соломы около 1 мм. Соломенная целлюлоза применяется исключительно в белевом виде и используется в композиции с сульфитной целлюлозой ели для производства писчих и печатных бумаг.

По химическому составу соломенная целлюлоза отличается от древесной, особенно хвойных пород, высоким содержанием пентозанов (до 25%), благодаря этому целлюлоза при размоле легко гидратируется и сообщает бумажному листу характерную упругость и «звонкость». Солома содержит еще большее количество экстрактивных веществ, чем лиственные породы. При горячей обработке 1-процентной щелочью может быть удалено из соломы до 37% веществ.

Наибольшую ценность представляет собою ржаная и пшеничная солома, выход белевой целлюлозы из которой составляет 40—42%. Ценность ячменной и овсяной соломы ниже, так как солома этих злаков более засорена различными травами, кроме того, выход целлюлозы составляет всего лишь 36—37%. Озимые сорта соломы ценнее яровых, так как дают более высокий выход целлюлозы.

Заготовка соломы и прессование ее в кипы для удобства транспорта производится на месте, по возможности вблизи жел.-дор. станций. По сравнению с древесиной, солома представляет собою материал мало транспортабельный, 1 м³ плотно запрессованной соломы весит около 150 кг. Обычно солома прессуется в тюки размером 1,2 × 0,6 × 0,5 м и весом около 50 кг. В обыкновенный открытый вагон (16,5 т) помещается около 3,5 т тюковой соломы.

Помимо целлюлозы, солома широко используется для производства полуцеллюлозы и желтой соломенной полумассы, последняя идет на выработку грубой желтой обертки и картона.

Соломенная полумасса получается также обработкой щелочным способом, только вместо едкого натра используется дешевая известь. При варке с этим реагентом солома проваривается лишь отчасти, с разделением на грубые пучки волокон, причем выход полумассы в среднем составляет около 70%.

Эспарто и альфа. Представляют собою дикие растения, произрастающие в Испании и Северной Африке. Широко используются для получения целлюлозы в Англии, а также во Франции, Бельгии и Италии. По внешнему виду и физическим свойствам волокна почти ничем не отличаются от соломы.

Стебли хлопчатника. Могут служить сырьем для получения целлюлозы в безлесных районах, например в Туркестане. По размерам и свойствам волокно аналогично соломе, но, благодаря большему одревеснению, требует более энергичного режима варки. Для использования необходимо наличие благоприятных экономических предпосылок, выражающихся в достаточном запасе стеблей, небольшой стоимости их сбора и доставки на предприятие.

Камыш. Несмотря на значительные заросли камыша в южной части Союза, возможность использования его стоит под вопросом, так как остаются невыясненными его запасы, стоимость заготовки, а также условия его возобновления. Пригодность целлюлозы из камыша доказана не только лабораторными опытами, но и фабричными в течение достаточно длительного периода.

Кроме перечисленных видов сырья, проведен ряд фабричных опытов с целыми рядом других растений, эти опыты доказали полную возможность, а в некоторых случаях и рентабельность получения целлюлозы, например: из стеблей кукурузы, рисовой соломы, бамбука и др.

Хранение и подготовка древесины и соломы для варки

Для заводов, работающих на балансовой древесине, устройство бирж, окорки и рубка баланса ничем не отличается от операций, применяемых при производстве сульфитной целлюлозы. Часто указывается, что при производстве сульфитной целлюлозы требование, предъявляемое к балансу в отношении его качества и чистоты окорки, могут быть ниже, чем для сульфитного процесса. Эти указания являются справедливыми при выработке крафт-целлюлозы, предназначенной для оберточных бумаг, тары, картона и т. п. В случае выработки более ответственных сортов, например электроизоляционных бумаг, требования к балансу и к чистоте его окорки должны быть достаточно высокими. Необходимость сравнительно тщательной окорки баланса вызывается также часто соображениями экономического порядка. Наличие коры обуславливает собой увеличенный расход щелочи на варку.

Измельчение отходов (горбылей, реек и т. п.) производится на рубительных машинах, аналогичных по устройству машинам, применяемым для рубки баланса. Отличительной особенностью этих машин является лишь принудительная подача легких по весу отходов под нож диска. В обычных же машинах баланс, как известно, прижимается к диску только своей тяжестью. Наибольшее распространение (даже в США) получили машины Караштадского механического завода (Швеция). Типовой размер их с диаметром диска

2000 мм и производительностью 10—15 складочных м³ в час. Потребная мощность такой машины 80 л. с.

Дальнейший процесс сортировки щепы не требует описания, так как производится по схеме, приведенной при сульфитном процессе.

Соломенно-целлюлозный завод должен быть обеспечен годовым запасом соломы. При производительности завода в 30—50 т целлюлозы в сутки этот запас составляет 26 000—45 000 т, или 170 000—300 000 м³ прессованной соломы. В виду опасности хранения столь больших количеств соломы, склад ее должен находиться на расстоянии не менее 350 м от производственных зданий. Хранение соломы на складе обычно производится под открытым небом, в штабелях высотой 4—5 м. В случае более высоких штабелей, укладка должна быть механизирована. Для этой цели применяются подвижные устройства, называемые стаплерами (наклонный транспортер по типу применяемого при кирпичной кладке). Во избежание порчи соломы от грунтовой сырости, укладку штабелей производят на досчатом помосте. За границей встречаются площадки, покрытые асфальтом. Для защиты от атмосферных осадков, штабеля закрывают сверху настилом из соломы.

Хранение соломы в открытом виде связано с значительными потерями, достигающими до 8%. Кроме того, солома загрязняется пылью, песком, а главное мельчайшими частицами угля. Поэтому, многие германские авторитеты (Мюллер, Шахт) считают более выгодным хранить солому в закрытых складах с хорошей вентиляцией.

Стоимость постройки подобных складов, вместимостью 20000—25000 м³ соломы, обычно окупается в течение уже ближайших лет. Потери при закрытом хранении уменьшаются до 1%, кроме того обеспечивается чистота соломы.

К соломе, поступающей на склад, предъявляются определенные требования. Влажность соломы должна быть не выше 15%, кроме того, она не должна быть засорена посторонними травами (особенно вредной примесью является вьюнок и василек). Хорошая солома должна быть полнотельной и иметь блестящий вид и золотисто-желтый цвет.

Отдел резки и сухой очистки соломы обычно располагается на территории склада, подача соломы в отдел производится на вагонетках с конной тягой. Могут быть использованы также мотовозы, тягачи и т. п. устройства с прицепными тележками. В некоторых случаях устраиваются специальные электроподвесные дороги для подачи тюковой соломы.

Во избежание работы в ночное время, соломорезочное отделение рассчитывается обычно на работу в 2 смены. Перед соломорезками должна быть площадь для небольшого запаса соломы, обеспечивающего бесперебойную работу отдела.

В задачу подготовки соломы к варке входит измельчение ее на сечку размером около 25—40 мм и дальнейшая очистка сечки от пыли, мякни, песка, зерен и колосцев (междоузлий стебля).

Очищенная сечка непрерывно подается пневматическим путем при помощи эксгаустера, либо прямо в помещение варочного отдела, либо в специальный промежуточный склад. Последняя схема признана в настоящее время более целесообразной, так как дает возможность создать некоторый запас готовой сечки.

Наиболее распространенным типом машин для резки соломы являются дисковые соломорезки, с подачей соломы к ножам диска при помощи ленточных транспортеров из углового железа. Производительность соломорезок, в зависимости от их размера, 3000—8000 кг соломы в час, расходуемая мощность 12—30 л. с.

Сечка после соломорезки подается эксгаустером по трубе через циклон на соломотряс. В циклоне происходит отделение мельчайшей пыли, а на соломотрясе, представляющем наклонное сотрясающееся сито, происходит отделение тяжелых частиц (песка, зерен). Для отделения колосцев обычно используют перенос сечки по воздуху с одного сита на другое. При своем движении, при переходе с одного сита на другое, сечка поддерживается во взвешенном состоянии струей воздуха от вентилятора. Регулируя силу и направление потока воздуха, поддерживающего сечку, можно добиться значительного отделения тяжелых частиц, падающих вниз, вследствие их большого удельного веса. После соломотряса сечка попадает в воронку и отсюда мощным эксгаустером (мощность 50—70 л. с.) засасывается и гонится по соломопроводу в производство. Потери при очистке сечки зависят от качества соломы, степени ее сухости и т. д. и составляют 5—8%, но могут доходить до 12%.

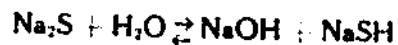
Количество зерна, отделяемого с мякиной и колосцами, составляет 0,5—1% и может быть в свою очередь отделено на триере. Существует еще целый ряд схем сухой очистки, отличающихся большей сложностью, желающих ознакомиться с ними мы отсылаем к специальной литературе¹¹.

Расход энергии на весь соломорезательный отдел при современных схемах составляет 21—24 квт/час на 1 т готовой сечки, причем значительная часть расходуемой энергии падает на пневматическую подачу сечки; на подачу 2—2,5 кг сечки в секунду требуется установка мотора мощностью 60—70 л. с.

ХИМИЧЕСКАЯ СТОРОНА ВАРОЧНОГО ПРОЦЕССА

При действии раствора едкого натра на древесину или солому при повышенной температуре, происходит растворение инкрустирующих веществ. Скорость растворения зависит от температуры, при которой производится варочный процесс. Практически можно считать, что растворение лигнина в щелочи при температуре ниже 130° не происходит, или идет, во всяком случае, очень медленно. Полнота же удаления веществ зависит от количества взятой щелочи по отношению к весу исходного материала. По существу происходящего процесса, особой разницы между натронным и сульфатным способом нет. Наличие серы в виде сернистого натрия

в варочном щелоке ускоряет процесс делигнификации, однако роль серы в происходящих реакциях до настоящего времени полностью не выяснена. В водном растворе, согласно гипотезе Класона, сернистый натрий гидролизует по уравнению:



Степень гидролиза зависит от концентрации едкого натра; по мере израсходования NaOH на реакцию с лигнином, в раствор переходят новые количества свободного едкого натра. Таким образом, активная концентрация смеси NaOH и Na_2S будет всегда меньше эквивалентной молекулярной концентрации одного едкого натра, поэтому деструктурирующее действие раствора смеси NaOH и Na_2S на целлюлозу меньше, чем чистого NaOH. С другой стороны, увеличение содержания Na_2S свыше некоторого предела может замедлить скорость варочного процесса.

Если основные реакции, протекающие при натронном и сульфатном процессах, по своему характеру аналогичны между собой, то этого безусловно нельзя сказать в отношении побочных реакций. Благодаря наличию серы, при сульфатном способе образуется целый ряд летучих сернистых соединений, обладающих чрезвычайно неприятным запахом (меркаптанов).

Скорости растворения никрустирующих веществ с чистым NaOH и со смесью NaOH и Na_2S показаны на диаграммах. Построенные кривые изображают собою зависимость в количестве остатка древесины (выхода целлюлозы) от продолжительности обработки при температурах 150, 160, 170° (рис. 83 и 84).

Замена части NaOH сернистым натрием, в количестве 16—30%, равноценна, в отношении скорости процесса, увеличению температуры на 7—8°Ц. Увеличение же конечной температуры на 10° сокращает продолжительность варки (до получения одного и того же выхода) в два раза.

Практически для сульфатной варки древесины в настоящее время пользуются температурой 174—176°. Сульфидность же щелока, выражаемая процентным соотношением Na_2S к сумме NaOH + Na_2S , составляет в большинстве случаев 25—35%. Дальнейшее увеличение сульфидности вызывает, как мы уже говорили, замедление реакции, кроме того, служит причиной увеличения образования дурнопахнущих веществ. В некоторых странах, например в Германии, пользование щелоками, содержащими свыше 30% Na_2S , запрещено законом.

Рассматривая кривые, можно заметить, что скорость растворения никрустов очень велика в начале процесса и сильно замедляется к концу варки. Для температуры 170°Ц замедление процесса начинается, примерно, с момента удаления 50% веществ древесины. Минимальное количество щелочи, необходимое на варку, составляет, согласно исследований Класона — 16% от веса абс. сухой древесины. Практически же варят древесину с несколько

большим количеством, а именно — с 18—22% NaOH, в зависимости от жесткости получаемой крафт-целлюлозы.

При варке сульфатной целлюлозы, предназначенной для отбелки, количество щелочи, взятой на варку, увеличивается до

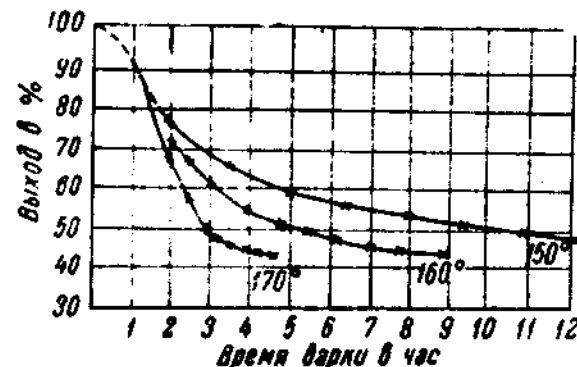


Рис. 83. Скорость растворения никрустов с раствором NaOH.

25% и даже выше. Увеличение количества щелочи способствует более полному удалению лигнина из целлюлозы, но одновременно

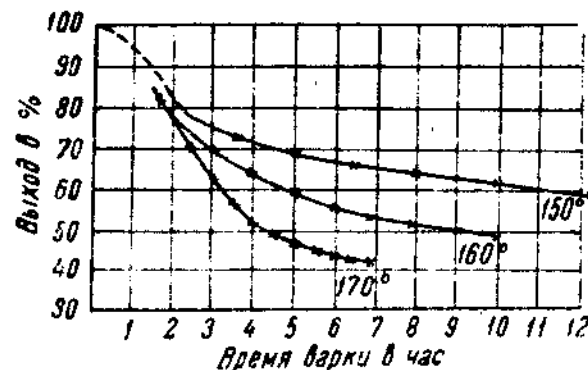


Рис. 84. Скорость растворения никрустов с раствором NaOH + Na_2S .

с этим, щелочь действует также на клетчатку, разрушая ее и понижая выход конечного продукта.

Увеличение концентрации щелочи, т. е. содержания щелочи в единице объема жидкости, также ускоряет процесс варки. При постоянном объеме жидкости, заливаемой в котел, концентрация щелочи зависит только от количества щелочи, взятой по отношению к весу древесины. При варке крафт-целлюлозы в стационарном котле, начальная концентрация составляет в среднем 30—35 г NaOH в литре.

Начальная концентрация щелочи при варке во вращающихся котлах будет выше, так как объем заливаемой жидкости в них значительно меньше. Но, принимая во внимание, что нагрев этой системы котлов производится острым паром, концентрация быстро падает за счет разбавления щелока конденсирующимся паром при заварке. К моменту достижения температуры, при которой происходит растворение инкрустов, объем жидкости, а следовательно, и концентрация щелочи, примерно, одинакова, как и для стационарного котла с прямым нагревом.

При варке соломы количество щелочи, необходимой на варку, несколько меньше, чем для древесины и составляет около 15%, от веса соломенной сечки.

Для расчета количества щелочи, необходимой на варку, приводят анализ щелока. При этом представляет интерес, главным образом, определение активной щелочности. Под последней понимается количество NaOH , или в случае сульфатной варки сумма: $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$. Так как в щелоке присутствует всегда немного соды, то последнюю перед определением необходимо удалить. С этой целью в щелоку прибавляют хлористого бария, при этом углекислые соединения выпадают в виде нерастворимого углекислого бария. Осветленный раствор титруется 1:1 норм. соляной кислотой в присутствии индикатора метилоранжа. Количество кислоты, умноженное на 0,04, укажет на содержание NaOH или $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$ во взятом объеме щелока, выраженное в эквивалентах NaOH .

Для отдельного определения Na_2S обычно применяют титрование щелока азотно-кислым серебром, при титровании выпадает черный, нерастворимый осадок сернистого серебра.

Зная содержание активной щелочи в варочном щелоке, дальнейший расчет необходимого объема щелока на варку затруднений не представляет.

При действии щелочи на лигнин образуется растворимое соединение лигнина; при подкислении щелока это соединение легко разрушается и лигнин выпадает из раствора в виде объемистого коричневого осадка. В виду выпадения осадка при нейтрализации щелочи кислотой, у ряда исследователей возникла мысль о кислотном характере лигнина. Можно было предположить, что натриевые соли лигниновых кислот легко растворимы в воде, при действии минеральных кислот на подобные растворы происходит разрушение солей и вытеснение свободных лигниновых кислот, выпадающих в осадок. Однако, это предположение не согласуется с позднейшими данными о характере и свойствах групп, входящих в состав лигнина, поэтому следует считать, что основная реакция и характер связи щелочи с лигнином до настоящего времени остается не выясненными. Повидимому, лигнин реагирует со щелочью по типу фенолов (см. стр. 35). При сульфатном способе, выделенный из щелока лигнин содержит в себе значительное количество химически связанной серы, характер присоединения серы к лигнину еще менее выяснен, чем связь щелочи с лигнином.

При действии щелочи на лигнин происходит ряд побочных реакций, из них необходимо отметить отщепление метоксильных групп (OCH_3) от лигнина с образованием метилового спирта (CH_3OH), последний удаляется при варке щелочью вместе со сдвучными газами.

Количество выделяющегося метилового спирта составляет около 0,7% от веса древесины, при этом оказывается, что только незначительная часть метоксильных групп лигнина, именно около 15%, отщепляется при варке, остальная часть остается в неизменном виде и переходит в варочный щелок вместе с лигнином. При сульфатном способе кроме метилового спирта, образуется некоторое количество меркаптана (CH_3SH) и целый ряд других дурнопахнущих соединений с серой. Меркаптан (CH_3SH) можно рассматривать, как метиловый спирт, в котором кислород замещен серой. Количество образующегося меркаптана составляет в среднем 220 г на 1 т целлюлозы, при этом следует принять во внимание, что наличие 1 460 000 000 мг меркаптана в 1 м³ воздуха уже чувствительно для обоняния.

При действии щелочи на гемицеллюлозы (гексозаны, пентозаны и т. д.), последние разрушаются с образованием самых разнообразных продуктов (молочная кислота, муравьиная, оксикислоты). Все эти кислоты в виде их растворимых натриевых солей находятся в черном щелоке. Более стойкая углеводная часть — клетчатка, также подвергается воздействию щелочи и частично разрушается с образованием органических кислот. Наиболее сильное воздействие щелочи на клетчатку происходит в конечной стадии варки, т. е. когда целлюлоза уже значительно освобождена от лигнина. В конце варки, при большом избытке оставшейся щелочи, эффект разрушения может быть очень велик. Этим объясняются низкие выходы, получаемые при варке сульфатной целлюлозы, предназначенной для отбелки. В этом случае, как мы уже говорили, с целью более полной делигнификации, берется значительный избыток щелочи, порядка 25% вместо 18—22%, как при варке крафт-целлюлозы.

Высокая температура варки со своей стороны также способствует разрушению целлюлозы, особенно если в конце варки есть избыток свободной щелочи. В связи с этим, при современных условиях процесса, когда варка ведется при температуре 174° и выше, особое значение имеет точный контроль за количеством всех материалов, загружаемых в котел.

Только при этих условиях представляется возможным своевременно закончить варку и добиться получения максимального выхода целлюлозы.

Кроме углеводной части и лигнина, в древесине, особенно хвойных пород, содержится значительная доля смолистых веществ. При действии щелочи эти вещества, имеющие характер смоляных кислот, переходят в раствор в виде натриевых солей. При продолжительном стоянии черного щелока образовавшиеся соединения (мыло) выделяются на поверхности и в таком виде могут быть легко отделены от щелока. При разложении мыла минеральной кислотой, получается маслообразная темная жидкость, сохраняющая свою консистенцию даже при низких температурах. Эта жидкость, обычно называемая талловым маслом, представляет собой смесь смоляных (абиеиновых) и жирных (пальмитиновой, масляной и др.) кислот.

Талловое масло представляет собой ценный отход, который может быть использован для получения мыла.

Терпены, играющие роль растворителей в естественных смолах, при щелочной обработке не подвергаются изменениям и выделяются вместе со сдувочными газами во время сдувок пара из котлов. Конденсируя пар, полученный скипидар легко отделить от воды и подвергнуть его дальнейшей очистке при помощи химической обработки и перегонки. Использование мыла и скипидара особое значение приобретает при варке высокосмолистых пород, например сосны. При сульфатном способе очистка побочных продуктов в скипидаре, имеющем тяжелый запах сернистых соединений, является более сложной задачей и может быть осуществлена лишь на специальной установке.

ВАРОЧНЫЙ ОТДЕЛ

Системы варочных котлов

До настоящего времени применяются три типа варочных котлов: 1) шаровые вращающиеся, 2) цилиндрические вращающиеся (штуцерные) и 3) стационарные котлы.

Необходимо отметить, что основной особенностью котлов для

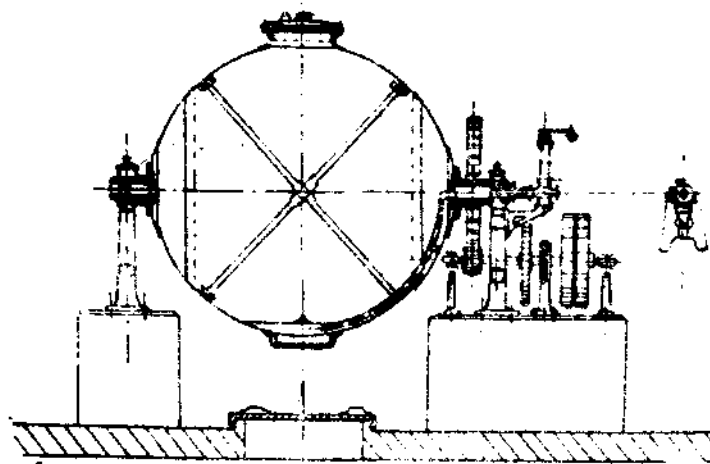


Рис. 85. Шаровой котел.

щелочной варки является их значительно меньший размер, чем для сульфитной варки. Объясняется это обстоятельство тем, что при щелочной варке применяется обычно более высокая температура, а следовательно, и более высокое давление пара в котле (порядка 9—10 ат), выполнение котлов большой емкости при этих

условиях было бы связано с серьезными конструктивными трудностями.

Шаровой тип котла применяется обычно для варки соломы (рис. 85). Обогрев котла производится прямым паром, последний вводится в котел по трубе через одну из полых цапф. Через эту же трубу производится выпуск пара после окончания варки, а также выпуск слабого отработанного щелока для вымывки содержимого котла. Для выполнения перечисленных операций, снаружи, к паропускной трубе, при помощи тройников присоединен ряд трубопроводов, снабженных вентилями. Пароподводящая труба

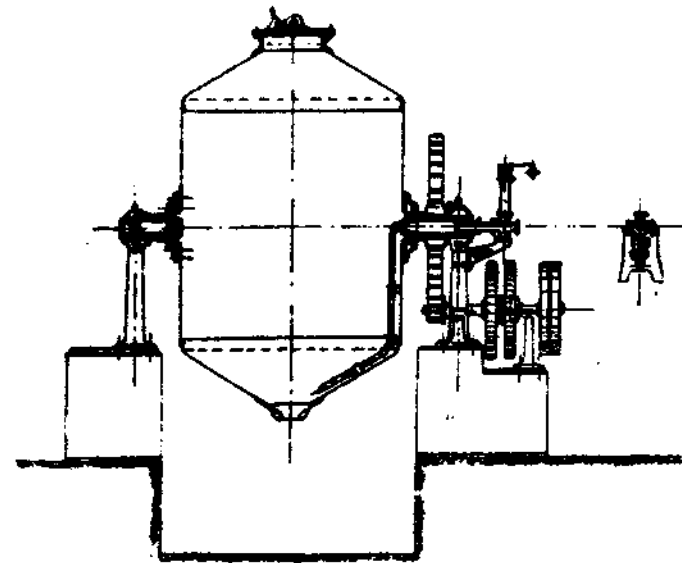


Рис. 86. Штуцерный котел.

имеет, кроме того, обратный клапан, препятствующий попаданию щелока из котла в паропровод, на случай возможного понижения давления пара в общей магистрали. Котел монтируется из котельного железа и, во избежание потерь тепла через лучеиспускание, с наружной стороны котла устраивается слой изоляции. Так как щелочь не действует на железо, то обмуровка внутри котла не делается. Загрузка котла, так же как его опорожнение, производится через горловину, снабженную массивной крышкой. Особое внимание должно быть уделено устройству надежного, плотного и удобного затвора крышки.

Основные размеры котлов, применяемых в соломенно-щелочном производстве, приведены в таблице 19.¹⁵

Штуцерный котел, применяемый довольно часто для варки древесины, изображен на рис. 86.

Таблица 19

Диаметр котла мм	Диаметр загрузочного отверстия мм	Толщина стенок, рассчит. на 8 ат	Число оборотов котла в мин.	Емкость л	Количество загрузочной сечки кг	Выход вод.-сухой целлюлозы кг	Расход энергии л. с.
2800	600	12	1	11 500	1650	650	1
2940	600	13	1	13 600	1950	780	1,5
3200	650	14	4	17 200	2450	1000	2,4
3500	650	15	5	22 450	3225	1300	3

Подвод пара, устройство цапф, наружная изоляция, вращение котла и т. д. в основном не отличаются от только что описанного типа шарового котла.

Основные размеры штурцерных котлов приведены в таблице 20.

Таблица 20

Диаметр мм	Высота с конической частью мм	Емкость в м ³	Выход вод.-сухой древесной целлюлозы кг
2900	5770	20	1500
2900	6730	30	2250
3050	7130	35	2600
3050	8070	45	3300

Масса из штурцерных котлов обычно не вымывается, а выдувается из них под некоторым остаточным давлением, чаще всего выдувка массы производится в диффузоры, т. е. особые промывные устройства, речь о которых будет ниже. Выдувка массы производится по трубе через штурцер, изображенный на чертеже в нижней части котла.

Стационарный вертикальный котел является наиболее современным типом варочной аппаратуры в сульфат-целлюлозном производстве.

Обогрев котла может производиться как прямым паром, так и при помощи подогрева щелока в особом подогревателе, устанавливаемом вне котла. В последнем случае, щелок непрерывно откачивается из котла, проводится через трубчатый подогреватель и снова подается в котел. Этим путем достигается не только нагрев щелока, но и интенсивная циркуляция щелока в котле. Прямой нагрев стационарного варочного котла острым паром производится сейчас очень редко и сохранился лишь на некоторых предприятиях в Америке, вырабатывающих целлюлозу по натронному способу.

Разрез современного стационарного котла с циркуляцией по системе Мортелера изображен на рис. 87 и 88.

Наиболее распространенные стационарные котлы имеют объем в 40—80 м³, но уже имеются котлы объемом свыше 100 м³, например, на Соломбальском комбинате в Архангельске. Одна из финляндских фабрик установила у себя котлы даже емкостью в 160 м³ (зав. Торнатор).

Основные размеры котлов приведены в таблице 21.

Таблица 21

Объем котла м ³	Диаметр мм	Общая высота
35	3000	6 500
74	3150	12 000
125	3800	14 000

В отношении способа применяемой циркуляции щелока, в настоящее время существуют две системы.

По системе Мортелера щелок откачивается центробежным насосом из нижней части котла, проводится через особый подогреватель и закачивается в верхнюю часть котла.¹

Система Шауфельбергера отличается устройством подогревателя и тем, что отбор щелока производится несколько выше середины цилиндрической части котла и закачивается одновременно в нижнюю и верхнюю части его.

В системе Шауфельбергера, в виду подачи щелока в нижнюю часть котла, масса поддерживается в разрыхленном состоянии. Это

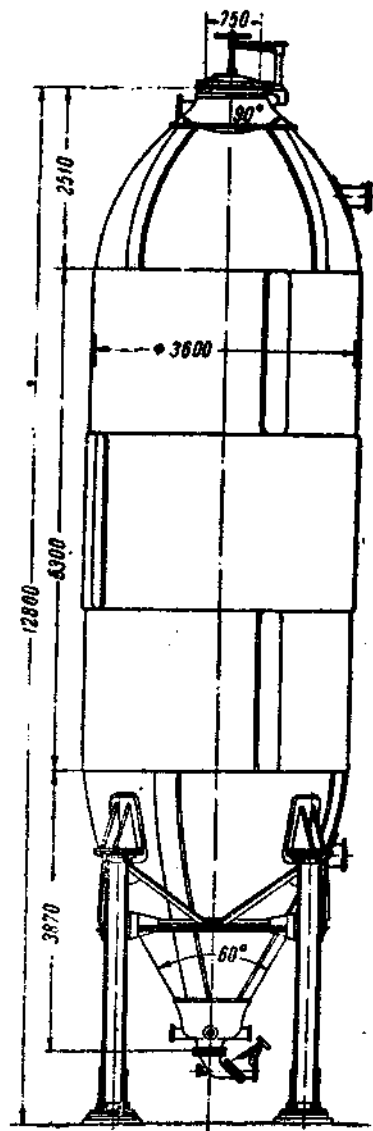


Рис. 87. Стационарный котел, общий вид.

¹ В последнее время Мортелера несколько изменил свою систему, а именно: отбор щелока производится у основания нижнего конуса и закачивается, таким же у Шауфельбергера, одновременно в нижнюю и верхнюю часть котла. При

обстоятельство облегчает работу насоса и позволяет заканчивать варку без применения подогрева острым паром; благодаря более интенсивной и равномерной циркуляции щелока, провар целлюлозы при этом способе отличается своей однородностью.

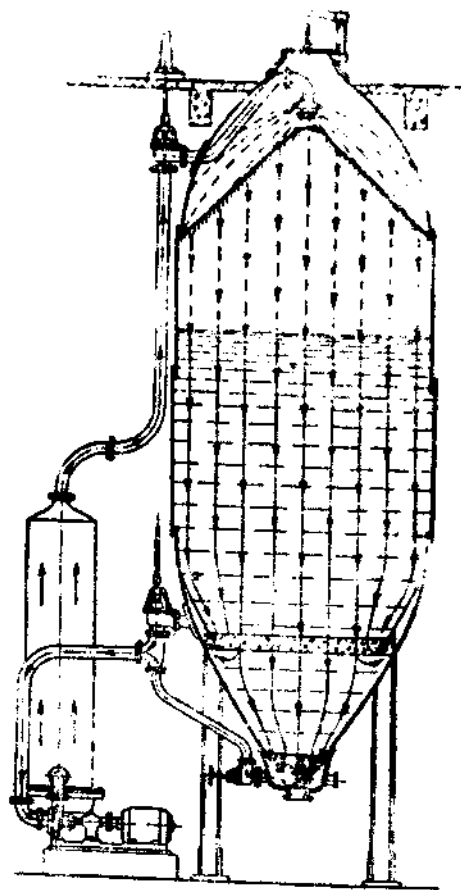


Рис. 88. Разрез стационарного котла циркуляцией по системе Мортюда.

Так как отбор щелока и ввод его снова в котел производится примерно под одним и тем же давлением, то энергия расходуется преимущественно лишь на перекачку щелока. Тем не менее расход энергии относительно велик, так как для быстроты нагрева содержимого котла приходится перекачивать значительный объем щелока в единицу времени.

Циркуляционный насос для среднего размера котла выбирается с производительностью порядка 5 м³ щелока в мин., потребляемая мощность такого насоса — 30 л. с.

Сравнивая между собой системы перечисленных котлов, необходимо отметить следующее:

1. Вращающиеся котлы имеют наиболее совершенное перемешивание содержимого котла; вследствие этого, объем заливаемого щелока в них может быть минимальным и составляет обычно 30—45% от общего объема котла.

2. Благодаря интенсивному перемешиванию всей

массы, в вращающихся котлах получается более равномерный провар материала и, как следствие этого, больший выход и лучшее качество получаемой целлюлозы.

3. Благодаря меньшему объему, расход пара, идущего главным образом, на подогрев жидкости до максимальной температуры,

старой системе Мортюда циркуляционный насос приходится останавливать в конце варки и варку заканчивать острым паром, причиной этому служило небольшое уплотнение массы и забивание отводящей сетки.

будет меньше. Уменьшению расхода пара способствует также применение прямого нагрева.

4. Вследствие применения острого пара и меньшего объема жидкости, нагрев котла происходит быстрее, последнее же обстоятельство ведет к ускорению процесса и к сокращению времени оборота котла.

5. К достоинствам стационарных котлов следует отнести их большой объем, а следовательно, и их большую производительность. Площадь, занимаемая варочным отделом, получается меньше, обслуживание стационарных котлов несколько проще.

Упомянутые выше соображения относительно вращающихся котлов служат причиной, что в Америке эта система котлов широко применяется даже теперь.

Техника варки

Загрузка варочных котлов щепой может производиться обычно из бункеров, расположенных над варочными котлами. Очень часто запасы щепы устраивают отдельно от варочного помещения, в этом случае щепы системой транспортеров подается непрерывно снизу в период загрузки котла. Преимущество последней системы заключается в том, что общая высота здания варочного отдела получается значительно ниже. Аналогичные устройства применяются и при загрузке соломы. В случае небольших котлов, поступающая из соломорезательного отдела сечка часто распределяется просто по закромам в помещении над котлами. Загрузка в этом случае производится вручную через железную воронку, вставленную в загрузочный люк котла. Так как 1 м³ сечки, насыпанной в свободном состоянии, весит около 60 кг, то при заполнении котла приходится выравнивать и утрамбовывать сечку железными шестами. Кроме того, при загрузке пускают постепенно пар и производят одновременно залив в котел отмеренного количества горячего щелока. Можно таким образом загрузить на 1 м³ котла около 135—140 кг вод.-сухой сечки. Аналогичный прием заполнения котла с одновременной пропаркой имеет место и при загрузке щепы. По данным Ю. А. Денисова, заполнение котла емкостью 74 м³ для еловой щепы влажностью 40% составляет 137 кг на 1 м³ в пересчете на абс. сухую древесину. Для сосны в тех же условиях степень заполнения — 162 кг. Примерно такое же заполнение приводит и Мюллер — 170 кг абс.-сухой древесины в 1 м³ котла. Таким образом, для сосновой древесины можно принять в среднем — 165 кг.

Принимая выход для жесткой (содержание лигнина 7%) крафт-целлюлозы из сосны 48%, выход с 1 м³ определяется:

$165 \text{ кг} \times 0,48 = 79 \text{ кг абс. сухой, или } 79 : 0,88 = 90 \text{ кг вод.-сухой целлюлозы.}$ Принимая потери при очистке целлюлозы (сучки, непровар, промой) — 3,5% от веса целлюлозы, имеем окончательный выход целлюлозы на пресепате из 1 м³ котла:

$90 \times 0,965 = 87 \text{ кг целлюлозы 1-го сорта.}$

В имеющихся справочниках (Мюллер, Зутермейстер) данные о выходе обычно значительно преувеличены; так, Мюллер дает цифру 74—75 кг вод.-сух. целлюлозы.

Данные по Ново-Аляскинскому заводу для целлюлозы средней жесткости (3,5% лигнина) составляют цифру порядка 74 кг вод.-сухой целлюлозы.

При дальнейшем освоении машин сульфат-целлюлозного производства, мы должны не только освоить приведенную выше норму расхода, но возможно, путем дальнейшего уплотнения котла, добиться ее увеличения.

Зная абс. сухой вес плотного куб. метра сосновой древесины при данной влажности и выход целлюлозы 1 сорта, легко рассчитать расход баласа на 1 т вырабатываемой целлюлозы.

Например, если 1 плотный куб. метр сосновой древесины при влажности 40% содержит 430 кг абс. сухой древесины, то расход чистососнового баласа, с учетом 5% потерь при рубке и сортировке щепы, составит на 1 т вод.-сухой целлюлозы:

$$\frac{165 \cdot 1000}{0,95 \cdot 87 \cdot 430} = 4,7 \text{ плотных м}^3$$

или $4,7 : 0,70 = 6,7$ куб. метров окоренного баласа.

Количество активной щелочи, закладываемой в котел в виде белого щелока, должно составлять не менее 16% от веса абс. сухой древесины. Обычно количество щелока, в зависимости от жесткости получаемой крафт-целлюлозы, колеблется от 18 до 22%, для варки же белимой целлюлозы берется от 25 до 30%. При варке соломы количество щелока, закладываемой в котел, несколько меньше, а именно 15% от веса абс. сухой сечки.

Состав белого щелока, получаемого на заводе после каустизации, колеблется в широких пределах, в среднем для сульфатного процесса состав щелока может быть выражен:

Едкий натр	65 г
Сернистый натрий	30 "
Сода	5 "

Кроме того, могут быть небольшие примеси в виде соды (Na_2CO_3) и сервокислого (Na_2SO_4) натрия. Удельный вес подобного щелока составляет 1,107—1,116 (14—15° Боме), при температуре 15° Ц. При расчете необходимого на варку количества щелока, принимается во внимание лишь активная щелочность, т. е. суммы NaOH и Na_2S . Исходя из заполнения 165 кг абс. сухой щепы на 1 м³ котла и 20% активной щелочи к весу древесины, легко рассчитать, что на 1 м³ котла необходимо взять около 300 л щелока приведенного состава. Так как при котлах стационарной системы объем заливаемого щелока должен быть не менее 60% от объема котла, то указанное количество щелока является далеко недостаточным. Поэтому, для получения необходимого объема жидкости в котле, обычно применяют разведение белого щелока черным, получаемым при промывке массы. Для нашего примера это количество должно составить также около 300 л или 50% от всего объема заливаемой жидкости. Приведенный расчет является характерным для варки крафт-целлюлозы, но вообще говоря, количество используемого черного щелока на варку может измениться в широких пределах, в зависимости от состава белого щелока и характера получаемой целлюлозы. Использование некоторого количества черного щелока обратно на варку приносит за собой значительный экономический эффект, выражающийся

1. В уменьшении объема щелока, поступающего на выпарку и регенерацию.
2. В увеличении крепости черного щелока.
3. В более полном использовании остатка щелока, содержащейся в черном щелоке.

С целью контроля варки и учета загружаемых материалов, анализа щелоков и их намерение должно производиться с большой тщательностью. Залив щелока в котел производится из мерников, устанавливаемых обычно в верхнем этаже варочного помещения. Щелока должны быть по возможности горячими (60—70° Ц).

1 За активную щелочность принимается сумма $\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}$ и обычно выражается в эквивалентах NaOH , иногда, впрочем, принято выражать и в эквивалентах Na_2O , в последнем случае приведенные нами цифры необходимо умножить на коэффициент 0,775.

это не только сокращает расход пара на варку, но и способствует уплотнению щепы при загрузке. Для нагрева щелока в мерниках может быть использовано отбросное тепло при сдувах и выдувке котла.

Режимы варки

После загрузки и тщательного закрытия крышки производят дальнейший нагрев котла. Заварка котла при сульфатном процессе может быть произведена очень быстро, разумеется, что при этом необходимо сообразоваться с расходом пара и мощностью котельной. В этом отношении вращающиеся котлы небольшой емкости представляют собой преимущество, единовременный расход пара на них относительно невелик, кроме того, нагрев котла острым паром происходит быстрее, чем непрямой нагрев щелока при помощи подогревателя. Согласно современным американским данным, весь оборот вращающихся котлов емкостью 30—40 м³ составляет не более 4,5 час.¹ и складывается из следующих операций:

Загрузка щепы и залив щелока	15—30 мин.
Заварка котла до температуры 174° Ц	1—1½ час.
Период варки	1—1½ час.
Выдувка котла	10—15 мин.

Оборот стационарного котла емкостью 80 м³ и выше, вследствие высказанных выше соображений, должен быть соответственно больше. Заварка такого котла при надлежащей мощности подогревателя и циркуляционного устройства может быть произведена в течение 2—2½ час. Время загрузки котла также соответственно увеличивается. Таким образом, оборот котла при этом должен составить около 6 час. По данным Г. М. Орлова, оборот стационарных котлов свыше 100 м³ в Скандинавских странах составляет около 7 час.

При получении белимой целлюлозы требуется более продолжительная варка древесины, поэтому оборот котла соответственно увеличивается на ½—1 час.

При варке соломы, оборот шарового котла составляет 4,5—5 час., значительная часть времени при этом затрачивается на загрузку соломенной сечки (30—45 мин.).

Для удаления воздуха и образующихся летучих веществ производят периодическую, а иногда и непрерывную сдувку газов. В качестве побочных продуктов, удаляемых сдувками при варке древесины, следует назвать метиловый спирт, скипидар, а при сульфатной варке образуется еще дополнительно ряд летучих сернистых соединений (меркаптаны). Выход метилового спирта при варке сосны составляет 13 кг и скипидара 8 кг на 1 т целлюлозы. Для улавливания этих веществ на многих фабриках часто устанавливается специальная аппаратура (колонки, холодильники, сборники и т. п.). Контроль температуры варки ведется обычно по манометру. При условии удаления летучих веществ, температура содержимого в котле соответствует давлению насыщенного пара

при этой температуре. Могут быть установлены и весьма желательны также и самозаписывающие приборы. Анализ щелока во время варки иногда не производится, конец варки с достаточной точностью определяется по температурной кривой и по времени варки. В отношении расхода пара на варку необходимо отметить, что наиболее значительная часть тепла затрачивается на нагрев щелока в период заварки.¹ При арашающихся котлах, где объем щелока составляет в среднем 40—45% от объема котла, расход пара на нагрев жидкости, а следовательно и на варку, будет значительно меньше, чем при стационарных котлах. Следующим фактором, сокращающим расход пара, является температура задаваемого щелока. В среднем можно принять следующий расход пара на 1 т kraft-целлюлозы:

Стационарные котлы	2,6—2,7 т
Штурцорные	2,0—2,2 т

Опоражнивание котлов производится либо промывкой котла, либо его выдувкой.

Вымывка содержимого котла в находящиеся под ним сцехи применяется исключительно для шаровых котлов. С этой целью после окончания варки производится слувка всего пара, находящегося в котле, до атмосферного давления. Затем в котел закачивается слабый щелок от промывок, открывается крышка, и все содержимое медленным поворачиванием котла опоражнивается в находящуюся под котлом сцеху.

Выдувка котла, в зависимости от метода промывки целлюлозы, осуществляется различным способом. При наличии особых закрытых аппаратов для промывки диффузоров, давление в котле спускается сначала до 4—5 ат, а затем под этим давлением масса через нижнюю трубу выдувается непосредственно в диффузор.

При непрерывной промывке целлюлозы на вакуумфильтрах, выдувка массы производится через циклон (для отделения пара) в мешальный бассейн, в некоторых случаях сам циклон используется в качестве сборника массы.

Использовать огромное количество тепла, выделяющееся при конденсации пара при выдувке массы, американцы считают нецелесообразным. Причина этого лежит в слишком кратковременном периоде выдувки. Для конденсации пара и использования тепла при этих условиях пришлось бы сооружать очень мощные поверхностные конденсаторы. В последние годы, шведы для этой цели предложили спиральный конденсатор (системы Розенблада). В настоящее время этот конденсатор получил очень широкое распространение на многих заводах в Швеции. Конденсатор этой системы установлен и у нас на новом Соломбальском комбинате.

¹ В соответствии с этим большое значение на расход пара имеет влажность загружаемой сцехи, увеличение содержания воды в сцехе вызывает охлаждение задаваемого щелока, а следовательно и увеличенный расход пара на нагрев щелости.

ПРОМЫВНОЙ ОТДЕЛ

Задачей промывки является отделение щелока от целлюлозы, при этом необходимо получить черный щелок в возможно более высокой концентрации и, следовательно, в возможно меньшем объеме. В случае вымывки массы в сцеху, например в соломенно-целлюлозном производстве, стекающий из сцехи крепкий щелок откачивается в сборники, после этого следует периодическая промывка целлюлозы горячей водой с откачкой уже более слабого щелока. Как только плотность стекающего щелока составит 2—3° Боме, откачку производят в другие сборники слабого щелока, полученный слабый щелок используется обычно для разбавления и вымывки массы из котла. Промывка водой производится до 0 Боме, после чего остатки очень слабых промывных вод спускают уже прямо в сток.

Целлюлоза из соломы, благодаря специфическим свойствам своего волокна, очень плохо отдает при промывке воду, поэтому промывка ее должна производиться в относительно невысоком слое, а именно — не выше 0,5 м. Исходя из этого размера, необходимая поверхность сцехи должна составить около 18 м² на 1 т вымываемой целлюлозы. Общая глубина сцехи должна быть около 1,5 м. Внизу сцехи устраивается ложное дно из железных листов с отверстиями около 1,5 мм.

При выдувке древесной целлюлозы, промывка ее производится обычно в диффузорах. Диффузор представляет собой цилиндрический железный, клепаный или сварной резервуар с двумя днищами. Отношение диаметра к высоте составляет 1:2. Расчет толщины стенок диффузора производится на рабочее давление в 5 ат.

В верхнем днище диффузора имеется фасонная горловина, к которой присоединяется выдувная труба, а также труба для ввода выделяющегося пара. Кроме того, к горловине присоединяется патрубок для подвода слабого щелока, или воды во время промывки. В нижней части на балочках помещается ложное днище из железных пластин с отверстиями. Сбоку, на уровне ложного

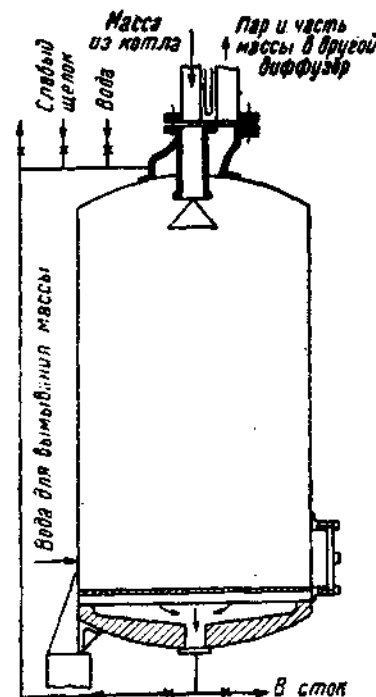


Рис. 89. Диффузор.

днища, находится отверстие для выгрузки массы, снабженное массивной крышкой. Против отверстия устраивается опрыск, через который под давлением подается вода во время вымывки массы. Отвод щелока во время промывки производится по трубе из нижней части диффузора.

Во избежание удара массы при выдувке о днище диффузора, в верхней части его устраивается распределительный конус.

Диффузор помещается на 4 стойках, на высоте около 3 м над уровнем пола, под диффузором находится общий мешальный бассейн для промытой массы (рис. 89).

Объем диффузора описанной системы превышает обычно на 20% емкость варочного котла.

В настоящее время эта система вытесняется более совершенными диффузорами с размывочным устройством системы Зандберга.

Диффузор Зандберга отличается от предыдущего расположением промывной сетки и устройством для выпуска массы. Расположение сетки видно из рис. 90, выпуск массы производится поднятием центрального клапана внизу диффузора. Клапан представляет собой массивный конус, внутрь которого может быть подана вода под давлением 18—20 ат. При выпуске массы клапан поднимается рычагом и приводится одновременно с по-

Рис. 90. Диффузор системы Зандберга.

дачей воды в медленное вращение. Благодаря этому устройству, масса быстро размывается и уходит из диффузора через кольцеобразное отверстие вокруг поднятого клапана.

Пары и небольшое количество увлеченной массы при этой системе отводятся обычно в небольшой циклон системы Гетнера, расположенный над диффузором. Из циклона пар отводится в конденсатор системы Розенблада, а часть целлюлозы, увлеченная вместе с паром, отводится из ловушки по трубе обратно в тот же диффузор. В отличие от прежних систем диффузоров, объем диффузора Зандберга устраивается на 20% меньше объема котла.

На большинстве шведских предприятий установлено 5 диффузоров на 2 котла. Например, для завода с 12 варочными котлами устанавливается система диффузоров в количестве 30 шт.

Вся система разбивается на отдельные батареи с количеством 6—10 диффузоров. В каждой отдельной батарее диффузоры чаще всего располагаются по окружности. Кольцевое расположение приведено на рис. 91.

* Диффузоры системы Зандберга устанавливаются на Соломбальском комбинате

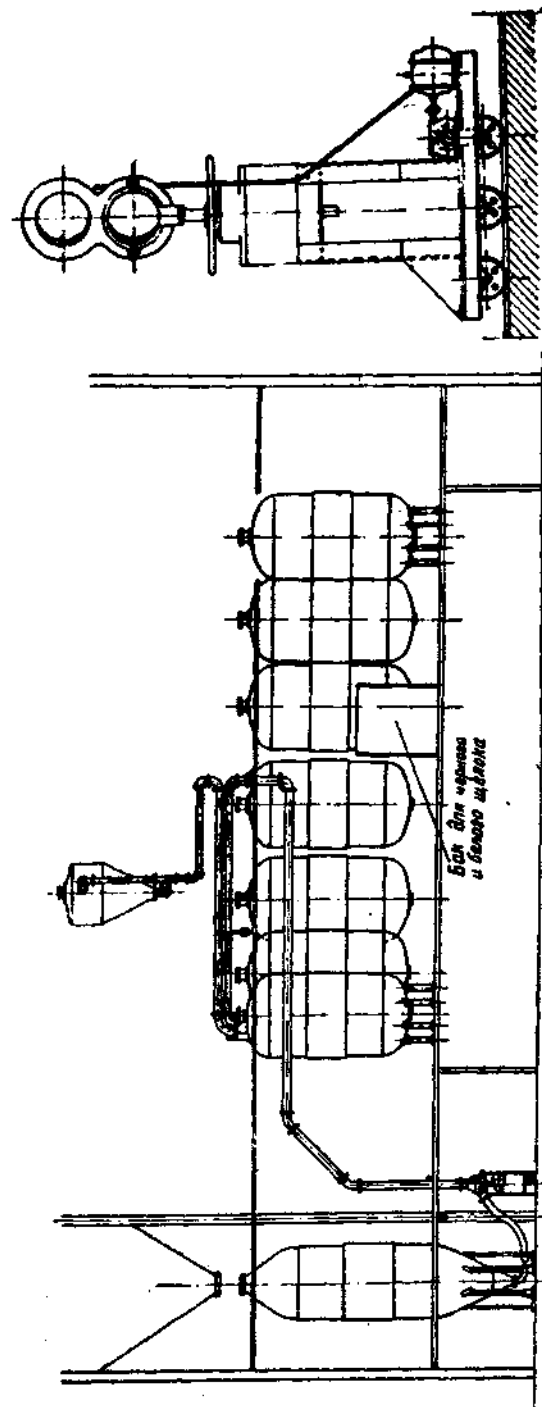


Рис. 91. Кольцевое расположение диффузоров.

Соединение варочных котлов с диффузорами при помощи вращающихся труб осуществляется так, что в любой момент масса из каждого котла может быть направлена в каждый из имеющихся диффузоров.

Процесс промывки ведется обычно таким образом, что одновременно промываются три диффузора. Принцип промывки массы в диффузорах заключается в постепенном вытеснении плотных по удельному весу щелоков более слабыми щелоками от предыдущих промывок. Для ясности представим себе цикл промывки из 3 диффузоров, предположим, что в первом диффузоре находится масса, только что выдутая из котла, в последнем же начата промывка массы чистой водой. Получающиеся слабые щелоки из нижней части этого диффузора направляются в верхнюю часть соседнего и постепенно вытесняют из него относительно более крепкий щелок, направляемый в первый диффузор. Вытесняемый из этого диффузора крепкий щелок направляется в особый сборник черного щелока. Отбор слабого щелока из диффузора, промываемого водой, производится до плотности в 0° Бомэ. После этого диффузор выключается из системы и промывается водой, направляемой в сток, до получения бесцветного щелока. К моменту выключения последнего диффузора, в систему вводится со стороны первого диффузора новый свежазаполненный аппарат.

Контроль крепости пропускаемых щелоков обычно производится по их плотности, определяемой при помощи ареометра. Заграницей повсеместно принято выражать удельный вес черного щелока в градусах Бомэ. Так как щелоки в различных стадиях производственного процесса имеют различную температуру, то необходимо указывать также показания термометра, иногда, впрочем, плотность по имеющимся таблицам приводится к какой-нибудь определенной температуре, чаще всего к 15° Ц.

Таким образом, вытеснением щелока из последовательно работающих друг за другом аппаратов, отбирается некоторый объем щелока постепенно понижающейся плотности. Если начальная плотность черного щелока после выдувки составляет 16—18° Бомэ, и процесс пропуска щелока ведется таким образом, что к моменту выключения последнего диффузора плотность вытекающего щелока из него составляет 6°, то средняя плотность отобранного щелока составит около 11—12° Бомэ. Для обеспечения правильной работы диффузионной батареи и получения щелока указанной плотности, необходимо иметь совершенно точный, согласованный график работы варочного и промывного отдела.

Продолжительность одного цикла промывки, а следовательно, оборот одного диффузора, составляет 15 час., что легко рассчитать из количества диффузоров. Вымывка массы из диффузора емкостью 100 м³ при системе Зандберга, занимает около 1,5 час. Общий объем щелока, получаемый после вымывки, составляет 10—12 м³ на 1 т крафт-целлюлозы. Из этого количества около 1/3 используется обратно на варку, а остальные 7—8 м³ поступают на выпарку и дальнейший процесс регенерации.

За последние годы в США широко используется способ непрерывной промывки целлюлозы на вакуум-фильтрах.

Вакуум-фильтр представляет собой полый барабан, на поверхности которого параллельно находится ряд продольных планок. Поверх планок барабан обтягивается двойной сеткой из особого щелочно-упорного металла (монель-металл). Таким образом, благодаря продольным планкам, промежутки между поверхностью барабана и обтягивающей его сеткой оказываются разбитыми на ряд разобщенных между собой продольных камер. Каждая камера имеет отводные трубки, сообщающиеся с автоматическим клапаном.

Задача клапана, устройство которого мы здесь разбирать не будем, заключается в регулировке степени разрежения создаваемого в отдельных секциях барабана, а также в подаче сжатого воздуха для снятия отфильтрованного слоя массы. Вакуум может создаваться либо при помощи вакуум-насоса, либо при помощи барометрической трубы.

Барабан вращается на цапфах и приблизительно до половины погружен в ванну с находящейся в ней разбавленной массой. При вращении барабана, благодаря создаваемому в камерах разрежению, на поверхности сетки образуется слой целлюлозы. По выходе из ванны происходит дальнейшее обезвоживание под вакуумом слоя целлюлозы. Образовавшийся слой промывается горячей водой из нескольких sprays, промытая масса снимается при помощи шпателя с сетки фильтра.

Промывка целлюлозы на одном фильтре оказывается все же недостаточной, поэтому снятая с барабана масса разбавляется снова водой и промывается совершенно аналогичным способом на втором фильтре.

Вся схема промывки целлюлозы изображена на рис. 92. При наличии вакуум-фильтров, масса из котла обычно выдувается под давлением или в особый выдувной резервуар—циклон 1, или же через циклон в находящуюся под ним мешалку. В самом циклоне масса, для облегчения выдувки и частичной конденсации выделяющегося пара, разбавляется некоторым объемом черного выделяющегося пара, разбавляется некоторым объемом черного щелока, получаемого после промывки. С концентрацией порядка 31/2°, масса при помощи насоса 5 перекачивается в разбавительно-напорный бачок 4, находящийся перед фильтрами первой промывки. Здесь целлюлоза разбавляется дополнительно теми же черными щелоками до концентрации 11/2° и уже с этим разбавлением поступает на вакуум-фильтр 9. Масса, снятая с вакуум-фильтра с концентрацией 15%, разбавляется в мешалке оборотными водами с концентрацией 15%, разбавляется в напорный ящик 15 очистного отдела до 3% и снова качается в напорный ящик перед фильтрами второй промывки. Разбавленная дополнительно до 1% оборотными водами, масса поступает на фильтр второй промывки 17 и снимается в виде уже окончательно промытой целлюлозы с концентрацией 15%. Промытая масса разбавляется водой и перекачивается в очистной отдел.

Щелок, промывные воды и воздух из фильтра первой ступени поступают сначала в щелокоотделитель 16, из последнего воздух

установлены на Ново-Аялинском заводе; промывка целлюлозы при этом была запроектирована в одну ступень. Работа этих фильтров оказалась весьма неудовлетворительной. В настоящее время эта установка переделана на двухступенчатую промывку, причем в первой ступени работает фильтр сист. Империял, во второй же ступени фильтры Вольфа.

ОЧИСТКА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Задача очистки промытой массы заключается в отделении посторонних примесей от целлюлозы. Такими примесями в древесной целлюлозе являются испроаренная щепка, сучки, мелкая костра и т. п. Соломенная целлюлоза в свою очередь загрязнена примесью трудно провариваемых сорняков, коленец стебля и, наконец, механическими примесями в виде песка.

Очистка древесной целлюлозы производится по обычной схеме, принятой для сульфитного способа. Для отдаления крупного непропара служат сортировки Финка или Хауга (грубое сортирование). Тонкое сортирование осуществляется на сортировках Берда, или Биффара.

На многих фабриках в Швеции для тонкого сортирования используются также плоские мембранные сортировки. Этот способ дает очень чистую массу, но обходится значительно дороже обычного сортирования. Сортировки этого типа занимают очень много места и обладают небольшой производительностью. Например, группа из 3 сортировок, каждая из 12 пластин со шлицами 0,25 мм—0,35 мм и размером 300 × 1100 мм, может пропустить за 24 часа не более 20 т целлюлозы. Обычно мембранные сортировки используются на небольших фабриках, вырабатывающих натронную целлюлозу.

Особенностью очистного отдела, по сравнению с сульфитным производством, является отсутствие песочницы.

В целях повышения качества целлюлозы, особенно при выработке жесткой крафт-целлюлозы, многие скандинавские фабрики подвергают отсортированную целлюлозу после предварительного сгущения обработке на бегунах. Характер целлюлозы после подобной обработки значительно изменяется. Присутствующие в крафт-целлюлозе пучки волокон при размоле на бегунах разъединяются, в результате обработки получается совершенно однородная, длинноволокнистая масса, отличающаяся большой прочностью.

Ввиду очень небольшой производительности бегунов, фабрикам приходится ставить очень большое количество этих аппаратов, процесс обработки целлюлозы в них осуществляется при этом обычно непрерывным образом, т. е. сгущенная целлюлоза проходит последовательно целый ряд бегунов. Для удобства подачи целлюлозы из бегуна в бегун, последние очень часто устанавливаются террасообразно. Обработка целлюлозы в бегунах особенно распространена в Швеции, на заводах, вырабатывающих крафт-целлюлозу на экспорт. В значительной мере повышение требова-

ния к выпускаемому полуфабрикату в Швеции объясняются жесткой конкуренцией сульфатных заводов между собой.

В виде примера обычно применяемой в Швеции очистки, можно привести завод Неншио (Nensjö), работающий на отходах лесопиления, с производительностью 30 000 т целлюлозы в год. На этом заводе установлен 21 бегун в три ряда, по 7 бегунов в каждом. Общая схема очистного отдела на этом заводе может быть изображена в следующем виде: мешалка под диффузорами → центробежный насос → три сортировки Берда → два вакуум-фильтра с поверхностью 15 м² каждый → шнек → три ряда бегунов по 7 шт. → мешалка → пресспат.

Отход, получаемый при грубом и тонком сортировании (в количестве около 3,5% от веса целлюлозы), подвергается размолу и затем в виде грубой массы—целлюлозы III сорта, идет на выработку обертки. Размол отходов производится обычно на мельнице Биффара, представляющей собой сочетание размалывающей аппаратуры (рафинерные камни) с сортировкой в виде вращающегося сита, укрепленного на одном валу с рафинерными камнями.

В заключение об очистном отделе для древесной целлюлозы укажем еще на схему фабрики в Остранде с производительностью 300 т целлюлозы в сутки:

диффузоры → пропеллерная мешалка → 12 сучколовителей Хауга → сортировка Биффара → сгустители (9 шт.) → бассейны → мельница Биффара для грубой массы → вакуум-фильтры сист. Оливера → шнек → 60 бегунов в шесть параллельных рядов, по 10 бегунов в каждом → пропеллерная мешалка → три пресспата, шириной по 4500 мм.²⁰

Сделанные на некоторых американских фабриках попытки поставить в очистном отделе для размола целлюлозы прутковые мельницы не привели к положительным результатам, по причине потемнения цвета целлюлозы после размола.

При выработке соломенной целлюлозы,²¹ грубое сортирование массы производится на простых плоских сортировках с тряской. Размер сита сортировки 1100 × 850 мм, с диаметром отверстий сита 6 мм. На этих сортировках очень хорошо отделяются сорные травы и коленца. Производительность сортировки составляет 2,5 т возд. сухой целлюлозы за 24 часа. После плоской сортировки следует песочница, с поверхностью 5 м² на 1 т вырабатываемой целлюлозы за 24 часа. На песочнице происходит дальнейшее отделение коленец, а также задерживается оседающий на дно ее песок. Тонкое сортирование соломенной целлюлозы может быть осуществлено на любом типе современных центробежных сортировок. Так как концентрация массы после вторичного сортирования составляет 1:300—1:400, то для последующего процесса отбелки целлюлозу необходимо сгустить; последняя операция производится на обычном типе сгустителя.

Количество отходов, получаемых при сортировании, в значительной мере зависит от чистоты применяемой соломы. Нормально это количество должно составлять не более 5%, в некоторых же

случаях эта цифра может дойти до 10% и даже выше от веса воды сухой целлюлозы. Получаемые отходы после размола могут быть использованы для выработки серой, но прочной обертки.

После сгущения соломенная целлюлоза отбеливается раствором белильной извести, в качестве аппаратуры для отбелики обычно используются пропеллерные роалы сист. Бельмера. Некоторые фабрики производят отбелку целлюлозы в две ступени. Это достигается некоторая, порядка 15%, экономия в расходе хлора. Находящаяся сваренная соломенная целлюлоза отбеливается вообще легко и требует на отбелку около 5% активного хлора от веса целлюлозы.

Для выработки высших сортов писчих и печатных бумаг, соломенная целлюлоза, прежде чем поступить в массовый отдел бумажной фабрики, должна быть подвергнута рафинированию. Рафинирование производится в аппаратах (рафинерах), описанных в производстве древесной массы; целью этого процесса является разделение присутствующих в массе пучков волокон, особенно же эпидермальных клеток. При большом наличии последних в массе, при выработке бумаги они обнаруживаются на поверхности листа, особенно после каландрирования, в виде характерных блестящих, довольно крупных точек. Пропуск массы через рафинер может производиться до отбелики или после нее. Рафинирование готовой беленой целлюлозы всегда связано с некоторым понижением цвета целлюлозы. В случае двухступенчатой отбелики наиболее целесообразно производить рафинирование между ступенями. Рафинирование производят обычно на средних размерах рафинерах с диаметром камня 1000 мм. Производительность такого рафинера при концентрации поступающей в него массы 4% составляет 5000 кг соломенной целлюлозы за 24 часа.

Потери соломенной целлюлозы при промывке в сцехах, в очистном отделе на сгустителях, а также при отбелике, благодаря мелкому волокну, выше, чем для древесной целлюлозы. Суммарно эти потери составляют не менее 8% от веса небеленой целлюлозы. Этим объясняется отчасти низкий выход беленой соломенной целлюлозы, а именно: 40—42% от веса соломы. Указанная схема очистного отдела для соломы в основном может быть принята и для других видов недревесного сырья.

ВЫПАРКА ЩЕЛОКА

Черный щелок, полученный после промывки, представляет разбавленный раствор минеральных и органических веществ, преимущественно соединенных друг с другом. Одним из наиболее распространенных способов отделения минеральных веществ является сжигание щелока. Последний процесс может быть выполнен лишь после сгущения щелока до определенной концентрации.

При сжигании органической части щелока выделяется значительное количество тепла в виде горячих газов; естественно, что с самого начала возникновения сульфатного способа, являлся

мысль об использовании тепла отходящих газов для процесса предварительного сгущения щелока. В первоначальных установках щелок тем или иным способом распределялся тонким слоем и непосредственно выпаривался в проходящем токе горячих газов, получаемых при сжигании того же щелока. При теплотворной способности органического остатка в 5500 кал. количество тепла, которое выделяется при сжигании щелока, составляет цифру порядка 6 000 000 кал. на 1 т целлюлозы. Простой расчет показывает, что это количество тепла является все же недостаточным для выпарки всей массы воды, находящейся в разбавленном черном щелоке. Поэтому в первых регенерационных установках, работавших по принципу прямого сгущения, приходилось пользоваться сжиганием значительных количеств дополнительного топлива. С теплотехнической точки зрения способ сгущения всего щелока прямым воздействием на него горячих газов представляется мало целесообразным. Уже в конце 80 г. прошлого столетия было предложено производить выпарку независимо от процесса сжигания щелока и пользоваться для нее не горячими газами, а паром. Сгущение щелока в отдельных выпарных аппаратах, обогреваемых паром, имеет, как мы увидим дальше, большое экономическое преимущество. К сожалению при выпаривании щелока до известного предела, последний делается настолько густым и вязким, что удаление остатка воды из него даже в весьма совершенных системах выпарных аппаратов делается невозможным. Обычно ограничиваются предварительным сгущением щелока до содержания 30—50% сухого остатка. В редких случаях, о которых речь будет ниже, применяют сгущение до 65%.

Окончательное же удаление воды из сгущенного щелока производится по принципу, который был отмечен выше, а именно: выпариванием щелока в токе проходящих горячих газов. Таким образом, аппараты прямой выпарки потеряли в настоящее время свое первоначальное значение и используются лишь для удаления сравнительно небольших количеств воды. Описание этих аппаратов, непосредственно связанных с сжиганием щелока, будет сделано в следующем разделе.

Предварительное сгущение щелока до 30—50% сухого остатка освобождает при сжигании его значительное количество тепла, последнее не только достаточно для процесса окончательного удаления воды из щелока в регенерационной установке, но может быть использовано в паровом котле для получения пара. Целеустремленность всей современной техники сульфат-целлюлозного производства направлена к получению наибольшего количества избыточного тепла при сжигании и к возможно более эффективному использованию этого тепла в виде пара для нужд производства. Целесообразное решение этого вопроса лежит прежде всего в принципе выпарки щелока в особых выпарных аппаратах с паровым обогревом.

Принципы выпарки, так же как конструкции выпарных аппаратов для черного щелока, заимствованы из аналогичных областей выпарки растворов в химической промышленности.

Конструкции выпарных аппаратов

В настоящее время существует много выпарных аппаратов самых разнообразных систем. Наиболее широко распространенный тип аппарата сист. Роберта изображен на рис. 94.

Аппарат сист. Роберта представляет собой цилиндрический, железный, клепаный или сварной закрытый резервуар.

Внутри аппарат разделяется двумя параллельно расположенными днищами. Оба днища соединяются между собой пучком параллельных трубок, развальцованных в отверстиях днищ. Таким

образом, между днищами получается совершенно замкнутое пространство, которое служит обогревающей камерой для выпариваемого щелока. Последний заполняет собой нижнюю часть аппарата, вертикальные трубки и небольшую часть верхнего пространства. Пар, подаваемый в камеру обогрева, конденсируется на внешней стороне трубок, отдает им тепло, и таким образом совершается передача тепла от пара через стенки трубок к находящемуся внутри трубок щелоку. Конденсат обогревающего пара отводится из нижней части камеры через конденсационный горшок наружу. Пар, получающийся при кипении щелока, отводится через отверстие сверху аппарата. Отвод сгущенного щелока производится

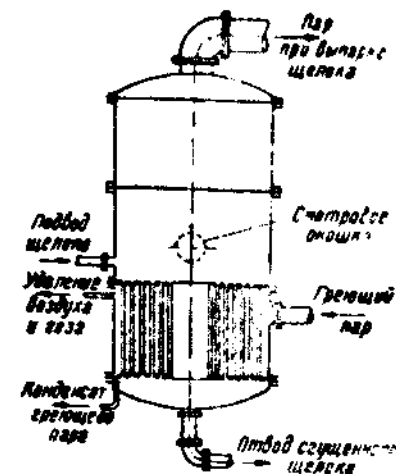


Рис. 94. Аппарат системы Роберта.

по трубе в нижней части корпуса. Во избежание потерь тепла через лучеиспускание, аппарат снаружи покрывается толстым слоем изоляционного материала. Так как при кипении черный щелок сильно пенится, то для отделения увлеченного паром щелока устраиваются особые пеноотделители, находящиеся либо внутри аппарата, либо вынесенные наружу, отделенный в них щелок возвращается обратно в тот же аппарат. Для контроля работы аппарат снабжается водомерными стеклами, пробными кранами для отбора проб щелока, термометром и манометром. В средней части аппарата обычно устраиваются смотровые отверстия из толстого стекла, через них производится наблюдение за уровнем и кипением щелока. Для удобства наблюдения паровая камера освещается подведенной в нее электрической лампочкой. Очень важно иметь ряд регистрирующих приборов для измерения объема поступающего и вытекающего щелока, а также для замера количества конденсационной воды. Кроме описанной конструкции, существует еще целый ряд аппаратов, широко используемых при выпарке черного щелока.

Особенности этих аппаратов заключаются прежде всего в расположении обогревающих трубок и в способе их обогрева.

Распространенный в США аппарат Заремба (рис. 95) имеет горизонтальные трубки, обогрев паром производится с внутренней стороны трубок, щелок же находится с их внешней стороны. Соответственно горизонтальному расположению трубок аппараты Заремба имеют большой диаметр (до 4,5 м).

Аппарат Экмана (рис. 96) (Добрушский завод) имеет камеру нагрева с горизонтальными трубками, вынесенную наружу. Как и

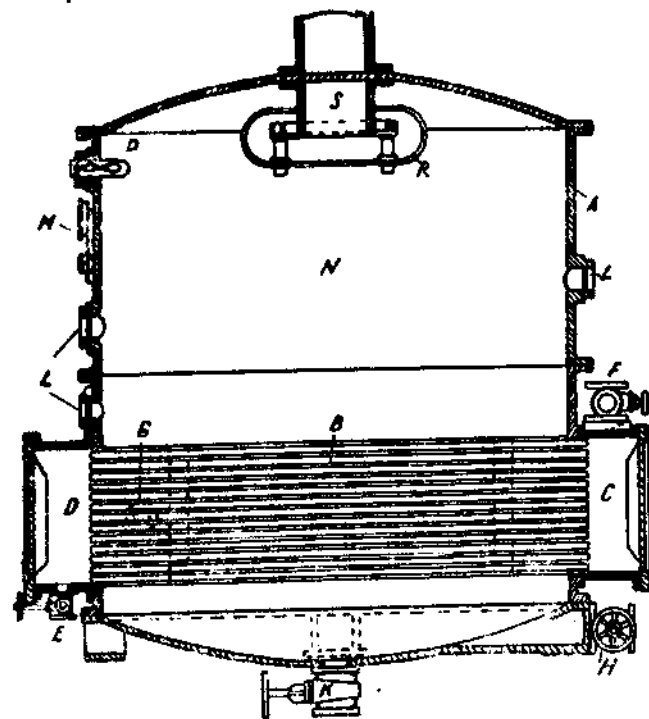


Рис. 95. Аппарат системы Заремба.

в аппаратах Роберта, щелок находится внутри трубок, а обогрев их паром производится снаружи.

Аппарат английской фирмы Скотт (Соломбальский комбинат) отличается от аппарата Роберта несколько большей длиной вертикальных трубок и большей высотой парового пространства над трубками. Кроме того, фирма Скотт для аппаратов, в которых производится выпарка сгущенного щелока до высокой концентрации, устраивает внутри их особое приспособление для циркуляции щелока. Имеется также ряд аппаратов с очень длинными горизонтальными (аппарат Ярьяна) или вертикальными трубками (аппарат Кестнера). В этих аппаратах используется несколько иной принцип, и выпарка

ведется в очень тонком слое жидкости, распределяющейся по внутренней поверхности трубок. вследствие этого сист. Ярвина носит название полупленочной и сист. Кестнера — пленочной (фильмовой) выпарки.

Краткие сведения о теории выпарки

Сущность процесса выпарки в аппаратах описанных конструкций сводится к передаче тепла от конденсирующегося пара через стенки трубок к выпариваемому щелоку. Наибольшее количество тепла отдается в момент конденсации пара, если известно, что 1 кг пара с температурой 100°C при конденсации в воду с той же температурой отдает 537 кал. (скрытая теплота парообразования), и следовательно теоретически, если бы не существовало потерь, 1 кг пара может испарить эквивалентное количество воды. Практически же расход пара при выпарке жидкости в одном аппарате будет несколько больше. При применении пара более высокой температуры, количество тепла, отдаваемого им при конденсации, увеличивается сравнительно немного. Поэтому использование пара

с высокой температурой встречается сравнительно редко, и в большинстве случаев для выпарки разбавленного щелока пользуются дешевым отбросным паром паросиловой установки, или других агрегатов производства.

С целью более эффективного использования пара с низкой температурой в технике очень часто также пользуются выпаркой под разрежением. Из физики известно, что определенной точке кипения жидкости соответствует всегда определенная упругость насыщенного пара, находящегося над жидкостью. Изменяя упругость пара при помощи искусственно создаваемого вакуума, можно значительно понизить точку кипения раствора. Например, тот же черный щелок при разрежении в 610 мм ртутного столба (150 мм абс. давления) будет кипеть всего лишь при $t = 60^{\circ}\text{C}$. Выпарка под вакуумом дает также возможность производить при низкой температуре выпарку жидкостей и растворов, кипящих значительно выше 100°C . Сказанное относится также и к черному щелоку, температура кипения которого увеличивается по мере его сгущения.

С точки зрения расхода пара на 1 кг выпаренной воды, обычная выпарка и выпарка под разрежением примерно равноценны. Интенсивность же выпарки, т. е. паропроизводительность аппарата, работающего под вакуумом, будет больше. Это объясняется тем,

что выпарка под разрежением работает на значительно более широком интервале температуры. Действительно, если пар для обогрева имеет давление в 2 ат, и следовательно, температуру 120°C , то выпарной аппарат, работающий под атмосферным давлением, имеет всего лишь разность температуры между греющим паром и кипящим щелоком порядка 20°C . Аппарат же, работающий под разрежением в 610 мм ртутного столба, имеет соответственно $= 60^{\circ}\text{C}$, производительность такого аппарата будет приблизительно в три раза больше первого, в то же время расход пара на 1 кг выпаренной воды останется у них, примерно, одним и тем же (на 100 кг выпаренной воды ~ 110 кг пара).

Многокорпусная выпарка

Представим себе систему из нескольких аппаратов.

Выделяющийся при выпарке черного щелока пар в первом аппарате отводится в камеру обогрева второго аппарата, здесь он, конденсируясь на внешней стороне трубок, отдает им свое тепло и заставляет тем самым испаряться щелок, находящийся в этом аппарате. Полученный пар из щелока снова может быть использован в третьем аппарате и т. д. Так как каждый килограмм пара при конденсации выделяет как раз количество тепла, необходимое для выпарки 1 кг воды, то, рассуждая теоретически, представляется возможным одним килограммом свежего пара выпарить 1 кг воды, где 1 — количество аппаратов, соединенных между собой в батарею.

Для пояснения сказанного разберем систему многокорпусной выпарки, состоящей из четырех аппаратов.

Предположим, что в первый аппарат подается свежий пар с температурой 120°C , в последнем же аппарате щелок находится под разрежением 610 мм ртутного столба. Разрежение в этом аппарате создается при помощи барометрического конденсатора и вакуум-насоса, откачивающего воздух и не конденсирующиеся газы. При указанном разрежении щелок кипит при $t = 60^{\circ}\text{C}$.

Камеру обогрева в последнем корпусе можно рассматривать как поверхностный конденсатор (холодильник) для пара, выделяющегося из третьего корпуса. Создавая разрежение в последнем аппарате, мы понижаем точку кипения щелока в нем, а следовательно, и температуру жидкости. Этим самым мы создаем условия для энергичной конденсации пара, выделяющегося из третьего корпуса на внешней поверхности трубок, охлажденных до температуры 60°C . Интенсивная конденсация пара при этих условиях повлечет за собою разрежение в паровом пространстве третьего корпуса, соответственно и понижение точки кипения щелока в нем. Рассуждая совершенно таким же образом для остальных аппаратов, мы увидим, что путем создания искусственного вакуума в последнем корпусе, мы тем самым заставляем работать и остальные корпуса при пониженном давлении, значит и при более низких точках кипения щелока.

Если представить себе, что при выпарке совершенно потеря тепла не происходит и во всех аппаратах выпаривается чистая вода, то располагаемый интервал температуры, т. е. разность между t греющего пара и t кипения воды в последнем корпусе $120 - 60 = 60$ распределится пропорционально между корпусами, и каждый аппарат будет работать при разности температур $60 : 4 = 15^\circ \text{Ц}$. Однако, существование потерь, рассматривать которых мы здесь не будем, значительно сокращает имеющийся перепад температур. Практически при выпарке щелока в разобранном примере, полезный перепад t составляет всего лишь около 40°Ц . В случае выпарки химических растворов, в том числе и щелока, полученный полезный перепад температур никогда не распределится пропорционально числу корпусов. На основании имеющихся опытных данных, перепады температур по отдельным корпусам распределяются следующим образом:

Двухкорпусная выпарка	1 : 1,58 : 15 : 25 = 40
Трехкорпусная выпарка	1 : 1,44 : 3,41 : 7 : 10 : 23 = 40
Четырехкорпусная выпарка	1 : 1,10 : 1,48 : 2,17 : 7 : 8 : 10 : 15 = 40

Неравномерное распределение температуры по корпусам объясняется изменением физических свойств (плотности, вязкости и т. п.) щелока по мере его упаривания, а следовательно уменьшением коэффициента теплопередачи. Совершенно ясно, что для обеспечения одинаковой паропроизводительности каждого корпуса более плотный щелок потребует значительно большей разности температур. Создавая вакуум в последнем корпусе, распределение температур кипения щелока по корпусам в указанном соотношении происходит в многокорпусной батарее совершенно автоматически, количество выпаренной воды при этом в каждом аппарате будет одним и тем же.

Если общий полезный перепад температур, обусловленный степенью разрежения в последнем корпусе, составляет 40° , то паропроизводительность всей батареи будет одинаковой с производительностью только одного корпуса, если заставить последний работать на этом же перепаде. Следовательно, в многокорпусной выпарке производительность каждого аппарата уменьшается пропорционально числу корпусов. Увеличение общего перепада температуры, путем создания более глубокого вакуума или путем применения свежего пара с более высокой температурой, повлечет за собой увеличение разности температур в каждом корпусе, а следовательно, и увеличение производительности каждого аппарата и всей системы в целом; разумеется, что приведенные выше соотношения температур при этом по отдельным корпусам почти не изменяются, или изменяются очень немного.

Вначале мы указывали, что теоретически 1 кг свежего пара может выпарить столько килограмм воды, сколько корпусов заключено в батарее. Теперь же мы видим, что эффективность многокорпусной выпарки находится в обратном соотношении с количеством воды, выпариваемой в каждом корпусе. Задаваясь боль-

шой эффективностью для выпарки значительного объема воды, мы должны были бы поставить большое количество корпусов с поверхностью нагрева каждого корпуса не меньшим, чем если бы поставили всего один корпус, работающий на полном перепаде температуры. Легко сообразить при этом, что вводя в систему большое количество корпусов, мы тем самым пропорционально увеличиваем потери тепла, а следовательно сокращаем и имеющийся полезный перепад температур. В связи с этим, имеется еще одно очень важное обстоятельство, ограничивающее число корпусов в батарее. Дело заключается в том, что для удовлетворительной передачи тепла от нагреваемой стенки к жидкости, разность температур между ними не должна быть меньше $10-15^\circ \text{Ц}$.

Указанная разность температур обеспечивает практически приемлемую производительность каждого аппарата.

Производительность выпарки обычно выражается в количестве килограмм пара, снимаемого с 1 м^2 греющей поверхности, и должна составлять, при имеющихся размерах выпарных аппаратов, не менее 16 кг пара в час. Разобранный выше пример с перепадом $= 40^\circ \text{Ц}$ показывает, что даже применение трехкорпусной батареи при этих условиях оказывается нецелесообразным. Практически работа трех- или четырехкорпусной выпарки должна происходить на перепаде не меньшем чем 60°Ц .

Схема четырехкорпусной выпарки с указанием распределения температур изображена на рис. 97.

Из схемы видно, что все корпуса батареи работают с понижающимся давлением пара, причем под некоторым давлением (выше атмосферного) работает один лишь первый корпус, остальные работают под разрежением. В силу понижающегося давления перепуск выпаривающегося щелока происходит в батарее самотеком, количество же перепускаемого щелока регулируется при помощи вентиля. Конденсат пара камеры нагрева первого корпуса удаляется через конденсационные горшки, конденсат же камер второго, третьего и четвертого корпусов, находящихся под разрежением, должен быть удален при помощи насосов.

Так как щелок в первом корпусе находится под некоторым давлением, то разбавленный щелок из сборника после промывки должен закачиваться в этот аппарат насосом. Во избежание лишних затрат тепла щелок, поступающий в первый корпус, должен быть нагрет, примерно, до температуры кипения жидкости в этом аппарате. Для этой цели щелок пропускается через поверхностный подогреватель, обогрев последнего может производиться свежим паром, конденсатом или отъемным паром из самой батареи.

Существенной частью вакуум-выпарки является барометрический конденсатор и вакуум-насос для откачки воздуха и неконденсирующихся газов. Конденсатор представляет собой камеру с поперечными перегородками, обильно орошаемую сверху холодной водой. Пар из последнего корпуса поступает в нижнюю часть конденсатора и движется навстречу стекающей воде. При смешении с водой пар тотчас же конденсируется, отвод воды в конден-

сатор производится по вертикальной трубе, опущенной в приемник с водой. При конденсации пара внутри камеры создается вакуум, уравнивающий столб воды в трубе. Если высота столба воды в трубе составляет около 10 м, то в конденсаторе смещения создается разрежение, почти уравнивающее атмосферное давление. Однако, получить глубокое разрежение с помощью одного конденсатора смещения не удастся, в последнем всегда остается некоторая часть воздуха и пара. Для удаления этой части к конденсатору всегда должен быть присоединен воздушный вакуум-насос.

Разобранная выше система многокорпусной вакуум-выпарки работает по принципу параллельного движения щелока и пара по

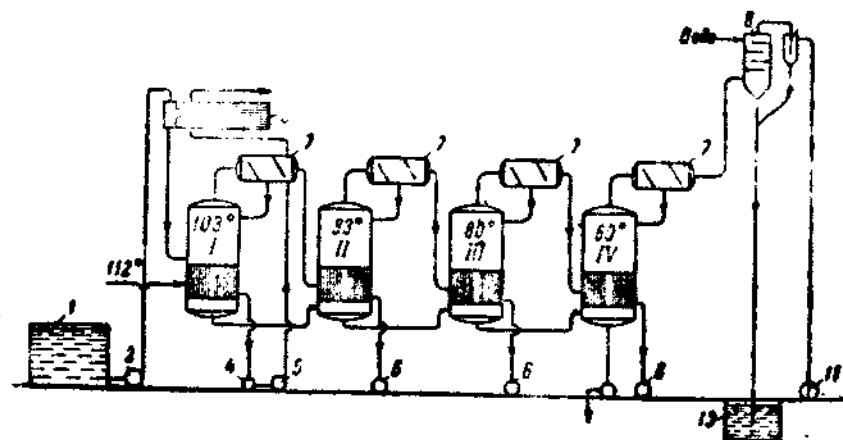


Рис. 97. Схема 4-х корпусной выпарки

1 — бак черного щелока, 3 — подогреватель, 7 — воздушный насос, 8 — конденсаторы, 11 — вакуум-насос, 2, 5, 6 — насосы.

корпусам. В практике выпарки сульфатного щелока принцип прямой выпарки встречается редко. Гораздо чаще используется система смешанного движения щелока и пара.

При этой системе подача щелока в батарею производится не в первый корпус, а в какой-либо из промежуточных аппаратов: во второй или третий. В случае подачи в третий корпус, щелок по схеме, которую мы рассмотрели выше, попадает в четвертый аппарат, откуда щелок при помощи насоса закачивается во второй корпус и из него затем в первый.

Преимущество смешанной системы заключается в том, что наиболее концентрированный, а следовательно и более вязкий щелок находится в аппаратах с высокой температурой. Легко сообразить, что при этих условиях коэффициент теплопередачи несколько увеличится, а следовательно, и увеличится производительность всей батареи в целом. Кроме того, представится возможность по той же причине выпарить щелок до более высокой концентрации, чем при прямоточной системе. Недостаток смешанной системы

заключается в необходимости перекачки щелока насосами, а следовательно, в лишней затрате энергии; кроме того, необходимо отметить более сильное пенообразование при подаче щелока в корпус, находящийся под разрежением.

Количество пара, которое можно выпарить с 1 м² поверхности нагрева корпусов при нормальном режиме работы многокорпусной вакуум-выпарки, составляет 12—16 кг в час¹.

В качестве примера рассчитаем поверхность нагрева батарей и количество воды, подлежащей выпарке, для завода с производительностью 100 т вод. суш. крафт-целлюлозы в сутки.

Количество органических веществ, перешедших при варке в раствор, составит ~ 1130 кг на 1 т крафт-целлюлозы с выходом 47% от веса абс. сухой древесины при расходе щелока ~ 300 кг в виде Na₂O. Следовательно, суммарное количество сухого остатка в щелоке составит ~ 1430 кг на 1 т целлюлозы. При конечной плотности щелока после промывки в 12° Боме при 15° Ц содержание сух. остатка по таблицам 15,6%, тогда количество щелока составит:

$$\frac{1430}{156} \approx 9,2 \text{ т или } \frac{9,2}{1,091} = 8,5 \text{ м}^3.$$

Объем щелока, поступающего на выпарку, составит в 1 час:

$$\frac{100 \times 8500}{24} = 35000 \text{ л,}$$

или

$$35000 \times 1,091 = 38000 \text{ кг}$$

В указанном объеме щелока содержится:

$$\begin{aligned} \text{Сухого остатка} & 38000 \times 0,156 = 5900 \text{ кг} \\ \text{Воды} & 38000 \times 0,844 = 32100 \text{ кг} \end{aligned}$$

Предположим, что нам необходимо выпарить указанный объем щелока до плотности 1,263 (30° Боме 15° Ц) при этой плотности щелок содержит 42% сухого остатка (по таблицам).²

Так как количество сухого остатка при выпарке остается неизменным, то вес сгущенного щелока будет:

$$\frac{5900}{42} \times 100 = 14000 \text{ кг}$$

следовательно, объем воды, подлежащий выпарке в 1 час, составит:

$$38000 - 14000 = 24000 \text{ л}$$

Необходимая общая поверхность нагрева многокорпусной батареи для выпарки указанного объема воды в 1 час при температуре пара 120° Ц будет:

$$\frac{24000}{12} = 2000 \text{ м}^2.$$

следовательно, на данную производительность завода потребуются поставить две параллельно работающих четырехкорпусных батареи с поверхностью нагрева каждого корпуса 250 м².

Если начальная плотность щелока, поступающего на выпарку, уменьшится всего лишь на 1° Боме, то общий объем щелока после промывки, а следовательно, и объем его, поступающий на выпарку, увеличится приблизительно на

¹ Паропроизводительность вакуум-выпарки зависит от располагаемого перепада температуры, а следовательно от температуры греющего пара или от степени разрежения.

1 м² на 1 т целлюлозы; количество воды, подаваемой выпарке до той же концентрации, увеличивается при этом на 1000 л в сутки. Из этого примера видно, насколько экономически представляется важным получение возможно более крепкого щелока после промывки. При описании промывки щелока на вакуум-фильтрах указывалось, что максимальная плотность щелока, которая может быть получена на них, составляет 10 Бомэ. Отсюда делается совершенно очевидным, что промывки на фильтрах связаны с увеличением мощности выпарной станции, а следовательно и с увеличением расхода пара на выпарку приходящегося на 1 т вырабатываемой целлюлозы.

Увеличение мощности (паропроизводительности) многокорпусной выпарки может идти по двум направлениям, одним из них, как мы уже указывали, является увеличение поверхности нагрева выпарных аппаратов, последнее связано с соответственным увеличением расхода сухого пара низкого давления. Сохраняя поверхность нагрева, представляется возможным повысить выпарную способность, путем увеличения общего перепада температуры, в этом случае приходится пользоваться более дорогим паром высокого давления.

При необходимости получить щелок с содержанием свыше 50% сухого остатка, дальнейшее сгущение щелока после многокорпусной выпарки может быть произведено в особом отдельном выпарном аппарате, называемом концентратором (финишер). Окончательное сгущение щелока в этом аппарате производится обычно при высокой температуре греющего пара (180° Ц), применяя при этом принудительную циркуляцию щелока при помощи насоса или других устройств. Благодаря значительному перепаду температур, обусловленному высокой температурой греющего пара, паропроизводительность этого аппарата доходит до 30 кг и выше пара, снимаемого с 1 м² греющей поверхности. В соответствии с высокой производительностью, поверхность нагрева, а также и размеры концентратора должны быть несколько меньше размеров корпусов батарей. Принимая начальное содержание сухого остатка в щелоке 42% (удельный вес 1,263) и конечное 65% и произведя расчет, согласно примеру на стр. 197, получим, что количество воды, подлежащее выпарке, составит 4900 кг в час, в соответствии с этим поверхность нагрева концентратора — 4900:30 = 160 м².

Расход пара в концентраторе, работающем по принципу однокорпусной выпарки, по сравнению с многокорпусной батареей, будет весьма большим и составит не менее 1 кг пара на 1 кг выпариваемой воды. Щелок, сгущенный до 65% сух. вещества, откачивается из концентратора в особые сборники, обогреваемые змеевиками, для поддержания его в жидком состоянии.

Расход пара на выпарку, как уже отмечалось выше, зависит от количества корпусов в батарее, экономичность выпарки, т. е. количество воды, выпариваемой 1 кг свежего пара, возрастает, как мы уже знаем, с увеличением числа корпусов. Указанное можно иллюстрировать следующими данными:

Однокорпусная выпарка	0,83 кг
Двухкорпусная выпарка	1,43 .
Трехкорпусная выпарка	2,10 .
Четырехкорпусная выпарка	2,50 .

Эти цифры приведены для температуры питающего пара 112° Ц и разрежении 61 мм ртутного столба в последнем корпусе.

Кроме того, учтены потери тепла на лучеиспускание и расход пара на подогрев щелока до температуры кипения в первом корпусе с использованием для этой цели некоторой части выделяющегося при выпарке пара.

Расход пара на выпарку 5,85 м³ щелока воды, при упаривании с 12 до 30 Бомэ при четырехкорпусной выпарке составит:

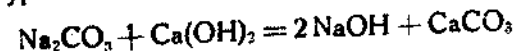
$$\frac{5,85}{2,5} \times 1 = 2,3 \text{ т на 1 т вод. сухой целлюлозы.}$$

При применении концентратора, выделяющийся из него пар может быть использован в качестве греющего пара для многокорпусной батареи. В этом случае расход пара низкого давления соответственно уменьшится и составит 1,7 т на 1 т целлюлозы, кроме того, потребуются для концентратора при условии сгущения щелока до 65% сухого остатка—1,2 т пара с температурой = 185° Ц (12 ат).

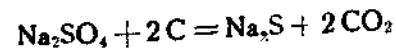
Расход пара на выпарку при соломенно-целлюлозном производстве сильно увеличивается, так как по условиям промывки приходится выпаривать значительный объем щелока с очень низкой плотностью (5—7 Бомэ).

СОДОПЛАВНЫЙ ОТДЕЛ

В задачу содоплавного отдела входит окончательное сгущение черного щелока, превращение минеральной части в соду и удаление органических веществ путем сжигания. При чисто натронном способе сжигание органической части производится лишь частично, с последующим отделением полученной соды от угля. Раствор соды в заключение подвергается каустизации с едкой известью по уравнению:



Возмещение потерь щелочи при натронном процессе производится путем добавки некоторого количества свежей соды в процессе каустизации, в некоторых случаях эти потери могут быть возмещены добавкой едкого натра прямо в щелок после каустизации. При сульфатном процессе сжигание органических веществ производят полностью, причем одновременно происходит сплавление минерального остатка и добавка сульфата натрия для возмещения потерь щелочи. Последний при наличии угля и высокой температуры восстанавливается по реакции:



Полученный плав соды и Na₂S в виде раствора в дальнейшем подвергается процессу каустизации, присутствующий же сернистый натрий при этом остается без изменений.

В соответствии с перечисленными выше задачами, регенерационный отдел сульфатного завода состоит из трех основных агрега-

тов: дискового выпарителя, вращающейся печи (револьвера) и содоплавильной печи. Взаимное расположение этих аппаратов показано на рис. 98.

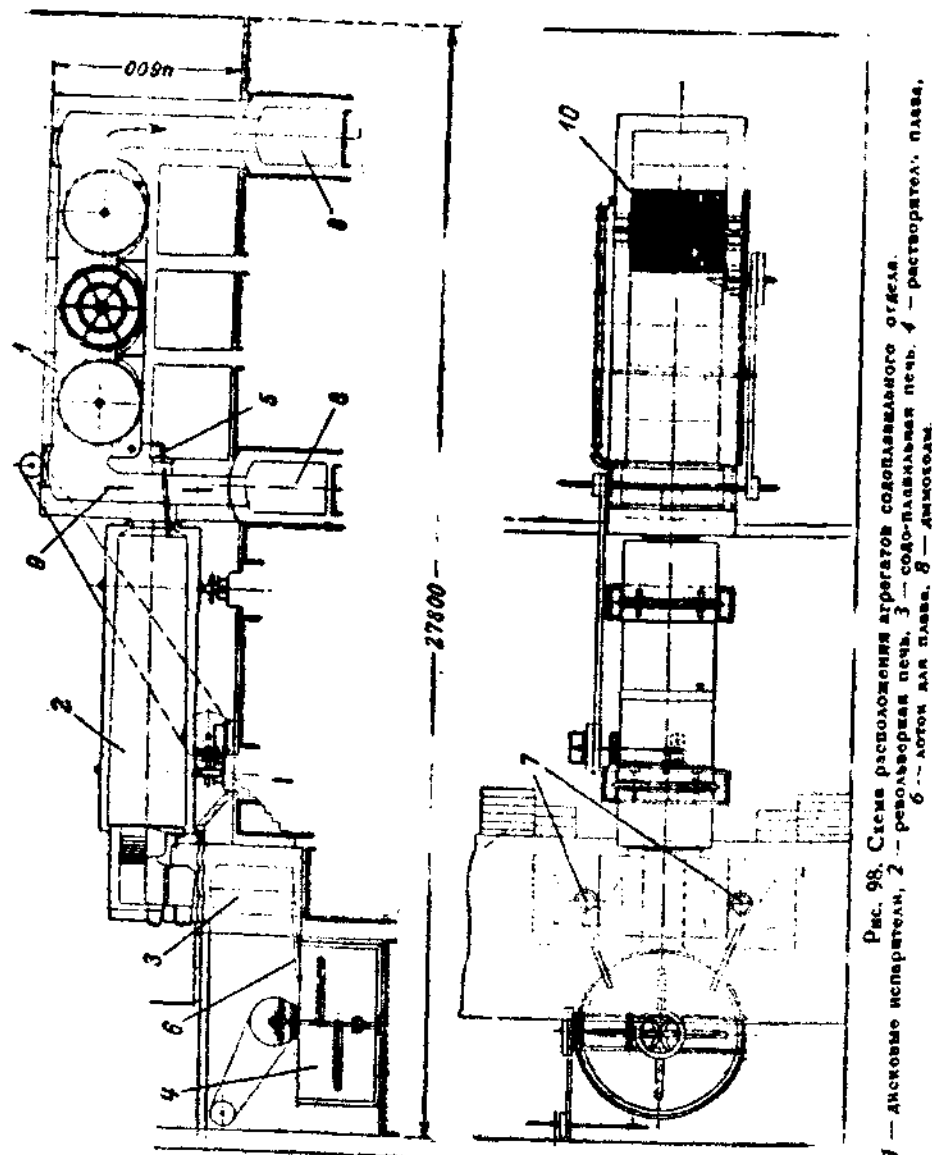


Рис. 98. Система расположения агрегатов содоплавильного отдела.
1 — дисковый выпаритель, 2 — револьверная печь, 3 — содоплавильная печь, 4 — растворитель, плава, 5 — лоток для плава, 6 — лоток для плава, 7 — дымоход.

Перечисленная регенерационная аппаратура широко распространена в Скандинавских странах, а также на наших заводах (Новая Ляля, Добруш, Пенза). Путем значительных усовершенствований,

предложенных за последние годы, эта схема стала весьма совершенной как в смысле полноты регенерации щелочи, так и полноценного использования тепла, получаемого при сжигании. Конкурирующей с этой системой является предложение американского инженера Вагнера. Последний предложил сжигать сгущенный черный щелок после выпарных аппаратов непосредственно в печи особой конструкции, работающей по принципу сжигания распыленного щелока. Система Вагнера получила широкое распространение в США, наши новые целлюлозные заводы решили также использовать эту систему. Неотъемлемой частью современного содоплавильного отдела, кроме перечисленного выше оборудования, является установка парового котла, использующего тепло отходящих газов после сжигания.

Дисковый выпаритель

Задача дискового выпарителя заключается в продолжении процесса выпарки сгущенного щелока, поступающего из выпарных аппаратов. Во избежание затрат на дополнительное топливо дисковый выпаритель должен довести сгущение щелока до концентрации не ниже 30° Бомэ (40% сухого остатка), при этом условии не только балансируется расход тепла на выпарку во вращающейся печи с количеством тепла, получаемого при сжигании, но и получается некоторый избыток последнего²⁷. По своему расположению дисковый выпаритель помещается в конце системы и использует остаточное тепло отходящих газов.

Дисковый выпаритель сист. Эндерлейна представляет ванну из толстого листового железа, футерованную снаружи кирпичом. В ванне вращается два, а в некоторых случаях и три вала с насаженными на них сегментообразными дисками.

Уровень щелока в ванне поддерживается с таким расчетом, чтобы только около 1/6 части их поверхности было погружено в щелок, при своем вращении диски захватывают на свою поверхность щелок, вода из последнего удаляется встречным током горячих газов, проходящих между дисками.

По данным Хеггаунда, 1 м² поверхности сегментов выпаривает около 10 кг воды в час. Полезная поверхность сегментов на одном валу, несущим 32 диска, составляет около 150 м². Двухвальный выпаритель является достаточным для завода с производительностью 25 т целлюлозы, причем может быть достигнуто сгущение щелока, в зависимости от температуры проходящих газов, на 5—8° Бомэ.

Сгущенный щелок из дискового выпарителя обычно при помощи насоса подается во вращающуюся печь — револьвер. Последний представляет собой массивный стальной барабан, обтянутый двумя бандажми, находящимися на четырех опорных роликах. Для вращения печи устроена шестерня, закрепленная, как и бандаж, по окружности кожуха револьверной печи. При помощи червячной и зубчатой передач печь приводится в медленное вращение со

скоростью, примерно, 1 об. мин. Передача устраивается таким образом, чтобы печь по мере надобности можно было переключить на обратное вращение.

Внутри печь обмурована огнеупорным и щелочноупорным кирпичом. Для облегчения прохождения щелока обмуровка выполнена несколько на конус к выходному отверстию печи (рис. 99).

Револьверная печь периодически загружается определенными количествами сгущенного щелока, перекачиваемого из дискового выпарителя.

Медленно вливающийся черный щелок разливается по стенкам вращающейся печи и непрерывно сгущается в токе горячих газов.

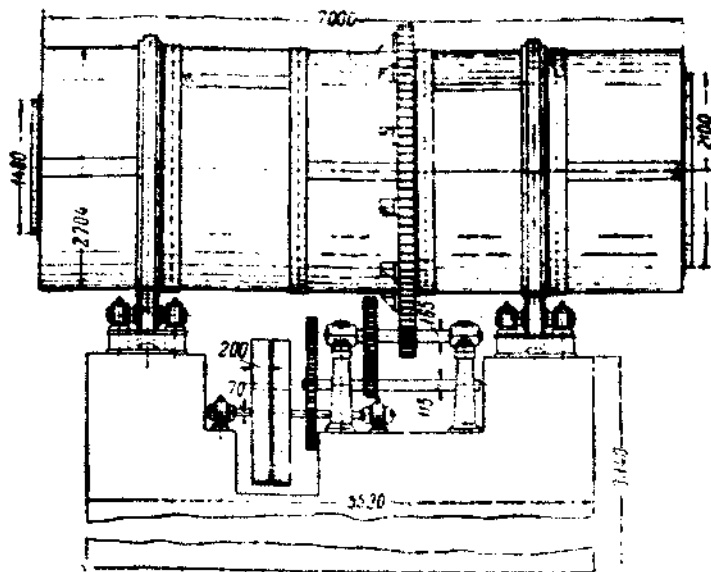


Рис. 99. Револьверная печь.

проходящих по револьверу от содоплавильной печи. Получившийся слой окончательно сгущенного щелока в задней части печи периодически подрезается вручную с переднего конца печи длинными железными скребками. После процесса шурования, щелок беспорядочной рыхлой массой: комков, кусков, мелочи, проходит к выходному отверстию и высыпается с переднего конца печи в виде огарка. В период прохождения огарка в печи последний подвергается воздействию горячих газов, при этом органическая часть претерпевает термическое разложение, выражающееся в обугливание огарка. Минеральная же часть, состоящая преимущественно из натрия, связанного с органическими соединениями, отщепляется от последних и карбонизируется углекислотой проходящих газов, превращаясь почти полностью в соду.

В случае чистого натриевого производства²⁶, процесс регенерации на этом фактически заканчивается. Обугливание огарка при

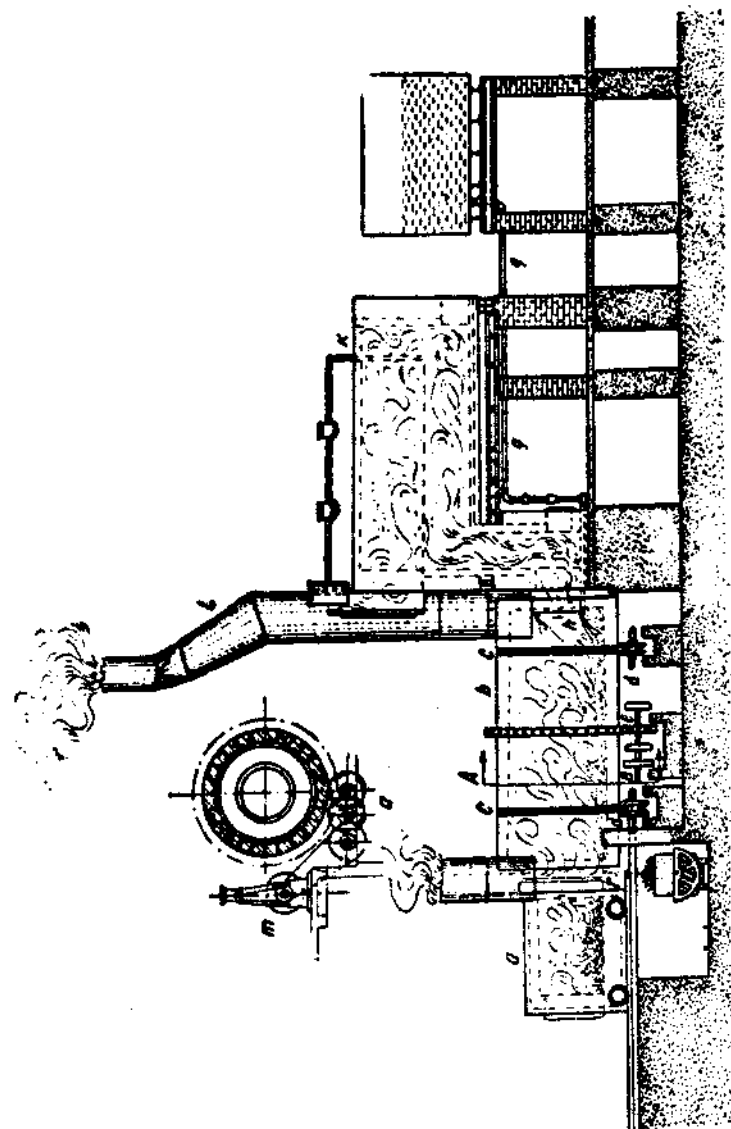


Рис. 100. Регенерационная установка заводов, работающих по натриевому способу.

натрием способом в револьверной печи производят обычно более энергично с таким расчетом, чтобы значительная часть органических веществ не только обуглилась, но и выгорела. Полученный остаток из револьвера при натриевом способе носит название

подзола. Около 80% по весу подзола состоит из соды, остальное — уголь и другие примеси. Путем последующего выщелачивания подзола водой в особых аппаратах (шпиках Чанка), соду можно перевести в раствор и затем отделить декантацией. После каустизации полученный щелок может быть снова употреблен на варку. Остаток после выщелачивания, состоящий почти из чистого угля, заводами, работающими по натронному способу в США, направляется в отвал. Благодаря значительной влажности угля, фабрики считают экономически невыгодным применять его в качестве топлива.

Регенерировать тепло непосредственным сжиганием огарка в плавильной печи, как это делается при сульфатном способе, является довольно трудным процессом, особенно заводам, работающим на старом оборудовании. Трудность заключается, главным образом, в высокой точке плавления чисто содового плава. Применение же современных печей, например печей Вагнера отнюдь не исключает возможность регенерации щелочи обычным путем и для натронного процесса.

Обычная установка заводов, работающих по натронному способу, изображена на рис. 100.

Подобная установка в свое время существовала на Добрушской фабрике и сохранилась еще до настоящего времени на очень многих заводах США.

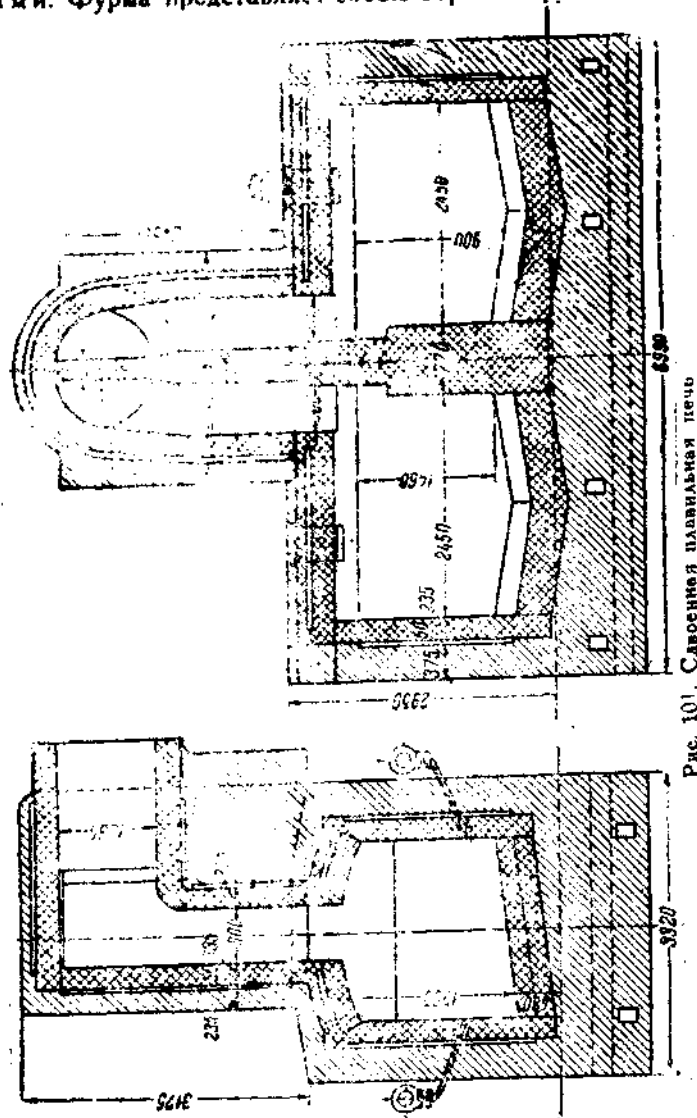
Для обеспечения достаточной полноты выгорания органического остатка щелока, с передней стороны револьвера устраивается обычная топка для дров. Подвижность топки, установленной на катках, позволяет периодически производить очистку револьвера от накапливающегося в нем подзола.

Многие заводы, работающие по натронному способу, считают также лишним ставить дисковый выпаритель, в этом случае щелок после выпарных аппаратов пластностью 1,325 -- 1,350 (~ 35° Боме) направляется прямо в револьвер. Для утилизации тепла некоторые заводы после револьвера ставят небольшой паровой котел.

Огарок, получаемый при сульфатном способе из револьверной печи, тщательно перелопачивается с некоторым количеством добавленного сульфата и в таком виде вручную периодически загружается в плавильную печь через отверстие в верхнем своде печи. Разрез двоянной плавильной печи изображен на рис. 101.

Плавильная печь помещается, как правило, в 1-этаже. В качестве обмуровки для пода, стен и сводов применяется тальковый камень, как наиболее стойкий материал для расплавленных натриевых солей. Под устраивается с некоторым наклоном к середине и к передней стенке печи для облегчения вытекания расплавленной массы — плава. Отверстие для выхода плава делается в самой нижней точке пода печи. Плава вытекает по лотку и непосредственно попадает в растворитель. При производительности завода в 25 т целлюлозы на один револьвер необходимо устраивать две плавильных печи (сдвоенного типа) с одним общим дымоходом в револьвер.

Для обеспечения горения огарка в печи производится искусственная подача воздуха через особые устройства, называемые фурмами. Фурма представляет собою отрезок трубы с двойными



стенками (рубашкой) для водяного охлаждения. Фурмы вмуровываются в стенки печи под некоторым углом. Количество фурмы, их расположение и количество подаваемого через них воздуха зависит от производительности печи. Обычно для агрегата на 25 т цел-

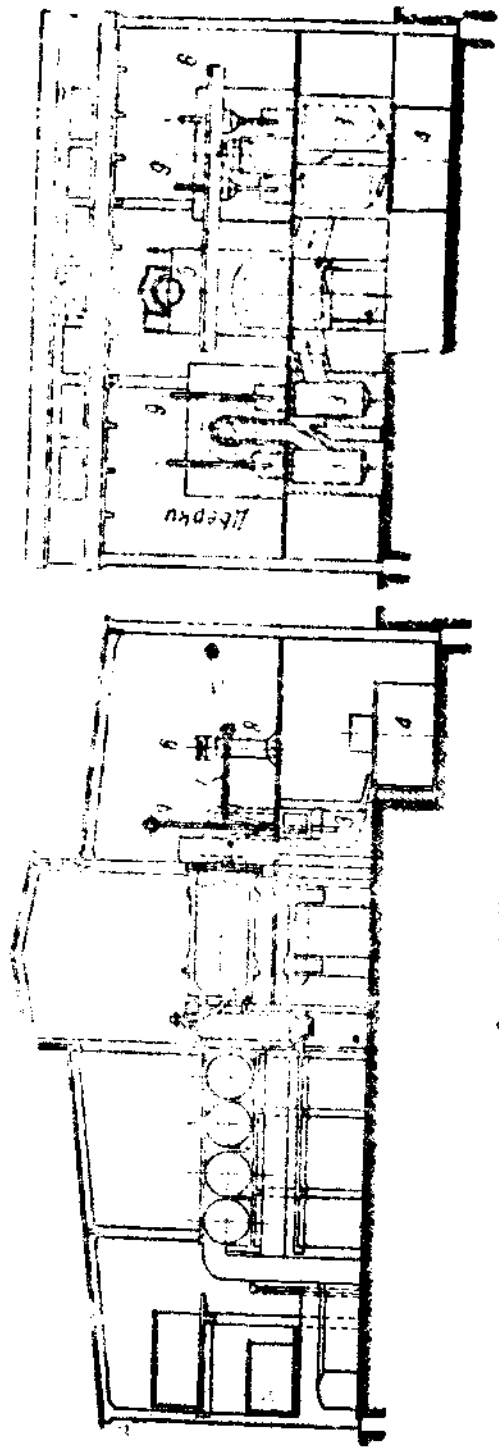


Рис. 102. Установка по системе де-Вердь.
1 — дисковый выпаритель, 2 — револьверная печь, 3 — два плавильные печи, 4 — растворительная печь, 5 — паровой котел, 6 — скрепковый транспортер подачи сульфата в плавильные печи, 7 — шнеки, подачи сульфата в печи, 8 — бункер для сульфата при ручной загрузке, 9 — трубки для подвода воздуха в плавильные печи.

люлозы устраиваются три фурмы, две в передней стенке печи и одна — в задней. От работы фурмы зависят не только химические процессы, происходящие в печи, но и весь температурный режим работы агрегата. Наблюдение за фурмами, дутьем воздуха и за зоной горения представляют один из наиболее ответственных участков ухода за плавильной печью.

В настоящее время предложен целый ряд дополнений и усовершенствований в работе плавильных печей, касающихся дутья воздуха, механизированных методов подачи огарка в печь, охлаждения, уплотнения, соединения дымохода плавильной печи с револьвером и т. д.

Наиболее замечательным в этой области является предложение де-Вердь²⁵. Это предложение в значительной мере увеличило экономический эффект регенерации тепла и представляет пожалуй наиболее высокую ступень современного устройства регенерационных отделов. Сущность предложения Вердь, очень быстро освоенного многими крупнейшими предприятиями Швеции, сводится к схеме, изображенной на рис. 102.

Как видно из рисунка, агрегат Вердь состоит из двух револьверов с переменным вращением и двух сдвоенных плавильных печей с расположенным симметрично между ними паровым котлом.

40% получаемого огарка с каждого револьвера загружается в крайние печи, работающие на револьверы. Средние же плавильные печи работают исключительно на паровой котел, используя остальные 60% огарка с каждого револьвера. После парового котла ставится экономайзер, подогревающий воду с 20° до 130° Ц. Температура отходящих газов после экономайзера 170° Ц.

Место соединения револьвера с дымоходом плавильной печи заключено в особую камеру разобщенную с наружным воздухом. Внутри камеры имеется также специальное устройство, устраняющее попадание воздуха в револьвер при выгрузке огарка через отверстие сбоку камеры. Этим устройством в системе Вердь совершенно исключено охлаждение револьвера засосом наружного воздуха; последнее обстоятельство являлось совершенно неизбежным при старых системах регенерации. Устранение попадания воздуха значительно повысило целесообразное использование тепла в регенерационных агрегатах и повысило производительность револьверной печи и дискового выпарителя. Для регулировки частичного процесса горения в револьвере в сист. Вердь предусмотрена возможность подачи некоторого количества дополнительного воздуха от воздуходувки, обслуживающей плавильную печь. Этим достигается точное регулирование температурного режима не только работы плавильной печи, но и всей установки.

Указанный агрегат рассчитан на производительность 50 т целлюлозы в сутки. Паровой котел с поверхностью нагрева 500 м² дает около 6700 кг пара в час, или 3 т пара на 1 т вырабатываемой целлюлозы.

В отличие от перечисленных выше регенерационных систем, принятых в Скандинавских странах, в Америке в настоящее время

применяется способ сжигания щелока в печах Вагнера²¹. Установка печи Вагнера изображена на рис. 103 и 104. Установка Вагнера состоит из печи, устроенной по принципу генераторной топки

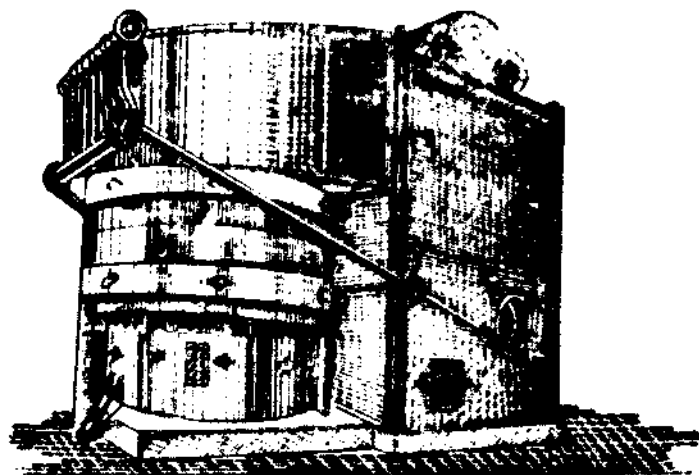


Рис. 103. Общий вид печи Вагнера.

и водотрубного котла, использующего тепло отходящих газов. Ввод воздуха производится в двух местах, а именно — в нижней

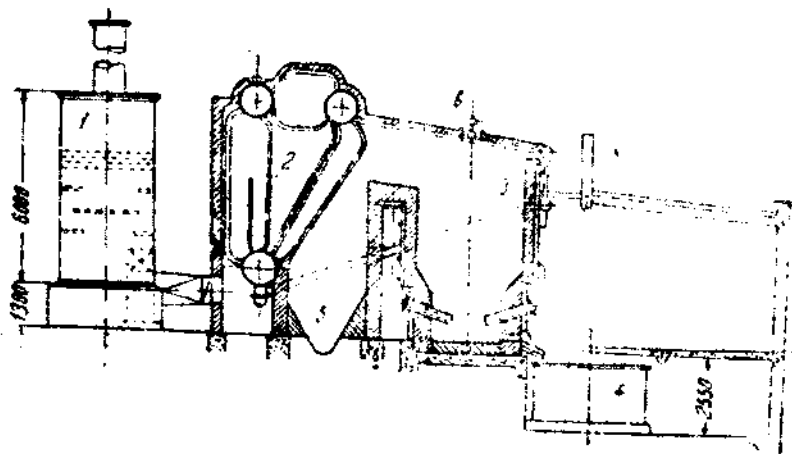


Рис. 104. Схема установки системы Вагнера.
1 — скруббер, 2 — паровой котел, 3 — печь Вагнера, 4 — растворитель плава, 5 — вольник, 6 — форсунка для щелока.

и верхней частях печи. Количество воздуха, вводимого в нижнюю часть, регулируется с таким расчетом, чтобы в этой части поддерживать лишь восстановительную зону, необходимую для пре-

ращения прибавляемого сульфата в сернистый натрий, сгорание же органических веществ происходит в верхней, широкой части печи. Для этой цели сюда вводится дополнительное количество воздуха, в качестве такового используют воздух с примесью дурнопахнущих веществ, откачиваемых из специально устроенных для этой цели сборников конденсата сточных вод завода. Указанным приемом достигается если не полное, то во всяком случае значительное уменьшение запаха. В соответствии с окислительными процессами, наиболее высокая температура получается именно в верхней широкой зоне печи.

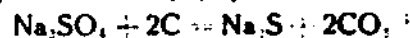
Ввод щелока в мелко распыленном состоянии, получаемом при помощи пульверизации, производится сверху печи. Сульфат в измельченном виде добавляется, как указано на рисунке, сбоку печи. Горячие газы из печи непосредственно поступают под вертикальный водотрубный котел с поверхностью нагрева 400 м². По данным фирмы с такого котла представляется возможным снять 4—5 т пара на 1 т целлюлозы. Для создания тяги за котлом устанавливается мощный эксгаузер. Нагнетаемые эксгаузером газы направляются в скруббер для улавливания и поглощения веществ, находящихся в газах. Полученный в скруббере конденсат, содержащий в себе значительное количество солей натрия, может быть направлен периодически на выпарку и снова на процесс регенерации.

Мощность первоначальных установок Вагнера была рассчитана на производительность в 25—30 т целлюлозы в сутки, в настоящее время Вагнер строит печи производительностью на 60 т целлюлозы в сутки. По аналогичному принципу сжигания жидкого щелока работает установка сист. Томлинсона; впервые эта система была пущена в работу в США в 1934 г. Установка Томлинсона представляет собой обычный секционный паровой котел, работающий на жидком топливе. Топка котла полностью экранирована. Черный щелок, сгущенный до концентрации 60% сухого остатка, смешивается предварительно с сульфатом и затем под давлением 4 ат через форсунку нагнетается в топку. Форсунка устроена подвижной. При движении форсунки по дуге в пределах 90—100°, выходящий из форсунки щелок распыляется о наклонный отражатель веером и орошает стенки топки. Осадок, накапливающийся на стенках, периодически отрывается, падает вниз, где окончательно сгорает.

Установка Томлинсона рассчитана на 70—80 т целлюлозы и дает около 4,5 т пара с давлением 30 ат на 1 т целлюлозы; 3—4 подобных установки могут быть обслужены двумя рабочими. Расход сульфата по американским данным около 150 кг/т целлюлозы, т. е. несколько выше, чем для регенерационных установок с револьверными печами. Установка Томлинсона завоевывает себе прочное место и в некоторых странах, например — в США вытесняет все прочие виды регенерационных устройств.

Химическая сторона процесса регенерации в печах сводится к сжиганию органического остатка и к восстановлению добавлен-

ного для возмещения потерь сульфата в сернистый натрий. Реакция восстановления протекает по формуле:



В случае наличия большого избытка воздуха в зоне восстановления может протекать обратная реакция окисления полученного

сернистого натрия в сернистокислые или даже сернокислые соли.

Вследствие этого, а также вследствие неполноты реакции, превращение всего Na_2SO_4 в Na_2S никогда не бывает полным. В современных установках количество восстановленного сульфата может быть доведено до 90% и даже выше. Наличие некоторой части не восстановленного Na_2SO_4 в щелоке особого значения для процесса варки не имеет и представляет собой лишний балласт солей натрия в парочном щелоке.

Увеличение температуры в печи, как правило, способствует более полному восстановлению сульфата, но одновременно с этим увеличиваются потери, вследствие улетучивания солей. Высокая температура способст-

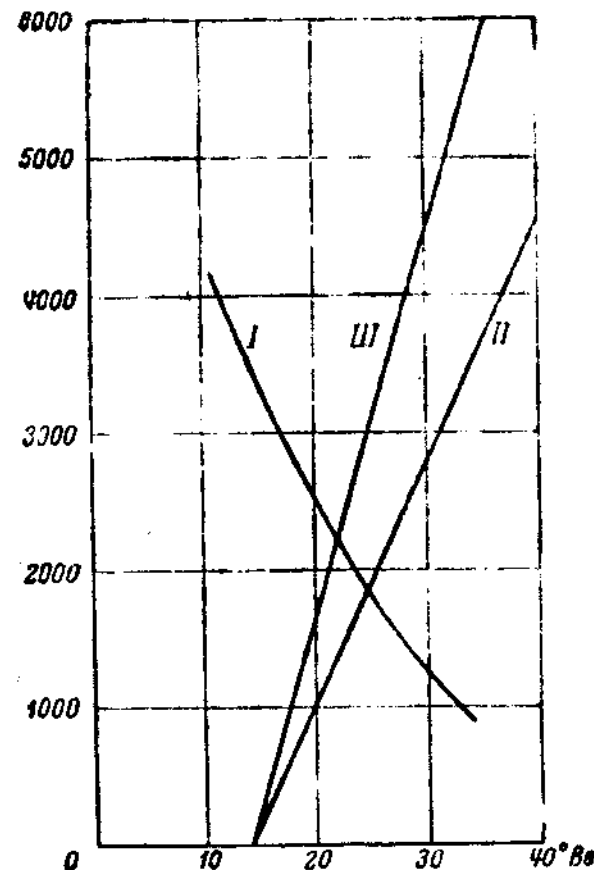


Рис. 105. Диаграмма избыточного тепла, получаемого в регенерационной установке при различной концентрации щелока, поступающего в револьвер.

ует также быстрому износу обмуровки печи.

Температура горения огарка при теоретически необходимом количестве воздуха для горения лежит сравнительно высоко. Для понижения температуры в плавильной печи требуется подача некоторого избытка воздуха через фурмы. Практически температура

Реакция происходит с поглощением тепла и требует 1670 ккал. на 1 т восстанавливаемого сульфата.

в содоплавильных печах поддерживается около 1100°C при коэффициенте 1,6 избытка воздуха.

Выше уже неоднократно указывалось, что одним из самых существенных моментов, определяющих рентабельность работы регенерационного отдела, а следовательно, и всего сульфатного завода в целом, является получение возможно большего количества избыточного тепла в содоплавильном агрегате. Увеличение же количества свободного тепла при сжигании щелока может быть получено только путем возможно более высокого сгущения щелока при выпарке. Указанное можно иллюстрировать диаграммой на рис. 105, заимствованной из книги Хегглюнда. Кривые на диаграмме построены из расчета теплотворной способности органической части щелока 5500 ккал. на 1 кг. Количество тепла, приходящегося на 1 т вырабатываемой целлюлозы, составит при этом 6 600 000 ккал. с учетом потерь тепла, уходящего с плавом (38 000 ккал.), с расходом тепла на восстановление Na_2SO_4 в Na_2S (340 000 ккал.), а также с учетом различных тепловых потерь.

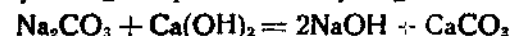
Одна из кривых на диаграмме с достаточной наглядностью изображает количество единиц тепла, пересчитанного на пар, в зависимости от концентрации щелока, вводимого в револьвер.

Начиная с 15°C (90°F), количество избыточного тепла непрерывно возрастает и при подаче щелока в револьвер плотностью 35°Bom ($60^\circ \text{ сух. вещ.}$) количество пара, которое может быть получено в паровом котле за счет этого тепла, должно составить около 6 т на 1 т целлюлозы. Так как современный сульфатный завод расходует также около 6 т производственного пара на 1 т целлюлозы (без сушки целлюлозы на пресспате), то осуществление замкнутого цикла теплового баланса предприятия представляется теоретически возможным.

Вытекающий из печи плав с температурой $900-1000^\circ$ направляется непосредственно в растворитель. Полученный раствор Na_2CO_3 и Na_2S обычно окрашен в зеленоватый цвет присутствующими в щелоке многосернистыми соединениями. Благодаря своей окраске этот раствор принято называть зеленым щелоком. По достижении известной крепости зеленый щелок перекачивается в отдел каустизации, здесь производится последняя операция — обработка щелока известью с целью превращения соды обратно в раствор едкого натра.

Каустизация зеленого щелока

Процесс каустизации протекает по реакции:



и производится в аппаратах, называемых миксами, от английского слова mixer — смешивать.

Микс представляет собой железный цилиндрический резервуар, снабженный вертикальной мешалкой (рис. 106).

Для полноты происходящей реакции необходимо очень тщательное перемешивание содержимого микса.

Для замучивания оседающего осадка внизу мешалки подвешиваются на цепях планки, перемешивающие оседающий осадок.

В верхней части микса находится железная корзина, сделанная из прутьев или узкого полосового железа. В корзину засыпается негашеная известь в необходимом количестве для каустизации заданного объема щелока. После окончания процесса каустизации мешалка останавливается; микс оставляют в спокойном состоянии для получения осадка, состоящего преимущественно из мела.

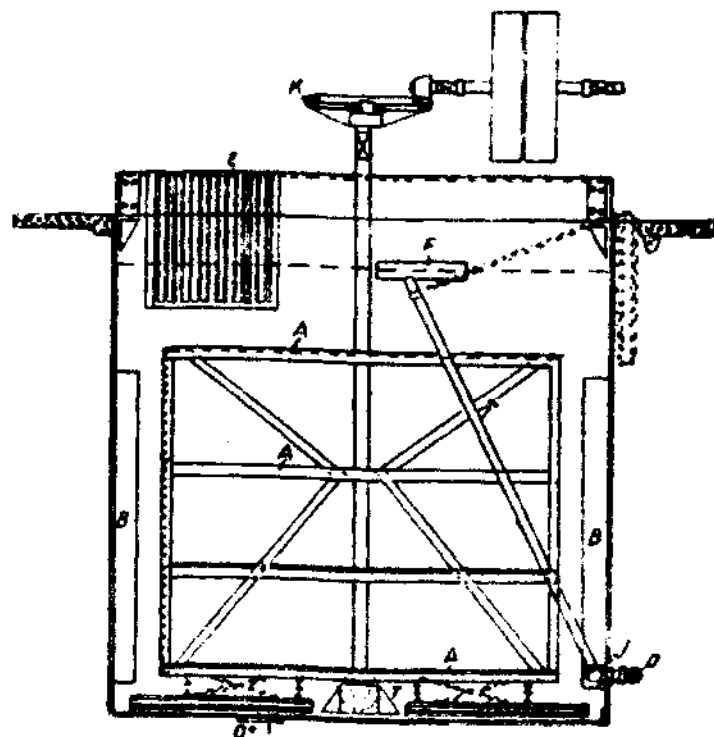


Рис. 106. Микс (каустизатор).

Отстоявшийся осветленный раствор сливается через подвижную трубу, укрепленную на шарнире. Так как процесс каустизации протекает полнее при повышенной температуре, то содержимое микса подогревают обычно острым паром. Варка микса паром продолжается около 1 часа, затем следует отстаивание в продолжение ~ 8 час., после этого можно декантировать около $\frac{3}{4}$ всего объема совершенно чистого раствора щелока.

После первой декантации щелок разводится водой, перемешивается и снова отстаивается 3—4 часа. Операцию выщелачивания для полного извлечения щелочи приходится повторять 3—4 раза. Скорость отстаивания, а следовательно и оборот микса, в значительной мере зависят от качества извести. В нормальных условиях

оборот микса следует считать 14—16 час. С целью сокращения числа миксов отстаивание щелока после каустизации иногда производят в отдельных отстойниках.

Слабый щелок последних промывок осадка подается в особые сборники и используется для растворения плава после плавильных печей.

Несмотря на многократное число промывок осадка, последний все же удерживает некоторое количество щелочи. Для уменьшения этих потерь на современных заводах применяют промывку остатка на непрерывно действующих вакуум-фильтрах.

Средняя крепость щелока, получаемого после каустизации, составляет 12—14 Бомэ (15° Ш), т. е. с содержанием около 100 г активной щелочи в литре. Щелок из сборников перекачивается непосредственно в мерники варочного отдела. Реакция, приведенная выше, является обратимой, и количество прореагировавшей соды зависит от концентрации применяемых растворов. При увеличении крепости раствора количество получаемого едкого натра уменьшается. С этой целью для каустизации используется не слишком крепкий зеленый щелок (~ 20° Бомэ) из растворителей. После каустизации с 50—60 кг извести на 10 кг углекислой соды, находящейся в щелоке степень каустизации, т. е. отношение

$$\frac{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S}}{\text{NaOH} + \text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{CO}_3} \text{ составляет } 83\text{—}85\%.$$

Дальнейшее увеличение степени каустизации требует применения значительно более разбавленных растворов, в результате чего после каустизации и промывки, получаются очень слабые щелока. Применение же слабых щелоков экономически невыгодно, так как ведет к сокращению объема заливаемых в котел черных щелоков и к конечному получению более слабого щелока, поступающего на выпарку.

Количество затрачиваемой на процесс извести зависит в значительной мере от ее качества. Хорошая известь должна содержать во всяком случае не менее 85% CaO. В среднем расход извести подобного качества может быть принят порядка 250 кг на 1 т щелалюзы.

Количество промывной известковой грязи составляет около 500 кг на 1 т щелалюзы. До настоящего времени известковая грязь не использовалась. В настоящее время в США имеются специальные установки для регенерации из грязи обратно CaO. С этой целью обжиг остатков производят в известково-обжигательной печи вращающегося типа или в особых печах новейшего типа, напоминающих по своему устройству печи для обжига колчедана³⁰. Качество получаемой извести при этом является недостаточно удовлетворительным. Для улучшения ее качества некоторую часть регенерируемого остатка приходится отбрасывать и заменять свежим материалом.

Кроме описанного выше способа периодической каустизации, в настоящее время в США на некоторых фабриках вводятся ме-

тоды непрерывной каустизации зеленого щелока по так называемой сист. Дорра¹.

Полученный после каустизации раствор белого щелока удельного веса 12–14° Боэ и состава, о котором говорилось на стр. 176, подается в мерники варочного отдела.

На этом в сущности заканчивается производственный цикл регенерации щелочи, затраченной на варку.

В идеальном случае, при отсутствии потерь, целлюлоза по щелочному способу могла бы быть получена без затраты химических реагентов¹ со стороны. Однако, существование потерь щелочи в процессе регенерации щелоков, ставит некоторый предел возможности осуществления замкнутости цикла баланса щелочи.

Таким образом мы видим, что фактический расход щелочи на варку определяется неизбежными потерями, которые по стадиям производственного процесса слагаются:

1. Потери при варке и промывке целлюлозы (увлечение щелочи с паром при сдувах и выдувке котла, потери щелочи с промывными водами и с целлюлозой). 2. Потери при выпарке. 3. Потери в агрегатах содового отдела, увеличение солей натрия с печными газами. 4. Потери в каустизационном отделе (остатки щелочи в известковой грязи). 5. Потери через неплотности трубопроводов, насосов и пр.

Наибольшая величина потерь ложится на промывной отдел и содоплавильный агрегат. За счет уменьшения потерь в промывном отделе и уменьшения уноса химических реагентов в содовом агрегате—коэффициент регенерации на современных заводах с совершенной регенерацией доводится до 80–85%.

Принимая, что процент регенерации щелочи для современного предприятия составляет 85%, а следовательно, из 300 кг щелочи в пересчете на Na_2O , затраченной на 1 т возд. сухой крафт-целлюлозы, возвращается обратно 250 кг Na_2O ; расход сульфата, которым фактически восполняются потери, составит:

$$\frac{50 \times 142}{62} = 115 \text{ кг}$$

чистого безводного Na_2SO_4 на 1 т возд.-сухой целлюлозы.

Так как сульфат, получаемый фабриками, содержит всегда некоторое количество примесей, то фактический расход его будет несколько больше.

По новому проекту техно-экономических норм, расход 90% сульфата принят в 125 кг. Примерно такое же количество сульфата затрачивают современные заграничные заводы, оборудованные новейшими регенерационными установками типа Вердье-Глорена.

В соломенно-целлюлозном производстве процент регенерации щелочи по ряду причин (потери при промывке в сцехах, увели-

¹ Не считая, разумеется, затрат извести на каустизацию щелока, при условии регенерации извести из шлама этот расход в свою очередь также может быть значительно уменьшен.

² 142 — молекулярный вес Na_2SO_4 ; 62 — Na_2O

ченные потери с грязью при каустизации) значительно меньше, чем при производстве крафт-целлюлозы. Коэффициент регенерации должен быть не выше 65%; при этих условиях расход сульфата составит около 250 кг на 1 т возд.-сухой белевой соломенной целлюлозы.

Технические нормы по производству сульфатной целлюлозы (проект)

1. Число рабочих дней завода	358
2. Число рабочих дней для котлов с учетом ремонта	350
Число часов работы варочного котла в сутки, считая и ремонт	24
Количество часов работы древесного отдела в сутки	21
3. Оборот варочного котла емкостью 100–200 м ³	6,5 час.
до 10 м ³	6,0 час.
4. Выход целлюлозы из 1 м ³ котла, включая сучки и промол	84 кг
5. Расход чистоокоренного баласа на 1 т франко-буш-кер варочного отдела (I + III сорт)	4,5 п. м ³
6. Расход сульфата 90% на 1 т возд.-сух. целлюлозы	125 кг
7. Расход извести (CaO — 85%)	250 кг
8. Расход пара на варку на балансе	2,6 кг (12 атм)
Расход пара на отходах лесопиления	2,7 кг
9. Расход активного Na_2O на варку	300 кг
10. Расход пара на выпарку для печей	1,7 (3 ат) до 65% сух. вещ.

То же для печей Вагнера

То же для установок типа Вердье-Глорсен

1,2 (12 ат)	4,0 т
2,5 т (40% сух. вещ. — 30° Боэ)	0,4 "
	2,0 "
	1,8 "
	1,3 "
	1,2 "
	0,1 "
	150 квт. час.
на 1 т возд.-сух. целлюлозы	100 "
на регенерацию	20 "
на извести	25 "
на вентиляцию	80 "
на бегуны	25 "
на древесный отдел	40 "
на сушку на обыкн. прессе	70 "
на сушку на пресспате	80 "
Факта с вентиляцией	200 м ³
тоже Минтон	20 "
16. Расход воды (общий)	
Расход воды на пресспат	

Список литературы

- Г. А. Каплан. — Проблема производства сульфатной целлюлозы в СССР. Материалы ЦНИИБ. 1931 г., т. III.
- В. А. Грабовский и В. В. Якимашевский. — Влияние породы древесины на качество кабельной целлюлозы. Материал ЦНИИБ 1935 г., т. II (VIII).
- Ю. А. Денисов. — Влияние словой древесины на качество крафт-целлюлозы для кабельных бумаг.
- Н. А. Розенбергер. — Получение сульфатной целлюлозы и бумаги из древесных лиственных и соснового осколка. Материалы ЦНИИБ. 1932 г., т. IV (VIII).

ПРОИЗВОДСТВО БУМАГИ

4. А. В. Вавуани. — Разработка метода экстракции калийной соли из лигнина и дальнейшей утилизации щелочи на целлюлозе. Материалы ЦНИИБ. 1931 г. т. I.
5. Э. Зутермейстер. — Химия и производство бумаги. Гослестехиздат 1933 г.
6. П. С. Ларин. — Ступенчатый способ получения полуцеллюлозы и целлюлозы из соломы. Материалы ЦНИИБ. 1931 г. т. I (IX).
- М. М. Реш и А. Скуляева. — Получение полуцеллюлозы из соломы без давления. Материалы ЦНИИБ. 1933 г. т. II (X).
- В. Чунстова. — Экономия производства полуцеллюлозы из соломы. Материалы ЦНИИБ. 1933 г. т. II (X), см. также т. III (XI).
7. Р. Рункед. — Возможности развития в области производства желтой соломенной массы и белилой соломенной целлюлозы.
8. В. В. Якимовский. — Получение целлюлозы из стеблей заопаткивания. Материалы ЦНИИБ. 1932 г. т. IV (VIII).
9. П. С. Ларин. — О целлюлозе из камыша. Материалы ЦНИИБ. 1931 г. т. II.
- М. Робинсон. — Целлюлоза из тростника. Материалы ЦНИИБ. 1931 г. т. II.
10. Подготовительные отделы сульфат-целлюлозных заводов. см. отчет Г. М. Орлова о поездке в Швецию. Сборн. НИТО. А-д. 1935 г.
11. Заготовка, хранение, резка и очистка соломы. Мюллер. — Производство бумаги и его оборудование. Ленинград. ГИИ. 1933 г. т. I, ч. I.
12. E. Hägglund и K. Hedlund. Исследование натрового и сульфатного процесса. Журн. Papier Fabr., 1932 г., № 5 и 6.
13. Швальбе и Эйбер. Химический контроль при производстве натровой и сульфатной целлюлозы. 1934 г. Гослестехиздат. А-д.
14. Химическая сторона щелочного процесса, см. подробнее: Н. И. Никитин. «Химия древесины». Гослестехиздат, 1935 г., глава «Делигнификация древесины щелочным способом».
15. Мюллер. — Производство бумаги и его оборудование. т. I ч. 1, стр. 90.
16. То же, том I, ч. 2, стр. 22.
17. Pulp and Paper Magazine of Canada. Теплообменник Розенблат. — Январь. 1936 г., см. также отчет Орлова, сборн. НИТО. А-д. 1935 г.
18. Промывка натровой и сульфатной целлюлозы. Журнал «Бумажная промышленность». 1933 г. № 8.
19. Промывной отдел Ново-Ладвинского сульфат-целлюлозного завода. Журнал «Бумажная промышленность». 1933 г. № 12.
20. Г. М. Орлов. — Отчет о поездке в Швецию. Сборник НИТО, изд. Гослестехиздата. А-д. 1935 г.
21. Подробнее об отчетном отделе С. Ц. З. см. Мюллер, т. I, ч. 1.
22. Тепловые расчеты. Сравнение различных систем регенерационных установок с точки зрения их рентабельности см. книгу Hägglund Natronzellstoff. Вег. 1926 г., стр. 277.
23. Конструкции выпарных аппаратов: теория выпарки, расчеты различных систем выпарки, см. книги: 1) Баджер и Мак-Клэб. «Основные процессы и аппараты химических производств», стр. 135—188. 2) Брайнес. «Процессы и аппараты», стр. 117—167.
24. Мюллер. — Таблицы удельного веса щелока, содержание в нем сухого остатка, т. I, ч. 1, стр. 118—119.
25. а. а. О. Hägglund. Natronzellstoff, стр. 278.
26. Про-полуфабрикатов и бумаги (Амер. Энцикл.), т. I, ч. 5. Зутермейстер. «Химия в производстве бумаги и ее полуфабрикатов».
27. Г. М. Орлов. — Отчет о поездке в Швецию. Сборник НИТО 1935 г. А-д.
28. К. Брейтвассер. — Регенерация щелоков в печах Багисра. Журнал «Бумажная промышленность». 1933 г. № 4.
29. Ю. А. Демисов. — Температурные условия работы плавильных печей. Журнал «Бумажная промышленность». 1929 г. № 8, 10, 11.
30. Горбовецкий. — Тепловые вопросы регенерации щелоков в соломенно-целлюлозном производстве. Журнал «Бумажная промышленность». 1933 г. № 4.
31. Обзор известий в печах сист. Никольс-Герроггофа. «Бумажная промышленность». 1938 г. № 4.
32. «Непрерывный процесс каустизации». Журнал «Бумажная промышленность». 1938 г. № 3.

1. ВВЕДЕНИЕ

Бумага представляет собой отпрессованный и высушенный лист, получаемый свайливанием и обезвоживанием на сетке водной навеси волокон, преимущественно растительного происхождения, подвергнутых предварительному измельчению.

Рассматривая бумагу под микроскопом, можно ясно видеть ее строение в виде «войлока». Можно видеть, как располагаются волокна в результате обезвоживания водной взвеси их на сетке и уплотнения путем прессовки. В большинстве случаев бумага изготавливается не только из одного волокна; к взвеси волокон в воде — или пользуясь терминологией бумажников — к «массе», обычно добавляют проклеивающие, наполняющие и красящие вещества, придающие бумаге особые свойства. Однако, основной составной частью бумаги во всех случаях остается растительное волокно, поступающее на бумажную фабрику в виде полуфабрикатов, вырабатываемых в соответствующих цехах данного предприятия. или получаемых от других предприятий. Основными видами волокнистых полуфабрикатов являются:

- а) древесная масса (белая и бурая);
- б) целлюлоза древесная (сульфитная и сульфатная), целлюлоза соломенная;
- в) тряпичная полумасса,
- г) бумажная макулатура, бумажные обрезки, бумажный брак.

Из указанных 4 полуфабрикатов наибольшее значение имеют первые 2, так как из них изготавливается примерно 70% всей вырабатываемой бумаги. Тряпичная полумасса, до середины прошлого столетия, была основным волокнистым полуфабрикатом бумажного производства. В настоящее время она почти целиком вытеснена первыми двумя видами полуфабрикатов и применяется лишь для некоторых специальных сортов бумаг (преимущественно тонких), а также для ограниченного числа высокосортных писчих и печатных бумаг.¹ В последние годы появился еще пятый тип полуфабриката — полуцеллюлоза, стоящий по своим свойствам между древесной массой и целлюлозой. Из полуфабрикатов этого типа, изготавливаемых в Советском Союзе, следует указать на так назы-

¹ Четвертым полуфабрикатом является сама же бумага частью в виде брака и обрывков своего производства, частью в виде бумажных обрезков, получаемых при переработке бумаги, а также в виде старой, бывшей в употреблении бумаги. Переработка старой бумаги растет вместе с ростом производства и потребления бумаги. В США, где душевое потребление бумаги наиболее высоко, использование макулатуры достигает 40% всего волокнистого материала, расходуемого на выработку бумаги.

васкую „судаковку“. К этой же категории полуфабрикатов можно отнести и соломенную массу, производство которой впрочем, существует уже около 200 лет.

Свойства древесной массы и целлюлозы так же как и способы их приготовления подробно описаны в предыдущих разделах книги. Поэтому в данной главе мы на них останавливаться не будем и коснемся лишь вкратце производства тряпичной полумассы. Сырьем для этого полуфабриката служит, главным образом, изношенное хлопчатобумажное и льняное тряпье, а также новые обрезы подобных тканей. Кроме тряпья для производства этого полуфабриката используются также волокнистые и заостренные отходы текстильного производства. Тряпье поступает на фабрики после предварительной сортировки на рыночные сорта, производимой на базах заготавливающих организаций.

На фабрике тряпье подвергается дезинфекции паром, далее подсушивается и проходит предварительную отпыловку на так называемых „волок машинах“; вслед за тем производится сортировка тряпья на фабричные сорта, очистка его на косах с удалением пуговиц, крючков и т. п., контрольная сортировка, рубка на специальных тряпкорубках и, наконец, окончательная отпыловка на отпылителях. После такой сортировки и сухой очистки измельченное тряпье подвергается варке в сферических котлах, причем в качестве реагента чаще всего применяется известь. За варкой следует промывка сваренного тряпья в специальных промывных или полумассных роллах. По окончании промывки в тех же роллах тряпье подвергается дальнейшему измельчению и разделению на отдельные нити и волокна. Эта операция носит название полумассного размола. Полумасса спускается из полумассных роллеров в сцези или непосредственно в отбельные роллеры и здесь отбеливается раствором хлорной извести. После отбелики следует промывка и спуск для обезвоживания в сцези — большие ящики с ложным дном из фильтровальных плиток. После стекания воды влажная полумасса подается (для переработки на массу) в товарные роллеры, на описании которых мы остановимся в дальнейшем изложении. Из числа типичных тряпичных бумаг укажем на бумагу для фибры (хлопчатобумажное тряпье), конденсаторную бумагу (холщевое тряпье), филигран или бумагу для папиросных гильз (холщевое тряпье), бумагу для денежных знаков (пенька, текстильные отходы, хлопок). Бумаги из тряпичной полумассы, наряду с высокой механической прочностью, отличаются и большой долговечностью; в этих свойствах и заключаются главные преимущества этого полуфабриката. С другой стороны необходимо учитывать, что тряпичная полумасса примерно в 5—6 раз дороже древесной целлюлозы.

Производство бумаги можно расчленил на нижеследующие основные этапы:

1. Приготовление бумажной массы, заключающееся в размол волокнистого полуфабриката или смеси их до нужной степени с соответствующей проклейкой и наполнением массы, а также подцветкой или окраской, когда требуется.

2. Отлив бумаги, состоящий в образовании полотна бумаги на сетке бумажной машины, прессования его на мокрых прессах, сушке на сушильных цилиндрах той же машины и первичной отделки.

3. Отделка бумаги. Этот этап в зависимости от сорта бумаги может состоять из ряда различных операций: перемотки, каландрирования, резки, сортировки и упаковки. В дальнейшем тексте мы подробнее остановимся на каждой из указанных операций. Режимы выработки различных сортов бумаги, а также и типы применяемого оборудования могут быть весьма различны.

Классификация видов и сортов бумаги и картона по их целевому назначению приведена в конце книги в приложении.

Мировое производство бумаги в 1933 г. по данным Welt Papierstatistik 1934 г. составляло 14 430 тыс. т, а картона 5880 тыс. т.

В Советском Союзе выработка бумаги и картона выражается по годам следующими цифрами:

Таблица 22.

1913 г.	192	тыс. т	1934 г.	610,0	тыс. т
1921	33,6	„ „	1935	698,0	„ „
1923	126,0	„ „	1936	763,7	„ „
1927	307,0	„ „	1937	832,5	„ „
1932	519,0	„ „			

Душевое потребление, однако, у нас пока весьма низкое — около 4,9 кг. Правда непосредственное сравнение с данными по капиталистическим странам не показательно в силу затрат огромных количеств бумаги на рекламные и др. цели за границей.

2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ БУМАЖНОЙ МАССЫ

Массный размол

Перед тем как отливать бумагу на бумагоделательной машине, необходимо приготовить смесь из тех волокнистых полуфабрикатов, которые должны войти в состав бумаги, подвергнуть их волокну определенному механическому воздействию — размолу, ввести в состав массы наполнители, проклеивающие и красящие вещества. Все эти операции выполняются в рольном отделе бумажной фабрики. Из перечисленных операций наиболее сложной является размол массы, выполняемый специальными машинами, обычно массными роллерами или в некоторых случаях коническими мельницами — жорданами. Иногда размол производится и в роллах и в жорданах. Характер размол во многих отношениях определяет будущие свойства бумаги, вследствие чего он имеет исключительно важное значение в процессе изготовления большинства сортов бумаги. Несмотря на то, что процесс размол успешно осуществляется уже в течение многих столетий, точного представления о всех явлениях, сопровождающих этот процесс, мы до сего времени не имеем. Во всяком случае можно сказать, что при размоле волокну подвергается укорочению, разрезанию, расщеплению, раздавливанию, благодаря которым изменяются и физико-химические свойства

волокна, в первую очередь способность его к набуханию. Изменение этой способности внешне проявляется в том, что волокнистая масса с большей силой удерживает воду или становится „жирнее“.

Из размалывающих аппаратов в настоящее время наиболее распространенным является массный рола. На рис. 107 схематично

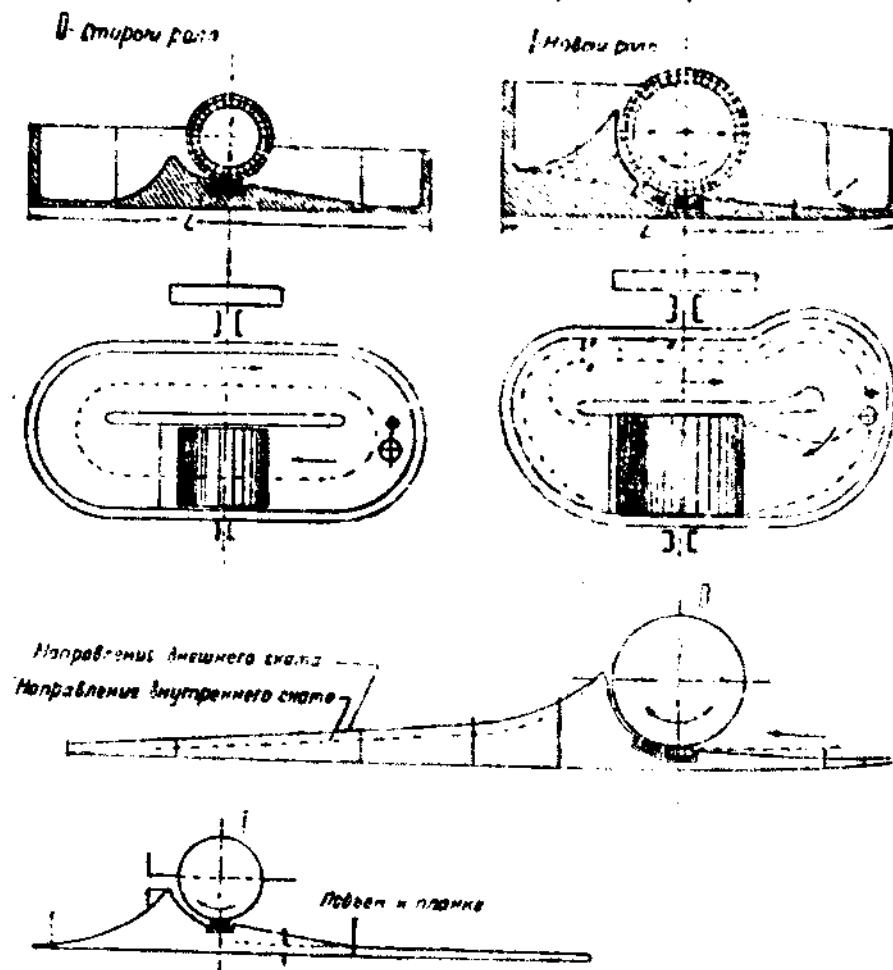


Рис. 107.

чески показано устройство рола одного из наиболее распространенных типов. Рола состоит из ванны своеобразной конфигурации, разделенной перегородкой на два канала.

Примерно по середине более широкого канала помещается ножовый барабан, называемый на некоторых фабриках „шаром“. Вал, на котором сидит барабан, находится на особой опорной конструк-

ции, позволяющей поднимать или опускать барабан и регулировать его давление на расположенную под барабаном планку. Эта опорная часть на схеме не показана. Дно ванны непосредственно за барабаном приподнято и образует горку, гребень которой в современных ролах поднимается несколько выше оси барабана. Дно ванны, начиная от гребня горки, опускается сначала крутым, а затем более пологим спуском.

В нижней части дна имеются 2 отверстия для выпуска готовой массы из рола в расположенные под ними массные чаны и для промывки рола. Во время работы эти отверстия закрываются металлическими пробками. В больших ролах пробки для выпуска массы заменяются особым типом клапанов.

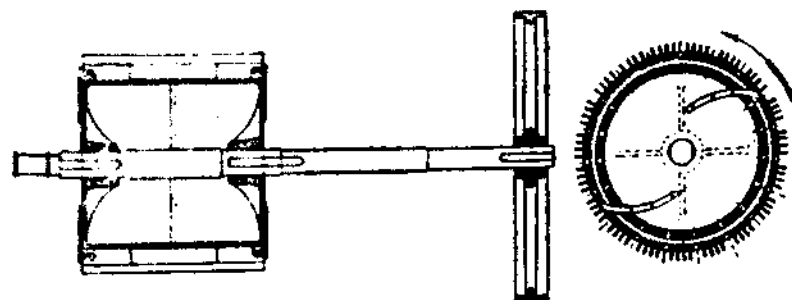


Рис. 108. Устройство барабана

При подходе к барабану с противоположной стороны дно ванны опять слегка приподнимается. Такая форма придает дну для облегчения движения „циркуляции“ массы по ролау. Ванны ролов в настоящее время обычно изготавливаются из железобетона, причем сопряжение дна рола с боковыми стенками сделано закругленным для избежания застоя массы в углах. Устройство барабана более подробно показано на рис. 108.

На валу насажены две розетки, обычно чугунные, по периферии которых имеется ряд выступов или ребер. В промежутках между этими ребрами устанавливаются ножи, отделяемые друг от друга деревянными клиньями или прокладками. Для предотвращения выскакивания ножей с мест, на торцы барабана надеваются железные кольца, входящие в пазы, сделанные на концах ножей. Деталь крепления ножей на барабане показана на рис. 109.

В более старых конструкциях барабаны делались не сборными из отдельных розеток, а литыми. Материалом для ножей служит сталь и бронза. В особых случаях ножи делают и из базальтовой лавы; последний тип ножей применяется в тех случаях, когда желательно иметь жирный размол массы.

Ножи на барабанах массных ролов обычно располагаются по окружности на равных расстояниях (примерно на 50 мм друг от друга). Толщина ножей различна, в зависимости от желательного

характера помола, для бумаг, требующих более жирного помола берут более толстые ножи и наоборот. Обычно толщина ножей бывает в пределах от 6 до 15 мм. Ножи выступают над поверхностью барабана на 45—50 мм.

Под барабаном помещается планка, представляющая набор ножей, изготавливаемых из тех же материалов, что и ножи барабана. Ролаи оборудуются как одинарными, так и двойными планками по 15—20 ножей в каждой. Толщина ножей планки бывает различной, в зависимости от характера помола, который должен давать рола. Она колеблется в пределах от 3 до 12 мм, причем чем жирнее размол, тем толще выбирают ножи. В современных конструкциях ролаов, планка помещается не вертикально под осью бара-

бана, а сдвинута несколько вперед, по ходу массы, как видно на рис. 107.

Ножи планки и барабана не параллельны друг другу. Угол, образуемый ножами планки и барабана колеблется в пределах

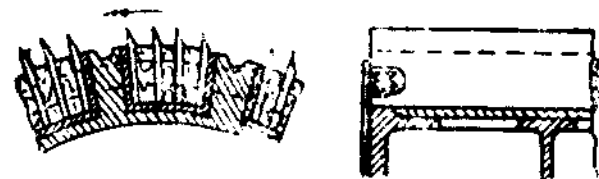


Рис. 109. Деталь крепления ножей на барабане.

от 3 до 45°, в зависимости от типа и конструкции рола; обычно этот угол составляет 5—7°, благодаря наличию его, действие ножей в процессе работы подобно работе ножиц. Указанный угол создается либо расположением оси планки под углом к оси барабана, либо расположением ножей барабана под некоторым углом к образующей барабана. В некоторых случаях ножи планки придают особую форму, располагая их подобно доскам паркета, набирая планку из гнутых ножей, обрезков трубок и т. п. Форма поверхности, образуемой лезвиями ножей планки, должна точно отвечать форме поверхности лезвий барабана. Для точной пригонки этих поверхностей, рола после смены гарнитуры (ножи барабана и планки) пускают работать на песке, что шлифует ножи.

Как мы указывали, расстояние между планкой и барабаном можно регулировать подъемом или опусканием барабана. Такая регулировка необходима для постепенного поступления в процессе измельчения волокна, проходящего между планкой и барабаном.

Кроме того, большое значение для характера размола имеет и удельное давление барабана на планку, т. е. давление, оказываемое им на единицу площади соприкосновения ножей барабана и планки.

На рис. 110 показана для примера одна из возможных схем устройства, позволяющего регулировать положение барабана и удельное давление его.

Наряду с указанными целями, вылегчивающее устройство дает возможность подкакивания барабана при попадании между ним твердых комков массы или каких-либо посторонних предметов (ключи, гайки и т. п.). В противном случае могла бы произойти

поломка ножей или станины. Подобное вылегчивающее устройство дает возможность регулировать давление барабана от некоторого максимума, соответствующего полному весу барабана до нуля.

Регулировка давления достигается съёмными грузами. Для того чтобы барабан при вращении не выбрасывал массу из ванны, он покрывается колпаком, чаще всего деревянным. К ролау подводится водопроводная труба, для наполнения рола водой во время зарядки, разбавления массы при спуске и для промывки рола, с этой целью нередко используют обратную воду. Последняя получается при отливе бумажного полотна на сетке бумагоделательной машины и в большей части поступает на разжижение массы перед поступлением ее на машину. Избыток же этой воды используют в рольном отделе.

Рола загружается полуфабрикатами до концентрации 5—8%. Барабан, захватывая массу в ячейки между ножами, увлекает ее в зазор между ножами барабана и планки и перебрасывает массу через горку. Часть волокон попадает между ножами барабана и планки и измельчается, причем, в зависимости от величины зазора между ножами барабана и планки, происходит или разрезание волокон или их расчесывание и разминание.

Окружная скорость барабана достигает 8—12 м/мин. Под влиянием ускорения, сообщаемого барабаном, и вследствие наклона дна ванны, масса устремляется по каналу и, пройдя его, вновь попадает под ножи. Таким образом создается непрерывная циркуляция массы по ванне. Регулируя присадку барабана можно добиться нужного размола.

Как видно из сказанного выше, барабан выполняет функции двоякого рода. Он размалывает массу и кроме того перемещает ее по ванне. На это перемещение затрачивается значительная доля всей расходуемой энергии, вследствие чего коэффициент полезного действия не велик. По данным Смита⁴, он не превосходит 43% при размоле целлюлозы и 75% при размоле тряпичной полумассы. В большинстве случаев к. п. д. значительно ниже этих предельных величин.

Ролаи строятся различной емкости, обычно в пределах от 2—3 до 12—16 м³ и вмещают от 120 до 1000 кг массы, считая на сухое вещество.

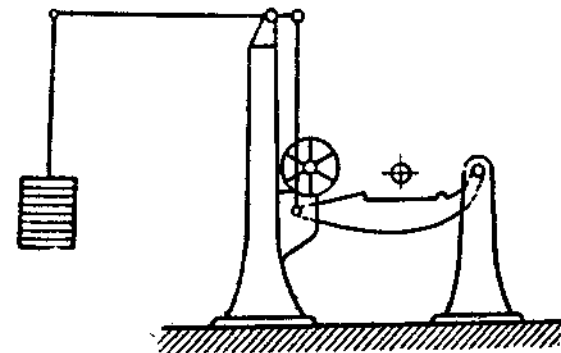


Рис. 110. Устройство для вылегчивания барабана

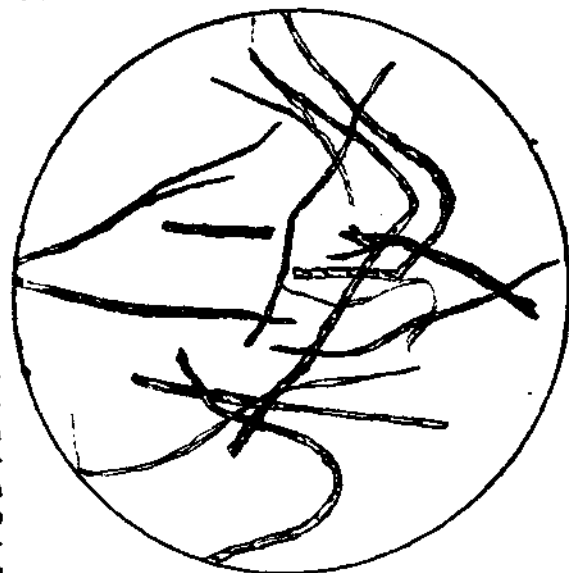
Привод роллов обычно осуществляется ременной передачей посредством шкива, насаженного на вал барабана, от отдельных моторов или групповых трансмиссий. Индивидуальные моторы в настоящее время приобретают все большее распространение, вследствие большого удобства подобных приводов. Расход энергии на размол, потребная мощность двигателя, производительность роллов зависят от многих факторов. Среди них следует указать на род полуфабрикатов, характер размола, конструкцию ролла, густоту зарядки. Эти данные можно почерпнуть из подробных специальных руководств.

Конструкция роллов весьма разнообразна. Они отличаются формой напильника, конфигурацией поперечного сечения канавок напильника, рельефом дна, высотой горки, положением барабана, планки и горки, расположением канавок, типом вымещающего устройства, конструкцией барабана и планки, числом барабанов и планок и целым рядом других более мелких деталей.

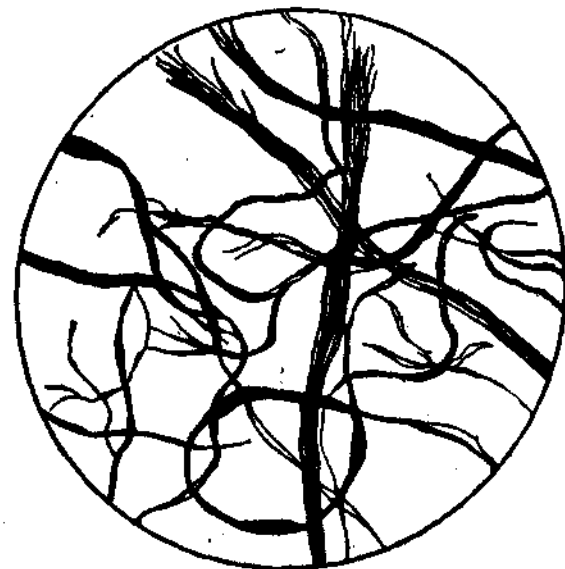
Усилия конструкторов направлены на достижение наилучшего перемешивания массы, достижения равномерного помола, ускорение гона (движения по напильнику) массы, повышение размалывающего эффекта ролла, повышение концентрации массы в ролле, создание удобной системы регулировки работы ролла. Ежегодно появляются новые модели роллов, в которых указанные задачи разрешаются в той или иной мере. Выясняется вполне обоснованно в пользу той или иной конструкции весьма затруднительно. Из новейших моделей укажем на ролл Мааллика, новые модели роллов Вагнера, Фойта, Баньянга и Торсона.

Надлежащей регулировкой присадки барабана можно добиться нужной степени и характера размола. Быстрая присадка барабана при относительно малых концентрациях и высоком давлении при размоле, приводит к получению так называемой „садкой массы“, в которой волокно, сохранив свою естественную толщину, более или менее укорочено. При таком способе размола волокно подвергается преимущественно рубке или разрезанию на более короткие отрезки. Постепенная, медленная присадка барабана, при густой зарядке и малом размольном давлении приводит к получению „жирной массы“, в которой волокно мало укороченное в длину подвергалось, главным образом, расщеплению на продольные элементы или фибриллы. Такая масса, в противоположность первой, с трудом отдает воду и на ощупь производит впечатление скользкой или жирной, что и послужило причиной наименования характера помола. Как отражается характер помола на свойствах бумаги легко себе представить сопоставлением таких двух сортов бумаги как фильтровальной или бюварной и пергаминна. Фильтровальная бумага изготавливается из массы садкого или „тощего“ помола, бумага мягка на ощупь, вялая, пухлая, легко впитывает воду. Пергамин же на ощупь жесток, звенит при мятии, плотен и плохо впитывает воду. Масса для пергаминна подвергается жирному помолу. Приведенный пример иллюстрирует, однако, лишь 2 крайних типа помола. Между ними лежит множество промежуточных по характеру степеней помола, придающих бумаге те или иные свойства. Характер помола можно разбить на 4 основные типа: 1) садкий длинный, 2) садкий короткий, 4) жирный длинный и 4) жирный короткий. Достижение нужной степени помола — искусство, осваиваемое лишь длительным опытом.

В последние годы сделано много попыток налаживания контроля помола; ранее этот контроль носил исключительно субъективный характер. Наиболее эффективной контрольной аппаратурой сле-



Тощий размол.



Жирный размол.

Характер помола и род полуфабриката в основном определяют оборот рола, т. е. время от его зарядки до следующей зарядки.

Для примера укажем, что оборот рола при выработке писчей бумаги № 3 равен примерно 1¹/₂ час., а при выработке филиграна или конденсаторной бумаги достигает 18—24 час. При этом на зарядку и спуск готовой массы расходуется 30—40 мин.

Если бумага должна изготавливаться из различных полуфабрикатов, то размол их может производиться, как совместно, так и раздельно.

В некоторых случаях последний способ более рационален, так как некоторые полуфабрикаты, например, древесная масса могут во многих случаях вовсе не подвергаться размолу. На современных комбинированных предприятиях, полуфабрикаты поступают в рола в жидком виде. Они подаются насосами из полуфабрикатных цехов на сгустители, расположенные над ролами, сгущаются до нужной концентрации, поступают в мешалки и из них спускаются в рола. Привозные полуфабрикаты загружаются в рола в сухом виде. Для облегчения работы ролов целлюлозная папка на современных предприятиях проходит предварительно через специальные разрыватели, разрывающие листы целлюлозы на мелкие куски. Древесную массу для тех же целей рекомендуется предварительно подмалывать на бегунах, устройство конх будет описано далее. Из массных ролов масса поступает в мешальные бассейны. Во время спуска массы она несколько разбавляется водой, причем концентрация массы понижается до 2,5—3,5%.

Одним из основных недостатков рола является периодичность его работы.

Стремление сделать процесс размола непрерывным привело к созданию размалывающей аппаратуры иного типа. Хорошо освоенным и широко распространенным аппаратом подобного рода является коническая мельница Жордана. Последняя и аналогичные ей аппараты в большинстве случаев предназначаются для выравнивания и рафинирования рольного размола. Однако, нередко эти аппараты используются, при последовательном их расположении, в качестве совершенно самостоятельных размалывающих приборов, даже при размоле таких сравнительно трудно размалываемых полуфабрикатов, как крафт-целлюлоза.

На рис. 111 изображена конусная мельница с приподнятым кожухом. Мельница состоит из двух основных частей—конуса или ротора и кожуха или статора. На внутренней поверхности кожуха и на поверхности конуса укреплены ножи. Конус, вращаясь захватывает массу, поступающую со стороны вершины конуса и на пути к выходному отверстию, расположенному у основания конуса, размалывает ее. В данном случае роль барабана выполняет конус, а роль планки—ножи кожуха. Конус может перемещаться в осевом направлении, чем достигается большая или меньшая степень присадки конуса и чем регулируется процесс размала массы. Присадка конуса не жесткая; в случае ненормально высокого сопротивления, возникающего между ножами конуса и кожуха, конус имеет возмож-

ность несколько податься назад, благодаря пружинному прижимному устройству.

Конусы жорданов изготавливаются обычно из чугуна, некоторые заводы делают их стальными. Для небольших мельниц конусы делаются цельными, для больших моделей из нескольких частей. Крепление ножей на конусе выполняется, примерно, также как и на барабане рола, т. е. ножи вставляются в пазы между ребрами, отлитыми на поверхности конуса и расклиниваются дубовыми прокладками. С торцов ножи удерживаются кольцами. Есть и другие способы крепления ножей на конусе.

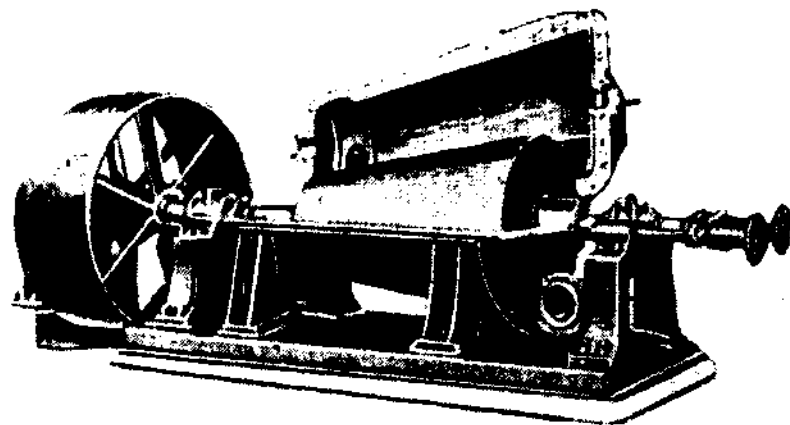


Рис. 111. Конусная мельница.

Ножи на кожухе либо заклиниваются между ребрами, отлитыми на внутренней поверхности кожуха, либо применяются иные способы крепления. Ножи, как на конусе, так и на кожухе, обычно изготавливаются из стали. В особых случаях, особенно при производстве высокосортных бумаг, применяют для указанной цели и фосфористую бронзу.

Регулировка работы жордана достигается наряду с большей или меньшей степенью присадки конуса, изменением напора поступающей массы или дросселированием выпуска массы из мельницы. Перекрывая в той или иной степени вентиль на выпускной трубе, можно заставить массу в течение больших промежутков времени находиться в мельнице и, следовательно, подвергаться более энергичному размолу. Большое значение для эффективной работы жордана, помимо содержания ножей в должном состоянии, имеет и концентрация массы. Опыт показывает, что для эффективной работы концентрацию следует держать не менее чем в 3,0%, однако, массу очень высоких концентраций жордан не пропускает. Нормальным и следует считать концентрации в 3,0—4,0%. На большинстве предприятий работают обычно при более низких концен-

трациях и тем в значительной мере снижают результаты работы жордана. По сравнению с ролло жорданы обладают рядом несомненных преимуществ. Кроме непрерывности работы жордана, следует еще отметить то обстоятельство, что жорданы занимают меньше места, чем роолы, будучи гораздо производительней последних; далее расход рабочей силы при жорданном помоле значительно меньше, чем при рольном. В отношении удельного расхода энергии жорданы, повидному, также обладают значительными преимуществами. Работами ЦНИИБ например установлено, что при помоле сульфитной целлюлозы, ведение размала в жорданах дает экономию в расходе энергии до 40%. Опыты, проведенные на Новой Ляле, также подтверждают экономичность работы жордана. Жорданы строятся различных размеров и различной производительности. Диаметры конусов для малых моделей составляют 200—300 мм, для больших 600—1300 мм. Длины конусов соответственно 500 и 2050 мм. Потребная мощность также варьирует в широких пределах (от 5 до 300 л. с.). В отношении производительности следует указать, что она в значительной степени зависит от той роли, которую выполняет жордан в процессе размала, характера массы и размера жордана, колеблется по данным Мюллера в пределах от 1,5 до 165 т/24 час.

В случае использования жордана в качестве аппарата для дополнительного размала, он может устанавливаться или между мешальными бассейнами, куда спускается масса из роолов, и мешальными бассейнами, из которых масса подается на машину, или перед песочницей бумажной машины. Многие специалисты предпочитают вторую схему размещения, так как она дает возможность сеточнику бумажной машины самому быстро регулировать качество помола и выравнивать неоднородность его. Кроме того, при такой схеме избегается установка дополнительных насосов.

Помимо мельниц типа Жордана, существует ряд других конструкций, позволяющих, однако, меньшим распространением¹. Несомненно, что размалывающая аппаратура для непрерывного размала, получит большое распространение, особенно при производстве массовых сортов бумаг.

Размол массы существенно влияет на механические свойства бумаги. Как правило, с повышением градуса помола, повышается сопротивление бумаги разрыву и излому. Это повышение может быть весьма значительным—2-х и 3-х кратной величины, по сравнению с показателями для исходной массы. Однако, в большинстве случаев максимум достигается при достижении определенных степеней помола, после которых показатели сопротивления начинают понижаться.

¹ В последние годы в Америке получили распространение дисковые стальные мельницы, снабженные одним неподвижным, а другим вращающимся на горизонтальной оси дисками. Ножи обычно отламываются вместе с дисками и раскладываются в несколько concentрических рядов. Мельницы носят название „рафинеров“.

1. ПРОКЛЕЙКА

От многих сортов бумаги требуется известная водонепроницаемость, а также непроницаемость для чернил. Последнее требуется в первую очередь от обширной группы бумаг типа писчих, применяемых для письма чернилами. В этом случае, помимо непроницаемости, нужно чтобы чернила не расплывались по поверхности бумаги. Придание бумаге указанных свойств достигается путем проклейки. Различают два основных способа проклейки: проклейку готовой бумаги или поверхностную проклейку и проклейку бумаги в массе.

Первый способ осуществляется пропуском полотна или отдельных листов готовой бумаги, через ванну с раствором животного клея и последующей сушкой бумаги на специальных сушильных машинах. До начала прошлого столетия это был единственный способ проклейки, в настоящее время он сохранил свое значение лишь для некоторых специальных высокосортных бумаг, например бумаги для денежных знаков.

Со времени изобретения Иллигом (1805 г.) канифольной или гарпиусной проклейки, последняя быстро получила первенствующее значение и сейчас, говоря о проклейке, обычно имеют в виду только этот способ. Сущность смоляной или гарпиусной проклейки заключается в следующем:

Гарпиус частично или полностью омыляется содой или едким натром. Полученное смоляное мыло, обычно содержащее свободную смолу, разбавляют водой и получают при этом эмульсию, добавляемую в рола. После размешивания массы с канифольной эмульсией („молоком“), в рола дается раствор серно-кислого глинозема, вызывающий коагуляцию эмульсии и образующий с канифольным мылом нерастворимые соединения. Мелко дисперсный осадок нерастворимых алюминиевых солей смоляных кислот и частиц свободной смолы фиксируется при этом на волокно и сообщает ему после сушки определенную степень водонепроницаемости.

Известны два способа приготовления канифольного клея—горячий и холодный. При горячем способе канифоль варится в открытых котлах с содой (в течение 1—2 часов), причем количеством последней регулируется содержание в клее свободной смолы. При последнем омылении канифоли затрачивается около 15% соды (считая от веса канифоли), при этом получают бурый или нейтральный клей. Более экономичен, однако, белый клей, содержащий некое количество (25—30%)¹ свободной смолы. Для получения такого клея затрачивают 10—11% соды. Эмульгирование белого клея в воде требует специальных эмульгаторов, работающих обычно по принципу инжектора (система Арледтера); при буром клее необходимости в эмульгаторах нет, но зато расход клея для достижения той же степени проклейки выше, чем при белом клее.

¹ В последнее время предложены способы приготовления клея со значительным содержанием свободной смолы—способ Бейерса.

Аппаратура для приготовления канифоляного клея горичи способом состоит из открытого котла с паровой рубашкой, эмульгатора и чанов для готовой эмульсии, из которых клей через мерники подается в ролаи или в мешальные бассейны, если проклейка производится в последних.

При холодном способе, канифоль в кусках, диаметром около 5 см, загружается в деревянные колонки, соединенные последовательно. Через эти колонки пропускается при помощи насоса раствор едкого натра (0,5%) омыляющего канифоль. Получаемый раствор канифоляного мыла поступает в сборник, откуда клей расходуется для нужд производства. Холодный клей приготовить проще чем горячий, он не требует расхода пара, расход рабочей силы при нем меньше и, по мнению ряда специалистов, дает заметную экономию в расходе канифоли на проклейку. Однако, практика применения этого клея на ряде наших фабрик показала, что холодный клей зачастую дает эффект расклейки, т. е. степень проклейки бумаги, заклеенной холодным клеем, через некоторый промежуток времени (от нескольких недель до 2—3 мес.) сильно понижается. Повидимому, область применения клея этого типа должна ограничиваться известным ассортиментом бумаг и притом таким, для которых определенная степень проклейки не является одним из основных требований.

Волокнистые полуфабрикаты различно относятся к проклейке; одни проклеиваются легче, другие труднее. Располагая их в порядке возрастающей трудности проклейки, получим ряд: древесная масса, небеленая целлюлоза, беленая целлюлоза, тряпичная полумасса. Повидимому, холодный, клей наиболее уместен для бумаг, состоящих преимущественно из первых двух полуфабрикатов. Большое значение для проклейки имеет качество воды. Большая жесткость мешает проклейке. Воду в таких случаях рекомендуется смягчать и пользоваться при проклейке защитными коллоидами (например, животным клеем).

Белый клей обычно готовится с концентрацией около 20 г/л, бурый (холодный способ) около 40 г/л. Для достижения хорошей степени проклейки, например для писчих бумаг—приходится затрачивать около 2,15—3% гарпиуса, считая от веса абс. сухого волокна. Для слабо клееных печатных бумаг достаточно — 1—1,5% гарпиуса. Глинозем расходуется в первом случае в количестве 3,5—4,5%, а во втором — 1,5—2,0%. Сернистый глинозем поступает на фабрики обычно в готовом виде и приготовление его сводится к растворению глинозема в воде и получению раствора, содержащего обычно около 100 г сернистого глинозема в литре. Для приготовления такого раствора применяют деревянные баки, иногда бетонные, со свинцовой футеровкой, так как глинозем обладает кислой реакцией и нередко содержит свободную серную кислоту.

4. НАПОЛНЕНИЕ И ОКРАСКА

Для придания бумаге большей сомкнутости поверхности, для увеличения гладкости ее, повышения белизны, понижения просве-

чиваемости и улучшения впитываемости типографской краски, — в композицию бумаги вводят некоторые минеральные вещества в состоянии тонкого измельчения. Эти вещества добавляют в рола до или после проклейки. Процесс носит название наполнения.

В качестве наполнителя чаще всего используется каолин, представляющий собой белую глину, применяемую также для изготовления фарфора. Каолин по химическому составу — силикат алюминия. Он встречается в природе в виде залежей. Из каолинов отечественного происхождения наибольшей известностью пользуется Турбовский каолин (УССР). После предварительного отмучивания от песка, выполняемого на месте добычи, каолин направляется на бумажные фабрики, где из него готовят водную суспензию, в виде которой он и вводится в массу в ролаи или в мешальный бассейн. Подготовка каолина заключается в размешивании его с водой, для чего служат глиномешалки или глиномялки, в которых размешивание выполняется валом с зубьями. На некоторых установках после глиномялки суспензия пропускается через сита и песочницы (желоба с поперечными перегородками), для очистки от остатков песка, всегда содержащегося в каолине. Далее суспензия (содержащая 200—250 г/л каолина) идет в мешальные резервуары и из них через мерники в ролаи. В бумаге удерживается лишь 40—50% каолина, добавленного в массу, остальная часть его проходит с водой сквозь сетку бумажной машины. На удерживаемость каолина, влияет степень размола массы (чем жирнее размол тем выше удерживаемость), плотность бумаги или вес в 1 м² (чем плотнее и толще бумага, тем выше удерживаемость), свойства полуфабрикатов (тряпичная масса лучше удерживает каолин) степень и характер проклейки (небольшой избыток глинозема повышает удерживаемость). Дача наполнителя перед проклейкой повышает удержание каолина.

Степень наполнения бумаги характеризуется зольностью ее. Для примера укажем, что зольность печатных бумаг равна, примерно, 12—16%, писчих 6—8%. В некоторых специальных печатных бумагах, например бильярдных (тонкая печатная бумага для компактных изданий) зольность доводится до 25—30%.

Вместе с тем отметим, что с повышением зольности бумага становится мягче и механическая крепость ее понижается.

Кроме каолина для наполнения применяют гипс, тальк, барит, иногда мел и магнезию, но эти наполнители применяются значительно реже каолина. Основное требование, предъявляемое к каолину наряду с высокой белизной и высокой дисперсностью, — минимальное содержание песка. Последний ведет к образованию в бумаге дырочек.

Окраска бумаги производится обычно в ролаи растворами анилиновых красителей (соответственно образцу, прилагаемому к заказу на бумагу). Главная трудность окраски заключается в подгонке цвета бумаги под образец и выдержке постоянства тона на протяжении выработки всего заказа. Кроме собственно окраски, большинство белых бумаг приходится подвешивать или нюансировать.

Бумажная масса обычно не обладает чисто белым цветом, а имеет обычно слегка желтоватый или красноватый оттенок. Вводя в массу небольшое количество красителя, цвет которого является дополнительным к цвету массы, удается значительно повысить белизну бумаги. Чаще всего в этих случаях приходится прибегать к синим красителям.

5. КОМПОЗИЦИЯ БУМАГ И РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ЗАРЯДКИ В РОЛЛЫ

Свойства и состав (композиция) большинства вырабатываемых в Советском Союзе бумаг определяются стандартами, утвержденными правительственными органами. Во всяком случае для ходовых сортов эти стандарты уже разработаны, и фабрики руководствуются ими при выработке того либо иного сорта бумаги. Для примера укажем, что в отношении волокнистых полуфабрикатов и наполнителей писчей бумаги должны обладать нижеследующим составом (ОСТ 5270):

Таблица 23

	Номера бумаги			Допускается
	1	2	3	
Целлюлоза белая в %	100	50	—	± 1%
Целлюлоза небелая	—	—	35	
Древесная масса	—	50	65	
Зольность	8	8	8	

Для газетной бумаги (ОСТ 4554) предусматривается содержание древесной массы не меньше 70%, небеленой целлюлозы не выше 30%. Зольность — естественного волокна (практически 0,5—1%). Состав печатных бумаг по волокну тот же, что и писчей. Различие их заключается в меньшей степени проклейки и большей зольности. Во многих случаях приходится при различных подсчетах решать задачу о количестве материалов, подлежащих зарядке в роллы для выработки определенного количества бумаги. Так как подобная задача представляет известные трудности, то приведем пример подобного расчета.

Подсчитаем количество материалов, подлежащих загрузке в ролл для выработки 1 т нетто вод.-сухой писчей бумаги.

Количество волокна (вод.-сухого — т. е. для которого влажность условно принято считать равной 12%) определяется формулой:

$$X = 1000 - a - b - c - d - \frac{1000 + d}{100} \cdot \frac{100}{88}$$

где: a — содержание влажности в бумаге. Обычно она равна 6%, т. е. в 1 т бумаги будет 60 кг воды;
 b — зольность бумаги. Для писчей бумаги примем ее равной 8%, тогда в 1 т воды будет 80 кг;
 c — содержание воды в волокне. Примем равным 0,50%, что даст 5 кг;
 d — содержание гарпунуса в бумаге. Условно принято считать, что удерживается весь гарпунус, введенный в ролл. Для писчей бумаги примем содержание гарпунуса в 2,5%, что на 1 т даст 25 кг;
 e — проволочная бумага, т. е. безосновательная которая ее в сточных водах. Примем ее равной 20 кг на 1 т.

При этих условиях:

$$X = 1000 - 60 - 80 - 5 - 25 - \frac{1000 + 20}{100} \cdot \frac{100}{88} = 962 \text{ кг}$$

($\frac{100}{88}$ множитель для перехода от абс. сухого волокна к вод.-сухому.)

Количество потребного вод.-сухого каоллина при условной влажности его в 12% и удержания 40% составит:

$$\frac{80 - 5}{0,88 \cdot 0,4} = 213 \text{ кг}$$

Количество вод.-сухого гарпунуса будет:

$$\frac{20}{0,88} = 22,8 \text{ кг}$$

Кроме указанного количества волокна в ролл придется давать и весь так называемый оборотный брак, получающийся в процессе изготовления бумаги, и вновь направляемый на переработку.

6. ОТАНЬ БУМАГИ. ПОДАЧА БУМАЖНОЙ МАССЫ НА САМОЧЕРПКУ

Для эффективной работы бумажной машины необходимо в первую очередь обеспечить совершенно равномерную подачу массы однородного качества. Для этого следует создать перед машиной некоторый запас массы. Вместительнее для подобного запаса служат мешальные бассейны или мешальные роллы. Эти бассейны или роллы вмещают массу из нескольких массных роллов, благодаря чему неоднородность ее сглаживается и обеспечивается снабжение машины на известный отрезок времени массой, однородной по качеству. В этих же мешальных роллах происходит зарядка или использования одного из компонентов (например древесной массы) без размола. Здесь же на некоторых предприятиях производят проклейку и наполнение массы. Устройство пропеллерного мешального ролла сходно с устройством аналогичных роллов, применяемых для отбеливания целлюлозы. Мешальные бассейны бывают двух типов с горизонтальной и вертикальной мешалкой. Первый тип, как обеспечивающий лучшее перемешивание, применяется на всех современных установках. Из мешальных бассейнов или роллов масса насосами перекачивается в машинные бассейны, откуда она подается уже на самочерпку. Между мешальными и машинными бассейнами устанавливают регуляторы концентрации Тримбей.¹⁰ Действие регулятора основано на изменении трения массы о стенки трубы при изменении концентрации. Если смешение компонентов массы производится в мешальных бассейнах, то перед ним обычно ставят и регуляторы композиции Тримбей-Тиббитс,¹⁰ дозирующие количества материалов, подаваемых в бассейн, и создающие таким образом практическое постоянство композиции. В некоторых установках между мешальными и машинными бассейнами ставятся мельницы Жордана. Емкость мешальных бассейнов берется не меньше чем на 3—4 ролла.

Из машинных бассейнов масса подается на самочерпку при помощи черпальных колес или насосом. Устройство черпального колеса показано на рисунке 112.

Форма ковшей, подающих массу, выбрана так, чтобы объем массы, зачерпываемой ковшом, не зависел от уровня массы в мешальном чану (черпак Штейнбока). С подающих ковшей масса выливается в регулирующий лоток с подвижной задвижкой, установкой которой можно регулировать количество массы, идущей на самочерпку. В тех случаях, когда масса подается из машинного бассейна, то равномерность подачи обеспечивается устройством ящика с переливом избытка массы обратно в машинный бассейн. Так как масса подается насосом в переливной ящик всегда в некотором избытке, то уровень ее в ящике всегда держится на постоянной высоте и, следовательно, поступает на машину при

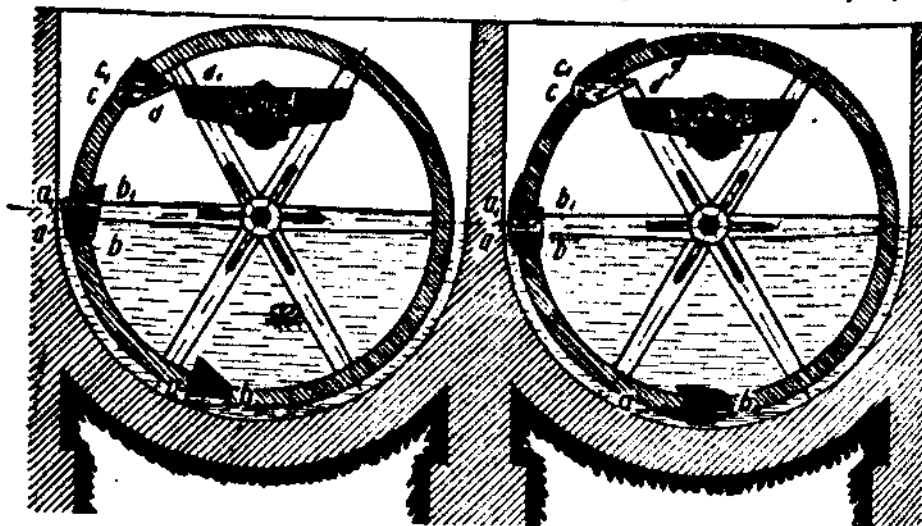


Рис. 112. Черпальное колесо.

постоянным напоре. После переливного ящика масса поступает в смесительный бачок, иногда пройдя на пути между ними жордан. В смесительном бачке происходит разбавление массы обратной водой, т. е. водой, содержащей волокно и наполнители: эта вода собирается под сеткой машины. Концентрация массы в машинных бассейнах обычно равна 2—3%, в то же время для успешного отлива необходимо, чтобы концентрация равнялась 0,3—1,0% (в зависимости от плотности и сорта бумаги). Это разбавление производится в смесительном бачке, устройство которого должно, помимо хорошего перемешивания, обеспечивать и минимум пенообразования, портящего бумагу.

Разбавленная масса перед поступлением на сетку должна подвергнуться очистке от посторонних тяжелых примесей, а также от сплетений волокон и крупных кусочков полуфабрикатов, по тем или иным причинам образовавшимся в массе или сохранившимся в ней при размоле. Для первой из указанных целей применяются

песочницами, принцип действия которых такой же как и песочниц, применяемых для очистки целлюлозы от сучков и непровара. На быстроходных самочерпках, например вырабатывающих газетные бумаги, песочницы вообще не ставятся.

На некоторых машинах, преимущественно вырабатывающих высокосортные тонкие бумаги (филлигран, конденсаторные), а также бумаги, требующие исключительной чистоты (фотоподложка), вместо песочниц для чистки массы от тяжелых загрязнений применяют центрофуги Эркенса, называемые обычно эркенсаторами. Устройство эркенсатора показано на рис. 113.

Масса поступает по центральной трубе в нижнее отделение центрофуги, а затем поднимается вдоль внутренних стенок камер к выходной дроссельной щели и в кольцевую камеру. Отсюда масса через А идет дальше. Тяжелые загрязнения — частицы металла, песчинки и т. п. под влиянием центробежной силы отбрасываются к стенкам камер центрофуги и удерживаются здесь в слое волокон, прилипающего к стенкам во время пуска эркенсатора. Периодически эркенсаторы останавливаются и промываются; они устанавливаются по несколько штук на одну самочерпку (один из эркенсаторов в резерве) для обеспечения непрерывности работы при периодической промывке очередного эркенсатора. Производительность эркенсаторов невелика. Более мощная модель II пропускает в час около 20 м³ массы. Благодаря этому эркенсаторы до сего времени применялись лишь при сравнительно небольших самочерпках. Потребная мощность двигателя для такого эркенсатора равна 6,5 л. с.

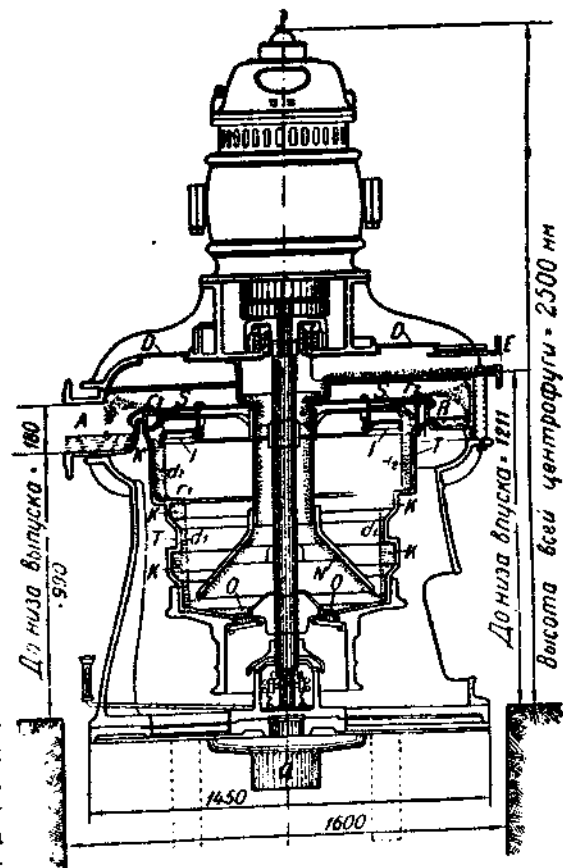


Рис. 113. Эркенсатор.

Для очистки массы от сравнительно легких загрязнений в первую очередь от „узлов“, т. е. от сплетений волокон и частиц неразмоленной массы, применяются очистители или узололовители различных типов. В этих машинах массу заставляют проходить через узкие прорезы („шлицы“), сделанные в бронзовых плитах или цилиндрах. Величина шлиц берется в соответствии с сортом вырабатываемых бумаг. Для наиболее тонких, например папиросных, ширину шлиц делают равной 0,3 мм, для грубых оберточных бумаг эту величину повышают до 1 мм. Масса, проходя сквозь шлицы, оставляет на их краях все крупные частицы, непрерывно удаляемые тем либо иным способом.

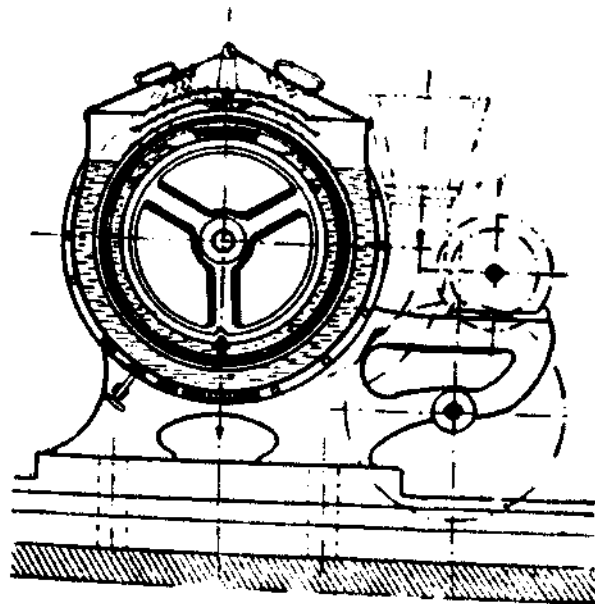


Рис. 114. Узололовитель.

Узололовители можно разделить на 2 типа: 1) плоские, 2) цилиндрические вращающиеся. Первые по конструкции аналогичны плоским сортировкам для целлюлозы. Производительность их сравнительно мала, вследствие чего эти узололовители применяются, главным образом, на малых самочерпках и на больших самочерпках для вторичного сортирования (отходов). Большим распространением пользуются вращающиеся цилиндрические узололовители. Последние можно подразделить на 2 группы: а) узололовители с сотрясающимися при вращении цилиндрами и с ходом массы внутри цилиндра наружу; б) узололовители со спокойно вращающимися цилиндрами и с ходом массы как внутри цилиндра, так и наоборот. В первой группе узололовителей прохождение массы сквозь шлицы стимулируется сотрясениями самого цилиндра, во

второй группе это достигается благодаря колебаниям специальных крыльев, помещенных в ванну узололовителя, качаниями самой ванны или сотрясением специальных цилиндров, помещенных внутри сортирующего цилиндра. На рис. 114 изображен подобный узололовитель. Масса поступает внутрь сортирующего цилиндра и под влиянием колебаний внутреннего пустотелого цилиндра проходит сквозь шлицы наружу в ванну и из нее на самочерпку.

Узелки, осевшие на шлицах, смываются водяными sprysками, помещенными над цилиндром, в сточный желоб, проходящий параллельно оси цилиндра и расположенный в верхней его части. Подобные узололовители строятся различных размеров с цилиндрами диаметрами от 0,8 до 1,2 м при длине от 2,0 до 2,5 м.

Суточная производительность зависит от размеров цилиндра и величины шлиц. Она изменяется в пределах от 12 до 40 т.

Потребная мощность незначительна—порядка 2—3 л. с.

Сеточная часть столовой самочерпни

Бумагоделательная машина столового типа состоит из трех основных частей: сеточной, прессовой и сушильной. Сеточная и прессовая часть объединяются общим наименованием „мокрая“ часть. На сеточной части, основным элементом которой является бесконечная сетка, происходит отлив листа, т. е. образование бесконечного полотна бумаги из разбавленной водой массы, подаваемой на сетку. Попадая на сетку, вода начинает отфильтровываться сквозь нее, а волокна, задерживаясь на поверхности сетки и переплетаясь между собой, образуют слой влажной бумаги. Для обезвоживания этого слоя в конце первого (регистрающего) участка сетки, на котором собственно и происходит отлив бумаги, расположены сифонные ящики или сосуны, в которых поддерживается вакуум.

Эти сосуны, прилегая своей открытой частью к внутренней поверхности сетки, отсасывают из влажного полотна еще некоторое количество воды. Далее сетка проходит между двумя валами, называемыми гауч-прессом, причем в результате давления, оказываемого верхним валом на слой бумаги, из последней отжимается дополнительное количество воды. Гауч-прессом или заменяющим его отсасывающим валом заканчивается сеточная часть самочерпки. Далее сетка, обогнув нижний вал гауч-пресса, идет по сетководущим и натяжным валикам обратно к началу сеточной части, где на нее вновь поступает масса, на этом пути она увлажняется водой из нескольких sprysков. После гауч-пресса влажное полотно бумаги отделяется от сетки и передается на сукно первого мокрого пресса, состоящего подобно гауч-прессу из двух валов. Поддерживаемое сукном влажное полотно бумаги из двух валов. Поддерживаемое сукном влажное полотно бумаги проходит между этими валами, обезвоживаясь при этом под влиянием давления и уплотняясь. За первым мокрым прессом обычно следует еще два подобных же пресса. У каждого из прессов имеется отдельное бесконечное сукно. Из этих трех мокрых прессов обычно и состоит прессовая часть самочерпки. В последние годы появились

сдвоенные пресса (1-й и 2-й). Эти пресса составлены из 3 валов — двух нижних и одного общего верхнего. Далее бумага, содержащая сухого вещества в которой доведено после мокрой части до 30—40%, идет на сушильную часть, состоящую из ряда обогреваемых изнутри паром цилиндров, расположенных обычно в 2 яруса. Бумага обгибает эти цилиндры, причем плотное прилегание ее к поверхностям цилиндров обеспечивается бесконечными сушильными сукнами.

Под влиянием нагрева из бумаги испаряется оставшее количество воды, и она покидает сушильную часть, содержа лишь 5—6% влаги. В конце сушильной части расположен накат, на котором бумага наматывается в рулоны. Такова общая схема бумажной машины столового типа (рис. 115).

Масса подается на сетку у грудного вала посредством напускного ящика, соединенного с сеткой резиновым фартуком.

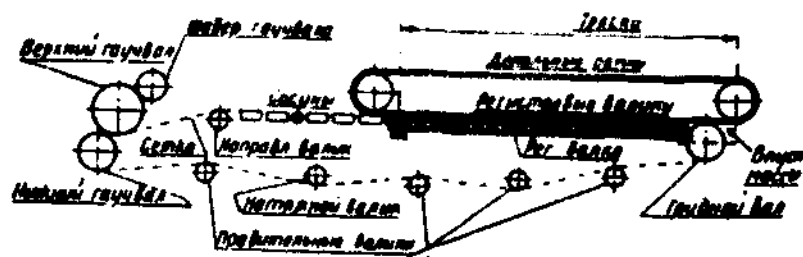


Рис. 115. Схема сеточной части.

Устройство ящика обеспечивает равномерный налив массы по всей ширине сетки. Для того, чтобы иметь возможность вырабатывать бумагу с хорошим просветом, т. е. достаточно однородную по структуре и одинаковой толщины по всей ширине машины, ее надо подавать на сетку под известным напором с определенной скоростью и ровным слоем. Этот напор создается при помощи 3 линеек, располагаемых поперек сетки. Линейки образуют подобие запруды. Регулируя положение линеек по высоте, можно изменять и напор массы, а следовательно, и скорость ее истечения на сетку.

На современных мощных самочерпках линейки заменяются ящиками высокого напора, истечение массы из которых регулируется особой линейкой, позволяющей изменять величину отверстия щели, выпускающей массу на сетку. На рис. 116 показана схема подачи массы с помощью линеек, а на рис. 117 — с помощью напорного ящика.

Для того чтобы масса не могла стекать с кромок сетки, вдоль обеих кромок сетки идут резиновые декальные ремни, движущиеся вместе с сеткой. Изменяя расстояние между декальными ремнями, можно увеличить или уменьшить и ширину полотна выработываемой бумаги.

На новых мощных самочерпках декальные ремни заменены неподвижными декальными линейками.

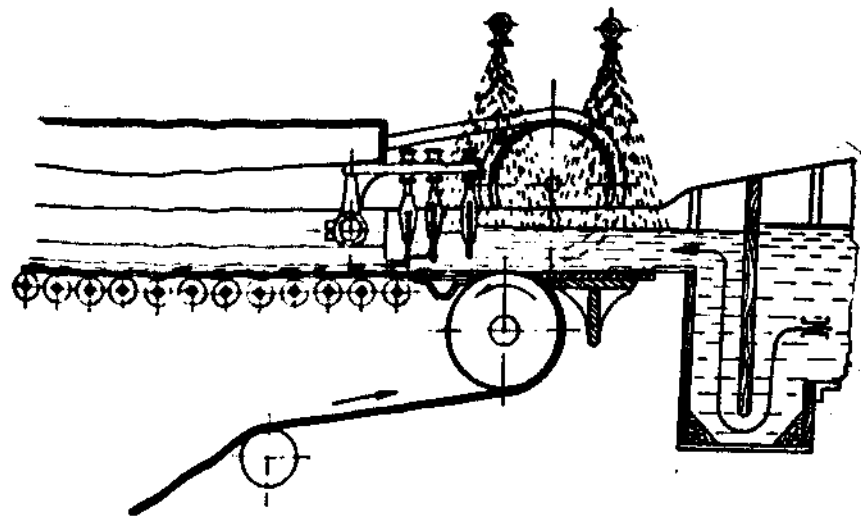


Рис. 116. Напускной ящик.

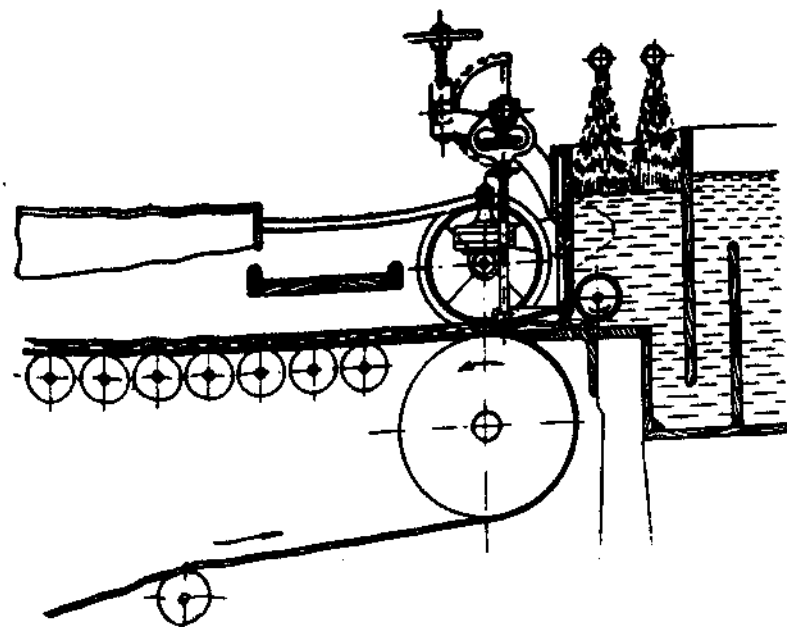


Рис. 117. Напорный ящик Фойта.

Для поддержки сетки в горизонтальном положении, между грудным валом и сосунами располагаются регистровые валки.

Эти валики, кроме того, облегчают обезвоживание, так как при вращении их во время хода машины они отсасывают капли воды из под сетки.

Часть машины от грудного вала до сосунов носит название регистровой. В этой части собственно и формируется полотно бумаги. Для того чтобы создать лучшее переплетение волокон между собой, сетке, наряду с поступательным движением придают еще и возвратно-поступательное движение в поперечном направлении. Это движение, называемое тряской сетки, заставляет часть волокон располагаться не по ходу машины, к чему они стремятся на сетке, а в поперечном направлении. Благодаря этому, в тот момент, когда начинается свойлачивание волокон, они располагаются в различных направлениях, что выравнивает механические свойства бумаги в различных направлениях. Однако, при машинном отливе сопротивление бумаги разрыву в долевом направлении всегда значительно выше, чем в поперечном. В бумагах ручного отлива такого различия не наблюдается. Тряска производится эксцентриковым механизмом. Частота и амплитуда тряски может изменяться в широких пределах (200—350 колебаний в минуту длиной 5—15 мм).

Насос создает в сосунах нужное разрежение, контролируемое вакуум-метром. Рабочую ширину сосуна можно изменять перемещением боковых подвижных перегородок (форматных движков), расположенных у торцевых частей сосунов и изолируемых от проникновения воздуха гидравлическими затворами. Вследствие сильного трения, возникающего между сеткой и сосуном, происходит значительное изнашивание как сетки, так и крышки сосуна. В последней образуются подобие желобков, вследствие прохождения штей сетки всегда по одним и тем же местам.

Это мешает правке сетки, повышает трение и особенно вредно отражается на шве сетки. Для устранения указанного явления сосуны иногда делают подвижными, заставляя их делать возвратно-поступательные движения с амплитудой в 15—20 мм в направлении, поперечном ходу сетки. Некоторые заводы вместо плоских сосунов делают круглые. При этой конструкции сетка соприкасается не с крышкой сосуна, а с вращающимися валиками. До недавнего времени сосуны располагали на известном расстоянии один от другого, теперь же на многих предприятиях сосуны располагают вплотную (сосуны Гесса); благодаря этому во время прохождения над сосунами всасывание не прерывается, что дает возможность работать при меньшем вакууме, а следовательно, и при ослабленном трении между сосуном и сеткой.

Для выравнивания верхней поверхности, улучшения просвета и лучшего уплотнения бумажного листа применяют легкие сетчатые валики, называемые равнителями или «гутерами». Эти валики кладутся на бумажное полотно между сосунами и поддерживаются открытыми сверху подшипниками.

Если на бумаге хотят получить так называемый «водяной просвечивающийся знак», то для этого прибегают к помощи особого

рисуночного равнителя. Последний представляет собой сетчатый валик, на поверхности которого сделан нужный выпуклый рисунок. Такой валик, катясь по поверхности влажной бумаги и сосунной части, будет оставлять на ней углубленные отиски рисунка, выполненного на сетке валика. Рассматривая бумагу на свет, более тонкие участки, соответствующие линиям рисунка, будут казаться светлее соседних участков. Таким путем можно получить на бумаге любой узор или рисунок.

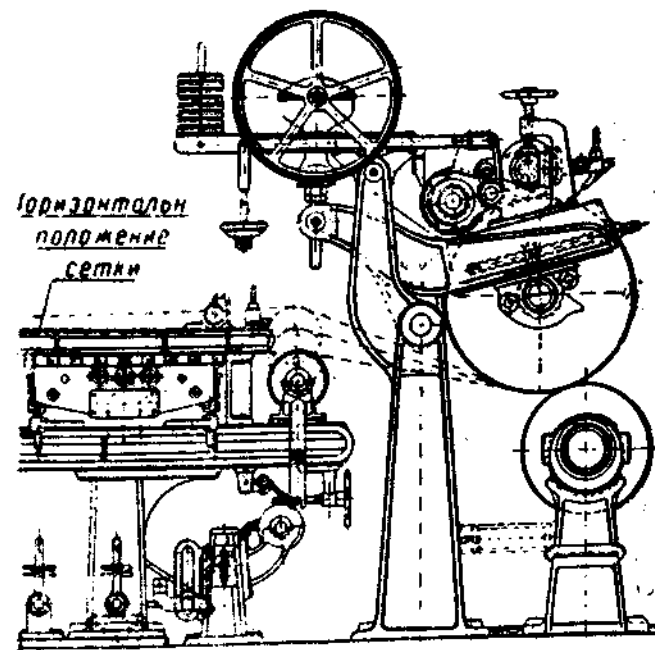


Рис. 118. Гауч-пресс.

За сосунами под сеткой располагается направляющий (правительный) валик, служащий для правки сетки, т. е. удерживания ее от смещения к одному из краев сеточного стола. Такое смещение может вызываться неравномерной натяжкой сетки. Перемещая конец правительного валика в ту либо иную сторону, можно заставить сетку держаться на середине сеточной части машины. На новейших машинах правка сетки производится автоматически.

За правительным валиком сетка, несколько опускаясь, попадает между валами гауч-пресса. Вся сеточная часть приводится в движение гауч-прессом, нижний вал которого вращается трансмиссией или отдельным мотором (рис. 118).

Основная часть гауч-пресса состоит из 2 валов. Ось верхнего вала смещена от оси нижнего на 100—200 мм в направлении противоположном ходу бумаги. Благодаря этому смещению, давление прилагается на влажную бумагу не сразу, а постепенно, что предохраняет ее от раздавливания. Подвеска верхнего вала осуществлена так, что он может несколько приподниматься, кроме того, системой рычагов и грузов можно изменять давление верхнего вала на нижний и тем регулировать степень отжатия бумаги. Верх-

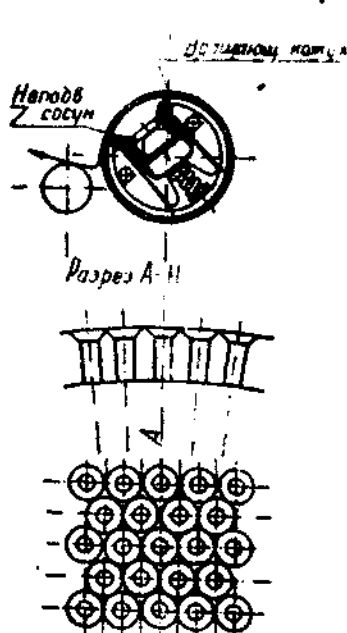


Рис. 119. Вал Мильспо.

ний вал делается чугунным с медной рубашкой. Кроме того, на верхний вал одевается шерстяной, обычно валяный чулок. Нижний вал делается также чугунным с медной или резиновой рубашкой. Все эти мероприятия обеспечивают чрезвычайно мягкое и упругое воздействие на бумагу, необходимое вследствие малой прочности и плотности листа бумаги в этой стадии изготовления. Для очистки чулка от прилипающих к нему волоконцев, клея и частиц наполнителя, на верхней части верхнего вала помещаются спрыск, щеточный и шаберный валики. Щетка счищает загрязнения, а шаберный (скребковый) валик захватывает остатки загрязнений на свою поверхность, с которой они снимаются деревянным шабером и подаются в отводной желоб. Шаберный валик в то же время приглаживает ворс чулка.

Вместо гауч-пресса в некоторых случаях пользуются отсасывающими валами. Отсасывающий вал состоит из вращающегося бронзового

перфорированного корпуса, внутри которого установлена вакуумная камера. По принципу действия такой вал работает подобно сосуну. На рис. 119 показан в разрезе подобный вал конструкции Мильспо. Существуют отсасывающие валы и других конструкций, например, Беллойта. Подобными валами оборудуют быстроходные мощные самочерпки, работающие на скоростях до 450 м/мин.

Обогнув нижний вал гауч-пресса, сетка идет по сетководущим и натяжному валикам обратно к грудному валу. Содержание сухого вещества в бумаге по выходе из гауч-пресса зависит от степени и характера размола массы, толщины бумаги, рода полуфабрикатов и силы прессования; оно колеблется обычно от 13 до 24%.

Сетки обычно ткуются из проволоки, изготавливаемой из фосфористой бронзы. Плотность ткани характеризуется номером сетки. Последним называют число нитей основы на 1 пог. дюйм. При

метрической нумерации, принятой у нас, номер сетки указывает число нитей основы на 1 см. В Америке номером сетки называют число отверстий, приходящихся на ту же единицу длины. Тонкие бумаги вырабатываются на сетках более высокого номера, более плотные и грубые — на сетках низших номеров. Например, для обычной печатной и писчей бумаги пользуются сетками № 60—70. Обложечно-оберточные бумаги вырабатываются на сетках № 45—55. Ширина сетки определяет и ширину полотна бумаги, которое можно выработать на данной машине. Максимальная ширина сетки на столовых самочерпках достигла в настоящее время 8,15 м. Срок службы сеток сравнительно непродолжителен. В наших условиях сетка обычно работает на быстроходных машинах около 2 недель, на тихоходных 3—4 недели и более, после чего ее приходится заменять новой, так как в старой лопаются кромки, шов, образуются складки, отверстия и другие дефекты, препятствующие нормальной эксплуатации машины. Длина сеток также весьма разнообразна и зависит от сорта бумаги, для выработки которых предназначается данная машина, колеблясь в пределах от 14 до 30 м. При этом длинные сетки ставятся на машинах быстроходных с большой выработкой. У нас принято выражать производительность сеточной части съемом бумаги с 1 м² поверхности сеточного стола в единицу времени. Длиной стола считается расстояние между осями грудного и гауч-вала, а шириной — рабочая ширина сетки. Съемы с 1 м² стола весьма разнообразны и зависят от особенностей каждой данной машины и сорта вырабатываемой бумаги. Для характеристики этой величины приведем практические данные по некоторым сортам бумаги. Данные относятся к моменту работы машины во время стахановской декады.

Газетная	52 г/м ² —35 кг/час с 1 м ²
Писчая № 2	65 г/м ² —60 " " 1 "
Кабельная	95 г/м ² —35 " " 1 "
Фильтровальная	75 г/м ² —35 кг с 1 м ² в час
Копировальная	16 г/м ² —10 " " 1 " " "

Выработка также во многом зависит и от работы обслуживающего персонала, что достаточно выявилось в период развития стахановского движения. К сожалению, до сего времени не выработана общепринятая методика определения производительности самочерпок, устанавливаемая сейчас чисто эмпирическим путем.

Прессовая часть столовой самочерпки

Дальнейшее обезвоживание влажного полотна бумаги, выходящего из гауч-пресса, производится на мокрых прессах. Число этих прессов на самочерпке обычно равно 3, редко 4; на некоторых самочерпках, вырабатывающих тонкие бумаги, ограничиваются 2 прессами. По конструкции и действию мокрые пресса напоминают гауч-пресс. Только вместо сетки бумага поддерживается сукнами. Общий вид прессовой части показан на рис. 120.

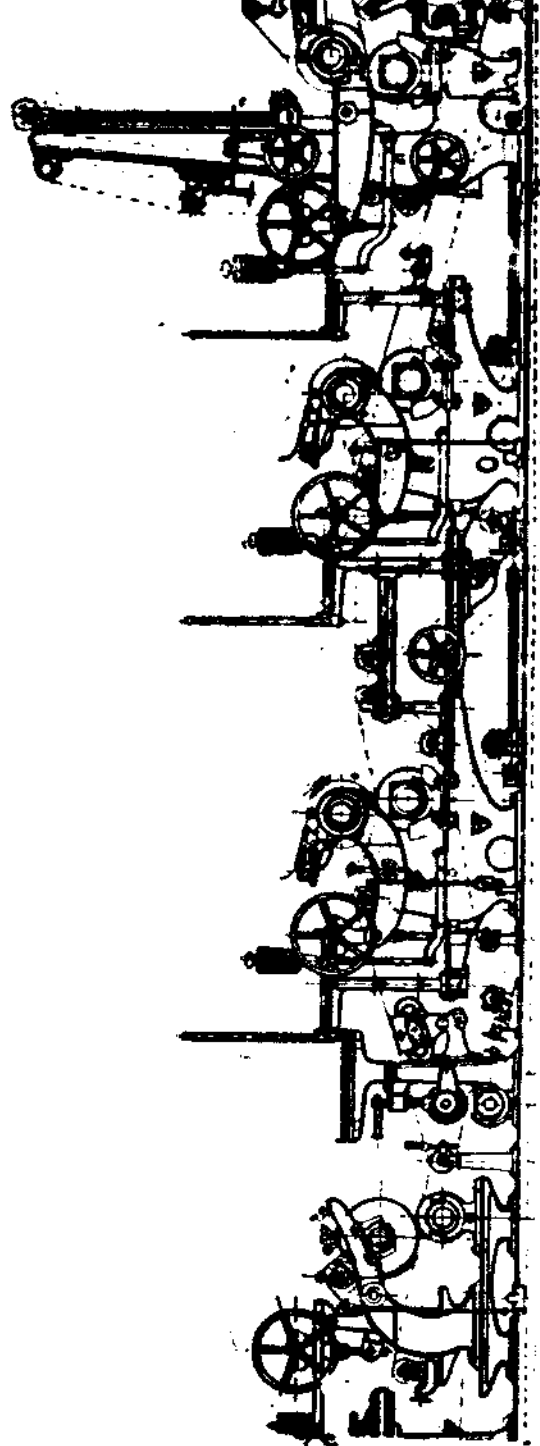


Рис. 120. Прессовая часть.

Подобно гауч-прессу, мокрый пресс состоит из двух валов, между которыми проходит бумага, поддерживаемая сукном. Верхний вал прессы подвижен таким образом, что он может приподниматься, кроме того, система рычагов и грузов дает возможность изменять давление верхнего вала на нижний, чем достигается регулировка степени отжатия бумаги в соответствии с свойствами массы, из которой она вырабатывается, и требованиями, предъявляемыми к бумаге. Верхний вал смещен по отношению к нижнему так же как в гауч-прессе. Только в данном случае величина смещения значительно меньше, составляет 50—80 мм. Для отвода воды, стекающей из прессов, под валами установлены желоба. Последний пресс делается часто обратным, т. е. бумага заправляется в него так, чтобы с верхним валом соприкасалась не верхняя поверхность листа, а нижняя, чтобы придать нижней поверхности большую гладкость, поскольку в предыдущих прессах эта сторона бумаги соприкасалась с шероховатой поверхностью сукна, а не с полированной поверхностью вала.

Нижние валы прессов делаются обычно чугунными с резиновой рубашкой, а верхние из закаленного чугуна или гранита. К верхним валам прилегают стальные шабера—ножи, счищающие с поверхности валов приставшие к ним волокна или слой бумаги, прилипающий к валу во время заправки и при обрывах полотна бумаги.

На быстроходных машинах нижние валы первого, а иногда и второго прессы делают отсасывающими. Давление валов должно возрастать по ходу бумаги, изменяясь приблизительно в пределах от 15 до 30 кг на пог. сантиметр.

При прохождении бумаги через пресса, она поддерживается сукнами, каждый пресс обслуживается отдельным бесконечным сукном. На рис. 121 показаны схемы хода сукон. Последний пресс обратный. Сукна идут по ряду сукноведущих валиков, кроме того среди этих валиков имеется натяжной валик, позволяющий регулировать натяжку сукна, и правительный, назначение которого то же что и правительного валика для сетки, т. е. он удерживает сукно от смещения к какой-либо из сторон машины.

Кроме того, ставят еще так называемые разгонные валики, назначение коих состоит в разравнивании сукна, стремящегося зачастую собираться в складки. На поверхность такого валика напаяется спираль; витки спирали начинаются от середины валика, причем в одну сторону идут правые витки, а в другую левые. Таким образом, получается подобие винта с правой и левой резьбой. Сукно под влиянием этих витков расправляется.

Сукна не только поддерживают бумагу, но всасывают воду, выжимаемую из нее в момент прохождения между валами прессы. В соответствии с тем, что сукно первого прессы должно пропускать больше воды, чем сукно второго и т. д., плотность сукон повышается по ходу бумаги. Так, вес 1 м² сукна для первого прессы обычно 450 г/м², второго 500 г/м², третьего 600 г/м². Сукно при работе довольно быстро загрязняется. Чтобы иметь возможность

в течение более длительного времени работать на одном сукне, его приходится непрерывно промывать. Для этой цели сукно про-

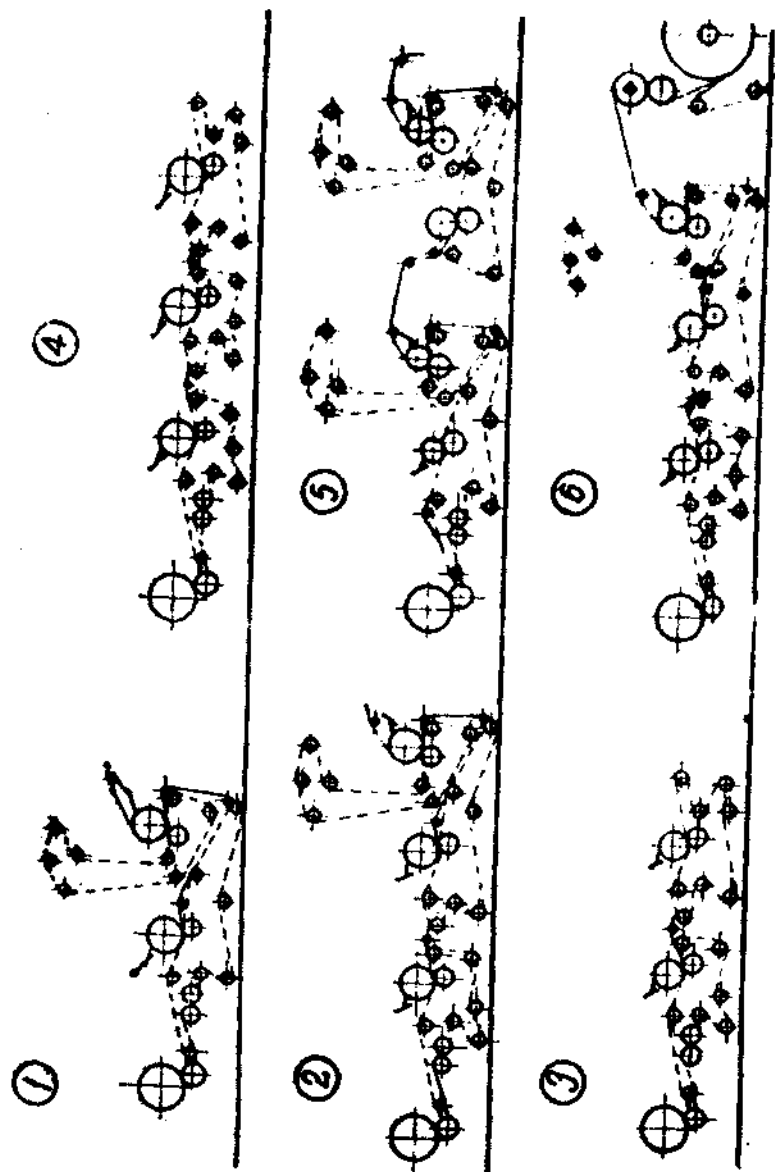


Рис. 171. Схема хода сукна.

пускается через сукномойку, состоящую из sprissa, обильно увлажняющего сукно, и парм валов, отжимающих эту воду. Однако, несмотря на это сукно все же через несколько дней ра-

боты начинает «марать» бумагу, т. е. оставляет на ней отпечаток, портящий внешний вид бумаги. В таких случаях приходится заменять сукно чистым и отправлять грязное на основательную промывку в специальных сукномойках, после чего оно может быть вновь использовано на машине. Заправка бумаги в прессовую часть на большинстве машин выполняется вручную. При заправке сеточник отделяет на лицевой стороне машины от полотна бумаги, сходящего с сетки, узкую полоску бумаги при помощи поперечной отсечки. Последняя представляет собой сопло, выпускающее тонкую струю воды, и могущее перемещаться по желобу поперек сетки. Отделенная полоска бумаги снимается с сетки ладонью и кладется на сукно первого пресса, увлекающего ее вперед. Когда полоска пропущена через пресса, сеточник передвигает отсечку к приводной стороне машины, благодаря чему заправленная полоска постепенно расширяется и наконец полотно идет в пресс уже полной шириной.

Прессовая часть доводит содержание сухого вещества в бумаге до 26—42%, в зависимости от скорости хода машины, числа прессов, степени помола и толщины бумаги. Степень обезвоживания имеет большое влияние на расход пара при досушке бумаги в сушильной части. Так как сушка паром гораздо дороже (в 10 раз), чем обезвоживание на прессах, то работу прессов следует тщательно контролировать. Для примера укажем, что повышение содержания сухого вещества в бумаге после прессов с 33 до 34%, означает экономию в расходе пара примерно на 5,25%. В этом отношении весьма целесообразна установка отсасывающих нижних валов, как повышающая степень обезвоживания бумаги на прессах. Прессование значительно уплотняет бумагу и повышает ее механическую прочность. Вместе с тем прессование должно вестись так, чтобы не раздавить бумагу, для чего давление в прессах должно нарастать постепенно. Бумаги из садкой массы могут выдерживать большие нагрузки при прессовании, чем из жирной массы.

На некоторых машинах, кроме указанных мокрых прессов, устанавливают после них еще «офсетный» пресс, работающий без сукна.

Этот пресс состоит также из двух валов: чугунного верхнего и обрешеченного нижнего. Офсетный пресс не отжимает воду, а лишь придает бумаге большую гладкость и выравнивает ее толщину. Эти пресса применяются, главным образом, при выработке иллюстрационных бумаг.

Привод прессов осуществляется общей трансмиссией или отдельными моторами. Движение передается нижним валам прессов, верхние вращаются силой трения.

Воды, отделяемые от массы на сеточной части, используются для разбавления массы перед сеткой. Избыток воды может быть использован в рольном отделе или направлен вместе с водами

¹ На быстроходных самочерпках заправка выполняется пневматически, струей сжатого воздуха.

Практически для тех же сортов бумаг, которые были указаны в описании мокрой части, имеем съемы с 1 м² рабочей сушильной поверхности в час:

Газетная 32 г/м ²	7,5 кг час.
Писчая 65	13,0
Кабельная 95	7,0
Фильтровальная 75 г/м ²	8,0
Копировальная 16 г/м ²	3,5

Расчеты производительности мокрой части так же, как и сеточной, базируются в основном на практическом опыте и зависят от целого ряда факторов.

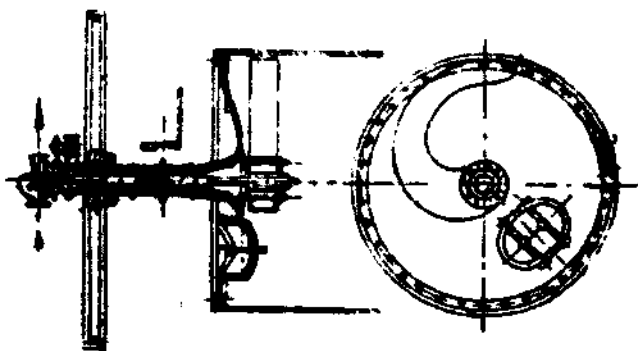


Рис. 123. Паров сушильного цилиндра.

Нагрев бумаги в сушильной части должен происходить с известной постепенностью. Первый цилиндр не следует нагревать выше 50°, в дальнейшем температура может быть постепенно поднята до 100—110°. В конце сушильной части ставится холодильник или сушильный цилиндр, охлаждаемый водой. Охлаждение бумаги производится для повышения ее гибкости и эластичности перед поступлением в машинный каландр или глечер, вследствие происходящего при охлаждении увлажнения. Соблюдение правильного режима сушки весьма важно и для проклейки. Необходимо вести сушку так, чтобы достигнуть температуры бумаги в 70—80°, пока влажность бумаги не упала ниже 50%. Поверхность сушильных цилиндров непрерывно очищается от прилипающих к ней волокон щаберами; загрязнение поверхности понижает коэффициент теплопередачи.

Бумага при сушке дает поперечную усадку, величина которой зависит от рода полуфабриката и характера размола; бумага из жирной массы дает большую усадку (10,0—15,0%), из садкой массы меньшую (2,5—3,0%). В продольном направлении бумага при прохождении с гуча к глечеру обычно вытягивается, причем у наката удлинение может достигнуть 5—9%. Благодаря вытяжке оказывается, что окружная скорость цилиндров должна изменяться

и, следовательно цилиндры следует делать с индивидуальными приводами. Однако, практически достаточно разделить цилиндры на несколько групп по (3—4 цилиндра), причем скорости вращения всех цилиндров каждой группы могут быть равными. Заправка бумаги в сушильную часть выполняется обычно от руки. Лишь на быстроходных новых машинах применяют автоматические приспособления, так называемые канатики „Шихена“.

Чрезвычайно важно правильное устройство вентиляции как всего зала бумажных машин, так и самой сушильной части. В процессе сушки выделяется большое количество паров воды и необходимо принять меры к быстрому и полному удалению этих паров, содержащихся в воздухе. Вместо этого воздуха надо подавать свежий, способный эффективно „растворять“ воду, т. е. воздух с малой относительной влажностью. Такими свойствами будет обладать наружный воздух, если его подогреть. Нельзя давать влажному воздуху распространяться по всему залу, так как достигая потолка и охлаждаясь, влага будет конденсироваться и даст капли, которые будут портить сырую бумагу в мокрой части машины. Существует ряд систем вентиляции бумажной машины, начиная от обычных вытяжных труб, соединенных с колпаком, устанавливаемым над сушильной частью и кончая весьма сложными системами подачи подогретого воздуха и вытяжки его с использованием тепла, уходящего воздуха для подогрева поступающего. Весьма эффективна подача теплого воздуха в те места, или „гнезда“, в которых скапливается пар. Во избежание образования подобных скоплений в последнее время предложено многоярусное вертикальное расположение сушильных цилиндров.

В отношении подачи пара к сушильным цилиндрам отметим, что в большинстве самочерпок, подача производится отдельно в каждый цилиндр от паровой магистрали. Регулировка давления производится вентилями у каждого цилиндра. У новейших мощных самочерпок подача нередко осуществляется по другой схеме. Сушильная часть разделяется на несколько групп, и пар последовательно переходит от группы к группе, проходя перед входом в новую группу через водоотделителей. Пар при этом движется навстречу бумаге.

Большое значение имеет также отделение от пара воздуха. Для этой цели, перед подачей пара в цилиндры, его пропускают через специальные воздухоотделители.

Когда бумага в дальнейшем не будет подвергаться специально лощению, для повышения гладкости ее пропускают в конце сушильной части через сухой глечер или „американку“. Американка представляет набор из 6—10 чугунных валов, установленных в вертикальной станине. Валам пришлифованы и вследствие этого бумага, проходя между валами, становится более гладкой. Так как при этом проходит лишь один из валов американки, а остальные вращаются силой трения, то между валами происходит некоторое скольжение, что усиливает разглаживающее действие; валики в скользящих по станине подшипниках, и давление между валами возрастает

сверху вниз. Заправка бумаги в американку производится либо вручную, либо струей сжатого воздуха.

Для регулирования разглаживающей работы гаслеров на быстросходных самочерпках устанавливают перед гаслером, поперек машины, воздухопровод с подвижными соплами, для местного охлаждения валов гаслера.

Иногда для повышения гладкости бумаги на машинах перед последней группой цилиндров ставят полусухой гаслер. Устройство его напоминает устройство американки, но с меньшим числом валов.

Далее бумага идет на накат, где она наматывается в рулоны. Если бумага после машины пойдет на каландр для лощения, то ее слегка увлажняют водой перед накатом (до $8 \cdot 10^{-4}$). Увлажнение выполняется либо специальными sprays, либо щеточным валком, разбрызгивающим воду. Если полотно бумаги надо разрезать на машине на несколько полос для получения более узких рулонов, то перед накатом ставят особые дисковые ножи.

Из новинок в области сушки укажем на вакуумную сушилку Минтона. Идея этого изобретения заключается в том, что сушильная часть помещается в вакуумную камеру. Сушка происходит при этом под пониженным давлением, благодаря чему понижается точка кипения воды и, следовательно, уменьшается расход пара на сушку.

Современная бумажная машина весьма сложный и громоздкий аппарат, состоящий из ряда отдельных частей, выполняющих различные функции. Достаточно сказать, что за 140 лет, прошедших со времени изобретения бумажной машины, последняя из аппарата, занимавшего всего $4,5 \text{ м}^2$ выросла до машин длиной в 150 м и с сеткой шириной, свыше 8,0 м. Потребная мощность увеличилась с нескольких до многих сотен лошадиных сил. Производительность современных мощных самочерпок достигает 200 т бумаги в сутки, при скоростях, приближающихся к 450 м/мин. Вместе с тем, движение всех частей самочерпки должно быть строго координировано и подаваться тонкой и точной регулировке. Все эти обстоятельства предъявляют весьма серьезные требования к приводу машины. Существует много различных систем приводов, из которых мы укажем лишь на наиболее типичные для наших условий. Привод бумажной машины делится на две части: привод постоянной скорости и привод переменной скорости. Первый обслуживает мешальные чаны, жорданы, мешальные бассейны, улоловители, тряску, массные насосы, насосы оборотной воды и воздушные насосы. От привода переменной скорости работает сеточная, прессовая и сушильная части машин. Необходимо помнить, что эти части машины должны иметь возможность работать при различных скоростях, применительно к сорту вырабатываемой в данное время бумаги. На машинах для высокосортных бумаг отношения скоростей должны изменяться в пределах 1:12, для средних и низких сортов достаточно иметь возможность регулировать ход в пределах от 1:3 до 1:6.

По конструкции приводы переменной скорости можно разбить на две большие группы: а) механические одномоторные и б) электрические многомоторные. В механических приводах энергия передается от одного двигателя (паровая машина, электромотор и т. п.) переменной скорости к отдельным секциям самочерпки при помощи зубчатых колес, канатных, ременных и фрикционных передач. В электрических или секционных приводах каждая секция машины работает от отдельного мотора. Второй тип приводов несомненно совершеннее он допускает гораздо более точную регулировку скоростей, причем синхронизм работы отдельных секций поддерживается автоматически. Современные новые самочерпки в большинстве случаев оборудуются приводами подобного рода ¹².

Другие типы самочерпок

Кроме описанной самочерпки столового типа, пользующейся наибольшим распространением, существует несколько иных типов самочерпок, применяемых для выработки таких сортов бумаги, производство которых на обычных столовых машинах неудобно или невозможно. Среди этих типов самочерпок надо прежде всего отметить кругосеточную или цилиндрическую самочерпку, применяемую для выработки картонов, а также и бумаг, преимущественно толстых. На рис. 124 показан общий вид комбинированной самочерпки. Основное отличие этой машины от столовой заключается в том, что образование бумаги происходит здесь не на плоской, а на цилиндрической сетке.

На рис. 125 показана цилиндрическая сетка со съёмным сукном в большем масштабе.

Основная часть машины представляет полый цилиндр, боковая поверхность которого сделана из сетки. Цилиндр помещен в ванну, причем открытые горловины цилиндра соединены со специальными кольцевыми приливами на стенках ванны при помощи плотных бандажей, не позволяющих массе просачиваться между горловиной и стенкой ванны. Вместе с тем цилиндр может свободно вращаться. В ванну непрерывно подается масса. Вода, проходя сквозь сетку, оставляет на ней слой бумаги, поднимающийся вместе с сеткой по мере ее вращения. На верхней части сетки лежит гауч-вал, охватываемый бесконечным „приемным сукном“. Слой бумаги прилипает к этому сукну и увлекает его дальше. Цилиндрические самочерпки строятся с числом сеток от 1 до 8. При наличии нескольких сеток приемное сукно с прилипшим к нему слоем бумаги с первой сетки идет на вторую и т. д., причем на сукне образуется несколько слоев бумаги. Под влиянием давления гауч-валов на сетках слои не только соединяются между собой, но и слегка отпрессовываются. Пройдя последнюю сетку сукно поднимается вверх и далее идет в прессовую и сушильную части. Иногда в прессах бумага идет между двумя сукнами, причем между мокрыми прессами обычной конструкции и сеточной частью располагают несколько пар легких отжимных валков, так называемых „малых

в виде ролевой, т. е. в виде длинной ленты, свернутой в рулон, или в виде листовой („флатовой“). Как ролевая, так и флатовая бумага могут выпускаться как в виде лощеной, или каландрированной бумаги, так и в виде бумаги машинной гладкости, т. е. той степени гладкости, которую бумага приобретает на бумажной машине. Если бумага должна подвергаться дополнительному лощению, ее увлажняют перед накатом бумажной машины (до 8—10%) и затем дают отсыреть в сырлке в течение нескольких дней, для равномерного распределения влаги. Увлажненная бумага приобретает лучший лоск при каландрировании, нежели сухая.

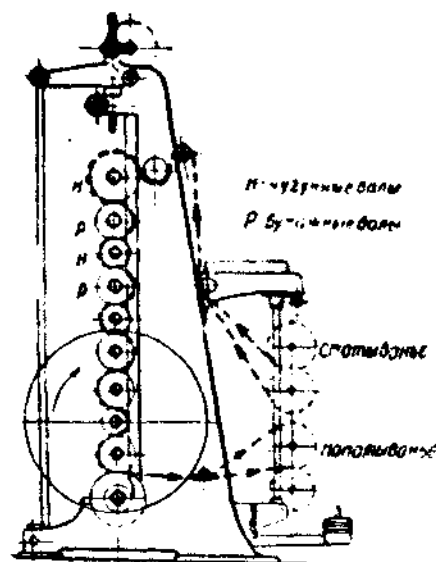


Рис. 126. Каландр.

Лощение или каландрирование производится на специальных станках, называемых каландрами. По конструкции каландры напоминают „американку“, описанную в разделе о бумажной машине. В вертикальных станинах в скользящих по особым направляющим подшипникам, устанавливается набор из 5—16 валов. В отличие от американки не все валы изготовляются из закаленного „кожального“ чугуна, а лишь некоторые. Часть валов делается из бумаги (рис. 126).

Бумажный вал состоит из стального сердечника, на который надевается набор кружков, вырезанных из специальной бумаги, в композицию ее входят трипичная полумасса и шерсть. Этот набор кружков зажимается с большой силой на сердечнике

между двумя стальными дисками, давлением пресса в 300—500 ат и после этого отделяется на токарном и шлифовальном станке, для придания поверхности вала нужной формы и гладкости. В каландре чугунные и бумажные валы чередуются. От двигателя приводится лишь один из валов каландра, обычно третий снизу, остальные прижатые к нему силой тяжести вращаются вследствие трения, при этом происходит некоторое скольжение валов. Чугунные валы делают полыми, и изнутри могут обогреваться паром. Нагрузку на валы можно усиливать при помощи системы рычагов и грузов, давящих на подшипники верхнего вала. Работа каландра напоминает работу утюга. Роль утюга выполняют чугунные валы, мягкой подстилки — бумажные валы. Скольжение между валами аналогично скольжению утюга по разглаживаемой ткани. Бумага заправляется между валами сверху и, обогнув поочередно все валы, наматывается в рулон на той же стороне каландра, на которой помещается валик нелоще-

ной бумаги. Каландры работают обычно при двух скоростях. На малой скорости (10—20 м/мин.) каландры работают при заправке, после которой каландр переводится на большую или рабочую скорость, достигающую на современных каландрах 300 м/мин.

Если ролевая бумага идет в продажу в виде бумаги машинной гладкости, то после самочерпки она пропускается через сортировочный станок¹, а затем через продольно-резательный накатный станок. На первом из указанных станков бумага перематывается из рулона на новый патрон, причем дефектные участки полотна удаляются и обрывы бумаги аккуратно склеиваются. Иногда эти операции выполняются на втором, т. е. продольно-резательном накатном станке, основное назначение которого — перемотать бумагу из машинного неплотного и неаккуратного рулона в плотные катушки шириной, соответствующей заказанному формату. При этом полотно бумаги приходится обычно подвергать продольной резке, выполняемой дисковыми ножами. Плотная намотка необходима для предохранения бумаги от порчи при транспортировании, отсутствие обрывов так же как и аккуратность намотки обусловлены требованиями, предъявляемыми к бумаге, идущей преимущественно для ротационной печати, в которой эти дефекты приводят к получению брака. На перемотно-резательных станках бумага перематывается с деревянных гильз или металлических тамбуров на бумажные гильзы. После перемотки, бумага пакуется в оберточную бумагу вручную или на специальных станках, а затем идет на склад готовой продукции.

Флатовая бумага после каландрирования или сразу после машины (в случае выпуска бумаги машинной гладкости) поступает на саморезку — станок, разрезающий бесконечное полотно бумаги на листы нужного формата.

Различают два основных типа саморезок: а) гильотинная (саморезка Верни), б) ротационные или барабанные. Гильотинная саморезка — старейшая по конструкции — обладает меньшей производительностью, но зато дает более точный отрез. Она применяется преимущественно на фабриках с небольшими самочерпками, вырабатывающими ограниченные количества бумаги.

В этих саморезках подача бумаги под нож гильотинного типа осуществляется периодически, а в ротационных саморезках бумага движется непрерывно и разрезается вращающимся барабанным ножом. Величина отруба в этих саморезках регулируется числом оборотов ножа. Скорость хода бумаги в ротационных станках доходит до 100 м/мин.² (рис. 127). Рулоны бумаги числом до 18, в зависимости от толщины бумаги и мощности машины, помещаются на особый станок (с правой стороны рисунка). Бумага в 18 (или меньше) слоев заправляется в подающий пресс, состоящий из пары валов, проходя по пути между несколькими

¹ В последнее время сортировочные станки мало применяются.

² Число отрубов у саморезок Верни максимум 40 в 1 мин., у ротационных до 160.

парам дисковых ножей для продольной резки; после подающего пресса бумага попадает под барабанный нож, отрезающий листы нужного формата. После ножа обрезанные листы бумаги падают на бесконечное сушко, передающее их на самокладчик, т. е. приспособление, автоматически укладывающее листы в высокие столбы. На рис. 127 показана ротационная саморезка. Существуют модели с двумя ножами, что даст возможность резать бумагу сразу на два формата.

После резки бумага идет на сортировку, производимую работниками в специальном зале, называемом паккамерой. При сортировке бумага просматривается по-листно и делится на бу-

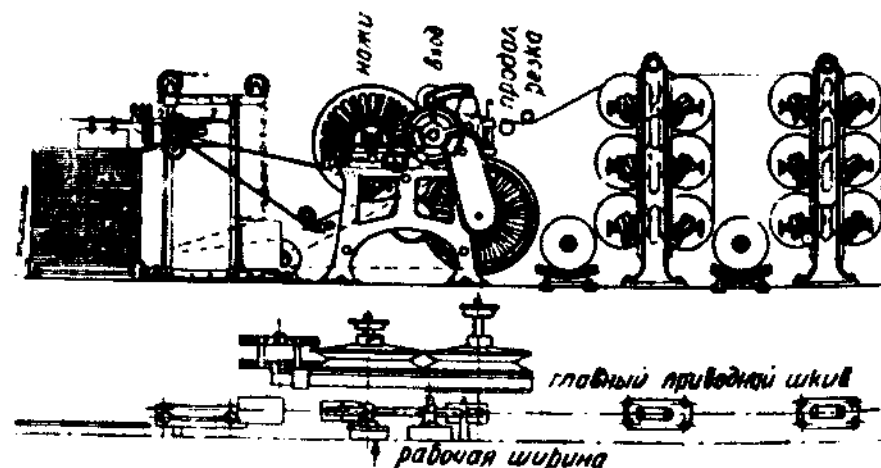


Рис. 127. Ротационная саморезка.

магу I разбора, II разбора и брак. Порядок сортировки определяется сортом бумаги. При высоких сортах производится осмотр каждого листа. Низкосортные бумаги сортируются „в пересыпку“, т. е. сортировка ограничивается быстрым перелистыванием. В первый разбор идет бумага без всяких изъянов, во второй листы с небольшими пятнами, маленькими складками и дырочками, в брак остальное. Опытная сортировщица на бумаге среднего качества с весом 1 м² в 60—80 г может рассортировать до 100 кг бумаги. Весьма важна правильная организация этой работы. После сортировки писчая бумага идет на фальцовку, т. е. на сгиб листов поперек длинной стороны. Согнутые листы собираются тетрадами по 5 листов. Фальцовка выполняется от руки или специальными станками. Бумага, идущая в продажу стопами (в метрической стопе 1000 листов), считается; счет производится ручным способом особыми приемами, позволяющими быстро выполнять эту операцию.

Сосчитанная бумага идет далее в пресса и затем в стопорезку для обрезки кромок, а затем в упаковку. Писчие бумаги закла-

ваются полустопами (по 500 листов) в бумажную оболочку, поверх которой полустопа заворачивается еще наружной сорочкой. Флаговые бумаги обычно пакуются в оберточную бумагу и деревянные щитки. Эти щитки стягиваются полосовым паковочным железом, причем кипа бумаги перед затяжкой железа запрессовывается в гидравлическом прессе.

Упакованные катушки и кипы бумаги маркируются черной краской через трафарет. Указывается наименование предприятия, сорт бумаги, номер кипы, вес, формат, число стоп. В таком виде бумага идет к потребителю.

8. ПЕРЕРАБОТКА БУМАЖНОГО БРАКА

Следует различать два вида бумажного брака: оборотный и покупной. Оборотный брак, получается при производственном процессе на всех станках и машинах, начиная с бумажной. Этот вид брака не загрязнен и переработка его сводится к измельчению и сепарированию на волокно. Значительно сложнее переработка покупного бумажного брака или макулатуры и бумажных обрезков. Макулатура поступает на фабрику обычно в виде бумаги уже использованной для печати и письма. Она в значительной мере загрязнена типографской краской и при переработке без специальной очистки дает бумагу серого цвета. Проблема удаления типографской краски из макулатуры до сего времени не получила полного разрешения. Предложено много способов удаления краски, однако, ни один из них не дает полной очистки. Кроме того, макулатура часто поступает в виде переплетенных книг, сшитых тетрадей, т. е. содержит материалы разного качества, часть которых для производства бумаги вообще непригодна.

Благодаря этому, схема переработки макулатуры должна складываться из следующих операций: а) сортировки, б) сухой очистки, в) мокрой очистки, г) измельчения.

Для оборотного брака надобность в первых трех операциях отпадает. Приходится, конечно, следить за тем, чтобы оборотный брак попадал в композицию бумаги соответствующего качества, например, брак от цветной бумаги не должен попасть в массу для белой бумаги, или брак от бумаги, содержащей древесную массу, не должен попасть в бумагу чисто целлюлозную и т. п.

При сортировке макулатуры бумага разделяется по цвету, чистоте, роду волокна. Кроме того отделяются переплеты, сшивки, скрепки, толстые книги разделяются на тонкие пакки. Все эти операции выполняются вручную, подобно сортировке тряпья. Сухая очистка производится с целью удаления пыли и грязи, для чего используются аппаратурой, сходной с применяемой для сухой очистки тряпья. Применяются вращающиеся сетчатые отпылители, а иногда и волк-машины.

Мокрая очистка должна по возможности удалить краски и загрязнения, не удаляемые сухой очисткой. Кроме того, макулатура при этом размягчается и отпадает надобность в специальном измельчении перед размолом. Обычно мокрая очистка состоит

в варке макулатуры в сферических вращающихся варочных котлах, типа применяемых для варки тряпья. Для варки пользуются либо чистой водой, либо водой с добавкой соды. Последние исследования ЦНИИБ показали, что для очистки макулатуры от типографской краски, повидному, весьма удобны методы флотации, широко применяемые в горнорудной промышленности. Однако, эта методика не вышла еще из стадии опытов лабораторного и полувзаводского характера.

Измельчение как макулатуры, так и сухого оборотного брака, производится на специальных аппаратах, типичными представителями которых являются бегун и бракомолка Вурстера. Мокрый оборотный брак (с гауч-пресса) может направляться непосредственно в роалы, так как он легко сепарируется на волокно.

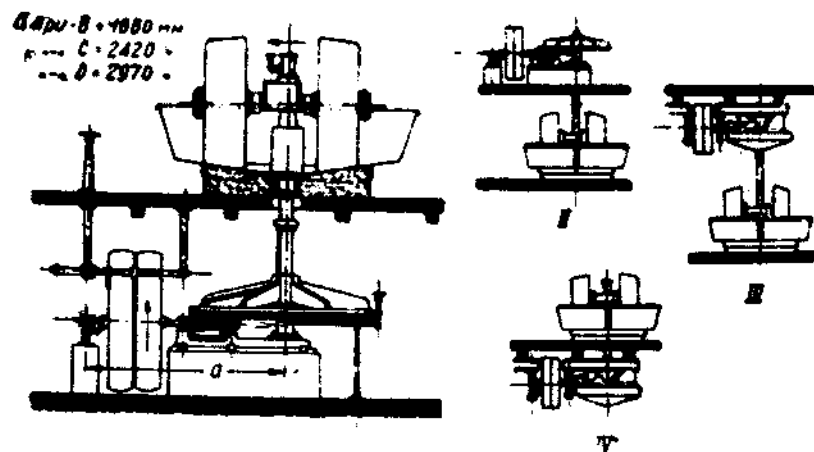


Рис. 128. Бегун.

Бегун состоит из чугунной чаши, дном которой служит круглый гранитный камень «лежак». Через центр лежака проходит вертикальный вал с насаженной на него поперечиной. На поперечине имеются два кривошипа, служащие опорами для двух вращающихся камней из базальтовой лавы. Боковая поверхность этих камней, называемых «бегунками», сделана конической. При вращении вертикального вала, приводимого в движение конической зубчатой передачей, бегунки начинают описывать круги по лежаку, вращаясь при этом, кроме того, и вокруг собственных осей. Бегунки располагаются на неравном расстоянии от вертикального вала, благодаря чему они захватывают различные участки поверхности лежака. Кроме того, происходит некоторое скольжение между бегунком и лежаком. Поверхность камней, для усиления размалывающего эффекта, насаждается. В чашу загружают макулатуру или оборотный брак, увлажняют его водой (содержание сухого вещества 25%). Попадая под камни брак измельчается. Для того чтобы

размалываемый брак все время направлялся под камни, служат скребки, скользящие по дну чаши и направляющие брак под бегунки. По окончании размола открывается заслонка, имеющаяся в чаше, и брак высыпается под действием выгребного скребка, также укрепленного на валу. Измельченный брак направляется в массные роалы.¹

Бракомолка Вурстера показана на рис. 129. Она состоит из кожуха, в котором вращаются с различной скоростью два вала. На валах насажены била и ножи особой формы, расположен-

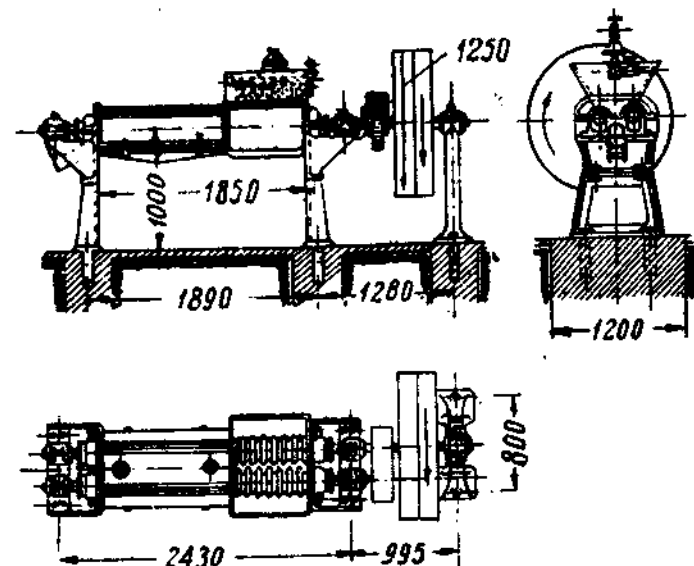


Рис. 129. Бракомолка Вурстера.

ные по винтовой линии. На внутренней поверхности кожуха прилиты ребра, по форме соответствующие ножам или билам. В переднем конце кожуха сделана загрузочная воронка, куда непрерывно подается брак, увлажняемый при этом водой. Попадая между ножами валов и ребрами кожуха, брак перемалывается и выходит из противоположного конца машины.

Производительность бракомолок, в зависимости от их величины и качества бумаги, колеблется в пределах от 150 до 600 кг в час при потребной мощности от 12 до 60 л.с. Бракомолки занимают меньше места, чем бегуны и более производительны; что касается качества измельчения, то предпочтение следует отдать бегунам.

Нельзя не упомянуть еще об одном приспособлении для размола брака — роале непрерывного действия. Такие роалы обычно

¹ Производительность бегунов в зависимости от размеров и качества бумаги колеблется от 2,5 до 13 т в сутки при потребной мощности от 16 до 80 л.с.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СУХОЙ ПЕРЕГОНКИ ДРЕВЕСИНЫ

Под сухой перегонкой дерева понимают процесс пирогенетического разложения древесины без доступа воздуха.

При этом процессе, производящемся, например, в железной реторте, древесина не может сгореть, так как для этого нет кислорода. При углежжении, происходящем в особых кострах или печах, также не происходит полного сгорания древесины по причине недостатка кислорода. В процессе сухой перегонки в реторте, древесина разлагается и претерпевает глубокие химические изменения с образованием газообразных, парообразных продуктов и угля.

После отвода из реторты парогазовой смеси и охлаждения ее в холодильниках, парообразные продукты конденсируются до жидкого состояния: газообразные же продукты охлаждаются и являются отдельным отходом.

Жидкие и газообразные продукты неоднородны по своему составу и представляют собой смеси различных веществ.

Жидкие продукты разделяются на две части: водный дистиллят (иначе называемый в практике жижкой, сырым древесным уксусом, или подсмольной водой) и осадочную смолу.

Главнейшими составными частями водного дистиллята, представляющего собой более или менее темную жидкость с характерным запахом, являются: вода, уксусная кислота, метиловый спирт, ацетон и растворимая смола.

Количественное содержание этих веществ в водном дистилляте, получаемом из березовых дров с влажностью 15—20%, обычно такое: воды 75—80%, метилового спирта и ацетона 3—5%, уксусной кислоты 8—12% и растворимой смолы 5—7%.

Кроме этого, в состав водного дистиллята в незначительном количестве (доли процента) входят и другие вещества, как например, муравьиная, пропионовая и масляная кислоты, алаиловый спирт, формальдегид, фурфурол, этиловый спирт, пиридин и пр.

В состав осадочной смолы входят фенолы: крезол, гваякол и др.; затем бензол, толуол, нафталин, парафин и прочие высшие углеводороды. Кроме этого, в смоле, получаемой из хвойной древесины, например сосны, содержится абетиновая и олеиновая кислоты, скипидар с входящими в его состав пиненом, лимоненом, камфеном, сальвестреном и прочими веществами. Осадочная смола, отделенная от водного дистиллята, содержит в себе также некоторое количество уксусной кислоты, метилового спирта и воды. Газообразные продукты сухой перегонки дерева представляют собой смесь углекислого газа (CO_2), окиси углерода (CO), метана (CH_4), водорода (H_2) и разных углеводородов (C_nH_m). Процентный

состав газов является, примерно, таким (в объемных процентах): углекислого газа около 57%, окиси углерода 32—33%, метана 8,5%, углеводородов 1,8%.

Получающийся в процессе сухой перегонки дерева уголь не представляет собою чистого углерода, так как анализы показывают содержание в нем некоторого количества связанных кислорода и водорода, в виде летучих смолистых веществ.

Таким образом, содержание углерода в угле, получаемом при сухой перегонке, колеблется от 80 до 92%, содержание водорода 2,5—3,5% и кислорода 5—6%, в среднем.

Состав и выход всех указанных продуктов сухой перегонки зависит от породы дерева, от способа перегонки (в ретортах, в печах и пр.), а также от условий термического разложения древесины (скорость процесса, температура и пр.).

В помещенной ниже таблице (табл. 24) приводятся данные о выходах продуктов сухой перегонки из древесины различных пород. Эти данные получены Клазоном в лабораторных условиях работы. Из этой таблицы видно, что выход уксусной кислоты из исследованных хвойных пород составляет 3,19—3,50%, и выход метилового спирта 0,88—0,96%, а из лиственных пород—6,04—7,08%, уксусной кислоты и 1,60—2,07% метилового спирта. Таким образом, лиственные породы дают выход уксусной кислоты и метилового спирта, примерно, в два раза больший, чем хвойные породы.

Известные отклонения в выходах продуктов из лиственной и хвойной древесины имеются также для угля (37,8% из хвойной, 31—35% из лиственной), смолы и других продуктов (табл. 24).

Таблица 24

Выходы продуктов сухой перегонки дерева по Клазону (в % от веса древесины)

Продукты сухой перегонки	Береза	Бук	Сосна	Ель
Уголь	31,80	34,97	37,83	37,81
Газы	CO_2	9,96	10,90	10,13
	CO	3,32	4,22	3,74
	CH_4	0,54	0,47	0,23
	Углеводороды	0,19	0,20	0,59
Уксусная кислота	7,08	6,04	3,50	3,19
Метиловый спирт	1,60	2,07	0,88	0,96
Ацетон	0,19	0,20	0,18	0,20
Растворим. в дров. уксусе смола	8,15	5,89	8,03	7,75
Осадочная смола	7,93	8,11	11,79	8,08
Вода	27,81	26,58	22,27	25,70

Согласно исследованиям Козлова и Васечкина, процесс сухой перегонки дерева в лабораторных условиях имеет известные отклонения от процесса, протекающего в производственных условиях. Эти отклонения состоят в меньшей равномерности прогрева древесины в производственных условиях и большем разложении продуктов, образующихся при перегонке (смола, уксусная кислота). В резуль-

тате этого, выхода продуктов в производственных условиях отличаются от выходов, получаемых в лабораторных условиях.

В помещаемой ниже таблице 25 приводятся данные о выходах продуктов из древесины различных пород, подвергавшейся сухой перегонке в заводских условиях (данные Козлова и Васечкина).¹

Из сравнения таблиц 24 и 25 видно, что при сухой перегонке в заводских условиях получается пониженный выход смолистых продуктов (растворимая и осадочная смола) и уксусной кислоты, вследствие их частичного разложения. В результате этого разложения получают несколько повышенные выходы газов.

Таблица 25

Выход продуктов сухой перегонки в заводских условиях
(в % от абсолютного сухого веса)

Продукты	Береза I	Береза II	Ель	Осина
Уголь	37,66	39,01	41,80	40,27
Газы	14,63	15,23	13,47	13,80
CO ₂	4,80	5,62	4,36	4,82
CO	1,80	1,63	1,55	1,62
CH ₄	0,56	0,46	0,46	0,60
C ₂ H ₆	1,65	1,86	0,81	1,53
Метиловый спирт	4,03	4,62	2,23	3,11
Кислоты	2,92	3,59	3,03	4,48
Смола растворимая	5,37	4,96	4,38	3,60
Смола осадочная	22,77	20,03	23,61	20,00
Вода				

Так как в практике, единицей измерения дров является кубический метр, а не килограмм, то ниже приводится таблица 26 с данными о выходах продуктов сухой перегонки из одного кубического метра древесины. Приводимая таблица составлена Васечкиным и Мишиным, на основании соответствующих пересчетов данных о выходах продуктов в процентах от веса древесины (см. таблицы 24 и 25).

Из данных таблицы 26 можно видеть, что из одного кубического метра березовой древесины должно получаться значительно больше уксусной кислоты, метилового спирта, газов и других продуктов, чем из того же количества сосновой или еловой древесины. В данном случае, конечно, необходимо учитывать повышенный удельный вес березовой древесины, один куб. метр которой содержит 360 кг вещества вместо 267 кг в 1 куб. метре еловой древесины.

¹ См. Труды ЦНИИЛХИ вып. I. «Сухая перегонка дерева», 1933 г., стр. 42.

Таблица 26

Выход продуктов из одного куб. метра древесины

Порода	Вс. 1 куб. метра сухой дерев.	Выход продуктов из 1 куб. метра в кг						Примечание
		Уголь	Уксусн. кислоты	Метил. спирт	Смолы раств.	Смолы осад.	Газы в м ³	
Сосна . . .	293	119,5	11,1	2,58	25,4	37,2	30,0	По Казову (в лабор. услов.)
Ель № 1 . .	267	111,0	9,6	2,84	22,8	23,8	28,3	
Береза № 1	360	126,0	28,3	6,30	92,5	31,7	36,0	
Ель № 2 . .	267	112,0	5,9	2,16	8,1	11,7	35,2	По Козлову и Васечкину (в зав. услов.)
Береза № 2	360	136,0	14,5	5,34	10,5	19,3	50,6	
Береза № 3	360	140,7	16,6	6,70	12,9	17,8	54,8	

Приведенная таблица интересна, но необходимо помнить, что она составлена на основании пересчетов данных, полученных при опытных работах. Практически же из одного кубического метра березовых дров получается уголь 100—110 кг, жижки 260—270 кг, уксусной кислоты — 11—13 кг, спиртов товарных 6—8 кг, из них метилового спирта 2,5—3,0 кг и смолы 20—25 кг. Пониженные выходы продуктов объясняются как заводскими условиями процесса сухой перегонки, так и потерями летучих продуктов, происходящими при переработке жижки на уксусную кислоту и метиловый спирт. При сухой перегонке дерева потери в вопросе понижения выходов продуктов играют большую роль.

В промышленности сухая перегонка дерева обычно производится, главным образом, с целью получения уксусной кислоты и метилового спирта. Другие продукты сухой перегонки являются второстепенными. Что касается тех многочисленных веществ, которые входят в состав водного дистиллата в весьма незначительном количестве, то они почти совсем не используются. Из всего вышесказанного ясно, что наиболее подходящей древесиной для сухой перегонки, является древесина лиственных пород и прежде всего березы, как породы распространенной и дающей достаточно большие выходы уксусной кислоты и метилового спирта. Высокие выходы этих продуктов получаются также из древесины бука, дуба, липы, граба, однако, эти породы, вследствие их меньшей распространенности и большей ценности, для сухой перегонки мало применяются. Употребление хвойных пород для сухой перегонки менее выгодно, чем лиственных, так как выходы уксусной кислоты и спирта из хвойной древесины получаются весьма небольшими.

Однако, хвойные породы с успехом используются в углежжении, главной целью которого является получение угля и при котором уксусная кислота и метиловый спирт являются или побочными продуктами, или же совсем не используются. Получаемый при углежжении уголь находит себе большое применение в металлургической промышленности.

Дрова для сухой перегонки и углечения должны быть достаточно сухими (о значении влажности дров см. далее), так что заготовку их нужно производить заблаговременно, чтобы дрова могли высохнуть до содержания влаги, примерно, 20–25%. Сушка дров может быть естественная и искусственная. Естественная сушка обычно требует много времени (12–24 месяца) и зависит от влажности воздуха, температуры, степени циркуляции воздуха, породы дерева, формы и размеров дров, способа их укладки. Кроме того, при естественной сушке нельзя получить дрова с влажностью ниже 20–25%, тогда как последние исследования показывают, что применение для сухой перегонки дров с содержанием 8–10% влаги может привести к значительному увеличению производительности заводов. Поэтому в настоящее время большое значение имеет искусственная сушка дров, при которой дрова могут быть высушены до содержания 10–12% влаги в несколько дней. Все крупные заводы по сухой перегонке дерева в настоящее время применяют искусственную сушку дров. Последняя производится в специальных сушилках — кирпичных камерах, которые обычно обогреваются отходящими дымовыми газами ретортных топок. Температура сушки дров в начале сушилки 60–80° в конце 180–200°. Длина дров, применяемых для сухой перегонки, зависит от типа реторт и составляет 0,25, 0,5 и 1 метр, при диаметре 12–15 см. Толстые поленья обычно раскалываются. Для углечения применяются дрова длиной 1–2 метра. Для сухой перегонки можно применять как окоренные, так и неокоренные дрова. Однако, окорка дров способствует их лучшему высыханию. Кроме того, окоренные дрова дают жижку с меньшим содержанием смолы, а уголь — с меньшей зольностью, что весьма важно для качества угля. Кора же березы и осины может быть использована для сухой перегонки отдельно с целью получения дегтя, которого она дает свыше 40%.

В сухой перегонке и углечении возможно использование различных древесных отходов, получаемых при лесозаготовках (ветки, верхушки, пни) и при механической обработке дерева (крупные и мелкие отбросы). Использование отходов, однако, имеет свои особенности, о которых будет сказано далее.

Теория сухой перегонки дерева

В процессе сухой перегонки разложение древесины, строго говоря, начинается при температурах немного ниже 100°, однако, в пределах от 100 до 200° реакция идет очень медленно и не имеет практического значения. В дистиллате до 200° оказывается почти одна вода. Однако, при дальнейшем повышении температуры, разложение древесины оказывается более заметным, а при температуре 275° происходит весьма интенсивное разложение с выделением большого количества тепла (экзотермическая реакция). Анализ конденсируемых продуктов показывает, что в это время в водном дистиллате появляются значительные количества уксусной кислоты и ее гомологов, метиловый спирт и другие продукты. После экзотермической реакции образование продуктов термиче-

ского распада начинает уменьшаться. Для практического завершения процесса сухой перегонки необходима температура около 400°, так как выше этой температуры из дерева образуется сравнительно ничтожный процент летучих продуктов.

Таким образом, процесс сухой перегонки протекает в нескольких стадиях или фазах. Согласно исследованию Э. Ф. Юона можно различать следующие стадии процесса:

- 1 стадия 150–200° — процесс выделения воды,
- 2 " 200–280° — выделение CO и CO₂,
- 3 " 280–380° — начало выделения углеводов,

(главный период с экзотермической реакцией) — образование уксусной кислоты, спирта и смолы.

- 4 " 380–500° — выделение углеводов (тяжелая смола),
- 5 " 500–700° — период диссоциации,
- 6 " 700–900° — выделение водорода (дистиллата и газов мало).

Ниже помещается таблица 27 Юона, в которой приводятся данные о количестве и характере продуктов разложения древесины по отдельным стадиям процесса. Данные этой таблицы получены при разложении хвойной древесины в печах Шварца (о них см. далее).

Таблица 27

Таблица Юона

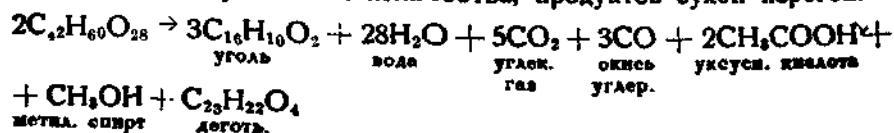
Фазы процесса	Процесс выделения воды	Выделение CO и CO ₂	Начало выделения углеводов	Выделение углеводов	Период диссоциации	Выделение водорода
	1	2	3	4	5	6
Темп. печи С°	150–200°	200–280°	280–380°	380–500°	500–700°	700–900°
Содержание С в угле	60%	68%	78%	84%	89%	91%
Относит. количества газов	68	66,5	35,5	31,5	12,2	0,4
в % объема	30,5	31	20,5	12,3	24,5	9,6
Углеводы	0,0	0,2	5,5	7,5	42,7	80,7
Теплотворная способность газа в кал.	2	3,3	36,6	48,7	20,4	8,7
Конденсируемые вещества	1,100	1,210	3,920	4,780	3,630	3,160
	Пары, воды	Пары, воды и уксусн. кислота	Уксусн. кислота, спирт, легк. смола	Тяжелая смола	Смола и параф.	Незнач. колич. дистиллата
Количество газа	Очень мало	Немного	Значительно		Немного	Очень мало

Из данных таблицы видно, что в первый и второй периоды сухой перегонки в составе газов преобладает углекислота (68—66,5%), тогда как количество окиси углерода оказывается значительно меньшим (30%). Водород и углеводороды в первые стадии перегонки или совсем не образуются, или получаются в весьма небольшом количестве. Однако, с момента экзотермической реакции относительное процентное содержание этих продуктов начинает увеличиваться. При температуре 500° и выше, выделяющиеся газы состоят, главным образом, из водорода и углеводородов, тогда как относительное количество углекислоты и окиси углерода в составе газов сильно уменьшается. Однако, в последние стадии перегонки образуется немного газообразных продуктов, тогда как в промежутке 225—350° образуется наибольшее абсолютное количество газов.

Во вторую стадию процесса вместе с выделением газов наблюдается также образование небольшого количества паров уксусной кислоты и метилового спирта. С момента экзотермической реакции (3 стадия) наблюдается настолько значительное выделение тепла, что его почти хватает для практического окончания процесса, лишь с малым нагревом реторты снаружи. Эта стадия процесса охватывает температуры 280—380° и представляет собой главный период перегонки. При третьей стадии процесса образуются небольшие количества уксусной кислоты и метилового спирта, а также легкой смолы. При температуре выше 380° наблюдается образование сравнительно небольшого количества жидких продуктов перегонки, именно здесь образуется тяжелая смола. Выше 450—500° происходит разложение возникающих летучих продуктов, протекающее при каталитическом воздействии раскаленного угля и металлических стенок реторты.

Ниже приводятся диаграммы, дающие графическое изображение процесса сухой перегонки березовой и сосновой древесины (по Клазону). На этих диаграммах сплошные кривые показывают температуру снаружи реторты, пунктирные — внутри реторты. На абсциссах отложено время перегонки получасовыми периодами, на ординатах направо — температура. Слабо заштрихованные прямоугольники обозначают объемы получаемых в течение получаса дистиллатов (отсчитанные в кубических сантиметрах, слева, вниз). Густо заштрихованные прямоугольники представляют объем горючих (CO , CH_4 , H_2) газов в литрах при нормальных условиях (отсчитаны на ординате наверху, слева). Не заштрихованные прямоугольники показывают объем неспособной к горению углекислоты (рис. 131 и 132).

Клазон, Гейденстам и Норлин представляют процесс разложения при медленном нагревании 1 кг дерева до 400° следующей приблизительной схемой, составленной на основании элементарного анализа древесины и определения количества, продуктов сухой перегонки:



По этой схеме из сухого дерева получается приблизительно:

древесного угля	34,8%
воды	24,9
углекислого газа	10,9
окиси углерода	4,1
уксусной кислоты	5,9
метилового спирта	1,5
смолы	17,7

При нагревании древесины в ретортах без доступа воздуха, входящие в ее состав высокомолекулярные вещества (клетчатка, лигнин, пентозаны, гексозаны) оказываются малоустойчивыми при высоких температурах и распадаются.

Общее направление этого распада таково, что из сложных веществ, обладающих высоким молекулярным весом, образуются более устойчивые и простые вещества, как-то: уксусная кислота, вода, муравьиная кислота, углекислота, окись углерода, метиловый спирт и т. п. Весма характерным для термического распада древесины является отщепление большого количества воды. Благодаря отщеплению соединений, содержащих кислород, состав углеродистого остатка постепенно становится все более богатым углеродом. Образующиеся первоначально продукты могут претерпевать вторичное разложение и давать новые разнообразие вещества. Только для некоторых из подобных сложных превращений мы можем написать схематические уравнения, другие же пока остаются не разъясненными, и мы не знаем

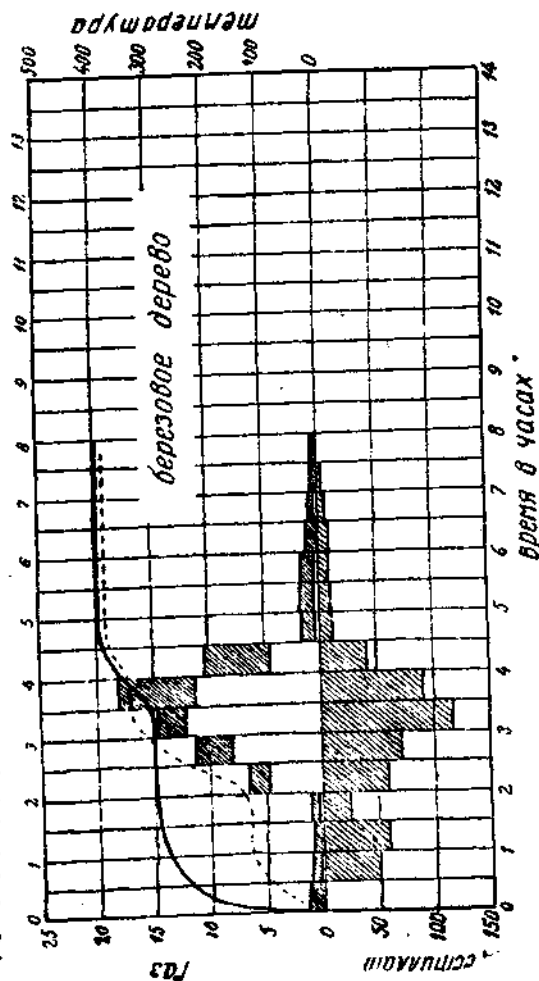
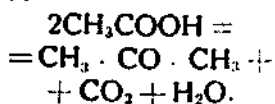


Рис. 131. Графическое изображение перегонки березового дерева.

в точности весьма многих реакций, протекающих при сухой перегонке дерева. Некоторые исследования показывают, что из образующихся органических кислот одною из первых является муравьиная кислота. За нею следует уксусная кислота, появление которой в дистиллате отмечается ранее, нежели появление метилового спирта. Ацетон образуется вероятно за счет разложения уксусной кислоты по уравнению:



Легкая и тяжелая смола, содержащая большое количество труднолетучих продуктов распада, тоже получается в результате разложения древесины и различных перегруппировок.

Влияние отдельных химических составных частей на образование и выход продуктов может быть охарактеризовано в таком виде: целлюлоза и гемицеллюлозы участвуют в образовании уксусной кислоты, смолы, газов и угля, но не участвуют в образовании метилового спирта.

Лигнин при сухой перегонке отличается от целлюлозы, глав-

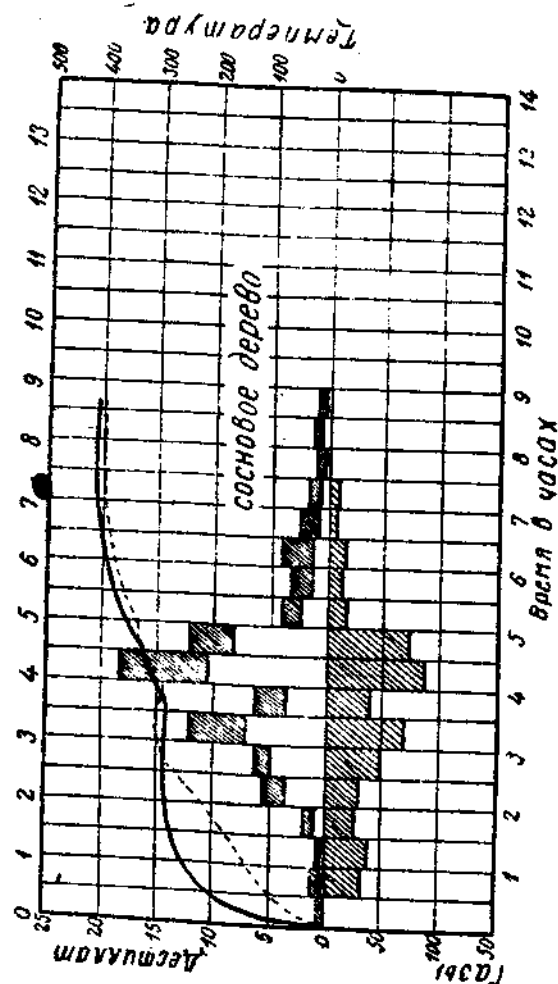


Рис. 132. Графическое изображение хода перегонки соснового дерева.

ным образом, тем, что помимо других продуктов из него образуется также и метиловый спирт, причем образование спирта происходит, главным образом, за счет метоксильных групп (OCH_3) лигнина, путем их отщепления при действии воды и катализаторов при высоких температурах. Согласно исследованиям Хаулея, в образовании метилового спирта участвует только 16% всего метоксильного лигнина, остальное же количество метоксильных групп входит

в образующиеся смолистые продукты, а также участвует в образовании метана. Кроме метилового спирта, из лигнина получается уксусная кислота, газы, смола и уголь, причем последний образуется в большем количестве, чем из целлюлозы и это количество доходит до 50%. Сухая перегонка лигнина происходит так же, как и целлюлозы с выделением тепла во время экзотермической стадии процесса. Степень участия целлюлозы и лигнина в выходах продуктов, по сравнению с древесиной, может быть показана на нижеследующих данных (табл. 28 Клазона). Газ, полученный при сухой перегонке лигнина, более богат горючими веществами и углекислоты содержит довольно мало.

Таблица 28
Сухая перегонка целлюлозы, лигнина и древесины

Продукты перегонки	Древесина сосны %	Целлюлоза сосны %	Лигнин сосны %	Примечание
Уголь	37,81	34,86	50,64	Весовые проценты в расчете на сухое беззольное вещество.
Уксусная кислота	3,19	2,79	1,09	
Метиловый спирт	0,96	следы	0,90	
Смола	8,08	6,28	13,00	
Ацетон	0,20	0,13	0,19	
Состав газов				
CO ₂	56,5	62,90	9,60	Объемные проценты
CO	32,55	32,42	50,90	
Метан	9,23	3,12	37,50	
Углеводороды	1,72	1,56	2,00	

При сухой перегонке сосновой древесины, помимо разложения целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина, происходит выделение содержащихся в древесине смол и скипидара. В начале перегонки скипидар выделяется вместе с водяным паром; при повышении температуры смола начинает плавиться и затем претерпевает разложение. Участие в сухой перегонке дерева пентозанов может быть охарактеризовано данными Бергстрема, полученными при перегонке ксилана. Выход угля в этом случае составлял 37%, кислого водного дистиллата было получено 33,6%, дегтя и масел 11,1%, газов 18,1%. Выход уксусной кислоты составлял 0,29%, муравьиной кислоты — 0,17%.

Исследование водного дистиллата сухой перегонки ксилана показало присутствие в нем значительного количества фурфурола.

В заключение остановимся на термическом разложении древесины при помощи перегретого пара, которое было испытано еще в 1848 году Виолеттом на одном из пороховых заводов Фран-

ции, с целью получения угля. В английском патенте Пура (1919 г.) упоминается о повышенных выходах метилового спирта и уксусной кислоты, получаемых при помощи разложения дерева перегретым паром. Бюттнер и Вислиценус указывают, что при перегонке с паром березовой древесины получается 10% уксусной кислоты, вместо 6—7% при обычной сухой перегонке.

В 1924 г. изучением вопроса разложения древесины перегретым паром (температура пара 275—280°), занялись в СССР (П. А. Бобров).¹ В результате этого изучения выяснилось, что при таком способе разложения древесины достигается получение 12% кислот, в пересчете на уксусную кислоту, из древесины лиственных пород и 7—8% из хвойных. Выходы фенолов были от 2 до 4%, альдегидов до 4% и нелетучих веществ 20%.

В 1934 г. Центральным научно-исследовательским лесохимическим институтом были проведены заводские опыты разложения перегретым паром метровых и полуметровых дров в вертикальных ретортах. В результате этих опытов была показана возможность получения более высокого выхода кислот (на 20—30%), по сравнению с обычной сухой перегонкой. Способ разложения древесины перегретым паром может иметь значение для переработки отходов деревообрабатывающей промышленности. Исследования в этой области продолжают.

Факторы, влияющие на процесс сухой перегонки древесины

Процесс сухой перегонки древесины находится в зависимости от целого ряда факторов: температуры, влажности древесины, скорости разложения и отвода парогазовых продуктов, применения вакуума, давления и пр. В зависимости от этих факторов находятся выхода продуктов и производительность заводов.

Влияние температуры. Температура, при которой протекает процесс сухой перегонки древесины, имеет большое значение для состава и свойств получаемых продуктов, а также их выхода. При температуре 360—400° и выше происходит не только процесс сухой перегонки древесины, но также термический распад продуктов разложения, в том числе уксусной кислоты и метилового спирта, которые расщепляются с образованием газообразных продуктов. Причины этого распада состоят в том, что парогазовая смесь, проходя к выходу реторты, соприкасается с горячим углем, обладающим большой восстановительной способностью, а также с раскаленными стенками реторты, вследствие чего уксусная кислота, метиловый спирт и др. продукты подвергаются распаду, по следующим примерным схемам:

- 1) $\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}$, *укс. к-та*
- 2) $2\text{CH}_3\text{COOH} = \text{CH}_3\text{COSCH}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- 3) $\text{CH}_3\text{COSCH}_3 = \text{CO} + \text{C}_2\text{H}_6$
- 4) $2\text{CH}_3\text{OH} = 2\text{H}_2\text{O} + \text{C}_2\text{H}_4$
- 5) $2\text{CH}_3\text{COSCH}_3 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + 2\text{CO} + 2\text{CH}_4$

¹ См. Труды ЦНИИЛХИ, вып. 5. „Сухая перегонка дерева“, 1934.

Эти побочные реакции могут иметь тем большее место, чем выше будет температура в реторте. Так как наиболее высокая температура в реторте наблюдается в момент экзотермической реакции, то в это время имеется наибольшая опасность распада продуктов сухой перегонки древесины. Поэтому в момент экзотермической реакции обычно покрывают внешней оболочкой реторты и тщательно следят за температурой в ней. С целью быстрого регулирования температуры во время экзотермической реакции, а следовательно, и для повышения выходов уксусной кислоты и метилового спирта, в последнее время предложено вводить в реторту в конце этой стадии водяной пар, или инертные газы. Введение пара влечет небольшое разбавление жижки водой за счет конденсации влаги. Ввод пара в так называемые вагонные реторты (см. далее) в конце операции можно считать целесообразным ввиду лучшего удаления неконденсирующихся газов из реторт, что уменьшает, или вовсе предотвращает хлопок газов при выводе угля из реторт. При рассмотрении значения температуры процесса сухой перегонки древесины, необходимо также иметь в виду, что увеличение температуры в реторте приводит к ускорению процесса разложения древесины, а следовательно, к большей скорости выделения парогазовых продуктов. Скорость прохождения этих продуктов через конденсатор увеличивается, вследствие чего может происходить недостаточное охлаждение конденсата (если поверхность охлаждения конденсатора не рассчитана на максимальную нагрузку) и унос летучих продуктов с конденсирующимися газами.

Потери спирта в этом случае могут составлять свыше 40%.
Влияние влажности древесины. Этот фактор имеет очень большое значение для процесса сухой перегонки древесины, так как большая влажность дров (30% и выше), приводит к замедлению процесса разложения и требует большого расхода топлива на обогревание аппаратов. Вместе с этим получающаяся из древесины с повышенной влажностью жижка (дистиллат), оказывается более разбавленной, так что ее переработка требует повышенного расхода пара и приводит к понижению производительности аппаратов, перерабатывающих жижку. Однако, вопрос о влиянии влажности древесины на выхода уксусной кислоты и метилового спирта еще не может считаться разрешенным в полной степени, так как по этому поводу имеются довольно различные и иногда противоречивые мнения. Трудность ясного разрешения этого вопроса состоит в том, что различная влажность дров, в известной степени, предопределяет различную скорость процесса разложения древесины, а также различные температурные условия процесса. Таким образом, может быть одновременное влияние на процесс сухой перегонки влажности древесины, скорости процесса разложения и температуры процесса. Так например, сухая древесина разлагается с большим выделением тепла в единицу времени, вследствие чего температура в реторте быстро повышается и скорость разложения древесины возрастает. При сухой перегонке влажной древесины процесс разложения протекает медленно. Чтобы

сильно не затягивать процесса удаления воды. обычно усиливают подогрев реторты, что приводит к излишнему повышению температуры, перегреву стенок реторты и к снижению выходов ценных продуктов. Однако, снижение выходов уксусной кислоты и метилового спирта может произойти также и при разложении очень сухой древесины (влажность менее 10%), вследствие слишком интенсивного выделения тепла и связанного с этим повышения температуры. По мнению Кляра, наибольшие выходы ценных продуктов получаются при применении дров с содержанием влаги от 10 до 20%. Намечающееся применение пуска острого пара в реторту, с целью регулирования температуры в момент ее сильного повышения, должно позволить применять весьма сухую древесину (10% влаги и менее), что интересно с точки зрения значительного повышения производительности заводов. Потери ценных продуктов, в этом случае, не должно происходить, поскольку внутри реторты может поддерживаться соответствующая температура (до 400°).

Произведенные Уральским лесохимическим институтом (Козловым и Васечкиным)¹ заводские опыты сухой перегонки дров в вертикальной реторте с различной влажностью показали, что в заводских условиях большая влажность дров не отражается на абсолютном выходе продуктов, если не создавать излишнего перегрева реторты. Что касается хода разложения сухих и влажных дров, то здесь имеется большая разница. Например, при перегонке при известных условиях дров с 35% влаги процесс в вертикальной реторте протекает 24 часа, тогда как процесс перегонки сухих дров продолжается 11 часов. Разложение влажных дров идет более равномерно, чем сухих. В период максимального разложения сухой древесины выделяется в несколько раз больше продуктов, чем в этот же период для влажных дров, так что в этот момент холодильник оказывается сильно перегруженным и не успевает достаточно охлаждать парогазовую смесь. Вследствие этого происходит потери уксусной кислоты и метилового спирта.

Большое влияние влажности дров наблюдается также на концентрации водного дистиллата, который оказывается более концентрированным при применении сухих дров.

Из приводимых в таблице 29 данных Козлова и Васечкина видно, что при сухой перегонке березовых и еловых дров с влажностью 7,55—7,23% получается водный дистиллат с значительно большим содержанием уксусной кислоты, метилового спирта и смолы, чем дистиллат, получаемый при перегонке влажных дров (33—35% влаги).

Однако, не следует концентрацию водного дистиллата смешивать с абсолютным выходом продуктов (о последнем см. выше).

Влияние скорости процесса перегонки. Значение скорости процесса перегонки весьма велико, так как этим фактором, очевидно, будет определяться производительность заводов и оборачиваемость реторт. Полученные в свое время лабораторные

данные показывают, что большая скорость разложения древесины приводит к снижению выхода угля, уксусной кислоты и метилового спирта. Выход же смолы и газообразных продуктов увеличивается. Однако, здесь, повидимому, сказывалось влияние не скорости процесса, а температурных условий и влажности древесины, поскольку все эти факторы тесно связаны между собой.

Таблица 29

Сухая перегонка древесины различной влажности

Порода	Влажность в %	Состав водного дистиллата %				
		вода	кислота	метил. спирт	смола осад.	смола раст.
Береза	35,0	75,51	5,77	2,32	6,2	4,48
Березовый выстил	7,55	48,90	9,38	3,95	15,7	15,10
Ель	33,0	82,25	2,88	1,05	5,65	4,93
Еловый выстил	7,23	54,27	5,43	2,62	20,4	12,51
Осиная	25,06	76,67	4,78	2,35	5,55	6,90

Надлежащее регулирование температуры путем своевременного прекращения топки в момент экзотермической реакции, или же пуск пара в реторту, могло бы предотвратить разложение ценных продуктов.

Поэтому правильно считать, что выхода уксусной кислоты и метилового спирта зависят не от скорости разложения, а от температуры и скорости вывода парогазовых продуктов из зоны раскаленного угля. Таким образом, в вопросе о скорости процесса разложения следует учитывать создающиеся температурные условия и возможность их изменения, в противном случае могут происходить потери ценных продуктов.

Применение вакуума и давления. Сухая перегонка дерева в вакууме имеет теоретическое значение, так как в этом случае разложение дерева происходит не так глубоко и многие вещества не претерпевают вторичного и третичного разложения. Согласно имеющимся данным, при применении высокого вакуума выход смолы сильно увеличивается, а количество угля, наоборот, уменьшается. Несколько увеличивается при применении вакуума выход уксусной кислоты и весьма сильно увеличивается количество муравьиной кислоты. При высоком вакууме совершенно не получается ацетона. Ниже приводятся данные о сухой перегонке дерева в вакууме и при нормальном давлении (табл. 30).

¹ Выстилом называются дрова, помещаемые на под углемыгательных почей Шварца. Согласно данным Козлова и Васечкина, выстил представляет собой мало изменяющуюся и хорошо высушенную древесину.

¹ См. Труды ЦНИИЛХИ, вып. I. „Сухая перегонка дерева“, 1933 г. (стр. 5).

Таблица 30
(сухая перегонка дерева в вакууме)

Давление	Уголь в %	Смола в %	Уксусн. кислота в %	Муравьи. кислота в %	Метилов. спирт в %	Ацетон в %
Вакуум (0,01 мм).	19,38	43,66	7,05	2,40	—	—
Вакуум (5 мм)	19,54	37,18	7,05	2,30	1,20	0,03
Атмосф. давление.	33,18	10,10	6,58	0,55	1,51	0,22

Влияние давления, которое в заводской практике, собственно, не применяется, изучалось Пальмером. Согласно полученным этим автором данным для древесины клена и березы, увеличение давления в реторте приводит к некоторому снижению выходов уксусной кислоты и значительному снижению выходов смолы. Выхода же угля и газов увеличиваются. Ниже приводится табл. 31 с соответствующими данными Пальмера для одного из изученных им образцов древесины (мелкие кусочки березовой древесины).

Однако, следует иметь в виду, что повышение давления в реторте может привести к потерям парогазовых продуктов, при недостаточно плотно закрываемой реторте. То же самое может происходить при создании вакуума в реторте. Поэтому применение давления и вакуума требует обеспечения хорошей плотности закрывания в реторте.

Таблица 31

Выход продуктов при сухой перегонке древесины березы (мелкие кусочки) при различном давлении (в проц. от веса сухой древесины)

Давление в кг/см ²	Уголь	Уксусная кислота	Древесный спирт	Смола (общ. кол.)	Газы
0	36,61	6,32	1,42	19,96	16,03
4,2	39,5	5,61	1,50	11,70	20,13
10,5	40,48	5,44	1,53	9,08	21,21

Обработка древесины перед перегонкой химическими веществами. Еще в 1892 году Кроссом и Биваном было указано на возможность увеличения выхода уксусной кислоты в процессе сухой перегонки дерева в присутствии щелочей.

В 1920 году вопрос о влиянии катализаторов на выход уксусной кислоты и метилового спирта был изучен Пальмером. Согласно его данным, присутствие фосфорной кислоты приводит к некоторому увеличению выходов уксусной кислоты и метилового спирта. Аналогичные опыты Пальмера и Хаулея показали, что при пропитке брикетированных опилок клена и белого дуба растворами соды, или при смешивании опилок с углекислым кальцием и оксидом кальция, можно достичь увеличения выхода метилового спирта до 2—2,4%, вместо обычного 1,6%.

Реторты

Для сухой перегонки древесины без доступа воздуха применяются железные реторты различных конструкций.

Обогрев реторт для сухой перегонки древесины производится обычно топочными газами, снаружи реторты. На заводах небольшой производительности применяются реторты малой емкости с загрузкой от 2 до 9 м³. На крупных заводах применяются вагонные реторты полезной емкостью 32—36 м³. Реторты малой емкости можно разделить на стационарные и выемные. И те и другие, в свою очередь, делятся на горизонтальные и вертикальные. Горизонтальные, кроме того, делятся по форме на прямоугольные и круглые (цилиндрические).

Горизонтальные стационарные реторты. Наиболее распространены реторты загрузочной емкостью 2,1 м³; изображенные вместе с обмуровкой на рис. 133, на котором указаны основные размеры реторты и обмуровки. Реторты изготавливаются из листового железа толщиной в 4—6 мм, причем соединение листов производится клепкой, односторонним швом. Для отвода из реторты парогазовой смеси устраивается из меди, или из железа, отводной патрубок, диаметром в 200 мм. Прямоугольные стационарные реторты (казаны) в настоящее время выходят из употребления, так как прямоугольная форма способствует более быстрому кораблению реторт, что сокращает срок их годности, а для удлинения амортизационного срока требуются дополнительные затраты сортового железа на жесткое крепление стенок, что делает их дорогими.

По длине реторты делаются в соответствии с размером употребляемых дров, длина которых по стандарту установлена в 1 м. Для ранее установленных реторт, не рассчитанных на такую длину, допускаются дрова в 0,5—0,7 м.

Загрузка горизонтальных стационарных реторт обычно производится вручную, причем коэффициент полезной емкости их (рис. 133) равен 0,81, так как при геометрической емкости реторты 2,58 м³ древесины вмещается 2,1 м³. После загрузки реторта плотно закрывается крышкой, которая прижимается при помощи клиньев или струбцин, а для большей герметичности промазывается глиной. Последнее необходимо для уменьшения потерь парогазовой смеси, которая может пробиваться через неплотности в крышке, особенно при наличии смолоотделителя, или других факторов, повышающих давление в реторте. Выгрузка угля из реторты произво-

дится в горячем состоянии при помощи вятера. Последний представляет собою решетку, вводимую в реторту до конца ее перед загрузкой дровами. От решетки проходят тяги, концы которых остаются в передней части реторты незаложенными. После окончания перегонки и открытия ретортной крышки, при помощи этих тяг и решетки уголь сразу выгружается в подставленные около реторты железные тушильники для охлаждения. Тушильники делаются из тонкого железа толщиной $1\frac{1}{2}$ —2 мм. Для плотности они закрываются крышками и промазываются глиной.

Большое значение в работе реторты имеет правильно устроенная обмуровка. На рис. 133 представлена одна из лучших обмуровок, устроенная следующим образом. Продукты сгорания топлива от колосниковой решетки из топочного пространства через четыре прогара проходят в две камеры догорания, расположенные по обеим

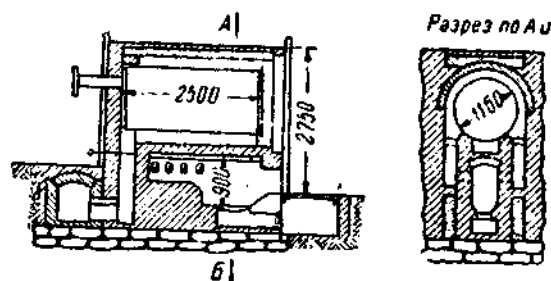


Рис. 133. Горизонтальная стационарная реторта.

сторонам топочного пространства. В узких прогарах происходит необходимое перемешивание недогоревших газообразных продуктов разложения топлива с воздухом, впущенным в топку. Догорание смеси происходит в камерах догорания и в печное пространство раскаленные продукты сгорания попадают через ряд маленьких прогаров. Дымовые газы омывают реторту сначала по бокам и в ее верхней части, затем около крышки проходят в канал, расположенный под ретортой, по которому направляются в конец реторты, где опускаются в общий боров, отводящий газы к дымовой трубе. Такая обмуровка обеспечивает долговечность работы, так как происходит хорошее перемешивание воздуха с продуктами разложения топлива и в дымовых газах мало избыточного кислорода, окисляющего железо реторты. Кроме того, полное сгорание топлива, благодаря устройству камер догорания, способствует снижению расхода топлива, вследствие более полного использования теплотворной способности его.

Оборот горизонтальных стационарных реторт обычно колеблется в пределах 20—24 час. Из преимуществ таких реторт можно отметить: простоту и дешевизну устройства и сравнительно быструю оборачиваемость, благодаря выгрузке угля в горячем состоянии. Недостатками являются: тяжелые условия загрузки дров в горя-

чую реторту и пожарная опасность при выгрузке горячего угля, который при соприкосновении с воздухом загорается. При выгрузке уголь приходится заливать водой, что понижает его качество, так как от растрескивания образуется большое количество мелочи.

Горизонтальные выдвижные реторты. Из них наиболее распространена выдвижная реторта системы Попова, изображенная на рис. 134. Эти реторты делаются прямоугольного сечения и их особенностью является то, что после перегонки реторта используется одновременно и как тушильник для угля. Для этого реторта выводится из печной камеры и оставляется на некоторое время на воздухе для охлаждения угля. Вместо нее

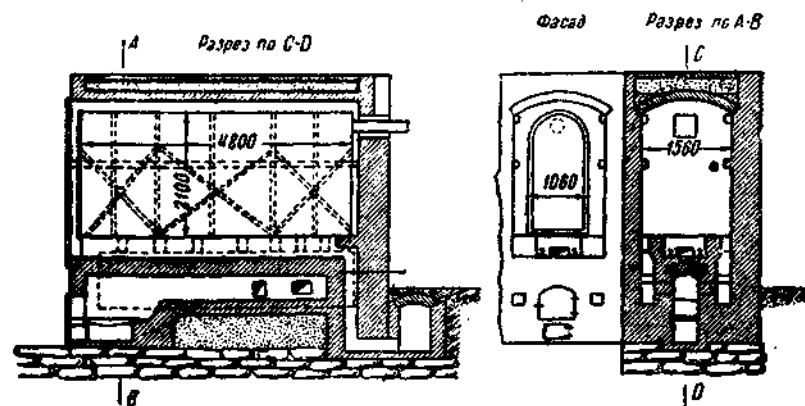


Рис. 134. Выдвижная реторта системы Попова.

в печь вводится вновь загруженная реторта. Так как реторта после каждой гонки должна выниматься из печи, то соединение ее с холодильником устраивается разъемным. Диаметр патрубка для отвода парогазовой смеси у этих реторт делается около 250 мм.

Полезная емкость реторты системы Попова равняется 9 м^3 , у реторт такой же системы, но уменьшенной емкости она составляет $5\text{--}6 \text{ м}^3$. Коэффициент полезной емкости достигает 0,85. Дрова загружаются в реторту после ее охлаждения, благодаря чему создается возможность тщательной укладки дров, необходимой для более полного использования объема реторты и создания наилучших условий для конвекционного движения газов внутри ее, что и достигается вертикальной укладкой дров. Реторты изготовляются из листового железа толщиной в 6 мм. В виду прямоугольной формы их, жесткость стенок достигается применением углового и полосового железа, прикрепляемого с внутренней стороны реторты.

В передней стенке реторты устанавливается дверь для загрузки дров и выгрузки угля. Часто дверь делается приставной, и тогда для ее изготовления применяется 2—3-мм железа. Несмотря на

значительную емкость реторты, ширина ее не превышает диаметра обычной стационарной реторты, благодаря чему прогрев и процесс переугливания происходит достаточно равномерно и с такой же быстротой, как в последней.

Обмуровка горизонтальной выдвижной реторты устроена аналогично обмуровке горизонтальной стационарной реторты, т. е. для перемешивания газов имеются четыре узких прогара, после которых дымовые газы догорают в камерах догорания и в печное пространство также поступают через ряд маленьких прогаров. Последние не допускают образования больших факелов пламени и исключают непосредственное действие пламени на стенки реторты. Дымовые газы омывают реторту с обеих сторон и проходят к верхней части. Сверху дымовые газы опускаются вниз между крышкой реторты и дверью печной камеры и уходят в сборный боров через канал, находящийся под ретортой и служащий для ввода подъемной тележки. Обмуровка обеспечивает долговечность реторты, благодаря беспламенному обогреву и отсутствию значительного содержания кислорода в дымовых газах. Практически эти реторты работают до 15 лет.

Для выгрузки реторты из печной камеры, в выемку под ретортой вводят подъемную тележку, при помощи которой реторту поднимают над выступами, на которых она стоит в печной камере. На подъемной же тележке реторту вывозят наружу, на специальную передвижную платформу, которая обслуживает ряд печей. На этой платформе реторту перевозят к постаментам, на которые при помощи подъемной тележки ее опускают и оставляют для охлаждения. Загрузка новой реторты в печную камеру производится также при помощи передвижной платформы и подъемной тележки. На благоустроенных заводах передвижение платформы производится лебедкой, загрузка реторт в печную камеру и выгрузка их оттуда производится другой лебедкой, установленной непосредственно на передвижной платформе.оборот реторты колеблется от 1 до 1½ суток, в зависимости от влажности переугливаемых дров. На охлаждение угля требуется дополнительно около 18—20 часов. Из преимуществ реторт системы Попова можно отметить следующие: 1) достаточно полное использование емкости реторт, благодаря загрузке их в холодном состоянии, 2) возможность механизации процесса транспортирования реторт, что значительно облегчает обслуживание их, 3) охлаждение угля в закрытых ретортах, что повышает качество угля, так как отпадает необходимость заливания его водой при выгрузке, 4) реторты наименее опасны в пожарном отношении, 5) реторты требуют меньшего количества рабочей силы и 6) отличаются большой долговечностью.

Из недостатков нужно отметить: довольно высокую стоимость изготовления этих реторт и необходимость хорошо налаженной механизации для успешной эксплуатации их.

Вертикальные стационарные реторты. На рис. 135 изображена в обмуровке реторта, представляющая собой цилиндр, установленный вертикально, в верхней части которого имеется люк

для загрузки дров, а в нижней части—горловина для выгрузки угля. Дрова загружаются в реторту вывалку, через верхний люк и в реторту их вмещается в среднем 4,3 м³. Коротко-распиленных дров можно вместить до 6,5 м³. Таким образом, коэффициент полезной емкости реторты колеблется от 0,42 до 0,67.оборот реторты в нормальных условиях происходит в течение суток. Уголь выгружается вручную в тушильники, изготовленные из тонкого листового железа толщиной 1,5—2 мм. Размеры тушильников устанавливаются таким образом, чтобы вес угля и тушильника не превышал 100 кг, т. е. чтобы тушильник вручную легко было бы передвигать 2 рабочим. Поэтому для каждой выгрузки угля из реторты требуется от 4 до 6 тушильников. Тушильники устанавливаются на общую платформу и отвозятся в сарай для охлаждения, в котором они находятся одни сутки.

Обмуровка реторты, показанная на рис. 135 состоит из топki, дымовые газы из которой разделяются в два смесительных канала, расположенных по бокам топki. Из смесительных каналов, являющихся одновременно камерами догорания, дымовые газы через четыре вертикальных прогара поднимаются в кольцевое печное пространство. В последнем для перемешивания дымовых газов и повышения коэффициента теплопередачи иногда устраиваются перемычки (не показанные на рисунке).

Обмуровка устроена с нижним отводом дымовых газов. Нижняя часть реторты изолирована кирпичной стенкой толщиной в четверть кирпича и высотой 1 м. Эта изоляция необходима для предохранения реторты от непосредственного действия пламени, так как из-за незначительных размеров камер догорания, устроенных по бокам топki, догорание происходит частично внизу печного пространства. Иногда подобные реторты устроятся с обмуровками, состоящими из кольцевых дымоходов вокруг цилиндра реторты. В этом случае газы имеют большую скорость и больший коэффициент теплопередачи, но полезная поверхность нагрева уменьшается.

Патрубок для отвода парогазовой смеси делают на высоте, равной уровню образовавшегося угля в реторте, так как при этих условиях парогазовая смесь наикратчайшим путем выводится из реторты. Иногда патрубок делают в нижней части реторты, непосредственно над горловиной, для выгрузки угля. Диаметр патрубка должен быть не менее 200 мм, так как при вертикальных ретортах конденсаторы иногда приходится устанавливать на значительном

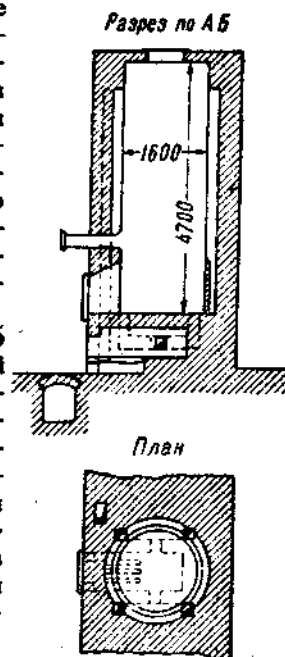


Рис. 135. Вертикальная стационарная реторта.

расстоянии от обмуровок и поэтому все сопротивления при движении парогазовой смеси по перекидным трубам следует по мере возможности уменьшать.

Вертикальные стационарные реторты применяются большей частью в холмистых местностях, т. е. там, где для загрузки дров не требуется специальный подъем их на верх реторты. При этом обычно реторты располагаются в склоне холма так, чтобы площадка

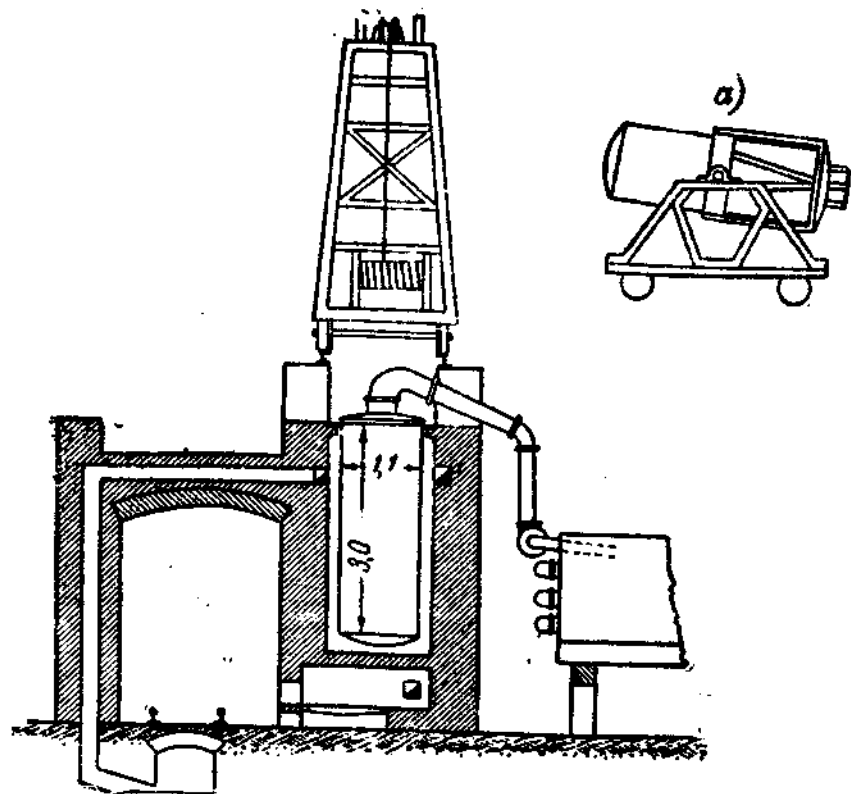


Рис. 136. Вертикальная внешняя реторта.

для дров располагалась на одной высоте с загрузочным люком реторты, а конденсационное отделение на площадке, расположенной ниже. В этом случае реторты занимают меньше места, чем горизонтальные и загрузка дров в них более удобна. Из недостатков следует отметить небольшой коэффициент полезной емкости реторты, для повышения которого необходимо коротко распиливать дрова. Кроме того, ручная выгрузка угля и необходимость обливания его водой дают много мелочи и понижают качество угля.

Вертикальные внешние реторты. На рис. 136 изображены вертикальные внешние реторты, отличающиеся от стационарных

вертикальных тем, что после окончания перегонки они вынимаются из печного гнезда при помощи подъемника и отвозятся для охлаждения и новой загрузки дровами. В это время в гнездо вставляется другая, предварительно загруженная дровами реторта, которая, в отличие от горизонтальных выемных реторт системы Попова, не является тушальником. Для охлаждения угля служат специальные ящики, в которые уголь высыпается из реторты при переворачивании ее вниз горловиной при помощи вращающейся корзинки, изображенной на рис. 136(а). Реторта склепывается из котельного железа толщиной 10—12 мм. Полезная емкость реторты — 2,5 м³ при коэффициенте полезной емкости ее 0,72.

Загрузка дров в реторту производится путем тщательной укладки поленьев через горловину диаметром 400 мм. Оборота реторты колеблется от 12 до 24 часов, в зависимости от породы и влажности дров. Обмуровка реторты показана на рис. 136 из которого видно, что продукты сгорания топлива поднимаются в печное пространство через прогары, устроенные в своде. Обогрев реторты производится дымовыми газами в кольцевом пространстве печи, но в данном случае устройство перемычек затруднительно, по условиям выгрузки и загрузки реторты. Отвод дымовых газов производится через несколько отверстий, устроенных сверху печной камеры, откуда они направляются вниз в общий бор. Реторта подвешивается на кладку на железное кольцо, которым обкладывается специальный выступ в кладке. Таким образом, реторта свободно висит в печном пространстве. Соединение реторты с холодильником устраивается разъемным, для чего в шлеме перекидной трубы устроено фланцевое соединение с откидными болтами. С другого конца перекидная труба с холодильником может соединяться на фланцах, или через посредство гидравлического затвора. На рис. 136 рядом с ретортой изображена плита для сушки порошка, обогреваемая отходящими от реторт дымовыми газами. Преимуществами вертикальных выемных реторт являются: удобство загрузки и выгрузки угля, благодаря охлаждению его в отдельном тушальнике, без заливания водой. Недостатки реторт: большой расход железа, малая производительность и, кроме того, установка их требует устройства высоких зданий.

Рабочий процесс на ретортах малой емкости. Загрузка дров в реторты небольшой емкости производится вручную; если реторты выемные, то загрузка дров в них делается более тщательно, чем в стационарные, при которых дрова приходится загружать в горячие реторты большей частью внавалку. Тщательная укладка увеличивает полезную емкость реторты. Выгодна вертикальная укладка дров, поскольку она способствует конвекции парогазовой смеси внутри реторты и улучшает перенос тепла от стенок ее. Загруженную реторту плотно закрывают дверцей, с промазкой ее глиной, и начинают процесс топки. В начале процесса топка ведется интенсивно, чтобы скорее подсушить дрова. Дистиллят в это время вытекает светлым, немного окрашенный и состоит почти из одной воды. Вытекание дистиллата начинается

спустя некоторое время после начала топки; этот промежуток времени колеблется, в зависимости от емкости реторты, от 2 до 3 часов. Когда внутри реторты температура поднимается до $270-280^{\circ}$, начинается процесс экзотермического разложения древесины, при котором сжигание топлива необходимо ослабить, или совершенно прекратить, так как тепла, выделяющегося в процессе пиролиза древесины оказывается достаточно для того, чтобы процесс перегуливания продолжался бы без подвода тепла извне. Дистиллат в это время содержит значительное количество кислот, спиртов и смолистых веществ, и цвет его становится бурым. Скорость вытекания дистиллата становится максимальной, в это же время происходит выделение наибольшего количества горючих неконденсируемых газов. Когда дистиллат начинает принимать темный цвет, и скорость вытекания его ослабевает, необходимо снова усилить интенсивность топки, для того чтобы прокалить образовавшийся уголь и выгнать остатки летучих продуктов разложения древесины. Конец гонки определяется по прекращению вытекания дистиллата. В некоторых ретортах, как например в вертикальных стационарных, это определяется по качеству угля, для чего через специальное отверстие в выгрузочной двери в реторту пропускается железный прут. По мягкости прохождения прута через уголь судят об окончании процесса. Во время процесса топки необходимо следить за началом экзотермической реакции, так как интенсивная топка при одновременном выделении значительного количества экзотермического тепла, может привести к так называемому разгону реторты, что грозит прорывом парогазовой смеси через крышку.

После окончания гонки реторте дают некоторое время остыть, после чего уголь в горячем виде выгружают из реторты. В вертикальных ретортах для выгрузки открывают нижнюю дверь, в то время как верхняя должна быть обязательно закрыта. Если открыть реторту сразу же после окончания гонки, то оставшиеся в реторте газы при соединении с воздухом вспыхивают со взрывом. Загорающийся при выгрузке уголь заливают водой, если сама реторта не выемная и не является одновременно тушильником. Уголь, выгруженный в тушильники, оставляется для охлаждения в последних, причем для выхода водяных паров из угля, при промазке крышки тушильника, оставляют небольшое отверстие. При охлаждении угля за тушильниками необходимо следить, чтобы в них не попадал воздух и уголь не загорался бы.

Вагонные реторты. Вагонные реторты бывают прямоугольного и круглого сечения. В тех и других дрова загружают в изготовленные из полосового железа вагонетки, которые составляют в один ряд и образуют целый поезд. В реторту для перегуливания вдвигается сразу несколько вагонеток.

Реторта имеет двери с обоих концов. Передвижение вагонеток позволяет устраивать отдельно камеры для подсушки дров и тушильники для полученного угля. На рис. 137 изображена американская вагонная стандартная реторта с сушильной камерой и двумя

тушильниками. Американская стандартная вагонная реторта делается прямоугольной формы в отличие от европейских, распространенных, главным образом, во Франции и имеющих цилиндрическую форму. Американская стандартная реторта вмещает 4 вагонетки, каждая полезной емкостью $7,5-9 \text{ м}^3$. Таким образом, полезная емкость реторты составляет $30-36 \text{ м}^3$. В сушильной камере помещается 8 вагонеток и в двух тушильниках — по 4 вагонетки в каждом. Время перегуливания дров в реторте, в зависимости от влажности, колеблется в пределах 12-24 часов.

В сушилке вагонетки находятся в течение 2 оборотов, т. е. не больше 48 часов. Время охлаждения угля в тушильниках также равняется двум оборотам реторты.

Из представленного на рис. 137 схематического чертежа видно устройство обмуровки. Реторта имеет две топки, расположенные по обоим ее концам. Топки имеют горизонтальные колосниковые решетки, после которых устроены небольшие пороги. Продукты сгорания из топки проходят по горизонтальному каналу, перекрытому сводом, в котором по бокам устроены 34 небольших прогара. Через эти прогары дымовые газы попадают в печное пространство. Обычно полное сгорание происходит внутри свода, и если пламя и прорывается сквозь него, то благодаря узким прогарам факел пламени бывает очень маленький и не достигает реторты. Расстояние от свода топки до дна реторты около 1 м и дно реторты обогревается, главным образом, за счет лучеиспускающей теплоты от раскаленного топочного свода. По бокам реторты устроены узкие дымоходы, создающие повышенные скорости дымовых газов, что способствует передаче тепла от газов к стенкам реторты за счет конвекции. В верхней части этих дымоходов сделана перего-

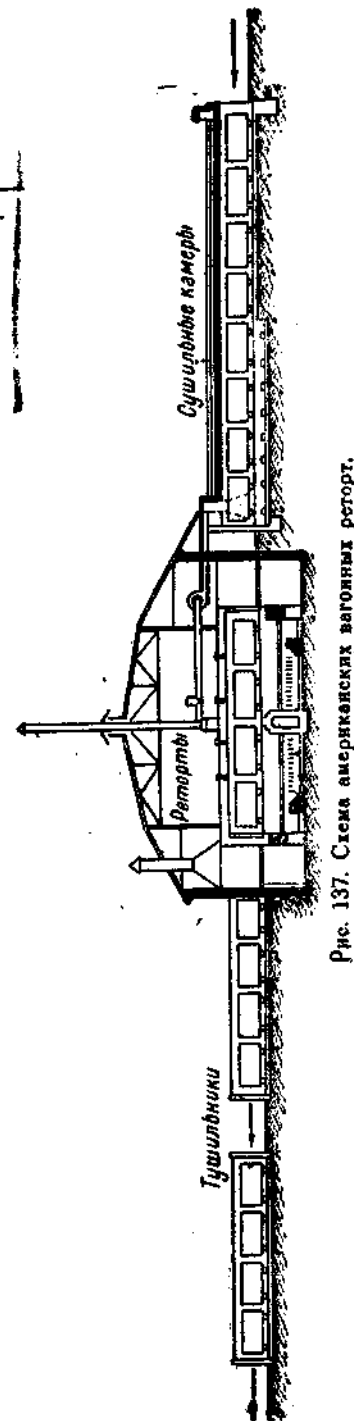


Рис. 137. Схема американских вагонных реторт.

родка, заставляющая дымовые газы возвращаться к передней части реторты, обгибать ее и уходить в дымовую трубу, расположенную в центре обмуровки. Таким образом, верх реторты обогревается наиболее охлажденными дымовыми газами. Отвод дымовых газов устроен верхний, в дымовую трубу, установленную непосредственно на обмуровке. При работе сушилки дымовая труба выключается, и дымовые газы высасываются вентилятором, который дальше нагнетает их в сушильную камеру.

Для понижения температуры дымовых газов, нагнетаемых в сушильную камеру, к ним примешивается нужное количество воздуха, поступающего в магистраль для дымовых газов, соединенную с вентилятором. Распределение газовой смеси в сушильной камере происходит через ряд отверстий, расположенных в канале под вагонетками, на длине, равной длине 4 вагонеток. Остальные 4 вагонетки обогреваются проходящей газовой смесью, которая выходит наружу через невысокую дымовую трубу, расположенную над сушильной камерой у входных дверей.

Стахановские методы работы потребовали интенсификации сушки древесины, в связи с чем сушилка у американских стандартных вагонных реторт в СССР совершенствуются. Работа по интенсификации сушки проходит как по линии конструктивных улучшений сушилки, так и путем увеличения количества теплоносителя за счет устройства специальных топок при сушилах, или за счет использования дымовых газов котельной.

Тушильники изготавливаются из более тонкого железа, чем реторты (толщины 6 мм), но по форме и размерам их делают аналогичными реторте. Металлического дна у тушильников нет, и стенки прикрепляются к продольным брускам, положенным на поперечные шпалы. По шпалам дно тушильников утапливается глиной, или заливается тощим бетоном.

Реторты расположены попарно, так же как и сушильные камеры и тушильники. Такое расположение реторт вызывается удобством расположения конденсаторов, которые устраиваются по обоим сторонам по два конденсатора на каждую реторту. Каждая пара реторт, обмурованных в одну печь, составляет один агрегат. Конденсаторы вертикальные, трубчатые; конструкция их изображена на рис 138.

Неконденсируемые газы из конденсаторов отводятся или непосредственно в топку или в общий газопровод, откуда они направляются для промывки в скруббер, после чего сжигаются, заменяя собой топливо, что дает экономии последнего.

Процесс работы состоит в следующем: вагонетки загружаются дровами, причем для механизации процесса загрузки и для увеличения выходов дрова лучше распиливать на короткие куски, длиной около 300 мм. Такие куски удобно подавать по наклонному транспортеру и внавалку насыпать в подставленную под транспортер вагонетку. Из загруженных вагонеток составляется поезда, в котором вагонетки сцепляются по 4 штуки. В сушило вагонетки заталкиваются паровозом, или мотовозом. Для загрузки

вагонеток в реторту, последняя должна предварительно освобождаться, поэтому процесс передвижения вагонеток начинается с удаления четырех вагонеток с готовым углем из-под навеса на склад, затем производится передвижение четырех вагонеток из второго тушильщика под навес, из первого—во второй тушильщик, после чего 4 вагонетки загружаются в реторту из реторты в первый тушильщик.

При перевозке вагонеток из реторты в тушильщик, уголь в вагонетках вспыхивает и передвижение последних происходит с горящим углем. Во время всего процесса перевозки вагонетки обливаются водой. Тушильщики с загруженными в них вагонетками закрываются, двери промазываются глиной и зазоры, остающиеся внизу двери, засыпаются землей. Перевозка вагонеток производится при помощи лебедки и троса. Лебедка, расположенная на катучей платформе, движется вместе с платформой вдоль ретортного цеха и может быть подвезена к любому из агрегатов. Загрузка вагонеток в освобожденную реторту производится заталкиванием вагонеток через сушилку, или вытягиванием четырех вагонеток из сушилки лебедкой и тросом. В последнем случае через горячую реторту приходится протягивать трос, что делается при помощи тонкого шнура, который перебрасывается через реторту или перекачивается на скате.

Понижение влажности дров в сушильных камерах американских стандартных вагонных реторт бывает обычно на 10—15%.

В этих сушильных камерах, использование тепла дымовых газов происходит недостаточно полно, так как дымовые газы проходят, главным образом, по верхней части сушилки.

Интенсификация сушки, производимая в СССР, о которой сказано выше, должна дать большее понижение влажности и большее использование тепла дымовых газов.

Расход топлива в американских ретортах (каменного угля) в среднем равен 30—35 кг на 1 м³ дров. Суточная производительность одного агрегата при хорошо высушенных дровах может быть доведена до 100—120 м³ дров. Вагонные реторты отличаются высокой стоимостью, но, благодаря большой производительности и сравнительно малому расходу топлива, являются наиболее подходящими для оборудования крупных заводов сухой перегонки дерева.

Как было указано выше, в Западной Европе распространены цилиндрические вагонные реторты. Такие реторты располагаются также попарно в одной обмуровке и также оборудованы сушильными и тушильными камерами. Вследствие цилиндрической формы реторт, вагонетки устраиваются также цилиндрическими из полового железа. Отопление реторт в большинстве случаев производится генераторным газом, что понижает расход топлива, создает экономии на транспорте топлива и увеличивает долговечность реторт. Кроме того, при устройстве центральной газогенераторной станции на заводе легко используются всякие древесные отбросы.

Специальные конструкции реторт предложены в С. Ш. А. для переугливания древесных отходов, образующихся в лесопильном и других механических деревообрабатывающих производствах. Особые конструкции необходимы здесь вследствие плохой теплопроводности и слеживания опилок, что затрудняет однородное и полное их переугливание в ретортах.

В горизонтальных, слегка наклонных, вращающихся ретортах Американской химической компании Симана, подача подогретого

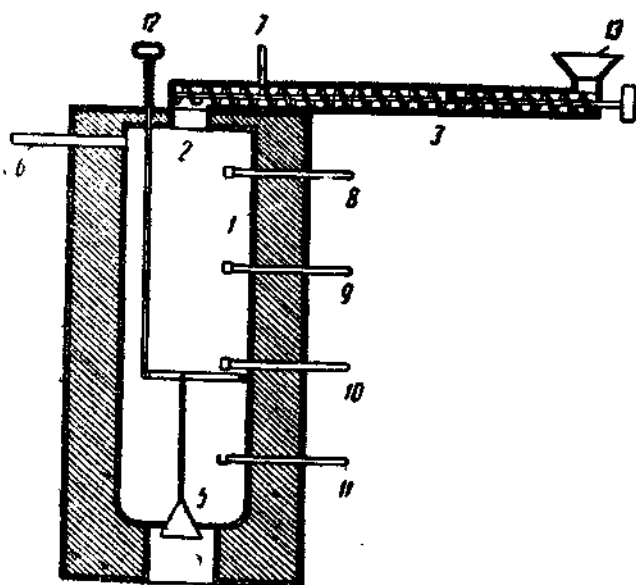


Рис. 137-а. Реторта Стаффорда.

и высушенного материала происходит через особую воронку, в поднятый конец реторты. Опилки вводятся в пресованном виде, пресование их достигается при помощи особого поршня. В нижнем конце цилиндрической вращающейся реторты древесный уголь постоянно выталкивается посредством червячной передачи и поршневого затвора, такого же, какой устроен и в верхнем конце реторты. Вращение реторты вокруг оси достигается при помощи зубчатой передачи. Под ретортой находится топка, которая соединяется с печной камерой посредством ряда прогаров. Крупные отходы предварительно измельчаются до кусочков 1,3 см и доводятся высушиванием до 10% влажности. Производительность реторты в последнем случае достигает 20—25 т в сутки. Реторты Симана в СССР не применяются. Более подробные сведения о них можно найти в специальном курсе сухой перегонки дерева проф. И. Ногина (1936 г.).

Для сухой перегонки более крупных отходов, нарубленных в щепу размером около $2 \times 4 \times 6$ см, служит на заводе Форда в США реторта Стаффорда. Сухая перегонка ведется в этой реторте без нагревания, за счет экзотермического тепла самой реакции, которого достаточно для ведения процесса, если древесину подсушивать до 1—2% влажности. Часть выделившегося экзотермического тепла используется в этой реторте для нагрева следующей порции древесины до температуры самопроизвольного разложения. Реторта хорошо изолируется снаружи, во избежание потери тепла. Переугливаемый материал высушивается и нагревается до температуры 100—250° и затем уже вводится через загрузочную воронку (рис. 137-а), посредством червячной передачи, в вертикальную реторту. Цифрами 8, 9, 10 и 11 на рисунке обозначены пирометры, служащие для точного контроля температуры в разных зонах. Реторта Стаффорда работает непрерывно; мелкий уголь выгружается через открывание нижнего отверстия. При начальном пуске реторты приходится нагревать дровами изнутри до 400°, после чего в нее начинают постепенно загружать сверху переугливаемый щепу. По данным, приводимым проф. Ногиним, реторта Стаффорда перерабатывает в сутки 250—300 т. Древесина переугливается в течение одного часа. Выходы метилового спирта и угля в этих ретортах таковы же, как и в горизонтальных американских ретортах, выход же древесного порошка указывается выше на 25%, а смолы на 100%.

Недостатком этих реторт является мелкий уголь, неприменимый для металлургических целей. Кроме того, по данным, приводимым проф. К. И. Ногиним, реторта Стаффорда может применяться только при наличии отходов лиственной древесины в количестве 100 т ежедневно, что является препятствием к широкому их применению. У нас в СССР эти реторты не применялись.

Охлаждение летучих продуктов разложения

Летучие продукты разложения, состоящие из конденсирующихся паров и неконденсирующихся газов, из реторты направляются в конденсационную систему, состоящую обычно из: пыльника — смолоотделителя, поверхностного холодильника и скруббера для помывки газов.

Пыльники и смолоотделители. Целью устройства пыльника является осаждение твердых частиц угольной пыли, унесенной парогазовой смесью из реторты, а также осаждение тяжелых смол. Последние находятся в парогазовой смеси в капельно-образном состоянии, так как пары смолы, выходя из реторты, при охлаждении быстро переходят в таковое. Угольная пыль смешивается с частичками смолы и вместе с ней стекает по стенкам пыльника в гидравлический затвор. В пыльнике происходит также осаждение смол, достигших пыльника в парообразном состоянии, благодаря переходу их в капельно-жидкое состояние, вследствие охлаждения парогазовой смеси от адиабатического расширения ее.

Каплеобразные частички смолы осаждаются вниз благодаря большому удельному весу, а также благодаря ударам о стенки и перегородку пыльника.

При установке пыльника облегчается работа холодильника, который в этом случае требует менее частой чистки. В случае необходимости более полного отделения смол и получения подсмольной воды, по составу аналогичной подсмольной воде, подвергнутой одной перегонке, устраиваются смолоотделители с колпачковыми тарелками. Проходя через тарелки, парогазовая смесь барботирует через слой смолы и оставляет при этом до 90% смолистых веществ, содержащихся в ней.

Пары уксусной кислоты, спирта и воды, проходя через смолоотделитель в основном не конденсируются, так как температура их конденсации ниже температуры, имеющейся в смолоотделителе. Лишь небольшая часть кислоты и воды при соприкосновении с холодными стенками все же конденсируется и вытекает вместе со смолой через гидравлический затвор внизу смолоотделителя. Количество тарелок в смолоотделителе устанавливается от 2 до 5. Внизу смолоотделителя устраивают нагревательный змеевик для отгонки конденсирующихся кислот и воды. При работе змеевика в вытекающей из смолоотделителя смоле содержится около 10% воды и 5—8% кислот.

Холодильники. Окончательная конденсация паров и охлаждение полученного дистиллата производится обычно в поверхностных холодильниках. По конструкции их можно разделить на трубчатые и коленчатые, причем трубчатые обычно устанавливаются вертикально, коленчатые — горизонтально. На рис. 138 изображен вертикальный трубчатый холодильник. Парогазовая смесь поступает через патрубок в верхнюю камеру, имеющую сверху съемную крышку и снизу ограниченную трубной решеткой, в которую ввальцованы охлаждающие медные трубки. Парогазовая смесь проходит сверху вниз через трубки, которые снаружи омываются водой. Конденсат стекает в нижнюю камеру и вместе с неконденсирующимися газами проходит в газоотделитель, в котором газ отделяется от подсмольной воды. В газоотделителе одновременно устроен гидравлический затвор, благодаря которому неконденсируемые газы не имеют возможности попасть обратно в реторту в момент ее разгрузки из общего сборного газопровода. Отсутствие гидравлического затвора создает опасность взрыва, так как неконденсируемые газы, находящиеся под некоторым давлением в газопроводе, при открывании и разгрузке реторты могут попасть в нее обратно из газопровода и образовать взрывчатую смесь с воздухом. Поэтому реторта перед открыванием для выгрузки угля должна отключаться от газопровода, или специальной задвижкой, или в системе должен быть постоянный гидравлический затвор.

Коленчатый холодильник представляет собой ряд труб, соединенных последовательно, с постепенно уменьшающимся диаметром. Кожух для охлаждающей воды в холодильниках делается как

в трубчатых, так и в коленчатых, железным или деревянным. Основные требования, предъявляемые к холодильнику, сводятся к следующему:

1) холодильник должен быть изготовлен из теплопроводного и кислотостойкого материала, с достаточной поверхностью охлаждения.

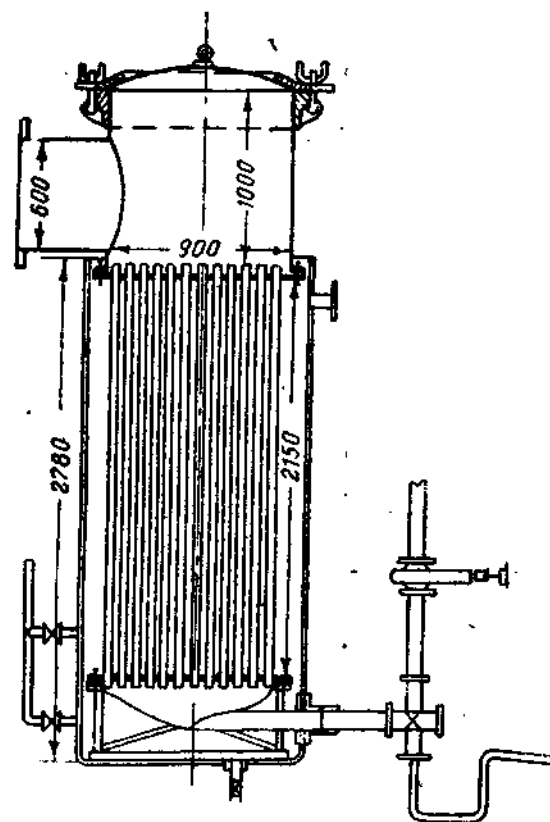


Рис. 138. Вертикальный трубчатый холодильник.

2) Конструкция холодильника должна быть удобна для чистки и осмотра, а также иметь достаточную прочность и обладать стойкостью при длительной работе.

3) Холодильник должен создавать небольшое сопротивление проходящей парогазовой смеси и для большей эффективности обеспечивать противоток охлаждаемой парогазовой смеси и охлаждающей воды.

4) Изготовление холодильника должно быть дешевым.

Для примера укажем, что на заводах Главлесхима, у вертикальной стационарной реторты с загрузочной емкостью 4,5 м³ уста-

новлен коленчатый холодильник с поверхностью охлаждения 8,2 м², а у американской стандартной реторты с загрузочной емкостью 30—36 м³—два трубчатых холодильника с поверхностью охлаждения 34 м² каждый.

Сравнивая коленчатые и трубчатые холодильники, к преимуществам первых можно отнести дешевизну их устройства, а к преимуществам вторых—удобство чистки, меньшее сопротивление и меньшую площадь, занимаемую ими. Трубчатые вертикальные холодильники стоят дороже в изготовлении и применяются, главным образом, на крупных заводах, а также для высоких реторт, патрубок которых имеет значительную высоту над уровнем пола.

Нормальная работа холодильников требует систематической чистки их от смолистых и углистых веществ, так как присутствие последних в холодильниках понижает теплопередачу и увеличивает сопротивление парогазовой смеси, что приводит к увеличению давления в реторте.

Эффективная работа холодильников также зависит от температуры охлаждающей воды.

Скрубберы. Неконденсирующиеся газы уносят из ретортного холодильника часть древесного спирта и небольшое количество уксусной кислоты. По опытным измерениям, потери древесного спирта достигают 15—30% от всего количества спирта, получающегося в результате разложения древесины. Величина потерь зависит от температуры подсмольной воды, вытекающей из холодильника. Меньший процент потерь относится к температуре 21—23°, больший—к температуре 25—27°. Для улавливания уносимого спирта устанавливается скруббер, в котором газ промывается водой. Скруббер представляет колонну прямоугольного или круглого сечения, наполненную какой-либо насадкой, состоящей или из колец Рашига (отрезки керамических труб длиной равной диаметру) или клеток, изготовленных из досок или реек. Поглощение идет тем лучше, чем больше поверхность соприкосновения между газом и водой, чем ниже температура воды и чем больше ее количество. Промывную воду, если она имеет достаточную концентрацию, присоединяют к подсмольной воде или перерабатывают отдельно. В случае слабой концентрации на спирто-порошковых заводах промывную воду используют для разведения известкового молока.

Выходы продуктов разложения древесины. Выход угля доходит до 130—140 кг с 1 м³, причем товарного угля из этого количества получается в среднем 100—110 кг, а остальное отходит в виде мелочи. Подсмольной воды в зависимости от влажности дров получается 200—250 кг с 1 м³, средняя кислотность ее колеблется от 7 до 10%, содержание метилового спирта, ацетона и эфиров в ней 3—5%, осадочной и растворимой смолы 12—15%. Выход неконденсируемых газов составляет 60—80 м³ с 1 м³ дров с 2000—2500 кал. Приведенные выходы являются средними, взятыми из практики заводов при существующих методах работы. Улучшение методов работы и рационализация аппаратуры должны привести к повышению выходов.

А. ПОРОШКОВЫЕ СПОСОБЫ

В результате сухой перегонки древесины получают, как было указано выше, жидкие продукты (подсмольная вода), газообразные и твердый древесный уголь. Подсмольная вода в основном состоит из воды, кислот, спиртов, эфиров, кетонов, альдегидов и смолистых веществ. В спирто-порошковом производстве кислоты и древесный спирт отделяются друг от друга путем нейтрализации подсмольной воды известью, превращения кислот в кальциевые соли и отгонки спирта от раствора этих солей. При обработке подсмольной воды известью, эфиры в значительной части омыляются¹ и дают при этом спирты и соли кислот. Смолы находятся в подсмольной воде в растворимом состоянии, а часть ее выпадает в виде осадочной смолы, которая отделяется путем отстаивания.

Растворимая смола отделяется от кислой воды отгонкой последней. Уксусно-кальциевые соли кислот, образующиеся при обработке подсмольной воды известью, и называемые обычно в сухом виде „порошком“, имеют различный состав и внешний вид в зависимости от того, была ли отделена или нет перед нейтрализацией от подсмольной воды содержащаяся в ней растворимая смола. Порошок, полученный при нейтрализации подсмольной воды без отделения от нее растворимой смолы, называется черным, а порошок, полученный из перегнанной подсмольной воды, называется серым порошком.

Нейтрализация подсмольной воды известью может производиться в холодном состоянии, а также и при пропускании паров подсмольной воды через известковое молоко. В зависимости от этого различают способы холодного и горячего насыщения.

Схема процесса по способу горячего насыщения. На рис. 139 изображена схема технологического процесса спирто-порошкового производства по способу горячего насыщения. Парогазовая смесь, получающаяся в результате термического разложения древесины в реторте (1) поступает в холодильник (2), где конденсируется и охлаждается, выходя в виде охлажденной подсмольной воды и неконденсируемых газов. Последние отделяются от подсмольной воды в гидравлике (3) и направляются в скруббер (4) для промывки путем орошения и отделения от них частично увлеченных паров спирта и кислоты.

¹ Для уксусно-метилового эфира омыление можно изобразить следующим уравнением: $2\text{CH}_3\text{CO}-\text{O}-\text{CH}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 (\text{CH}_3\text{COO})_2 - \text{Ca} + 2\text{CH}_3\text{OH}$.

Промытые неконденсируемые газы в дальнейшем направляются в топку реторты (1), где сжигаются, заменяя собой часть топлива. Подсмольная вода из гидравлика (3) стекает по ложобу в отстойные чаны (5), где происходит отстаивание осадочной смолы. В эти же чаны может направляться промывная вода из скруббера, если она содержит в себе достаточное количество растворенного древесного спирта и кислот. Отстойные чаны соединены между собой последовательно и из последнего чана отстоявшаяся подсмольная вода перекачивается насосом в напорный бак (6), находящийся в трехкубовом отделении. Аппарат, в котором происходит горячее насыщение подсмольной воды, называется трехкубовым аппаратом, так как состоит из трех кубов,—испарителя (7) и двух насытителей (8). Из напорного бака (6) подсмольная вода самотеком загружается в испаритель (7), в котором имеется нагревательный змеевик. При помощи змеевика подсмольная вода в испарителе доводится до кипения и образующиеся пары проходят последовательно через насытителю, в которые загружено известковое молоко, высотой слоя 30—35 см. При прохождении паров через известковое молоко, пары кислот связываются известью и образуют соответствующие кальциевые соли, а пары древесного спирта проходят дальше, не реагируя с известью и конденсируются в холодильнике (9), откуда вытекают через смотровой фонарь в сборник для древесного спирта (10). Раствор с 20% содержанием соли выпускается из насытителю (8) в сборник (11), откуда в дальнейшем он поступает в выпарные чаши (12). В последних раствор доводится до концентрации в 50% (до кашицеобразного состояния) и в таком виде сырой порошок переносится на сушильные плиты, обогреваемые отходящими от реторт дымовыми газами. На плитах (13) порошок доводится до влажности не более 6%, что требуется стандартом (ОСТ 455). Древесный спирт-сырец из сборника (10) самотеком загружается в куб периодически действующего ректификационного аппарата (14), в котором он концентрируется до крепости 80% и в таком виде выпускается, как товарный продукт. Ректификационный аппарат состоит из куба (14), ректификационной колонны (15), дефлегматора (16) и холодильника (17) с смотровым фонарем. Укрепленный спирт собирается в сборник (18), откуда он идет на разливку. Мало летучая растворимая смола, остающаяся в испарителе (7) трехкубового аппарата спускается в сборник (19), откуда она загружается в куб смолы-перегонного аппарата (20), для отгонки при помощи парового змеевика кислой воды и легких масел. Последние отбираются из холодильника (21). Обезвоженная смола называется уваренной и в таком виде выпускается на рынок. Осадочная смола, собираемая в сборнике (22), также подвергается разгонке в смолы-перегонном кубе для отделения кислой воды. Иногда разгонку смолы ведут огнем нагревом до более высокой

температуры, благодаря чему оказывается возможным отделить не только кислую воду и легкие масла, но также и тяжелые масла и в остатке получить пек.

Содержащиеся в подсмольной воде сложные эфиры являются ценными растворителями для применения в ряде отраслей промышленности, поэтому иногда их отделяют предварительно, не допуская омыления известковым молоком. Для этого пары, поднимающиеся из испарителя (7) в начале гонки, направляют в дефлегматор (23), который отделяет легкокипящую часть паров, состоящую, главным образом, из эфиров, ацетона и небольшого количества спирта и воды, и пропускает их для конденсации и охлаждения прямо в холодильник (9). Основная масса воды и кислоты возвращается дефлегматором обратно в куб. При отгонке через дефлегматор получается так называемый «кислый спирт», содержащий в себе небольшое количество кислот, не отделенных дефлегматором. После отгонки кислого спирта пары переключают в насытителю, в которых происходит дальнейшее отделение оставшегося спирта от кислоты, превращаемой в раствор уксуснокальциевой соли. Приготовление известкового молока производится в отдельном твориле (24), в которое известь доставляется или в виде известкового теста, или

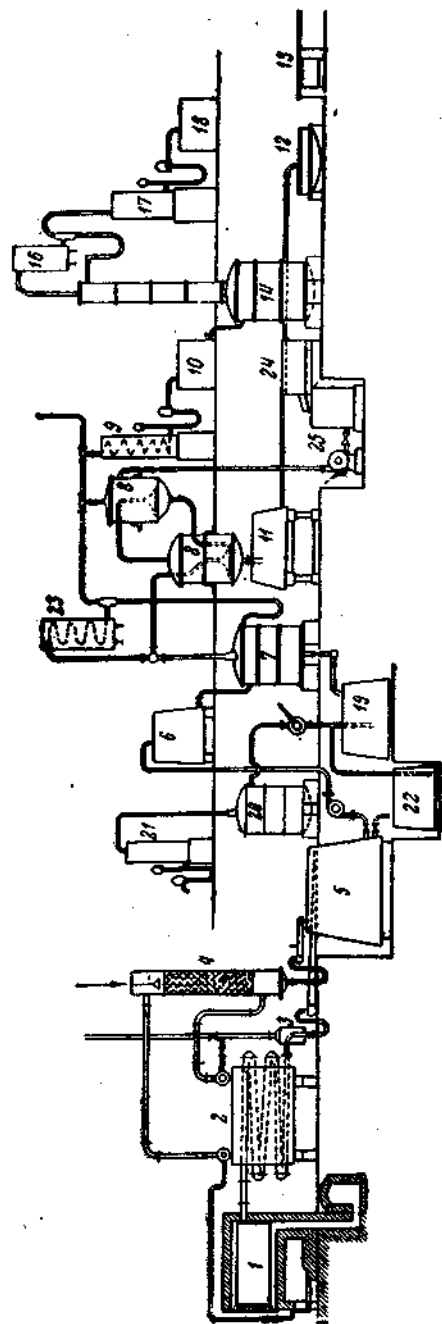


Рис. 139. Схема спирто-порошкового производства по способу горячего насыщения.

¹ Раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Пары уксусной кислоты реагируют с ним по схеме:
 $2\text{CH}_3\text{COOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O}$.

¹ Метил-ацетат и др.

в виде порошкообразной извести — „пушонки“. Разведенное известковое молоко из тюрника спускается в нижележащий сборник (25), профильтровываясь при этом через частую сетку, для отделения камней и других крупных частиц. Из сборника (25) известковое молоко закачивается насосом или монтажу в насытитель (8).

Схема процесса по способу холодного насыщения. При получении серого порошка по способу холодного насыщения, перед нейтрализацией, необходимо предварительно освободить подсмольную воду от растворимой смолы. Обычно это достигается путем перегонки подсмольной воды. В случае применения смолоотделителя типа Мейера, т. е. смолоотделителя, в котором выходящая из реторты парогазовая смесь прорывается через ряд тарелок, заполненных смолой, почти вся смола остается в смолоотделителе и подсмольная вода получается такого же состава, который бы она имела после перегонки. При нейтрализации такой подсмольной воды получается серый порошок, содержащий в себе 76—80% уксусно-кальциевой соли. Поэтому в рассматриваемой схеме (рис. 140) продукты разложения древесины из реторты (1) проходят через смолоотделитель (2), представляющий собой колонку с количеством тарелок от двух до пяти. Парогазовая смесь, барботируя через смолу в колпачках тарелок, почти полностью освобождается от растворимой и осадочной смолы. После смолоотделителя парогазовая смесь проходит в вертикальный трубчатый холодильник (3), в котором пары конденсируются и охлаждаются, вытекая в гидравлику (4). Не конденсируемые газы, так же как и в схеме первой, промываются в скруббере и после промывки сжигаются в ретортной топке. В отстойные сборники (5) собирается подсмольная вода и промывные воды из скруббера. Из отстойника подсмольная вода перекачивается в „натравочник“ (6), снабженный мешалкой, где производится нейтрализация подсмольной воды известковым молоком, приготовляемым в мешалке (7). Нейтрализованная, или как ее называют „натравленная“ подсмольная вода для отстаивания спускается в отстойник (8) для отделения шлама, состоящего из минеральных частиц непрореагировавшей извести и смолистых веществ. Отстоявшийся шлам время от времени выкачивается из отстойника и отфильтровывается через фильтр-пресс (9) для отделения раствора уксусно-кальциевой соли, увлеченного вместе с шламом. Профильтрованный раствор спускается обратно в отстойники и из них закачивается в испаритель (10) спирто-отгонного аппарата. Последний состоит из испарителя, флегмового куба (11), ректификационной колонны (12), дефлегматора (13) и холодильника (14). В спиртоотгонном кубе отделяется древесный спирт от раствора уксусно-кальциевой соли и одновременно укрепляется в колонке до крепости 80%. Отделенная при ректификации вода спускается из флегмового куба (11) в канализацию, а сконцентрированный раствор $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$ из испарителя (10) самотеком спускается в сборник (15), откуда по мере надобности загружается в выпарные чаши для выпаривания (16). Кашицеоб-

разный порошок из упарных чаш поступает на сушильные плиты (17) для окончательной подсушки до влажности 6%.

Схема процесса по способу холодного насыщения с экстракцией отстойной смолой. Как указано было выше, „черный“ порошок получается при нейтрализации подсмольной воды вместе с содержащейся в ней растворимой смолой. В этих же условиях можно получить полусерый порошок с содержанием уксусно-кислого кальция до 75% путем промывания нейтрализованной подсмольной воды отстойной смолой (см. ниже). Последняя, имея в себе масла, обладающие способностью растворять смолы, извлекает таковые из раствора, увеличивая этим процентное содержание уксусно-кислого кальция.

В схеме, представленной на рис. 141, процесс до получения натравленного раствора идет аналогично схеме, представленной на рис. 140 с той разницей, что на рис. 141 представлен вместо смолоотделителя с колпачковыми тарелками — простой пыльник (2) с вертикальной перегородкой. Такой пыльник, как было указано выше, облегчает работу холодильника (3).

Подсмольная вода из отстойника (4) перекачивается в натравочник (5), из которого, после отстаивания в сборнике (6), загружается в спирто-отгонный куб (7). Последний устроен с огневым обогревом. На кубе имеется колонка (8) с угольной насадкой для очистки паров, а также для предупреждения перебарывания раствора. Из колонки пары проходят в дефлегматор (9), сажающий для укреплении спирта. Из холодильника (10)

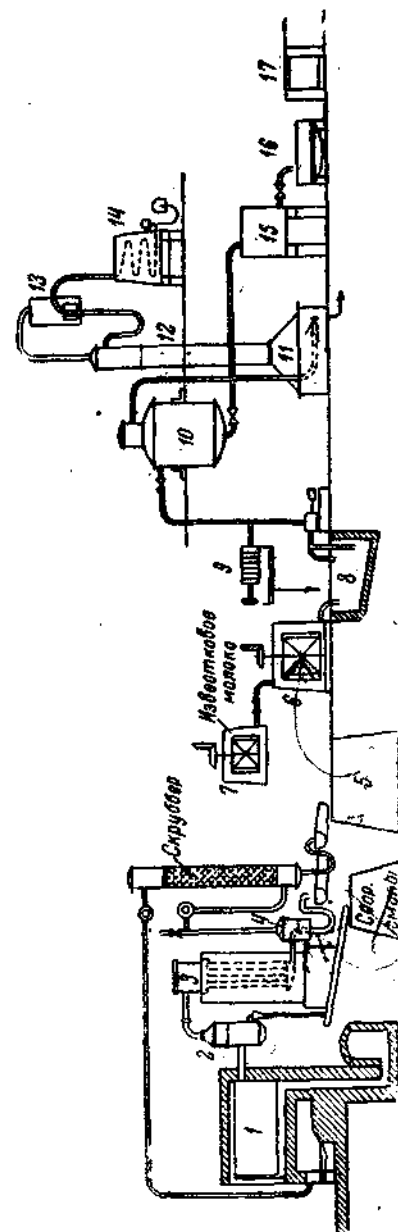


Рис. 140. Схема процесса по способу холодного насыщения.

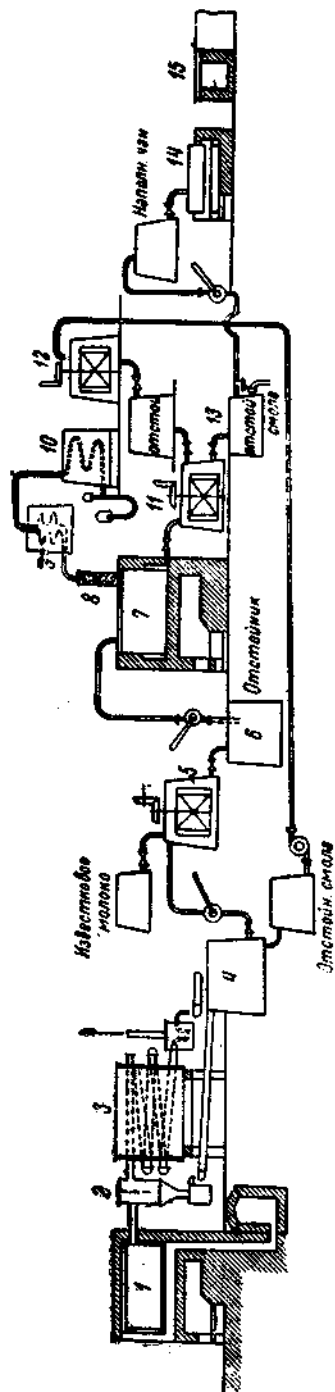


Рис. 141. Схема процесса по способу холодного насыщения с экстракцией отстойной смолой.

вытекает древесный спирт крепостью в среднем около 50° по Траллессу. Обесспиртованный раствор уксусно-кальциевой соли вместе с содержащейся в нем растворимой смолой, спускается в мешалку (11), куда добавляется промытая в мешалке (12) отстойная смола. Смесь перемешивается в мешалке (11), после чего спускается в отстойник (13). Отстоявшийся и осветленный раствор уксусно-кислого кальция перекачивается в выпарную чашу (14) и в дальнейшем на плиты (15) для окончательной подсушки.

Получение порошка холодным насыщением, с экстракцией отстойной смолой, как видно из последней схемы, ведется с огневим нагревом аппаратов. Обычно этот способ применяется на маленьких кустарных заводах, не имеющих парового хозяйства.

Предыдущая схема, изображенная на рис. 140, также может быть осуществлена с огневим нагревом, если испаритель спирто-отгонного аппарата с флегмовым кубом оборудовать топкой. Заводы с огневим нагревом и холодной нейтрализацией подсмольной воды обходятся дешевле спирто-порошковых заводов с горячим насыщением, но благодаря огневому нагреву дают меньший выход порошка и спирта, так как потери на таких заводах возрастают. При холодной нейтрализации подсмольной воды на отгонку спирта требуется больший расход тепла, так как первоначальные концентрации спирта получаются более слабые (около 2% вместо 10% при трехкубовом аппарате без отбора растворителей).

Аппараты и процессы в порошковом способе

Трехкубовый аппарат. Уксусно-кальциевый порошок по спо-

сому горячего насыщения получается, как это было приведено в схеме на рис. 139 в трехкубовых или двухкубовых аппаратах.

Показанный на рис. 142 трехкубовый аппарат состоит из следующих частей. Испаритель (1), служит для загрузки и испарения подсмольной воды. Он изготовлен из листовой красной меди или из дерева. Емкость испарителя обычно бывает от 6 до 12 м³.

Внутри куба для подогрева и испарения жижки устраивается нагревательный змеевик (2) из медных труб диаметром 100—120 мм.

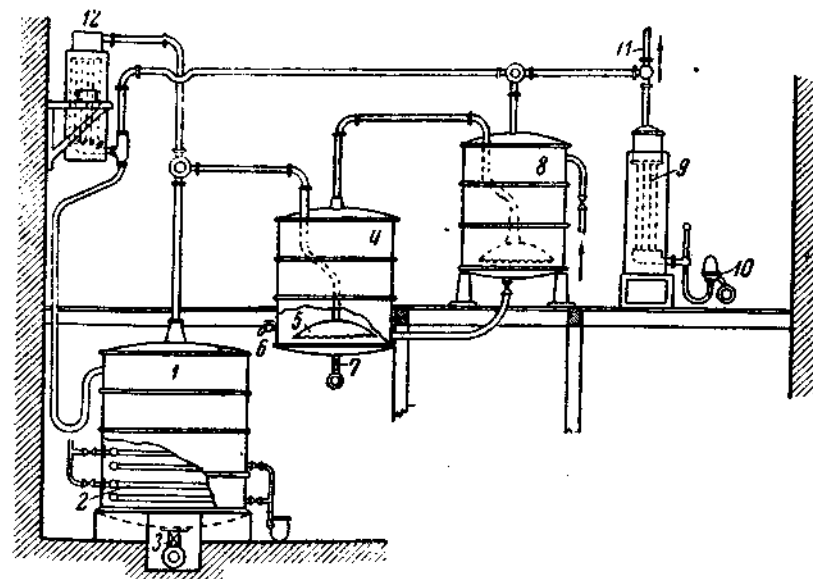


Рис. 142. Трехкубовый аппарат.

Змеевик обычно делится на 2—3 секции, каждая из которых имеет самостоятельный выпуск пара и выпуск конденсата, и может быть выключена по мере надобности. Внизу куба имеется спускной кран для кубовой смолы (3). Пары, образующиеся в испарителе (1), по перекидной трубе переходят в насытитель (4). Труба заканчивается в последнем барботером (5), который устраивается или в виде трубы с отверстиями, или в виде колпачка с зубчиками. Насытитель оборудован пробным краном (6), служащим для взятия проб известкового молока и определения степени его нейтрализации. Готовый раствор спускается через кран (7).

Второй насытитель (8) расположен несколько выше первого насытителя для того, чтобы известковое молоко можно было перепустить в первый насытитель, после того как оно в последнем будет полностью нейтрализовано. На случай переброса молрка из второго насытителя в холодильник иногда устраивают ловушки.

Перебросы могут случаться от вспенивания раствора, так как в извести часто присутствует углекислый кальций, дающий при нейтрализации углекислоту. Для охлаждения и конденсации спиртовых паров служит холодильник (9). Для наблюдения за вытеканием дистиллата и измерения крепости спирта спиртомером Тралеса имеется фонарь (10). После отгонки спирта водяные пары, через трубу (11) отгоняются на воздух. Холодильник (9) при этом выключается. В случае отбора так называемых растворителей, пары подсмольной воды, прежде чем их направить в насытителю, пропускаются через дефлегматор (12), в котором большая часть тяжело кипящих составных частей подсмольной воды (воды и кислоты) дефлегируется обратно, а древесный спирт с водой и небольшой примесью кислоты идет непосредственно в холодильник. Древесным спиртом называют смесь из метилового и анилового спиртов, эфиров, кетонов и воды. Как холодильник, так и дефлегматор могут устраиваться в виде трубочки или в виде змеевика, в зависимости от необходимой поверхности охлаждения.

Распространенные на заводах двухкубовые аппараты отличаются от трехкубовых тем, что для нейтрализации кислоты они оборудованы только одним насытителем; второй насытитель иногда делается меньших размеров, и известковое молоко в него не загружается. Поэтому он является только ловушкой на случай переброса раствора. Недостатками двухкубовых аппаратов являются: возможные потери уксусной кислоты от неполной нейтрализации в одном насытителе, благодаря чему, попадая в холодильник вместе со спиртом, при ректификации последнего кислота пропадает, оставаясь в кубовом отбросе или теряясь при нейтрализации. Кроме того, при одном насытителе трудно рассчитать загрузку известкового молока так, чтобы произошло одновременное окончание нейтрализации уксусной кислоты и отгонка спирта. Поэтому часть древесного спирта часто остается в растворе уксусно-кислого кальция и спускается вместе с ним в упарные чаши, где он теряется. С другой стороны, наличие 2-го насытителя повышает давление в испарителе, что в старых аппаратах может привести к излишним потерям через неплотности.

Процесс работы на трехкубовом аппарате. Подсмольная вода загружается в испаритель трехкубового аппарата на высоту, равную $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{6}$ высоты испарителя. После загрузки пускается пар в змеевики и производится подогрев загруженной подсмольной воды полной поверхностью змеевиков. Если производится отбор растворителей, то пары сначала отводят в дефлегматор, а насытителю выключают. Отгонку растворителей ведут очень медленно, получая так называемый «кислый спирт», крепостью 10—12%. Замедленная отгонка растворителей значительно увеличивает время оборота аппарата так, например, при емкости куба испарителя 6—7 м³ полный оборот аппарата происходит в течение 30 часов, в то время как с отбором растворителей он достигает 40—50 часов. Из этого времени отгонка растворителей ведется в течение 15—20 часов, следующие 15—20 ча-

сов идут на поглощение уксусной кислоты в насытителе, с одновременной отгонкой спирта-сырца, и оставшиеся 10 часов уходят на отгонку водяных паров на воздух. Загрузка и выгрузка занимает около 1 часа, а время прогрева загрузки — 2—3 часа. После отгонки растворителей гонка идет быстрее. Объем насытителя должен рассчитываться таким образом, чтобы отгонка спирта кончалась одновременно с нейтрализацией первой порции известкового молока. Это необходимо для избежания потерь спирта вместе со спускаемым раствором уксусно-кислого кальция. Готовность раствора (натравки) определяется по ее реакции (с помощью лакмусовой бумаги) или по внешним признакам, так как готовый раствор становится прозрачным и темным. Крепость уксусно-кальциевого раствора из трехкубового аппарата получается около 20%. Известковое молоко загружается 15% концентрации. Загрузка известкового молока производится только во второй насытитель (при трехкубовых аппаратах) и в первый насытитель молоко перепускается после того как последний будет освобожден от раствора.

Средняя крепость спирта-сырца при работе с отбором растворителей, получается около 5%; без отбора растворителей — около 10% (при кислотности подсмольной воды около 10% и содержании спиртов 4,5—5%). После того как весь спирт будет отогнан из куба, что узнается по понижению крепости спирта в холодильнике, пары переключают непосредственно на воздух, чтобы оставшимися водяными парами не разбавлять полученного спирта-сырца.

При работе с двухкубовыми аппаратами часто пары переключают на воздух преждевременно, основываясь на показании крепости спиртомером, равной 0°. Видимое отсутствие спирта в дистиллате объясняется присутствием в нем уксусной кислоты, повышающей удельный вес и попадающей в холодильник в результате окончания нейтрализации извести в 1-м насытителе при отсутствии 2-го насытителя.

После перегонки растворимая смола из испарителя спускается. Лучше спускать ее после каждой отгонки, а не собирать от нескольких гонок, как это часто делают на заводах, так как в последнем случае качество порошка ухудшается за счет смолы, попадающей в насытителю. Последнее происходит по причине того, что часть смолы в испарителе выпадает в виде осадочной, что облегчает переход этой смолы в дистиллат. Растворимую смолу лучше отдельно перегонять в особом кубе и освобождать ее от оставшейся кислоты и воды при помощи перегонки глухим и острым паром.

Выход кислого спирта составляет 5—6% от веса подсмольной воды. При работе без отбора растворителей спирта-сырца получается около 30% от веса подсмольной воды, растворимой смолы 7% (с влажностью около 30% и кислотностью 9%). Выход раствора уксусно-кальциевой соли принимают равным 65% от веса подсмольной воды.

Выпарные чаши и сушильные плиты. Полученный раствор уксусно-кислого кальция (порошка) из трехкубовых аппа-

ратов спускается в отстойники, где он отстаивается для отделения шлама. После отстаивания раствор подается в выпарные чаши для выпаривания. Выпарные чаши представляют собой сосуды с двойными днищами, в которые впускается пар для обогрева давлением в 2—3 атмосферы. По конструкции чаши бывают с медными и железными днищами, с выпуклым и вогнутым дном, а также круглыми или прямоугольными. Кроме того, есть выпарные чаши, обогреваемые голым огнем. На рис. 143 изображена выпарная чаша

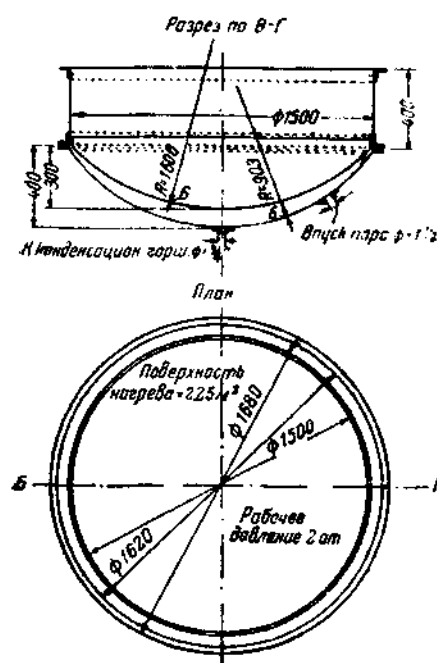


Рис. 143. Выпарная чаша.

ния выпаривания раствор садится в виде кашицы, которую немного упаривают для удаления еще некоторого количества водяных паров, после чего раствор выгружают и переносят на сушильные плиты. В процессе выпаривания на поверхности образуются пленки из смолистых веществ, которые для улучшения качества порошка необходимо снимать. Концентрация кашеобразного раствора обычно равняется 50—60% (по сухому веществу).

Окончательная подсушка порошка производится на чугунных или железных сушильных плитах, которыми перекрывают дымходы, используя тепло каких-либо отходящих дымовых газов (от ретортных печей или от котельной). Иногда сушильные плиты обогреваются специальной топкой. В этом случае на сушку тратится дополнительное топливо. На небольших заводах вместо чугунных или железных плит часто сушильный под устраивается

с паровой рубашкой и медным днищем. Толщина медного днища—5—7 мм.

Процесс работы на выпарных чашах заключается в следующем: раствор загружают в чашу так, чтобы до краев чаши оставалось 10—15 см, затем в паровую рубашку впускается пар и в течение одного—полутора часов производится подогрев. Необходимо следить за процессом закипания, так как в этот момент часто случаются перебои раствора через края чаши. Необходимо в момент закипания раствора почти полностью прикрывать пар и только, когда кипение уже установится, впуск пара можно продолжить. Процесс выпаривания продолжается около 6-ти часов и процесс выгрузки около 1½ часов. Таким образом, полный оборот чаши совершается в течение, примерно, 8 часов, т. е. 3 раза в сутки. После оконча-

из кирпича или для этого используют нагретую кладку ретортных печей. наверху которых и производят сушку порошка. Последнее нельзя признать рациональным, так как в этом случае, так же, как и в случае специальной топки, тратится дополнительное топливо, сжигаемое в ретортных топках; кроме того, условия работы отличаются значительной вредностью, так как рабочие, проходя по сушильному поду для перемешивания порошка, вынуждены вдыхать вредные испарения. Лучше для сушки порошка использовать тепло отходящих дымовых газов и сушильные плиты устраивать на некоторой высоте над полом так, чтобы рабочий, обслуживая плиты, находился не над плитами, а сбоку их. Все испарения должны вытягиваться через специальный вытяжной колпак какими-либо вентиляционными устройствами. Процесс сушки порошка состоит в постепенном переворачивании высыхающего порошка, благодаря чему порошок постепенно передвигается в каком-либо одном направлении. При этом загрузка порошка происходит в одном конце, а выгрузка сухого порошка—в другом конце сушильных плит.

Поверхность сушильных плит, обогреваемых отходящими дымовыми газами, определяется из расчета 1 м² на каждые 25 кг порошка, получаемого в сутки.

Выход серого порошка по заводам обычно не превышает 27—28 кг с кубометра дров. В отдельных случаях достигнут выход 30 кг, но и этот выход не является предельным.

На более совершенных и крупных заводах для упаривания растворов уксусно-кальциевой соли применяют вакуум-аппараты, обеспечивающие большую экономию в расходе пара и топлива. В принципе эти аппараты подобны описанным в главе о производстве сульфатной целлюлозы и потому их описания мы не будем здесь повторять. Для окончательного сгущения упаренных растворов применяют барабанные испарители, представляющие собою, нагреваемые изнутри паром до 115—120° медленно вращающиеся барабаны, погруженные нижней частью в концентрированный солевой раствор. Тонкий слой жидкости, забираемый поверхностью барабана, успевает высохнуть во время оборота барабана и твердый остаток снимается с поверхности особыми скребками, прижимаемыми при помощи груза.

Сушка порошка, получаемого в виде кашеобразной массы в выпарных чашах, на больших новых заводах производится механизированным путем, являющимся более совершенным, по сравнению с сушкой на плитах. Ленточная сушилка Гилларда, изображенная на рис. 143-а, дает представление о подобной механизированной сушке. Кашеобразная масса, содержащая 45—50% уксусно-кислого кальция, непрерывно захватывается в месте *A* одним концом зигзагообразно изогнутой и движущейся на роликах проволоочной сетки. Движение зацепленной массой сетки происходит вниз и вверх и вертикальных камерах, навстречу току горячего воздуха, или топочных газов, засасываемых в сушилку в месте *F* при помощи особого вентилятора. В последней камере порошок удаляется в сетки особыми валиками.

Спирто-отгонные аппараты. На маленьких заводах нейтрализация подсмольной воды производится вручную в деревянных чанах, причем для нейтрализации в большинстве случаев употребляется негашеная известь или известь-пушонка. В дальней-

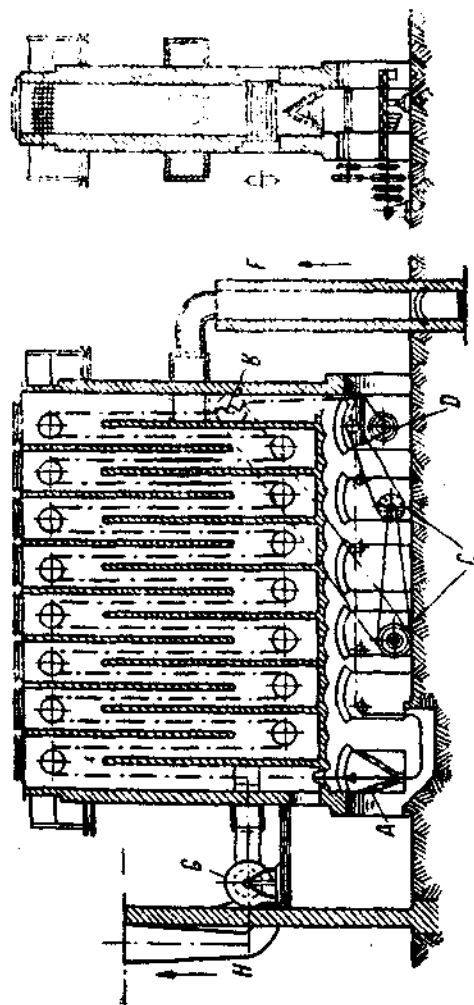


Рис. 143-а. Сушилка Гилларда

шем, отделение спирта от полученного раствора соли производится в спирто-отгонных кубах с огневим нагревом. Схема спирто-отгонного куба изображена на рис. 141. Полезная емкость спирто-отгонных кубов обычно равняется 1800 литров. Пары, поднимающиеся из куба, сначала проходят через колонну, наполненную древес-

ным углем, служащую для предварительной очистки от смолистых веществ и одновременно для задержания пены при перебросах. В этой колонке происходит также некоторое укрепление спирта. Из колонки пары поступают в дефлегматор, устраиваемый из листовой меди, в виде чечевицеобразных тарелок (тарелки Писториуса). Такой дефлегматор погружается в деревянный чан с водой для охлаждения. Дефлегматор производит укрепляющее действие, так как в нем конденсируется и стекает обратно в первую очередь водяная тяжелокипящая часть паровой смеси, а спирт проходит в холодильник, где он конденсируется и охлаждается. Средняя крепость получаемого спирта-сырца равна 50° по Траллесу.

Производительность спиртоотгонного куба определяют из расчета, что 1 м² поверхности нагрева испаряет в час 8 кг жидкости. Для отгонки спирта нужно отогнать 60% от загрузки в кубе.

На более благоустроенных заводах нейтрализация подсмольной воды производится в деревянных чанах с мешалками, работающими от электрического привода, а сама нейтрализация для удобства производится не сухой известью, а известковым молоком. Мешалки устраиваются в деревянных чанах и с деревянными лопастями. Количество оборотов мешалки от 15 до 20 в минуту.

Для экономии пара на заводах с паровым хозяйством вместо обычных ректификационных аппаратов для отделения спирта и укрепления его можно рекомендовать спиртоотгонные кубы с флегмовыми кубами, предложенные инж. Никифоровым. Схема устройства аппарата с флегмовым кубом приведена на рис. 140.

Сущность аппарата заключается в том, что посредством его производится одновременное укрепление спирта и концентрация раствора уксуснокислой соли, т. е. экономится одна перегонка, которая обычно производится в выпарных чашах. Флегмовый куб устраивается железным, но может быть сделан и деревянным. В кубовом остатке в испарителе и в флегмовом кубе остается некоторое количество спирта, являющегося потерей, причем концентрация спирта в остатке флегмового куба выше концентрации остатка в испарителе на величину разности в концентр. пара, уходящего из испарителя, и жидкости в нем. Поэтому для уменьшения потерь полезно флегмовый куб оборудовать дополнительным подогревом в виде парового змеевика или лучше для этого использовать тепло отходящих дымовых газов, если куб-испаритель имеет огневой обогрев.

Аппараты для очистки спирта. Как было указано в схемах различных способов спиртопорошкового производства, очистка и укрепление древесного спирта производится в ректификационных аппаратах. Задачей ректификации является отделение воды от древесного спирта и выделение компонентов последнего в более или менее чистом виде, в зависимости от требований стандарта и оборудования завода. Процесс ректификации основан на использовании разности температур кипения различных составных частей спирта-сырца, благодаря чему смесь можно разделить путем фракционирования или дробной перегонки. Сущность послед-

ней заключается в следующем: если смесь спирта и воды довести до кипения, то содержание спирта в парах будет больше, чем содержание его в жидкости. Так, например, при содержании мети-

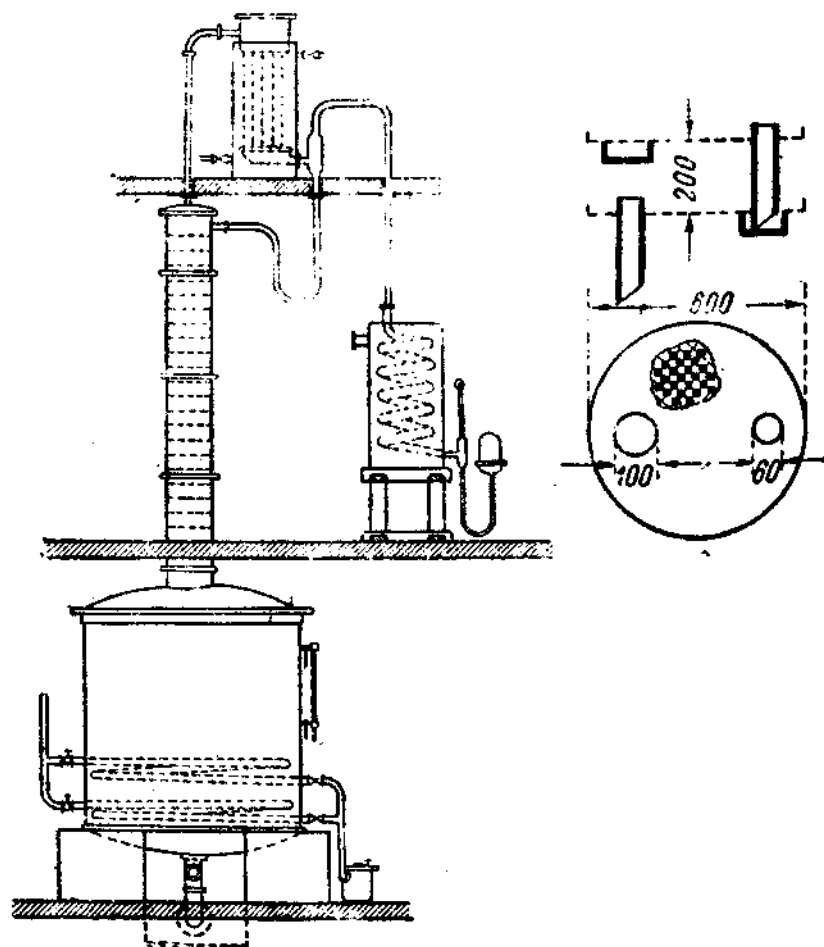


Рис. 144. Ректификационный аппарат.

лового спирта в воде в количестве 10% (весовых) содержание спирта в парах будет уже 46,8%.

Если полученные пары сконденсировать, превратив их в жидкость, и подвергнуть новому испарению, то содержание спирта во вновь образованных парах будет также более богатым, чем в порожившей их жидкости. Таким образом, если смесь спирта и воды подвергнуть многократному испарению, то можно добиться почти пол-

ного разделения спирта и воды. Точно также можно разделить смесь всяких других жидкостей, имеющих значительную разницу в температурах кипения. Напомним, что температура кипения воды 100°, а спирта—65°. В ректификационном аппарате многократность испарения достигается устройством тарелок, представляющих собой как бы отдельные сосуды, в которых происходит кипение смеси.

На рис. 144 изображен ректификационный аппарат периодического действия и отдельно устройство сетчатой тарелки. Аппарат имеет 24 тарелки и таким образом 24 раза повторяется процесс вскипания смеси. Древесный спирт-сырец загружается в куб аппарата, в последнем при помощи нагревательного змеевика он доводится до кипения, а образующиеся при этом пары поднимаются в ректификационную колонну. Достигнув первой тарелки, пары проходят через отверстия тарелки и, вследствие отдачи тепла, конденсируются в жидкость. Вновь поднимающиеся из куба пары конденсируются при прохождении через жидкость, образовавшуюся на первой тарелке. При конденсации пары отдают свою скрытую теплоту, за счет которой жидкость доводится снова до кипения. Так, постепенно процесс повторяется до верхней тарелки. После того как вся колонна будет прогрета парами, для поддержания на каждой тарелке кипящего слоя жидкости, создается обратный поток жидкости, стекающий по колонне сверху вниз. Это достигается устройством дефлегматора. Последний представляет собой трубчатый или змеевиковый холодильник, задачей которого является только конденсация паров, без охлаждения их. Полученная жидкость называется флегмой. Часть паров в дефлегматоре не конденсируется и проходит дальше в холодильник, где пары конденсируются, охлаждаются, и в виде продукта вытекают в приемный фонарь.

Соответственно изложенной схеме, процесс в ректификационной колонне протекает следующим образом. Поднимающиеся из куба пары конденсируются на каждой тарелке и отдавая при этом свою скрытую теплоту, доводят жидкость на каждой тарелке до кипения. Таким образом, постепенно спирт укрепляется, т. е. увеличивается содержание его в парах, против содержания его в жидкости. Флегма перетекает сверху вниз с тарелки на тарелку через сливные трубки, погруженные своими концами в чашечки, в которых образуются гидравлические затворы, предупреждающие непосредственное прохождение паров с тарелки на тарелку через сливные трубки. Таким образом, для паров остается один путь прохождения—через отверстия тарелки и через жидкость, находящуюся на ней. Отверстия делают диаметром около 2 мм и жидкость поддерживается на тарелках противодействием паров, поднимающихся снизу. Если прекратить кипение в кубе, то при падении давления паров жидкость стекает в куб непосредственно через отверстия в тарелке.

Обслуживание аппарата состоит из регулирования притока пара в нагревательный змеевик и притока охлаждающей воды в дефлегматор. При одном и том же числе тарелок, чем больше будет

впускаться воды в дефлегматор, тем большее охлаждение паров он будет производить и, следовательно, тем большее количество флегмы будет стекать обратно в колонну. А чем больше флегмы, тем больше степень укрепления спирта и тем больше расход пара, потому что испарять приходится большее количество жидкости. Отношение количества флегмы, стекающей в колонну к количеству дистиллата, получающегося из холодильника, называется числом флегмы. Число флегмы требуется небольшое в начале перегонки, затем оно увеличивается в середине перегонки, когда отгоняется самый крепкий спирт и снова уменьшается в конце перегонки, при получении слабого концевой погона. Гонка заканчивается, когда крепость спирта из холодильника будет понижаться до 0° по Тралесу. Регулированием притока воды в дефлегматор можно искусственно увеличивать или уменьшать крепость получаемого спирта. После окончания ректификации в кубе остается часть спирта, растворенного в воде, дальнейшая отгонка которого становится экономически нецелесообразной и поэтому эта часть спирта спускается вместе с водой в сточную канаву. Эта потеря спирта называется „угаром“ и величина его в зависимости от первоначальной крепости спирта и крепости получаемых продуктов может колебаться от 5° до 15° от общего количества взятого чистого спирта.

При первичной ректификации спирта-сырца можно отбирать 3 части (фракции): первая или головная фракция, крепостью 60—70%, состоящая, главным образом, из эфиров, ацетона и небольшой части метилового спирта; вторая фракция—крепость 80—90%, состоящая, главным образом, из метилового спирта, и последняя, хвостовая фракция, крепостью 20—30%, в которой содержатся алиловые масла. Последние обладают неприятным запахом и действуют на зрение, поэтому отбор хвостовой фракции, а также спуск сточной воды из куба необходимо производить по закрытым трубопроводам.

При вторичной ректификации спирта, полученного при порошковом способе переработки подсмольной воды, без отбора растворителей, можно получать следующие фракции: 1) легкие масла (эфиры) в количестве около 2%, 2) ацетионистый спирт с содержанием ацетона не менее 55% и крепостью 90—92%, в количестве 20—22%, 3) спирт, с содержанием ацетона 20—25% и крепостью 95—97% в количестве 11—12%, 4) укрепленный спирт крепостью 98,6°—98,8° в количестве 51—53%, 5) алиловый спирт, крепостью 40—50° в количестве 3—4%. Угара получается 11—13%. Перед вторичной ректификацией спирт обычно разбавляется водой до крепости 20—30% и в таком виде загружается в куб аппарата.

Разбавление водой называется „рассиронкой“ и производится для облегчения выделения масел и для лучшего отделения легкокипящих составных частей спирта-сырца.

При ректификации кислого спирта, полученного в трехкубовом аппарате при работе с отбором растворителей, отбираются следующие фракции:

1) Первая фракция—так называемые ЭДМ—эфирно-древесные масла, представляющие собой бесцветную или слегка желтоватую жидкость, отбираемые в зависимости от их способности всплывать с водой. При смешении с водой средняя проба фракции должна давать всплывание не менее 25%. Содержание эфиров в пересчете на метилацетат должно быть не ниже 75%. Удельный вес при 20° ρ 0,91—0,92.

2) Вторая фракция—растворитель, называемый ацетонометилацетат, представляющий собой метилацетат с примесью ацетона. Содержание эфиров в этой фракции в пересчете на метилацетат—не ниже 60%. Всплывание над 15% раствором поваренной соли при смешении 1:1 должно быть не менее 70%.

3) Третья фракция—растворитель ЛДМ—легкие древесные масла, состоящие из ацетона, метилового спирта, метилацетата и других эфиров. Фракция должна давать всплывание не менее 80% с 15% раствором хлористого натрия при смешении двух объемов растворителя и одного объема хлористого натрия. Должна растворяться в воде во всех отношениях. Должна быть нейтральной; кислотность допускается не более 0,1%. Удельный вес при 15° ρ 0,870—0,915.

4) Четвертая фракция—укрепленный метиловый спирт.

5) Пятая фракция—так называемый, хвостовой погон, состоящий из смеси алилового спирта, метилового спирта и тяжелых древесных масел.

Выход спиртов (в пересчете на 100%) 7—8 кг на кубометр. При установке скруббера и уменьшении потерь (доходящих до 30—40%) выход спиртов может быть повышен до 10 кг с кубометра.

В. ЭКСТРАКЦИОННЫЕ СПОСОБЫ

Одним из главных конечных продуктов сухой перегонки дерева является уксусная кислота в виде различных сортов ее, в зависимости от степени очистки. Спиртопорошковое производство дает черный или серый порошок, содержащий соответственно 60—80% чистой уксусно-кальциевой соли. Для превращения последней в уксусную кислоту порошок разлагается минеральными кислотами (серной или соляной) и полученная черная уксусная кислота ректифицируется и очищается. Таким образом, для получения уксусной кислоты при этом способе необходимо затрачивать известь, серную кислоту и лишний пар. В химической промышленности давно известен способ экстракции, т. е. извлечения ценного вещества из сырого материала, соответственно подобранными растворителями, которые потом регенерируются. Еще в 1883 г. Геринг предложил экстрагировать уксусную кислоту из ее растворов серным эфиром, этилацетатом и алиловым спиртом. Но в промышленности способ экстракции получил распространение лишь с 20-х годов текущего столетия, вследствие конкуренции со стороны синтетических методов производства уксусной кислоты и метилового спирта.

Методы экстракции можно разделить на следующие:

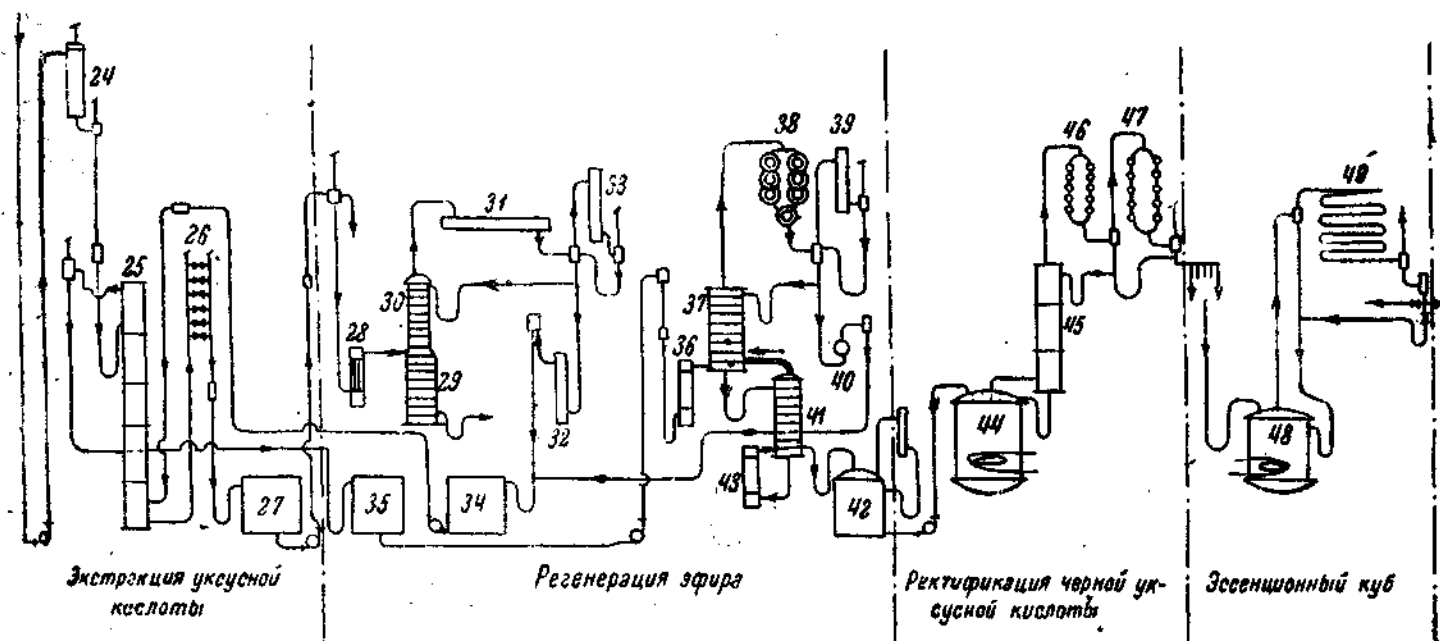
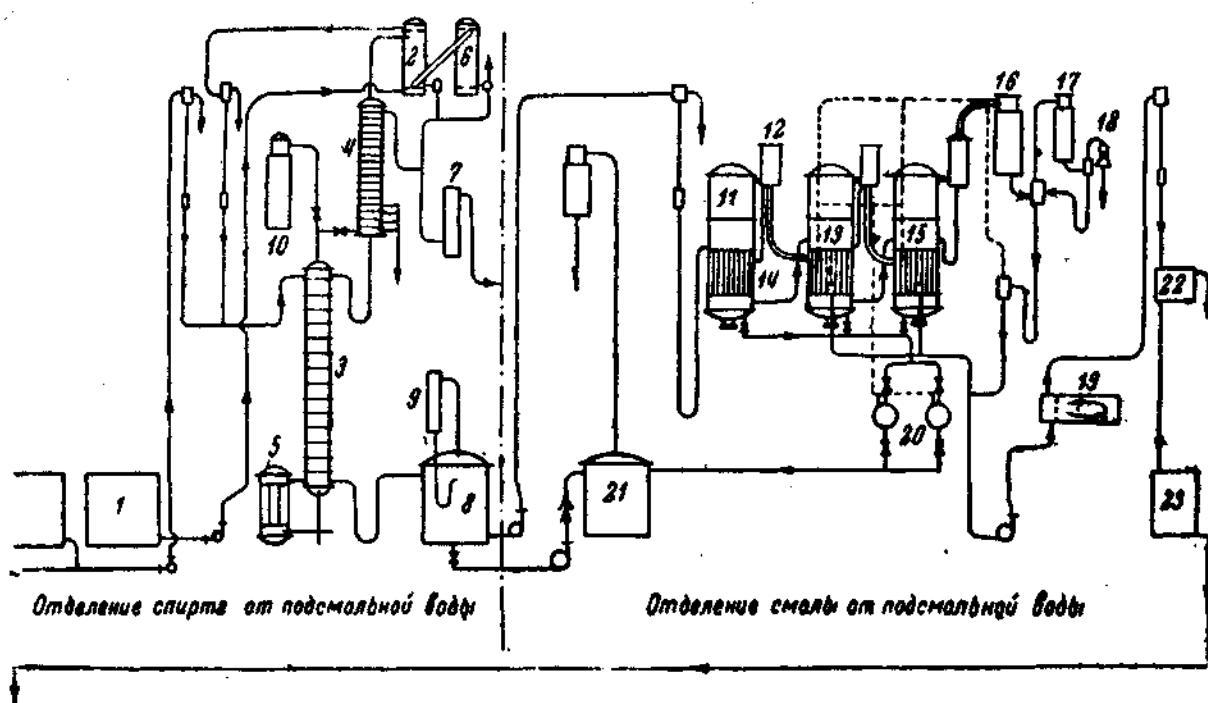


Рис. 145. Схема технологического процесса по способу Брюстера-Беджера.

а) с легко кипящими растворителями по принципу Геринга, куда относится способ Брюстера, применяющийся на крупных заводах у нас в Союзе:

б) экстракция тяжело кипящими растворителями, к которой относится способ Сюнда.

Кроме экстракционных способов извлечения уксусной кислоты существуют азеотропические способы выделения и концентрации уксусной кислоты, из которых в западно-европейских странах большое распространение получил способ Шарля.

Схема процесса по способу Брюстера-Баджера. Несколько упрощенная схема технологического процесса по способу Брюстера-Баджера приведена на рис. 145 (разделен на две части), по которой процесс состоит из следующих основных операций:

- 1) Отделение древесного спирта от подсмольной воды.
- 2) Перегонка обесспиртованной подсмольной воды для отделения растворимой смолы.
- 3) Экстрагирование серным эфиром из кислой воды уксусной кислоты.
- 4) Регенерация эфира.
- 5) Ректификация и очистка черной кислоты.
- 6) Ректификация и очистка спирта-сырца.

Для отделения отстойной смолы от подсмольной воды последняя из ретортного корпуса подается в отстойники (1). Объем отстойников равняется полутора суточному запасу. Из отстойников подсмольная вода для отделения древесного спирта подается насосом в дефлегматор непрерывно-действующего ректификационного аппарата (деалкоголайзера) (2). В дефлегматоре за счет тепла конденсирующихся паров спирта подсмольная вода подогревается до температуры 60—70° и в таком состоянии поступает в исчерпывающую колонну (3). Одновременно в колонну подается отстойная смола, в количестве 10%, от подаваемой подсмольной воды. Отстойная смола предупреждает образование на тарелках колонны фенол-альдегидных смол, забивающих тарелки и трубчатку. В исчерпывающей колонне от подсмольной воды отделяется легко-кипящий древесный спирт, который поступает в ректификационную колонну (4), где укрепляется. Внизу исчерпывающей колонны (3) находится нагревательная трубчатка (5), обогреваемая паром давлением 8 атмосфер и сообщаемая тепло, необходимое для ректификации. Пары несконденсировавшегося спирта из дефлегматора (2) проходят в дополнительный дефлегматор (6) и из обоих дефлегматоров конденсат спирта частично стекает обратно в колонну (4) в виде флегмы, а часть спирта отводится для окончательного охлаждения в холодильник (7), откуда спирт поступает на дополнительную очистку и ректификацию. Обесспиртованная подсмольная вода стекает из нижней части исчерпывающей колонки (3) в отстойник (8), снабженный обратным холодильником (9) для конденсации паров. Холодильник (10) является запасным и служит для конденсации паров при очистке аппарата и продувке его паром. В отстойнике (9) отделяется отстойная смола, а для отделения растворимой смолы подсмо-

лая вода подается на перегонку в трехкорпусный вакуум-выпарной аппарат. Аппарат состоит из трех корпусов, в каждом из которых поддерживается вакуум, постепенно увеличивающийся до 600 мм ртутного столба (в последнем корпусе). Подсмольная вода подается в первый корпус (11), в котором она доводится до кипения с помощью трубчатки, обогреваемой паром давлением 2—3 атмосферы. Образующиеся пары подсмольной воды проходят через ловушку для увлеченных брызг (12) и поступают в междутрубное пространство второго корпуса (13). Во втором корпусе поддерживается давление меньше, чем в первом корпусе, поэтому пары, конденсируясь и отдавая свое скрытое тепло через трубчатку, в состоянии довести снова до кипения подсмольную воду, перетекающую из первого корпуса по трубе (14). Пары из второго корпуса поступают в междутрубное пространство третьего корпуса, в котором поддерживается еще больший вакуум и поэтому при конденсации эти пары испаряют новое количество подсмольной воды. Из третьего корпуса (15) пары поступают в холодильник (16) и из него в дополнительный холодильник (17), откуда оставшиеся неконденсируемые газы поступают в эжектор (18), которым создается необходимое разрежение. Сконденсировавшаяся перегнанная подсмольная вода (кислая вода) стекает из холодильников в дополнительный холодильник (19), откуда она подается на экстракцию. К ней также присоединяется кислая вода, сконденсировавшаяся в нагревательных пространствах 2-го и 3-го корпуса. Растворимая смола отбирается из нижней части корпусов в два вакуум-приемника (20), откуда она поступает в смолперегонный куб (21); в последнем от растворимой смолы с помощью глухого и острого пара отгоняется кислая вода. В этом же кубе отгоняется кислая вода и от отстойной смолы.

Переганная кислая вода поступает в сборник (23), проходя предварительно для отделения масел через маслоотделитель (22). Из сборника (23) кислая вода проходит через скруббер (24), в котором она поглощает пары растворителя (серного эфира), улетучивающегося от аппаратов экстракционного отделения и подводимого к скрубберу по системе специальных трубопроводов. Из скруббера кислая вода поступает самотеком в верхнюю часть экстрактора (25). Снизу, противотоком по отношению к кислой воде, в экстрактор подается серный эфир, который отбирается вверху экстрактора, в виде эфирокислоты, представляющей собой эфир с растворенной в нем кислотой (в количестве 3%). Проэкстрагированная кислая вода частично растворяет эфир и отбирается снизу экстрактора, в виде эфироводы. Для регулирования в экстракторе высоты столба жидкости эфироводы отбирается через один из кранов гребенки (26) и собирается в сборнике (27). Из сборника эфировода подается на непрерывно-действующий ректификационный эфироводный аппарат для регенерации эфира. В последнем, пройдя подогреватель (28), подогретая эфировода поступает на исчерпывающую колонну (29), в которой происходит отделение эфира от воды, причем последняя стекает

снизу колонны и направляется в канализацию. Вода, увлеченная с эфиром в верхнюю укрепляющую колонну (30), в последней отделяется и стекает снова в истощающую колонну, а в конденсатор (31) поступает уже почти чистый эфир. Часть эфира обратно спускается в колонну—в виде флегмы, а остальной эфир для дополнительного охлаждения направляется в холодильник (32). Несконденсировавшиеся пары эфира направляются в холодильник (33), из которого конденсат присоединяется к общему трубопроводу для эфира. Отогнанный эфир собирается в сборнике (34), из которого он подается снова на экстракцию. Отобранная сверху экстрактора эфирокислота направляется в сборник (35), из которого для отделения эфира от кислоты она направляется в непрерывно-действующий ректификационный эфирокислотный аппарат.

Эфирокислота подается в подогреватель (36) из него эфир и кислота поступают в нижнюю часть укрепляющей колонны (37). В последней происходит освобождение паров эфира от кислоты. Из укрепляющей колонны эфир направляется в семикорпусный конденсатор (38). Сконденсировавшийся эфир стекает частью обратно в ректификационную колонну (37), а частью идет на дополнительное охлаждение в холодильник (40), из которого направляется в сборный бак (34). Отделенная в укрепляющей колонне кислота стекает в истощающую колонну (41), в которой окончательно освобождается от эфира и в виде сырой черной кислоты стекает в приемник (42), оборудованный обратным холодильником. Подогрев аппарата производится трубчаткой (43), нагреваемой паром давлением 8 атмосфер.

Сырая черная кислота для ректификации поступает на периодически-действующий ректификационный аппарат, состоящий из куба (44), колонны (45), дефлегматора (46), и холодильника (47). Дефлегматор и холодильник устроены в виде змеевиков, орошаемых снаружи водой. При ректификации черной кислоты дистиллят сначала делит грубо на две фракции: слабая и крепкая кислоты.

Слабая кислота крепостью 20—30% идет обратно на экстракцию, а крепкая на дальнейшую очистку. Лучшая степень очистки кислоты получается, если дистиллят делится на большое число фракций, например: 1) слабая кислота (крепостью 20—25%, которая возвращается в кислую воду), 2) слабая кислота крепостью 30% (идет для разбавления крепкой кислоты), 3) техническая кислота (крепостью 80%), 4) крепкая кислота (крепостью 95—97%) идет на выработку ледяной или пищевой кислоты).

Для получения пищевой уксусной эссенции четвертая фракция направляется в эссенционный куб (48), в котором обрабатывается марганцово-кислым калием в количестве 2%, отгоняется через серебряный холодильник (49) и направляется в сборники для готовой продукции через распределительную гребенку (50).

Преимуществами серного эфира, как растворителя, являются: 1) малая растворимость его в воде и воды в нем, 2) способность легко отделяться от кислоты при перегонке с небольшой затратой

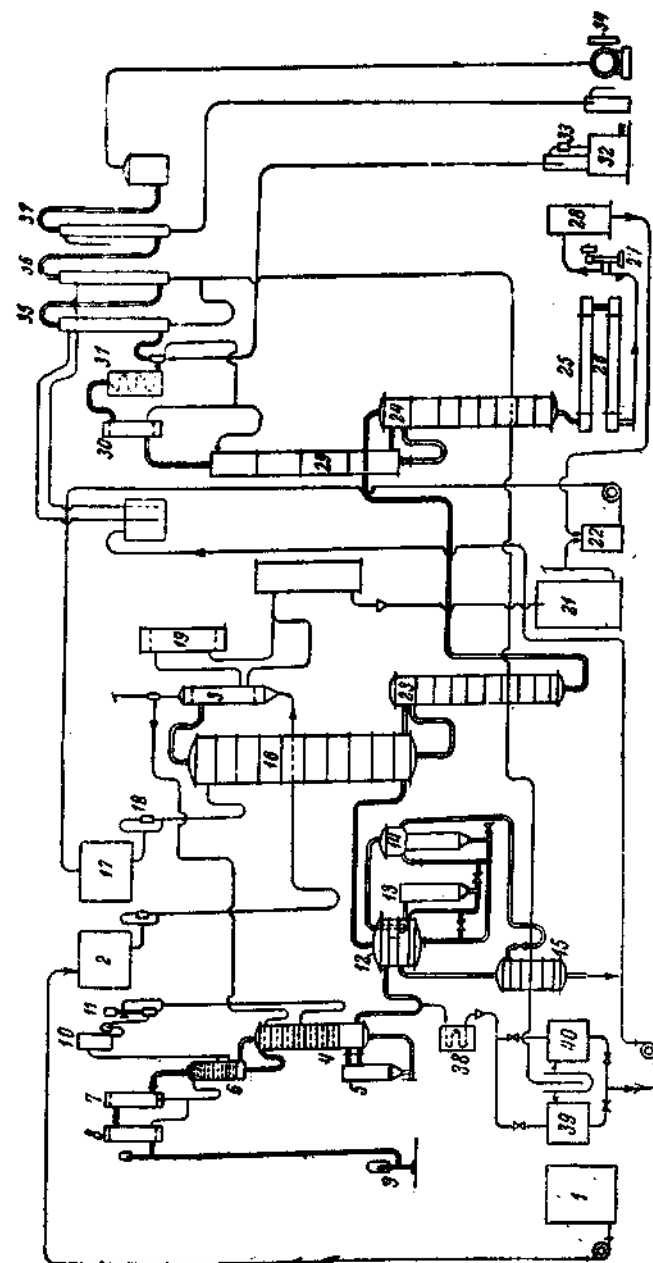


Рис. 146. Схема процесса по способу Сюнда.

весного спирта проходили в следующую колонну для ректификации. Качество кислоты при таком способе получается пониженное, благодаря загрязнению альдегидами, которые экстрагируются из подсмольной воды одновременно с кислотой.

Схема процесса переработки подсмольной воды азеотропическим способом (способ Шарля).

При азеотропическом способе уксусная кислота отделяется от сопровождающей ее воды помощью какого-либо растворителя,

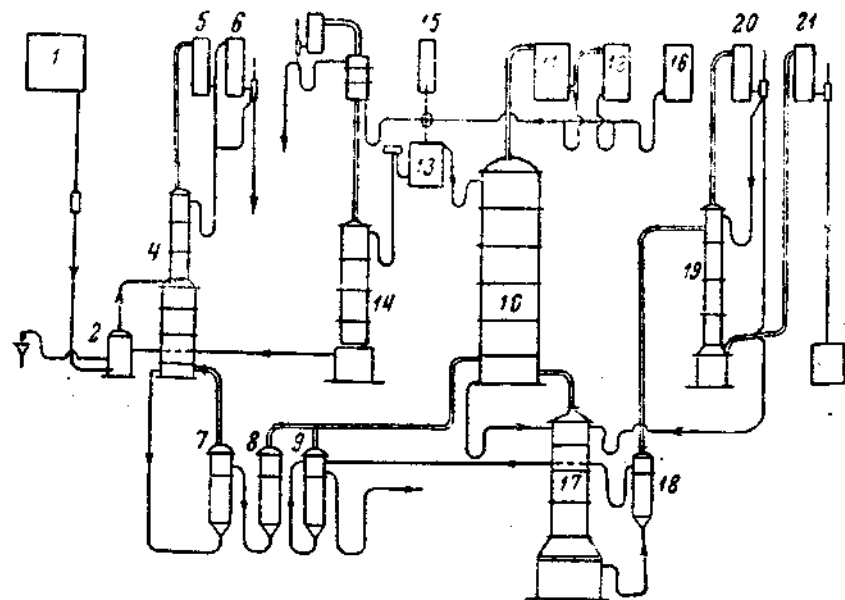


Рис. 147. Схема процесса по способу Шарля.

который с водой образует постоянно кипящую смесь, с температурой кипения более низкой, чем температура кипения кислоты. Таким образом, растворитель, образуя с водой постоянно кипящую смесь, испаряющуюся как более легкокипящий продукт, в первую очередь как бы увлекает с собой воду, оставляя в жидкости более концентрированную кислоту. В способе Шарля в качестве такого «увлекателя» применяются легкие древесные масла.

На рис. 147 изображена схема процесса по способу Шарля. Так же, как и в способе Брюстера и Сюнда, от подсмольной воды сначала отделяется древесный спирт в непрерывно-действующем ректификационном обесспиртовывающем аппарате (деаэролизер).

Подсмольная вода подается из напорного бака (1) в теплообменник (2), где подогревается до температуры 60—80° и подается на исчерпывающую колонну деаэролизера (3). Все легкокипящие составные части подсмольной воды (древесный спирт) отделяются

и укрепляются в верхней ректификационной колонне аппарата (4), с дефлегматором (5) и в охлажденном состоянии вытекают из холодильника (6), крепостью 50—60° по Траллессу. Кислотность древесного спирта—0,2% и выход его равен 10% от веса подсмольной воды.

Обесспиртованная подсмольная вода стекает вниз в испаритель (7), который испаряет подсмольную воду и дает тепло, необходимое для работы колонны. Смола с концентрацией 30—50% переходит из первого во второй испаритель (8), и из него в третий испаритель (9). В испарителях от смолы отгоняются остатки кислоты и воды и из последнего испарителя (9) смола вытекает при температуре 120—130°, с содержанием 3—6% органических кислот (в пересчете на уксусную). Пары воды и кислоты из второго и третьего испарителей поступают в нижнюю часть колонны (10), имеющей 20 тарелок и служащей для концентрации уксусной кислоты по азеотропическому методу Шарля. На верх этой колонны подаются легкие древесные масла с температурой кипения 105—150°, которые в данном случае являются увлекателем воды.

Легкие древесные масла для работы берутся такие, которые с водой образуют смесь с температурой кипения 85—90°. Удельный вес этих масел—0,9. Сверху колонны отходит смесь паров, состоящая из 30% воды и 70% масел, которая конденсируется в двух холодильниках (11) и (12). Из конденсаторов сгустившиеся пары воды и масла стекают во флорентину (13), в которой происходит разделение масел и воды. Масла, имеющие меньший удельный вес, всплывают наверх и спускаются обратно в колонну, а вода с растворенными в ней маслами, в количестве 6—10% стекает в колонну (14). В этой колонне отгоняются от воды растворенные в ней легко-кипящие эфиры и спирты, и оставшаяся вода с содержанием кислот 0,2—0,3% идет в отброс. Теплота отбросной воды используется для подогрева подсмольной воды в теплообменнике (2).

Так как конденсат стекает во флорентину в горячем виде, то для предупреждения улетучивания паров имеется обратный холодильник (15). Пополнение масел, теряющихся в процессе, производится из напорного сборника (16). Дальнейшее укрепление кислоты до 70% происходит в колонне (17), имеющей свой подогреватель. Сырая уксусная кислота вместе с частью смолистых веществ снизу колонны выдавливается в испаритель (18), в котором пары кислоты отгоняются в колонну (19), а смола, с содержанием кислоты в количестве 20%, удаляется для отгонки последней, в особые смоло-перегонные кубы. Пары кислоты в колонне (19) разделяются на слабую кислоту, уходящую вверх, и крепкую кислоту, уходящую вниз. Слабая кислота крепостью 20—30% отбирается в холодильнике (20) и часть ее, в виде флегмы, спускается обратно в колонну (19), а остальная часть идет в колонну (17). Укрепленная кислота в виде паров направляется в холодильник (21), в котором получается 80—85% техническая кислота.

Дальнейшая очистка уксусной кислоты может быть произведена в периодических или непрерывных аппаратах, причем для получения чистой пищевой кислоты она подвергается обработке марганцово-кислым калием, употребляемым в качестве окислителя посторонних примесей.

В процессе совершенно не получается слабой кислоты, которая все время возвращается обратно в процесс для укрепления. В последнее время Шарль несколько изменил схему своего способа в следующих частях: трубчатые испарители, предназначенные для отделения растворимой смолы, заменены несколькими тарельчатыми колоннами, причем в последней колонне смола продвигается острым паром. Указанные изменения позволили отдельно собирать гомологи уксусной кислоты, предупредив попадание смоляных масел в основную обезвоживающую колонну, что повысило качество кислоты. Крепость спирта, получаемого на обесспиртовывающем аппарате, повышена до 70°, что уменьшило кислотность спирта, а следовательно, и потери кислоты. В последней схеме также упрощена часть ректификации и очистки уксусной кислоты.

Процессы и аппараты в экстракционных способах

Отделение спирта от подсмольной воды. Отделение спирта от подсмольной воды производится в обесспиртовывающем аппарате (деакогалайзер), представляющем собою непрерывно действующий ректификационный аппарат, состоящий из исчерпывающей и укрепляющей части. Исчерпывающая колонна имеет диаметр 1370 мм. На верхнюю тарелку исчерпывающей колонны подается смесь подсмольной воды и отстойной смолы. Колонна имеет 15 тарелок, снабженных колпачками «коридорного» типа. Такие колпачки имеют прямоугольную продолговатую форму и покрывают 3 или 4 паровых патрубка, через которые снизу поступает пар. Колпачки имеют прорезы, которые разделяют пар на более мелкие пузырьки для лучшего контакта пара и жидкости. В зависимости от диаметра колонны, таких коридорных колпачков может быть на одной тарелке несколько штук. Такие колпачки удобны для очистки их от смолистых веществ, накапливающихся в процессе работы. Для чистки колпачков, между каждыми двумя тарелками, сбоку колонны устроены люки, в направлении продольном к расположению колпачков.

Ректификационная колонна имеет несколько меньший диаметр (1067 мм), чем исчерпывающая колонна и снабжена 30-ю тарелками другого устройства. Эти тарелки оборудованы круглыми, разборными колпачками. Каждый колпачок навинчивается на паровой патрубок и при разборке может быть легко очищен. Для контакта паров, и жидкости внизу колпачков также устроены прорезы. Высота сливной трубки, по которой жидкость стекает с верхней тарелки на нижнюю, рассчитывается так, чтобы прорезы были погружены в жидкость. Подогрев колонны производится в трубчатке, расположенной снизу исчерпывающей колонны и

имеющей поверхность нагрева равную 75 м². В междутрубное пространство трубчатки, иначе называемой «каландрия», впускается насыщенный пар давлением до 8 атмосфер. Аппарат иногда делается с двумя дефлегматорами, из которых один используется как теплообменник для подогрева подаваемой подсмольной воды, а другой создает поверхность, недостающую для получения необходимого количества флегмы. Число флегмы, т. е. отношение количества дистиллата, впускаемого обратно в колонну, к количеству дистиллата, получаемого из холодильника, при работе аппарата колеблется от двух до трех.

При работе аппарата необходимо следить за равномерным притоком подсмольной воды, что обычно достигается при помощи уравнивателей напора, и измерителей скоростей. Кроме того, контрольным холодильником проверяется степень исчерпывания, т. е. количество спирта, уходящего вниз исчерпывающей колонны вместе с кислой водой. Концентрация спирта в уходящей из аппарата кислой воде не должна превышать 0,1%. Крепость спирта-сырца, получаемого из аппарата, может быть достигнута 60—80%. При более крепком спирте уменьшается потеря кислоты вместе со спиртом и обратно—при более слабом спирте потеря кислоты увеличивается. Полученный спирт-сырец для дальнейшей ректификации подвергается рассиропливанию (разбавлению) до 30°. При рассиропке крепкого спирта происходит отделение масел и облегчается выделение легкокипящих составных частей спирта-сырца во время дальнейшей ректификации его. Нужная крепость спирта-сырца устанавливается различной, в зависимости от условий дальнейшей переработки спирта-сырца.

Устройство обесспиртовывающих аппаратов аналогично и при других способах (способ Сюнда и способ Шарля); аппараты различаются лишь конструктивными деталями и количеством тарелок, в зависимости от крепости получаемого спирта.

Содержание кислот в спирте-сырце колеблется в пределах 0,8—0,2%. Содержание кетонов—18—26%, эфиров—10—13%, всплывающих масел—до 20%. По производительности описанный обесспиртовывающий аппарат может переработать от 7 до 9 тонн подсмольной воды в час.

На небольших заводах обесспиртовывание и обессмоливание подсмольной воды ведут на обычных периодически действующих ректификационных аппаратах. В этом случае сначала отгоняют древесный спирт, который получается средней крепостью 30—40° по Траллесу. После отгонки спирта ректификационная колонна по Траллесу. После отгонки спирта ректификационная колонна выключается, и кислая вода перегоняется прямо в холодильник. В кубе-испарителе остается растворимая смола.

Отделение смолы. Как было указано на стр. 315, в схеме процесса по способу Брюстера-Баджера, отделение растворимой смолы производится для экономии пара перегонкой в трехкорпусном вакуум-выпарном аппарате. Свежий пар в таком аппарате подается только в первый корпус, а в остальных корпусах испарение производится вторичным паром, для чего температура кипения соответ-

ственно понижается с помощью вакуума. Вакуум создается в первом корпусе равным 30—85 мм ртутного столба, во втором корпусе 320—400 мм и в третьем 540—620 мм ртутного столба. Температура кипения падает до 95—96° в первом корпусе и до 64—52° в последнем. Производительность такого аппарата составляет 6—8 т в час. Аппарат изготавливается из листовой красной меди и общая схема его указана на рис. 145. Поверхности нагрева отдельных корпусов, несмотря на одинаковые размеры корпусов, сделаны разные, постепенно увеличивающиеся от первого к последнему корпусу. Поверхность образована медными трубками диаметром 32 мм, которые пучками расположены вокруг более широких труб, диаметром 120 мм. Последние устроены для облегчения циркуляции нагреваемой жидкости. Трубные решетки изготавливаются из желтой меди толщиной 30 мм. Конденсаторы аппарата делаются вертикальными трубчатыми из медных трубок. Для создания разрежения в конденсаторах и корпусах установлен эжектор фирмы Эллиот, работающий паром давлением в 8 ат. Эжектор непосредственно соединен с конденсатором, через него разрежение передается в паровое пространство 3 корпуса, в паровое пространство 1 и 2 корпусов разрежение передается через вакуумную линию, соединяющую конденсатор с междутрубным пространством 2 и 3 корпусов (соответственно).

При работе аппарата следят за равномерной скоростью подсмольной воды и за поддержанием температуры и вакуума по корпусам. Изменение давления пара в паропроводе может соответственно изменить вакуум, а следовательно, и температуру в корпусах. Также необходимо следить за своевременным выпуском смолы из 3-го корпуса и вытеканием конденсата из холодильника и из междутрубных пространств 3-го и 2-го корпусов. Получаемая смола имеет от 3 до 5—8% кислот и 15—20% воды, которую дополнительно отгоняют на смолперегонных кубах с помощью глухого и острого пара. Смолперегонные кубы устраиваются медные с высокой перекидной трубой, соединяющей куб с холодильником.

В процессе Сюнда отделение смолы от подсмольной воды производится без вакуума, с помощью испарителей и тарельчатых колонн. В способе Шарля смола отделялась сначала только в трубчатых испарителях (как показано на схеме рис. 147). В последнее время отделение смолы также производится с помощью тарельчатых колонн глухим и острым паром.

Экстрагирование. Экстрактор, применяемый в процессе Брюстера-Баджера представляет собой вертикальный цилиндр, изготовленный из меди толщиной в 6 мм, диаметром 914 мм и высотой 9144 мм. Такой экстрактор изображен на рис. 148.

Для удлинения пути прохождения эфира и воды, а также для создания более тесного контакта между ними, в экстракторе устроены 65 штук тарелок, по которым противотоком движется снизу вверх—эфир и сверху вниз—кислая вода. Тарелки устроены таким образом, что одна имеет центральное круглое

отверстие, а другая, расположенная над ней, кольцевое отверстие по периферии. Количество эфира при работе экстрактора принимается в 2,7—3 раза больше, чем количество подсмольной воды. При содержании кислот в кислой воде 8%, экстракта получается с концентрацией кислоты 3%, и концентрация отбросов 0,2—0,3%. Экстракт извлекает 95% кислоты от ее содержания в кислой воде; 5% теряется в отбросе. Производительность одного экстрактора около 3-х тонн кислой воды в час.

В процессе Сюнда экстракция уксусной кислоты производится в парообразном состоянии, для чего пары кислой воды подаются в нижнюю часть ректификационной колонны, а сверху навстречу парам стекает поглотительное масло.

Регенерация растворителя. Эфирокислотный аппарат (см. стр. 316). Подогреватель и испаритель аппарата делаются в виде трубчаток из медных труб с поверхностью нагрева каждого из них равной 26 м². Ректификационная колонна медная, диаметром 1,98 м имеет 15 тарелок. Исчерпывающая колонна, диаметром 1,219 м, имеет также 15 тарелок. Конденсатор состоит из 7 корпусов, каждый из которых представляет собою медную трубу, положенную горизонтально и имеющую внутри трубчатку из медных труб диаметром 25 мм и длиной 6 м. Общая поверхность охлаждения—182 м². Производительность аппарата в среднем равна 7,5 тонн в час. При форсировании производительность может быть значительно повышена. Крепость выпускаемой черной кислоты колеблется от 56 до 65%. Нормальная крепость должна быть не менее 60%.

Эфироводный аппарат. Обе колонны эфироводного аппарата имеют по 15 тарелок. Диаметр нижней исчерпывающей части колонны равен 1,219 м и верхней ректификационной—0,914 м.

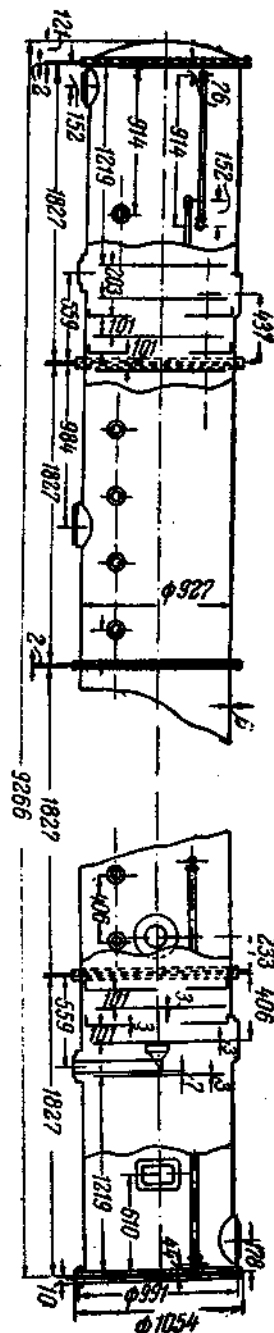


Рис. 148. Экстрактор.

метиловому спирту, крепостью 99° по Траллессу и с содержанием ацетона не более 0,03%, равняется около 160 л (проектная). Обычно в вырабатываемом метиловом спирте содержание ацетона не ниже 0,1—0,2%, зато отдельными стахановцами часовая выработка очищенного метилового спирта доводилась до 250 л.

Основные технические показатели по способам Брюстера-Баджера, Сюнда и Шарля

Способ Брюстера-Баджера. Выход уксусной кислоты при способе Брюстера-Баджера практически на заводах нашего Союза колеблется около 13 кг с одного м³ дров (в пересчете на 100% кислоту). Такой выход составляет в среднем 70% от кислоты, содержащейся первоначально в подсмольной воде. Выход может быть увеличен при соответствующем уменьшении потерь и может быть доведен до 14—15 кг/м³, т. е. до общего выхода товарных кислот в 80% от количества кислот в подсмольной воде.

Выходы товарных спиртов в пересчете на 100% концентрацию достигнуты на наших заводах в 5—6 кг с кубометра дров. При снижении потерь (главным образом при обесспиртовывании и при конденсации из парогазовой смеси), выходы должны быть повышены до 7—8 кг на кубометр. Потери растворителя (серного эфира) составляют 3—4% от 100% кислоты (30—40 кг на тонну кислоты).

Расход пара на переработку тонны подсмольной воды до получения товарных продуктов не должен превышать 2,6 тонны.

Расход воды около 30 м³ на тонну подсмольной воды.

Требуемая площадь здания для химцеха—5—6 м² на тонну подсмольной воды в сутки.

Способ Сюнда. Выход уксусной кислоты гарантируется автором этого способа до 16 кг с кубометра (в 100% к исчислению ее концентрации), но при этом часть кислоты получается низкого качества.

Выходы спиртов 5—6 кг.

На приготовление растворителя расходуется около 60% получаемой отстойной смолы. Потери растворителя составляют 11—12% от вырабатываемой 100% кислоты.

Расход пара на переработку тонны подсмольной воды составляет 2,5—2,6 тонны. Для крупных заводов расход пара снижается. Площадь здания—6 м² на тонну подсмольной воды в сутки.

Способ Шарля. Выход уксусной кислоты доходит до 80% от кислоты, содержащейся в подсмольной воде.

Расход масел, служащих в качестве „увлечателя“ воды и получаемых в производственном процессе, равняется 1—2 кг на тонну подсмольной воды.

Расход пара автор гарантирует в 2 тонны на тонну подсмольной воды.

Расход воды—20 м³ на тонну подсмольной воды.

Требуемая площадь здания—1,2 м² на тонну подсмольной воды в сутки плюс 40 м².

Под углежжением обычно понимается переугливание древесины, с главной целью получения древесного угля, являющегося основным продуктом, употребляемым для производства чугуна в металлургии. При сухой перегонке древесины, основными продуктами являются кислота и спирты, а уголь—побочным. В настоящее время это разделение не совсем верно, так как побочные продукты в новейших печах улавливаются при углежжении так же как и на заводах сухой перегонки дерева; в то же время заводы сухой перегонки строятся преимущественно около металлургических заводов для обеспечения потребности последних в древесном угле. Углежжение делится на кучное и печное. В качестве отличительного признака углежжения считают, кроме того, то, что процесс углежжения происходит с ограниченным доступом воздуха, в то время как сухая перегонка дерева ведется без доступа воздуха. Это обстоятельство создает более высокую конечную температуру переугливания при углежжении (до 600°) в сравнении с конечной температурой сухой перегонки дерева (400°).

Кучное углежжение. Переугливание в кучах обычно производится вблизи лесосек, для чего место должно быть ровным, с сухим грунтом и поблизости от воды. Для устройства кучи подготавливается ток, на котором по радиусу укладываются дрова, причем сначала устраивается так называемый „выстил“ из жердей, укладываемых в радиальном направлении. По жердям укладываются плашмя невысоким слоем дрова. Затем приступают к устройству центрального канала, который обкладывается мелкими дровами. После устройства канала дрова укладывают вертикально в несколько рядов, причем форма кучи делается в виде полушария или параболоида. По уложенным дровам устраивают покрывку, состоящую из двух слоев: в нижнем слое укладывается мох, ветви и листва, а в качестве верхнего слоя куча засыпается землей вместе с золой и угольной мелочью. Покрывка смачивается и утрамбовывается. Объем кучи делается от 15—30 м³ до 400 м³. Процесс углежжения начинается с зажигания канала в его верхней части. Внизу кучи устраиваются отверстия, через которые входит необходимый для горения воздух. После того как дрова в верхней части кучи загораются, ее закрывают такой же покрывкой и делают отверстия для выпуска газообразных продуктов разложения. Весь процесс углежжения и регулирование его заключается в пуске воздуха через отверстия снизу в необугленной части кучи и выпуске газов из зоны обугливания. Процесс углежжения распространяется от центра к периферии и сверху вниз, разрастаясь обращенным вниз конусом.

За ходом процесса следят по цвету выходящих газов и оседанию кучи. После того как верхняя часть дров сгорит и процесс углежжения начнет распространяться вниз, покрывка оседает и производится так называемое „кормление кучи“ (подбрасывание свежих дров). Такое кормление повторяется несколько раз в течение процесса углежжения в стоячих кучах, а в лежащих кучах „кормление“ не производится, так как процесс углежжения протекает последовательно в горизонтальном направлении. Весь процесс углежжения разделяется, таким образом, на периоды: зажигания, сушки и собственно углежжения. Общая продолжительность процесса для куч, объемом 15—30 м³ равняется 4—5 дням, а для куч, объемом до 400 м³—пять—шесть недель. Выход угля при кучном углежжении равняется 50—60% от объема загруженных дров. После окончания процесса углежжения, куча оставляется на некоторое время для остывания, причем для этого все отверстия закрываются и покрывка не снимается до тех пор, пока уголь не остынет. Качество угля при кучном углежжении получается хорошее, так как благодаря высокой температуре переугливания, уголь содержит 82—90% и выше углерода.

Кучное углежжение сильно распространено в Швеции. В нашем Союзе углежжение, главным образом, ведется в печах, так как кучное углежжение отличается большой трудоемкостью.

Печное углежжение. Все печи для углежжения можно разделить следующим образом: 1) печи, в которых обугливание происходит за счет сгорания части загруженных дров, отличающиеся от кучного углежжения только тем, что они имеют постоянную кирпичную покрывку. Последняя позволяет частично использовать ценные летучие продукты разложения. Из таких печей можно указать на американские „Кильны“; 2) печи, имеющие специальную топку, дымовые газы из которой обогревают дрова непосредственным соприкосновением. Из печей, относящихся к этому разряду, нужно отметить печь Шварца, получившую большое распространение в нашем Союзе; 3) печи, в которых передача тепла от топочных газов к дровам происходит через железные или чугунные калориферы; 4) печи непрерывного действия, которые не совсем подходят к данной классификации, так как могут иметь различные способы передачи тепла к переугливаемой древесине и общим признаком этой группы печей является только непрерывность процесса.

Рассмотрим печи, получившие распространение в нашем Союзе (печь Шварца) и печи непрерывно-действующие, которые должны получить большое распространение, благодаря механизации процесса углежжения и рациональному улавливанию побочных продуктов.

Печь Шварца представляет собой прямоугольную кирпичную камеру, с толщиной стен в 1,5 кирпича, покрытую кирпичным сводом толщиной в $\frac{1}{2}$ кирпича. Объем печи колеблется от 50—100 м³. На рис. 150 изображена печь Шварца, емкостью 100 м³, где приведены основные размеры печи. Дрова загружаются

в печь вертикально, на предварительно уложенный выстил из дров, положенных горизонтально; выстил обычно остается непереугленным и употребляется для нескольких операций. Загрузка дров производится через двери, устроенные в поперечных стенах печи. Пол печи делается из кирпича и ему придается небольшой уклон к углам. В последних имеются четыре выходных отверстия для газов, отводимых снаружи по невысоким деревянным трубам. В отверстия стекает смола и другие жидкие погоны, которые собираются в специальных деревянных чанах, устроенных снаружи под вытяжными трубами. Из жидких продуктов разложения древесины собирается в небольшом количестве только смола, а остальные ценные продукты уносятся вместе с газами на воздух и не используются. Для обогрева

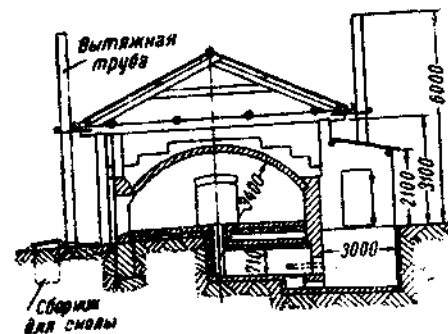


Рис. 150. Печь Шварца.

дров устроена специальная топка внизу печи, из которой газы поступают в печь по трем каналам. В середине печи расположен канал, имеющий максимальное сечение и 2 меньших канала расположены по бокам его. Выход угля из печей Шварца получается больший, чем при кучном углежжении, так как необходимое для разложения древесины тепло получается не за счет сгорания части загруженных дров, а от специального топлива, сжигаемого в топке. Частично сгорание дров в печи Шварца может происходить благодаря наличию избыточного кислорода в топочных газах. Поэтому топки иногда устраивают шахтные, как более экономные в отношении расходования топлива и дающие дымовые газы с меньшим содержанием кислорода. Расход топлива в печах Шварца достигает 35—60% от загруженных в печь дров. Процесс углежжения в печи Шварца распространяется сверху вниз и, так как продукты разложения выводятся из нижней части печи, то древесина постепенно проходит стадии сушки и сухой перегонки. Уголь получается несколько повышенного качества по сравнению с кучным углем, так как температура выжигания здесь не превышает 400—450°.

Оборот печи совершается в течение 10 дней, причем 7 дней затрачивается на собственно углежжение и 3 дня на охлаждение угля. Объемный выход угля равен 70%.

Недостатками печей являются—большая затрата рабочей силы и неиспользование побочных продуктов углежжения. Для улавливания побочных продуктов ряд печей соединяют газопроводами, в которые отсасывается парогазовая смесь с помощью вентиляторов. Для улавливания паров кислоты парогазовая смесь с помощью тех же вентиляторов направляется в скрубберы, в которых

циркулирует известковое молоко, связывающее уксусную кислоту в уксусно-кальциевую соль. Смола, увлекаемая газами, обычно осаждается в трубопроводах, не доходя до скрубберов, благодаря чему скрубберы работают нормально и не засоряются. Полученный раствор уксусно-кислого кальция выпаривается и сушится до порошкообразного состояния — в пульверизационных сушилках. Последние представляют собою камеры со специальной топкой, из которой горячие газы поступают в камеру навстречу распыляемому в специальных форсунках раствору уксусно-кислого кальция. Недостатком этого способа сушки является то, что порошок получается пылеобразный, что создает трудности при его переработке на уксусную кислоту. При этом способе утилизации побочных продуктов, проведенном на одном из центральных углежжений Урала А. А. Савиных, удается получать 5—6 кг порошка с 1 м³ переугливаемых дров. Содержание ацетата в порошке равняется 75%.

Печи Аминова относятся к разряду непрерывно действующих печей с непосредственным обогревом переугливаемых дров, циркулирующими неконденсируемыми газами.

Печь Аминова представляет собой длинный канал с проложенными по нему чугунными рельсами, по которым передвигаются вагонетки с дровами. Канал разделяется на приемную камеру, в которую входит одна вагонетка и камеру жжения, в которой помещается 16 вагонеток; камера жжения расположена наклонно, под углом 8° к горизонту. После камеры жжения расположена небольшая горизонтальная изоляционная камера, в которой помещается одна вагонетка и далее, тоже горизонтально, расположена камера охлаждения на 8 вагонеток. Все камеры разделены подъемными шиберами, которые могут подниматься каждый в отдельности. Особенностью печи Аминова является циркуляция неконденсируемых газов — продуктов сухой перегонки. Печь изображена на рис. 151. Газообразные продукты разложения отбираются внизу камеры жжения и направляются в конденсационную систему. В последней, освободившись от конденсирующихся составных частей, газ направляется для нагревания в кирпичные регенераторы. Нагретый газ впускается в верхнюю часть камеры жжения и идет вниз навстречу движущимся вагонеткам с дровами. Таким образом осуществляется противоток нагревающих газов и переугливаемой древесины что создает благоприятные условия для сухой перегонки, в отношении равномерности прогрева материала. Температура вверху камеры жжения поддерживается около 450° и внизу 80—90°. Регенераторы представляют собою кирпичную насадку, предварительно нагреваемую топочными газами. После того как насадка оказывается нагретой, дымовые газы переключаются в соседний регенератор, а через первый пропускаются нагреваемые неконденсируемые газы, являющиеся переносчиками тепла.

Конденсационная установка состоит из смолоотделителей с деревянной насадкой и скрубберов для связывания паров кислот известковым молоком, которое вводится в распыленном состоянии. Далее для промывки неконденсируемых газов и извлечения несгу-

стившихся паров метилового спирта и кислоты, устраиваются дополнительные скрубберы.

Передвижение вагонеток производится с помощью специального толкача, представляющего собой винт с прямоугольной нарезкой, который при вращении толкает поезд вперед на расстояние, равное одной вагонетке. Чтобы поезд не скатывался по наклонной плоскости обратно, последняя вагонетка задерживается специальным тормозом.

Дрова в вагонетки укладываются вертикально; емкость каждой вагонетки — 7 м³. При влажности дров 30—35%, время пребывания вагонетки в камере жжения равняется 28 часам, и в камере охлаждения — 16 час. Суточная производительность печи — 100 м³. При переугливании лесопильных отходов (реек и горбылей) с одного кубометра в печах Аминова получается: 18 кг смолы, 12—14 кг порошка и 2 кг спиртов. Объемный выход угля равняется 60—70%.

Печи Аминова распространены в Швеции, где их установлено 10 штук. Они получают все большее распространение и эксплуатация их, после улучшения конструкции, протекает успешно.

Печь Грум-Гржимайло. Углезжигательная печь системы проф. В. Е. Грум-Гржимайло представляет собой каналовую печь,

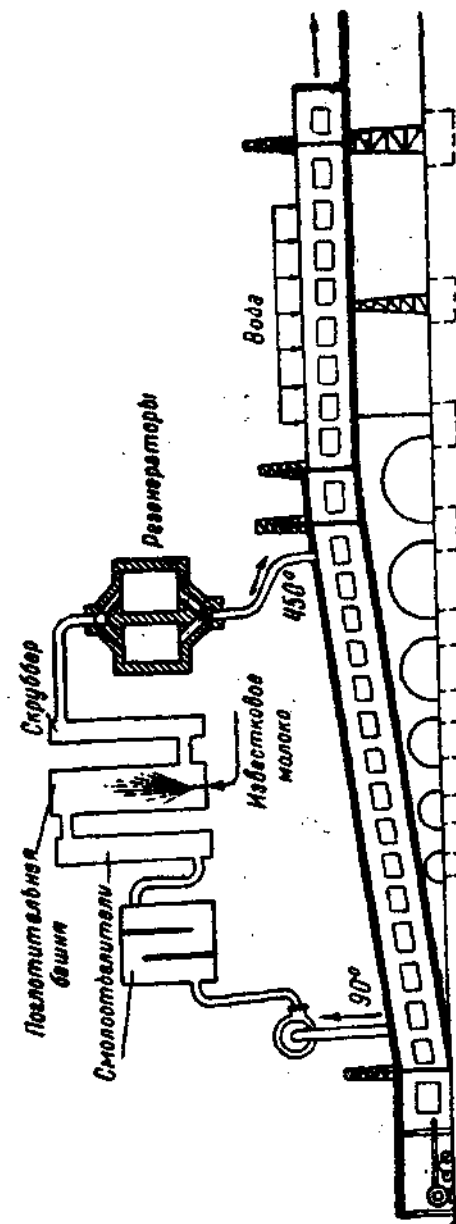


Рис. 151. Схема углезжигательной печи системы Аминова.

разделенную на камеры сушки, жжения и охлаждения (рис. 152). Обогрев древесины в камере жжения производится через железные калориферы, а в камере сушки—путем непосредственного соприкосновения дров с обогревающими дымовыми газами. Тушение угля производится охлажденными и содержащими очень мало кислорода дымовыми газами. Вся печь имеет длину 137,5 м, из которых камера сушки занимает 54 м и вмещает 15 вагонов с загруженными в них дровами. Камера жжения имеет длину 18,1 м и вмещает 5 вагонов. Камера охлаждения вмещает также 15 вагонов и имеет длину 54 метра. Перед камерой сушки и после камеры охлаждения устроены тамбуры для приема вагонов и отвозки их, длиной 5,2 м, так что в тамбуре вмещается 1 вагон. В этих же тамбурах производится сцепка и расцепка вагонов. Разделение камер производится шиберами, которые поднимаются и опускаются по чугунной раме, несколько наклоненной, для достижения большей плотности. Подъем шибера производится одновременно при помощи лебедки, которая в то же время обслуживает передвижение поезда. Мощность лебедки 18 л. с. и скорость передвижения поезда равняется 1—1,2 м в мин. с продолжительностью передвижения 3—4 минуты. Стены сушильной камеры и камеры жжения, а также одна треть длины камеры охлаждения сделаны из красного кирпича. Также и перекрытие камер делается кирпичными сводками, уложенными по железным балкам. Остальные две трети камеры остывания устроены из железа. Приемные камеры (тамбуры) делаются также из кирпича. Отвод парогазовой смеси производится через свод камеры жжения, при помощи железной футерованной трубы. Парогазовая смесь попадает сначала в смолоотделитель, представляющий собой железную камеру диаметром 3 м, в которой происходит осаждение тяжелых смол и угольной пыли. Из смолоотделителя парогазовая смесь для конденсации и охлаждения проходит в вертикальные трубчатые холодильники. Неконденсируемые газы отделяются в нижней камере холодильника и для промывки направляются в деревянный скруббер. Последний не имеет обычной насадки, а оборудован несколько наклонными перегородками, расположенными в горизонтальной плоскости. Промывная вода стекает с перегородок и создает водяную завесу, через которую проходят газы, получая необходимое соприкосновение с жидкостью. Промывная вода подвергается многократной циркуляции для достижения нужной крепости.

Промытые неконденсируемые газы направляются для сжигания в топку камеры жжения и камеры сушки. Частично они могут направляться в камеру охлаждения угля. Сконденсированная подсмольная вода собирается в трех деревянных отстойниках, откуда она поступает на переработку.

Дрова загружаются в вагоны, имеющие загрузочную емкость 8 м³ и располагаются вертикально в два ряда. Вертикальное расположение дров улучшает качество получаемого угля. Хорошее качество угля получается при предварительной равномерной подсушке дров и их подогреве до температуры 160—180°. Весь

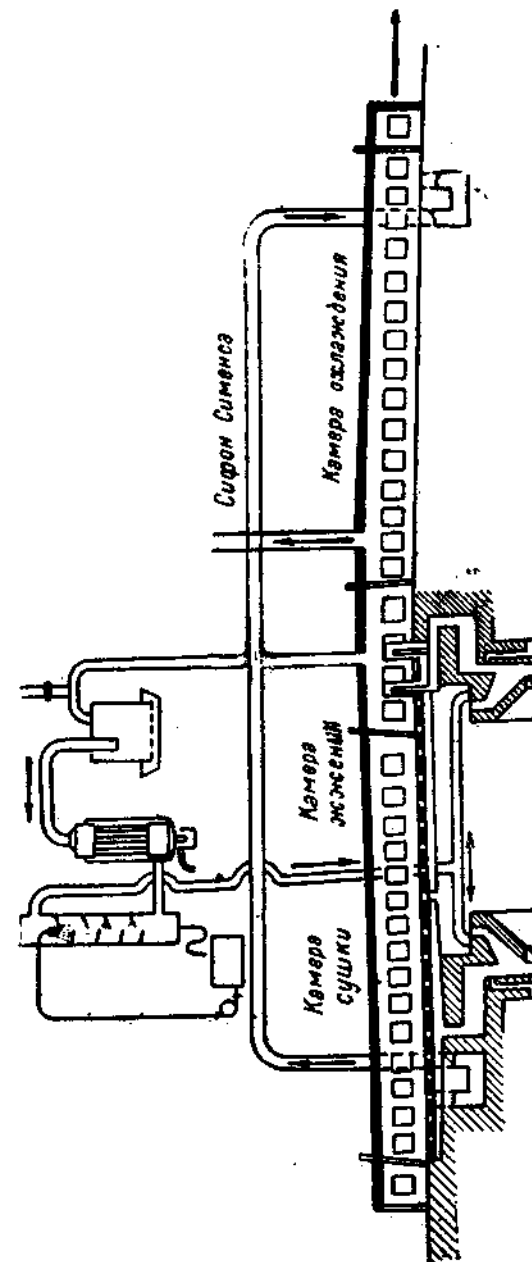


Рис. 152. Схема углевывожательной печи системы проф. Гримайло.

процесс угляжения можно разбить на 3 периода: 1) сушка и прогрев древесины, 2) переугливание древесины с отъемом парогазовой смеси и 3) охлаждение угля. Наибольшее количество тепла требуется для первого периода, т. е. для высушивания и прогрева древесины до температуры 160—180°; поэтому для сушильной камеры устраивается отдельная топка. Процесс в камере жжения, благодаря экзотермичности реакции разложения, требует значительно меньшего количества тепла и поэтому топка, устроенная для камеры жжения, имеет отвод дымовых газов в сушильную камеру. В последнюю газы поступают после того как они пройдут калориферы камеры жжения, поддерживая в последней температуру, необходимую для переугливания древесины.

Дымовые газы из калориферов проходят в камеру сушки, не соприкасаясь с продуктами разложения древесины и таким образом парогазовая смесь не разбавляется неконденсируемыми газами (продуктами горения), чем облегчается последующая конденсация парогазовой смеси.

Топки для обогрева камеры жжения и камеры сушки устроены полугазовыми, благодаря чему топливо расходуется экономно и продукты сгорания не содержат избыточного кислорода. Загруженные в топку дрова сначала газифицируются и сгорание продуктов газогенерации происходит в камере догорания, куда выпускается дополнительный воздух, тщательно перемешиваемый с образовавшимся в топке полугазом.

Калориферы представляют собой вертикальные цилиндры диаметром 430 мм и высотой 2000 мм с толщиной стенки 2,5 мм и изготавливаются из железа. Последнее не подвергается развешивающему действию уксусной кислоты, так как конденсации ее на стенках калориферов не происходит, а в парообразном состоянии кислота на железе не оказывает коррозирующего действия. Таких калориферов установлено в камере жжения 36 штук. Топочные газы в калорифер впускаются через чугунную насадку и благодаря высокой температуре их и небольшому удельному весу поднимаются в центральной части цилиндра до крышки его и далее, отдавая тепло через стенки калорифера, охлажденные, стекают по стенкам цилиндра в боров, расположенный ниже насадки. В камеру сушки топочные газы поступают через 112 отверстий в боровках. Над 12 отверстиями, расположенными у выхода топочных газов в боровки, установлены железные колапки (открытые калориферы, искротушители). Сушка дров производится, таким образом, непосредственным соприкосновением теплых газов с древесиной. Внизу сушильной камеры под рельсовым путем устроен канал, по которому охлажденные газы проходят в отверстие (колодезь) и боров, подводящий их к сифону Сименса. Сифон Сименса представляет собой два вертикальных колена, изготовленных из железа и расположенных одно в начале сушильной камеры и другое — в конце камеры охлаждения. Оба колена соединяются горизонтальным железным трубопроводом. Высота вертикальных колен равняется 4 м, причем первое колено, выводящее газы из су-

шильной камеры, снаружи изолировано. Таким образом, в первом колене сифона Сименса газы имеют более высокую температуру (в среднем 160°) и пока они идут по горизонтальному трубопроводу, охлаждение доводится до средней температуры во втором колене, равной 80°. Движение газов по сифону Сименса происходит благодаря разности удельных весов, существующих, с одной стороны, между удельным весом наружного воздуха и удельным весом газов в восходящем колене сифона, и с другой стороны — между наружным воздухом и удельным весом газов в нисходящем колене сифона. Эта разность создает больший напор газов в восходящем колене, по сравнению с нисходящим, благодаря чему движение газов направляется в сторону меньшей разности. Протянутые с помощью сифона Сименса, дымовые газы из сушильной камеры вводятся в конце камеры охлаждения для угля. При прохождении по горизонтальному трубопроводу сифона, происходит конденсация влаги, содержащейся в газах, которая отводится по специальным трубопроводам.

Таким образом, тушение угля производится остывшими, сухими и почти безкислородными продуктами горения, которые пропускаются противотоком по отношению к вагонам с углем в камере охлаждения. Уголь поглощает часть газов, что уменьшает опасность его самовозгорания. Из камеры тушения дымовые газы отводятся в дымовую трубу, через отверстие, устроенное в своде камеры, около камеры жжения.

Для получения угля высокого качества и полных выходов побочных продуктов сухой перегонки должны быть соблюдены следующие условия работы печи:

1. В печи должно быть достигнуто правильное распределение температур:

а) в начале камеры сушки—80—100°, в конце ее 160—180°; б) в камере жжения—300—350°, в) в камере охлаждения—постепенное понижение температуры от 200 до 30—40° по всей длине камеры. При осуществлении этих температур в печи достигаются:

- 1) идеальная сушка дров до влажности порядка 2%;
- 2) равномерное протекание процесса сушки и обугливания в объеме вагона и в толще каждого полена, что предупреждает образование трещиноватого угля;
- 3) медленное остывание угля, предупреждающее образование трещин от резкого охлаждения.

2. Второе условие правильной работы печи заключается в требовании отсутствия кислорода во всей системе печи. Последнее необходимо для того, чтобы в камере сушки не происходило возгорания дров, а также сгорания угля в камере тушения и, кроме того, присутствие кислорода при наличии могущих быть искр может привести к взрыву, так как кислород в смеси с газообразными продуктами сухой перегонки, образует взрывчатую смесь. Допустимым содержанием кислорода следует считать 1—2%.

3. Третье условие заключается в соблюдении положительного давления во всей печи выше уровня камеры сгорания топок. Это

условие вытекает из предыдущего, так как отсутствие кислорода в печи может быть только в том случае, если давление газа в печи будет больше давления воздуха, окружающего печь снаружи. Только при этом условии наружный воздух не будет проникать внутрь печи через щели, неплотности и гайделки, которые всегда имеются в печах.

4. Четвертое условие заключается в правильном распределении давлений между камерами. В печи должны быть созданы такие разности давлений между камерами, чтобы потери ценных продуктов из камеры жжения были сведены к минимуму или совершенно избегнуты. Это достигается тем, что в камерах сушки и охлаждения поддерживается давление несколько большее, чем в камере жжения. Благодаря этому через существующие зазоры и неплотности в шиберах газы будут проникать в камеру жжения, а не наоборот и все ценные продукты будут выдавлены в конденсаторы. Для такой естественной герметизации камеры жжения достаточно повысить давление в камере сушки и в камере охлаждения на 0,3—0,5 мм ртутного столба.

Переносные углевыжигательные аппараты

В главе об углежжении указывалось, что костровой способ получения угля имеет свои положительные стороны, как наиболее простой для использования отходов лесозаготовок в местах их скопления, не требующий затрат на постройку печей и дающий прочный уголь с высоким содержанием углерода. Однако, костровое углежжение мало производительное ввиду ряда неудобств в постройке костров и управлении ими (трудность нанесения покрывки и ее большая проницаемость, подготовка тока, оседаемость костра, необходимость большого опыта у углежогов, зависимость хода обугливания от погоды и пр.). Поэтому уже более ста лет тому назад делались опыты по конструированию особых переносных углевыжигательных аппаратов, которые должны были бы устранить указанные недостатки кострового углежжения. Первые удачные опыты в этом направлении были получены во Франции в 1901 г. фирмой Дельомо, а также Р. Мерцем. Последний делал опыты с применением толстой джутовой ткани для покрытия небольших куч.

Однако, особое распространение переносные аппараты получили во Франции только с 1922 г. когда французское правительство начало организовывать ряд конкурсов по переносным аппаратам для переугливания отходов лесозаготовок на местах рубки. В расширенном конкурсе, проведенном в 1925 г. в лесу Сенар, участвовало семь аппаратов (Маньен, Дельомо, Триан, Фрей и др.). В 1928 г. были проведены уже обширные опыты в Версальском лесу по применению передвижных аппаратов в любых условиях леса. Вместе с этим французское правительство начало принимать меры по использованию переносных аппаратов в своих колониальных владениях, причем были получены положительные результаты.

Рентабельность применения переносных аппаратов оказалась настолько значительной, что ими заинтересовались в Италии, в которой в 1929 г. в Милане также был проведен соответствующий конкурс.

Небольшие испытания были проведены в СССР в 1931—1932 гг. „Ленхимлесом“, в направлении освоения переносных аппаратов в условиях Ленинградской области.

Известные в настоящее время переносные аппараты можно разделить на две группы:

1. Печи, построенные по типу костров. Действие этих аппаратов аналогично действию костров; жидкие продукты разложения

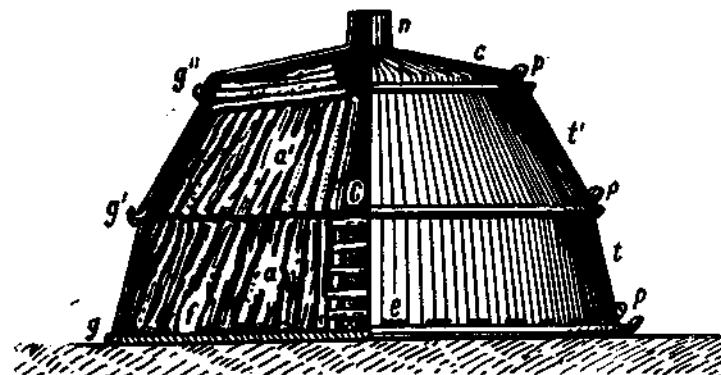


Рис. 153. Печь Маньена.

древесины (уксусная кислота, метиловый спирт) при этом не используются. К этой группе аппаратов относятся печи: Маньена, Дельомо, Гекса, Триана, Туннель и др.

2. Печи—реторты, снабженные топкой. В этих аппаратах производится использование жидких продуктов. К ним относятся следующие печи: Барбье—Обе, Роше, Фрей и др.

Печи, построенные по типу костров.

Печь Маньена. Эта печь представляет собой типичную стоячую углевыжигательную кучу, заключенную в металлическую оболочку (рис. 153). Печь состоит из круглого железного основания, разделенного на четыре сектора, и двух конусообразных колец (t и t'), склепанных из листового железа и накладываемых друг на друга. Кроме этого, печь снабжена крышкой (c), имеющей трубу (n) для выхода газов.

Для подвода воздуха у основания печи имеются отдушины (e). Все части для удобства переноски снабжены ручками (p). По окружности основания имеется особый жолоб (g), на который ставится нижнее кольцо. Такими же желобами снабжено первое и второе кольца (g' и g''). Каждый сектор дна весит 31 кг, нижнее кольцо 87 кг, верхнее 58 кг, крышка 25 кг. Вся же печь весит 294 кг и может быть перемещаемая двумя рабочими. Обычный

объем печи составляет 4 м^3 . Печь ставится прямо на землю и подготовки тока не требуется.

Угложжение в печи Маньена ведется следующим образом: основание укладывается на землю и обсыпается слегка землей и золой. Затем вколачивается вертикально кол в центр установленного дна, в специально имеющееся для этого отверстие. У нижней части кола укладывают сухие обрубки древесины в виде трубы, образованной укладкой в клетку, а основание трубы обкладывают хворостом, который дается для разжигания кучи.

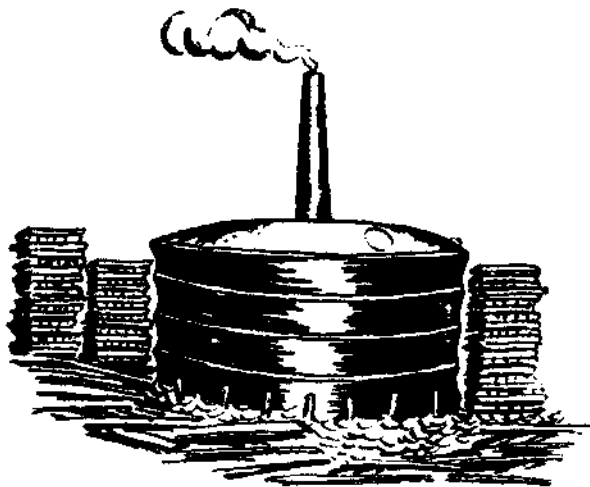


Рис. 154. Печь Ниль-Мелиор.

После того как нижний ряд дров установлен, ставится первое кольцо, затем устанавливают второй ряд дров и ставят верхнее кольцо. Все неплотности в кладке заполняются мелочью. Когда все дрова уложены, вынимают кол и печь готова к действию. Зажигают печь посредством раскаленных углей, которые бросают в трубу; туда же бросают хворост. Когда очень хорошо разгорится, ставят крышку, закрыв трубу сверху куском дерна.

Ход распространения обугливания регулируют засыпанием, или открыванием отдушин. Дым выходит из печи через трубу (n). О ходе процесса обугливания судят по цвету дыма: вначале он белый и влажный от находящихся в нем паров воды. В дальнейшем дым светлеет и становится голубоватым. Появление огня через нижние отдушины свидетельствует об окончании обугливания. В этот момент трубу плотно закрывают, заделывают все отверстия и печи дают остыть, а по охлаждении разгружают ее. При разгрузке печи производится ее разборка. Снимают сначала крышку, а затем одно за другим кольца. При объеме печи в 4 м^3 , длительность всего процесса составляет 24 часа.

Благодаря большой простоте устройства оболочки и системы управления переугливанием, печь Маньена весьма упрощает и облегчает работу углехогов, избавляя их от приготовления тока и кропотливой, трудоемкой работы по обмуровке кучи, а также по уплотнению покрывки, кормлению кучи и пр.

Недостатками печи Маньена является плохая теплоизоляция, малая транспортабельность, вследствие кольцевой формы частей, и т. д.

Печи фирмы Дельмо. Фирмой Дельмо сконструировано несколько типов печей, например, типа Ниль-Мелиор, Лас

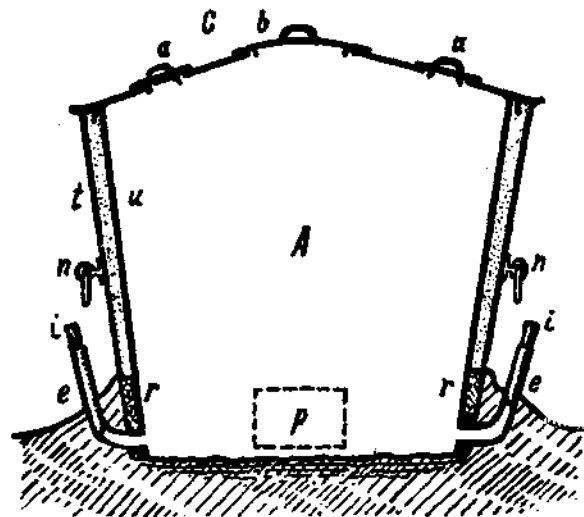


Рис. 155. Печь Лас.

(испытана Ленхимлесом), Газо и пр. Все эти печи построены по одному принципу стоячих костров и по строению оболочки напоминают печь Маньена.

Печи фирмы Дельмо отличаются между собой по своим размерам (от 1 до 80 м^3), а также внешней формой. Одни печи разбираются на кольца, другие на щиты.

Печь типа Ниль-Мелиор (рис. 154) отличается от печи Маньена тем, что имеет приставную дымовую трубу в крышке аппарата, чем улучшается тяга, а следовательно, и работа печи. Кроме этого, печь Ниль-Мелиор снабжена пирометром и имеет двойные стенки, закладываемые во время работы землей, что обеспечивает лучшую изоляцию. Однако, все эти усовершенствования увеличивают вес аппарата и его цену (аппарат емкостью 5 м^3 стоит 5500 франков).

Печь типа Лас имеет стенки в виде вытянутого вверх прямоугльника (рис. 155). Боковые стенки этой печи составлены из отдельных щитов, изготовленных из листового железа. Стенки выдо-

жены внизу огнеупорным кирпичом, а выше они двойные. Пространство между оболочками во время работы засыпается песком для лучшей изоляции. Печь Лас не имеет дна и во время работы зарывается в землю (рис. 155). В крышке печи имеется одно центральное отверстие (б), в которое ставится дымовая труба и шесть отверстий меньшего размера (а), расположенных по всей окружности (о их значении см. далее). В нижней части печи имеется ряд отдушин (г), закрываемых втулками. Эти отдушины служат для регулирования впуска воздуха и горения. Для загрузки дров и выгрузки угля один из боковых щитов имеет пробитое дверное

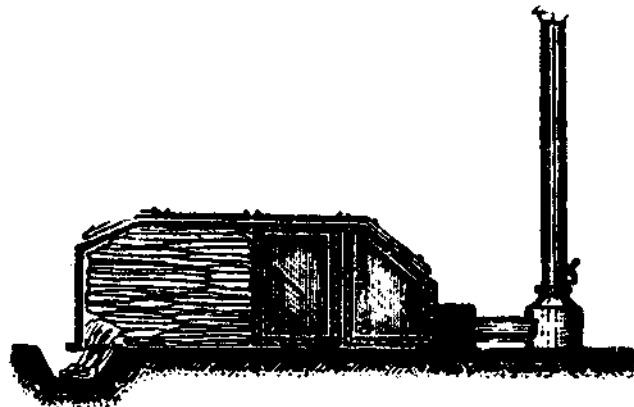


Рис. 156. Печь системы Туннель.

отверстие с отъемной, плотно закрывающейся, дверцей. Для наблюдения за температурой, печь снабжена пирометром.

Конец обугливания определяется при помощи железного прута-щупа, опускаемого через отверстие в крышке в переугливаемую массу. По мере оседания древесины, в печь добавляются свежие дрова через отверстия в крышке (а).

Печи типа Лас изготавливаются емкостью от 2 до 100 м³, но наибольшее распространение имеют модели в 5, 7 и 10 м³. Вес отдельных частей печи не превышает 80 килограмм.

При объеме печи 7 м³ общая продолжительность обжига составляет от 44 до 48 час. (загрузка 3 часа, жжение 26,5 часа, охлаждение 14 час., выгрузка 1,5 часа).

Печь типа Лас имеет следующие положительные качества: она весьма удобна для передвижения в любой местности, сборка печи весьма легка, при переугливании в одном месте, печь не требует разборки и сборки в виду наличия в ней загрузочного отверстия. К недостаткам печи относятся следующие: быстрая порча соединительных замков, приспособлений для укрепления загрузочной дверки и арматуры. Кроме этого следует иметь в виду, что выход и качество угля печи Лас ниже кострового. Печи Лас имеют несколько моделей: Лас, Лас-Колонналь и Лас-Стандарт.

Печь системы Туннель. Эта печь выпущена фирмой Триан и является единственной разборной печью, построенной по принципу лежащей кучи. Печь состоит из нескольких герметически соединяемых и расположенных друг за другом элементов (рис. 156). Поперечное сечение печи имеет вид трапеции. Каждый элемент печи состоит из боковых стенок и надеваемой на них крыши. Боковые стенки делают двойными, а промежутки между ними засыпаются песком, землей или торфом. Некоторые печи системы Туннель имеют отдельную топку с колосниковой решеткой. Эти печи строятся емкостью от 5 до 100 м³. Процесс об-

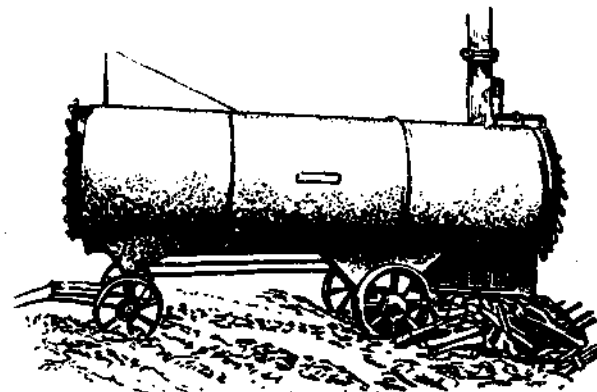


Рис. 157. Печь Фрея.

угливания в них колеблется от 34 до 45 часов. Печь системы Туннель участвовала на конкурсе в 1925 г. в лесу Сенар (Франция) и затем в 1926 г. в лесу Гуртин. Однако, она особых достоинств не имеет и ее применение очень ограничено.

Печи реторты (аппараты с использованием жидких продуктов)

Печь Роше. Эта печь представляет собою четырехугольный железный ящик длиной 2,6 метра, шириной 1,45 м и высотой 1,6 м, разделенный по ширине на две нагревательных камеры. Между камерами имеется общая топка. С передней стороны печь имеет двухстворчатую дверцу, через которую в нее поступают вагонетки с дровами. Эти вагонетки представляют собой герметически закрытые железные ящики длиной 2,2 м, шириной 0,70 м, высотой 1,30 м. Емкость каждой вагонетки 1,5 м³. Для отвода продуктов разложения в холодильник, вагонетки снабжены отверстиями, причем неконденсирующиеся газы из холодильника направляются в топку. В каждой камере печи для вагонеток проложены рельсы. При перемещении печь разбирается на три части: две нагревательные камеры и топку. Каждая из этих частей ставится на одноосную тележку. Общий вес печи — 2 т.

ПЕРЕРАБОТКА ПОРОШКА, СМОЛЫ, ПРОИЗВОДСТВО ФОРМАЛИНА И СЛОЖНЫХ ЭФИРОВ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ

Работа на печи Роше ведется таким образом: в начале работы в печь помещается одна вагонетка и на колосниковой решетке в топке разводится огонь. Когда сушка дров в этой вагонетке заканчивается и начинается процесс сухой перегонки с отводом парогазовых продуктов в холодильник, в печь вводят вторую вагонетку. Неконденсирующиеся газы, получающиеся от дров первой вагонетки, направляют в топку. Когда разложение древесины в первой вагонетке заканчивается, ее выводят из реторты и на ее место помещают другую вагонетку со свежими дровами. В этот момент начинается процесс сухой перегонки дерева во второй вагонетке. Таким образом, работа этой печи полупрерывна. Общая продолжительность обугливания в одной реторте 8—10 час. Выход угля 28,5—29% (весовых). Кроме того, из 100 кг древесины получается 6,25—7,25 кг смолы, в том числе кислой воды с 18% уксусной кислоты — 1,57—1,75 кг (из лиственной древесины).

Для работы печи нужно четыре вагонетки-реторты, из которых две находятся в печи, одна остывает и одна загружается. Печь обслуживается двумя рабочими.

Печь Барбье-Обе. Эта печь очень похожа на печь Роше, только здесь вместо вагонеток имеются герметически закрывающиеся железные ящики с полукруглым дном. В крышке ящиков имеется отверстие для выхода парогазовых продуктов разложения древесины. Загрузка ящиков-реторт вертикальная и осуществляется при помощи особого подъемника с блоками. Размеры реторт следующие: длина 2 м, ширина 1 м, высота 1,5 м и емкость 2,5 м³ дров. Работа печи ведется в общем так же, как и печи Роше. При перемещении печь Барбье-Обе устанавливается на одноосную тележку.

Печь Фрея. Эта печь (рис. 157) состоит из горизонтальной реторты, имеющей отверстия для загрузки и разгрузки с обеих сторон. Реторта помещена в цилиндрическую печь, снабженную топкой и дымовой трубой. Весь аппарат склепан из листового железа и помещен на двухосную тележку (см. рис.). Кроме этого у печи имеется тушилка в виде железного цилиндра, одинаковых размеров с ретортой. Тушилка укреплена на одноосной тележке и легко перемещается. Подлежащие переугливанию дрова укладываются на вагонетки, которые передаются по легко перемещаемому рельсовому пути в реторту. По окончании процесса тушилку подкатывают к печной реторте и переводят вагонетки в тушилку, а в реторту вводят новые вагонетки с дровами. Весь процесс переугливания продолжается 8 часов. Парогазовые продукты сухой перегонки отводятся в особый холодильник, причем неконденсирующиеся газы поступают в топку.

Печь системы Фрея весит 5 т и легко перемещается по плоским лесным дорогам.

Переработка порошка в уксусную кислоту

Уксусная кислота получается путем разложения уксусно-кальциевого порошка минеральными кислотами, из которых в производстве применяются соляная и серная кислота. Процесс разложения выражается следующими химическими уравнениями:



При действии соляной кислоты реакция идет следующим образом:



При разложении порошка серной кислотой, одновременно с выделением органических кислот происходит образование сернокислого кальция (гипс).

При этом реакционная масса, вследствие малой растворимости гипса и удаления с парами воды уксусной кислоты из аппарата, постепенно загустевает, что требует применения мощных мешалок для непрерывного перемешивания реакционной массы.

Поэтому аппараты для разложения порошка серной кислотой оборудуются мощными мешалками.

Для разложения порошка, в промышленности, главным образом применяются аппараты Линде с периодической загрузкой.

Кроме этих аппаратов устаревшей конструкции применяются также аппараты непрерывно-действующие, (непрерывно-действующий аппарат Фришера).

На рис. 158 изображена схема производства уксусной кислоты из порошка, с разложением его серной кислотой. Способ с серной кислотой получил наибольшее распространение, так как последняя дешевле соляной, и уксусная кислота — сырец получается более концентрированной.

В паровую рубашку аппарата (1) для подогрева и испарения уксусной кислоты впускается пар, перегретый до 200—220° под давлением 4—5 ат. Аппарат Линде можно обогреть и насыщенным паром, но повышенного давления.

Уксусная кислота отгоняется в холодильник (2), куда пары проходят через пыльник (3), в котором задерживаются частички гипса, увлекаемые парами и газами из аппарата. Из холодильника

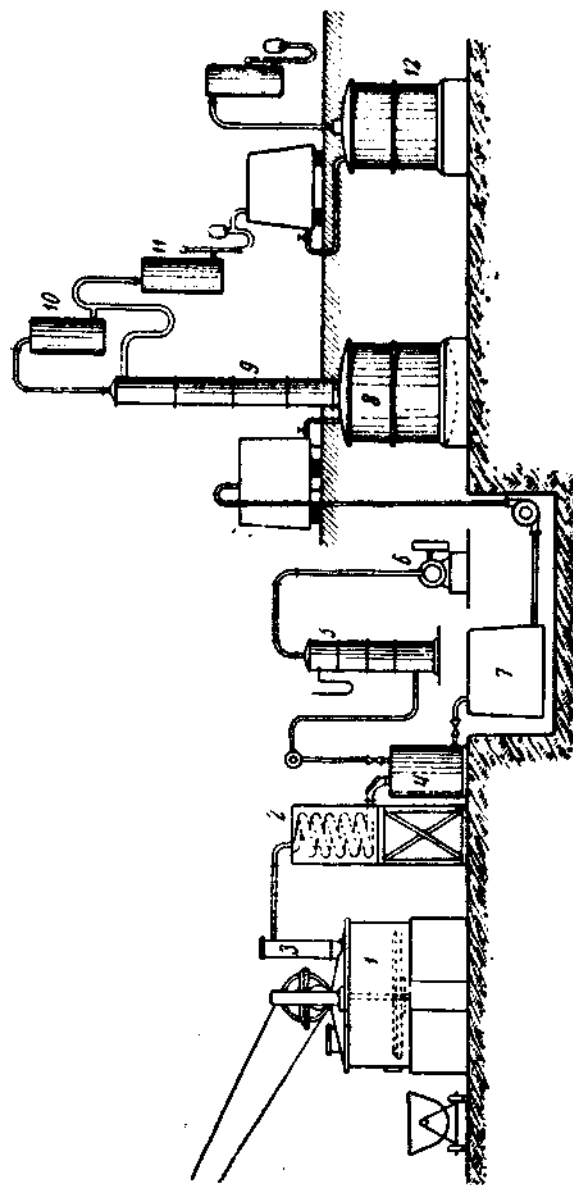
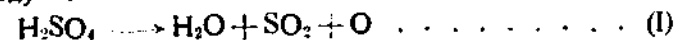


Рис. 138. Схема переработки порошка на уксусную кислоту.

сконденсировавшаяся сырая уксусная кислота стекает в приемник (4), соединенный с вакуум-насосом.

При разложении порошка в аппарате Линде действием серной кислоты, помимо основной реакции, развивается ряд побочных реакций. Из последних наиболее важными являются две: 1) восстановление серной кислоты под влиянием редуцирующего действия смолистых продуктов



2) разрушение муравьиной кислоты, входящей в состав „порошка“ под действием ряда факторов (концентрированная серная кислота, высокая температура и т. д.)



Эти побочные реакции вызывают потери серной и уксусной кислоты (за счет разрушения муравьиной кислоты), и насыщают отходящую из аппарата Линде парогазовую смесь сернистым газом (SO_2). Последний понижает качество уксусной кислоты (сырца) и, кроме того, обладает высоким коррозирующим действием на металлы.

Поэтому в производстве уксусной кислоты из порошка парогазовую смесь из аппарата Линде заставляют проходить через скрубберные установки (5) с целью улавливания несконденсированных паров уксусной кислоты и сернистого газа.

Скрубберы делаются или в виде отдельных сосудов, наполненных водой, содой, или едким натром, или в виде небольшой колонки с тарелками, орошаемыми водой по принципу противотока. Таким образом могут быть снижены потери уксусной кислоты и предотвращено разъедание металлических частей аппаратуры, в особенности насоса, или эжектора (6).

Полученная в результате разложения уксусная кислота из вакуум-приемника (4) спускается в сборник (7), откуда загружается в ректификационный аппарат периодического или непрерывного действия. При ректификации уксусной кислоты высококипящей составной частью смеси является последняя (температура кипения 118°) и поэтому в первую очередь отгоняется вода, сернистая кислота и легко летучие примеси. Процесс ректификации в периодически-действующем аппарате ведется таким образом, что сырая кислота, с содержанием уксусной кислоты около $55-60\%$, загружается в куб (8), где с помощью змеевика доводится до кипения и пары отгоняются в ректификационную колонну (9), имеющую змеевиковый дефлегматор (10) и такой же холодильник (11). Сначала отгоняется слабая уксусная кислота крепостью $15-20\%$, после чего остаток крепкой уксусной кислоты отгоняется из куба в холодильник при выключенном дефлегматоре. Для окончательной очистки крепкая уксусная кислота крепостью около 80% , подвергается обработке действием сильных окислителей, с целью удаления из уксусной кислоты смолистых примесей и разрушения муравьиной кислоты, сравнительно легко окисляемой до CO_2 .

Так как сухоперегонная уксусная кислота в настоящий момент применяется в пищевой промышленности, она должна почти вовсе не содержать муравьиной кислоты (не свыше 0,5%) вредной примеси в пищевой эссенции.

Для получения такой „чистой“ уксусной кислоты, 80% уксусная кислота загружается в эссенционный куб, куда дается, обычно, марганцево-кислый калий в количестве 1—2% от веса загружаемой кислоты.

Так как при растворении марганцево-кислого калия в уксусной кислоте происходит бурная реакция с выделением кислорода и большого количества тепла, то при этом часто бывают при неправильной работе, вспрыски и воспламенение паров уксусной кислоты.

Во избежание этого марганцево-кислый калий вводят в уже наполненный куб, быстро его закрывая и этим предотвращая доступ воздуха извне или вводят перманганат в виде раствора в воде, или разведенной серной кислотой.

В последнее время, для уменьшения расхода марганцево-кислого калия и повышения качества чистой уксусной кислоты в практику входит фракционное получение сырья из аппаратов Линде, так как установлено, что уксусная кислота—сырец бывает особенно загрязнена примесями сернистого газа и смолистых продуктов лишь в начале операции разложения порошка, и в конце.

Аппараты и процессы получения уксусной кислоты. Загрузочная емкость аппаратов Линде в зависимости от размеров бывает: для больших аппаратов на 1100—1400 кг порошка и для малых на 450—500 кг порошка. Аппараты изготовляются из кислотоупорного чугуна с толщиной стенки 70—80 мм. Паровая рубашка устраивается из котельного железа и прикрепляется снаружи на шпильках. Поверхность нагрева для больших аппаратов равна 9,5 м² и для малых 7,5 м². Аппараты имеют цилиндрическую форму с плоским дном и немного выпуклую крышку. Крышка изготовляется тоже из чугуна и внутри футеруется кислотоупорными керамическими плитками, которые укладываются в два ряда на растворе из жидкого стекла с асбестовой мукой. Аппарат оборудован мешалкой, имеющей ножи для очистки как боковых стенок, так и дна аппарата. Таким образом, мешалка не только перемешивает смесь порошка с серной кислотой, но и очищает поверхность нагрева. Последнее сильно отражается на времени оборота аппарата: если стенки аппарата хорошо очищаются во время его работы, тем лучше происходит теплопередача и скорее заканчивается процесс отгонки кислоты.

Пары кислоты из аппарата сначала попадают в пыльник, сделанный из листового меди и имеющий сверху крышку, прикрепленную на струбине, которая при чистке пыльника легко снимается. Холодильник сделан из цельнотянутых медных труб с толщиной стенок 4—6 мм и изготовлен в виде змеевика. Для выгрузки реакционной массы после отгона из нее уксусной кислоты—так называемой „окшары“, сделан люк в дне у малых аппа-

ратов и сбоку у больших. Выгрузка производится с помощью работающей мешалки, лопатки которой продвигают окшару к отверстию люка и из последнего высыпает ее в подведенную вагонетку. Скорость вращения мешалки 2—3 об/мин. Для отгонки кислоты вакуум в аппаратах желательнее создавать до 600 мм ртутного столба.

Процесс работы на аппарате заключается в следующем. Для переработки обычно берут черный порошок с содержанием около 60% уксусно-кислого кальция и загружают его в аппарат (1) через открытый люк. Процесс загрузки продолжается 5—10 минут и одновременно с загрузкой пускается в ход мешалка. При загрузке в аппарат начинают медленно впускать 78-процентную серную кислоту, причем количество ее заранее устанавливается в зависимости от качества порошка и величины избытка кислоты, против теоретически необходимого количества. Избыток кислоты затрачивается на побочные реакции. Величина избытка обычно не превышает 35%. Количество кислоты в зависимости от качества порошка расходуется от 55—65% от веса загруженного порошка. Скорость впуска кислоты рассчитывается так, чтобы она хорошо перемешивалась с порошком и не разделялась с ним на два слоя. От быстрого впуска кислоты процесс может проходить очень бурно и вызвать переброс.

Обычно впуск греющего пара ведется в течение всего процесса, но количество его регулируется, так как процесс разложения порошка серной кислотой идет с выделением тепла.

Процесс разложения порошка контролируется щупом через специальное отверстие в крышке. По цвету и запаху массы, вынутой из аппарата, определяют конец гонки. Выход 100% кислоты из 1 т 60% порошка обычно равняется 390—400 кг. Потери кислоты при разложении кустарного черного порошка составляют около 12%. При переработке порошка с газогенераторных станций потери увеличиваются до 18%. Выход окшары составляет около 95%—98% от загруженного порошка.

Оборот аппарата колеблется от 6 до 12 часов, в зависимости от качества порошка, температуры греющего пара и величины вакуума в аппарате.

Окшара, получаемая из аппарата Линде, является до сих пор неиспользованным отходом производства и в громадных количествах скопывается на передельных заводах, образуя целые горы с десятками тысяч тонн продукта. Обычный ее состав: 0,2—0,5% уксусной кислоты, 10% серной кислоты, остальная же масса—гипс (CSO₂). Таким образом, перед промышленностью стоит первоочередной вопрос об ее использовании, или в качестве цемента („окшарит“), или для извлечения из нее ценных продуктов (уксусной и серной кислоты).

Весьма важным фактором в налаживании технологического процесса является контроль производства. В применении к процессу переработки порошка в аппарате Линде особенно важно знать „крепость“ порошка при загрузке его в аппарат Линде, что осу-

ществляется теперь так называемыми экспрессными методами анализа (кондуктометрический спиртовой метод Угрюмова).

Чрезвычайно важно также не допускать увеличения в окшаре против нормы (см. выше) уксусной и серной кислоты, поэтому анализ окшары совершенно обязателен.

Очистка и укрепление уксусной кислоты, получаемой из аппарата Линде в виде сырой кислоты, крепостью около 55—60%, производится в периодических и непрерывных ректификационных аппаратах. Кубы аппаратов делаются из чугуна и изнутри футеруются двумя рядами керамических плиток. Крышки кубов обычно делаются медными, также и колонна с тарелками изготавливается из красной меди. Стенки колонны тоже футеруются керамическими плитками, высотой 100 мм так, что тарелки оказываются между рядами плиток и расстояние между ними равно 100 мм. Благодаря разбавляющему действию кислоты нагревательные змеевики, а также дефлегматоры и холодильники, делаются из толстостенных цельнотянутых медных труб.

Процесс ректификации кислоты можно разделить на два периода. Первый период — стремятся отогнать из загрузки как можно больше воды, дистиллат, вытекающий в это время из холодильника, представляет слабый 10—15-процентный раствор уксусной кислоты. В этот же период отгоняются из куба легко кипящие примеси: масла, ацетон и др.

По мере отгонки воды крепость погона возрастает и когда достигнет желаемой величины, то начинается второй период — отгонка крепкой 80—90-процентной кислоты.

По окончании процесса в кубе остаются загрязнявшие кислоту тяжело кипящие примеси смолы, некоторые гомологи, механические примеси и т. п.

Если слабая кислота не используется для производства эфиров уксусно-натриевой соли, здесь же, на заводе, то тогда ее получают крепостью 30%, и она выходит как слабая техническая уксусная кислота в качестве товарного продукта.

Эссенционные кубы делаются чугунными и футерованными изнутри плитками. Серебряные холодильники изготавливаются змеевиковыми. Серебро употребляется также и для перекидной трубы от куба к холодильнику, так как для получения чистых сортов кислоты присутствие меди в последних недопустимо, а медь частично в кислоте растворяется.

Непрерывно-действующие аппараты, применяющиеся на производстве, бывают следующего устройства: кислота испаряется в отдельном кубе и пары поступают в середину непрерывно-действующей колонны. Слабая кислота отходит в верхнюю часть колонны и отбирается через свой дефлегматор и холодильник. Крепкая кислота стекает с нижней части колонны во второй куб, из которого отгоняется в особый холодильник. Часть паров крепкой кислоты из второго куба впускается в нижнюю испаряющую часть колонны для питания ее необходимым теплом.

Непрерывно-действующие аппараты для ректификации уксусной

кислоты по сравнению с периодически-действующими, расходуют меньше пара и отличаются большей производительностью. Но их недостатком является более низкое качество получаемой кислоты, так как при ректификации не отделяются головные и хвостовые погоны, загрязняющие кислоту. В периодических аппаратах последние отбираются отдельно. Поэтому кислота, полученная в непрерывно-действующих аппаратах, требует большего расхода окислителя при очистке кислоты в эссенционных кубах.

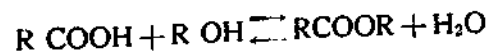
Необходимо учитывать, что при производстве уксусной кислоты из порошка, получается не собственно уксусная кислота, а смесь уксусной кислоты и ее гомологов, обычно входящих в состав порошка в количестве около 10—12% — муравьиная кислота, 3—5% пропионовая и масляная кислота (считая от суммы кислот).

Сравнительно высокое содержание муравьиной кислоты, легко разрушающейся в процессе производства, является важным источником потерь; содержание ее в уксусной кислоте, отражается также на процессе переработки ее в пищевую кислоту, и на качестве вырабатываемых из нее сложных эфиров.

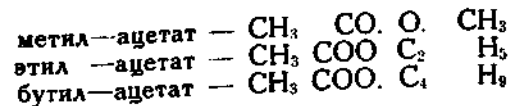
При разложении порошка соляной кислотой в остатке получается легко растворимый хлористый кальций, который легко перемешивается, и конструкция аппарата упрощается. Недостатком способа является то, что кислота получается слабой и ректификация ее требует большего расхода тепла. Кроме того, кислота получается загрязненная следами хлора, от которого очень трудно освободиться. Этот способ применяется на тех заводах, где кислота тут же перерабатывается на ее соли.

Производство сложных эфиров уксусной кислоты

Ацетатные растворители, получаемые при взаимодействии уксусной кислоты и спирта по общей схеме:



представляют собой сложные эфиры уксусной кислоты и соответствующего спирта. В зависимости от природы спирта получается:



Эти три важнейших продукта имеют громадное значение в общей системе химической промышленности, так как являются основным сырьем для лако-красочной промышленности.

Потребление эфиров бурно растет. Реакция этерификации является обратимой, так как образовавшийся эфир в присутствии воды обратно разлагается на кислоту и спирт. Реакция обратная этерификации называется реакцией омыления. По мере

образования новых количеств воды ускоряется реакция омыления, пока не установится равновесие, т. е. количество образующегося эфира в единицу времени не станет равным количеству разлагающегося эфира. Для полного исчерпывания кислоты и спирта необходимо удалить из системы образующиеся эфир и воду, тогда равновесие будет сдвигаться в сторону нового эфиروобразования.

Производство метилацетата и этилацетата как растворителей началось в СССР впервые в 1923 г. на одном из спиртоводочных заводов. Впоследствии в 1929—1933 гг. производство растворителей выросло в самостоятельную отрасль на крупных лесохимических заводах.

Одним из первых эфиров на Дмитровском заводе начал вырабатываться метилацетат, получение которого происходит наиболее легко. Кроме того, это давало возможность использовать слабую кислоту, получающуюся при ректификации кислоты-сырца. В настоящее время большое распространение получают этилацетат и бутилацетат в то время, как производство метилацетата очень ограничено, вследствие его летучести, большой растворимости в воде, огнеопасности и ядовитости.

В заводских условиях получение эфира чаще всего ведется в периодически-действующих этерификационных аппаратах, кубы которых футеруются кислотоупорными плитками. Для получения этилацетата в куб загружается уксусная кислота, крепостью 50—55%, и этиловый спирт, крепостью 84—85%. На 100 кг кислоты берут 115—120 кг спирта (вычисленных в 100% концентрациях), что составляет около 150% спирта против теории. Такой избыток спирта обеспечивает наиболее полное исчерпывание уксусной кислоты, получающийся же в этерификате избыток спирта в дальнейшем возвращается в производство при ректификации промывных вод. Кроме того, в качестве катализатора в куб загружается серная кислота в количестве 5% от содержания воды в смеси. Для нагревания смеси впускается пар в змеевик. Весь процесс продолжается 28—30 часов.

Этерификацию можно проводить в кубе, не имеющем ректификационной колонны. При этом загруженную смесь кислоты и спирта нагревают в течение 1—2 часов при перемешивании с помощью мешалки. Образовавшийся эфир быстро отгоняют и оставшуюся в кубе кислоту дополнительно этерифицируют новой порцией спирта. При таком способе отогнанный эфир содержит мало эфиров (около 65—70%) и много кислоты (около 2—3%), которая при дальнейшей обработке эфира теряется.

Для улучшения качества эфира сырца этерификационные кубы соединяются с ректификационными колоннами.

Для более полного исчерпывания уксусной кислоты (коэффициент исчерпывания уксусной кислоты обычно составляет 0,95 и этилового спирта 0,96), спирт вначале загружается в количестве 60% против теории. Это выгодно отражается на ходе этерификации и качестве этерификата, так как в противном случае (при избытке спирта) этерификат содержит много избыточного спирта, беспо-

лезно уходящего из этерификационной среды вследствие близости температуры кипения этилацетата (77°) и этилового спирта (78°). В дальнейшем спирт периодически добавляется небольшими порциями, до самого перехода на так наз. „хвосты“. При нормальной работе этерификационного аппарата скорость процесса этерификации определяется приблизительно в 400 кг этерификата в час при больших этерификационных кубах емкостью около 14,5 т). Введение в куб спирта производится со скоростью, равной скорости отгонки эфира-сырца.

Дальнейшим усовершенствованием процесса является использование азеотропных свойств компонентов, загруженных в куб для этерификации. Так, например, при производстве бутилацетата эфир-сырец на каждые три части увлекает при перегонке одну часть воды, которая легко отделяется при отстаивании во флорентине. Таким образом, возвращая полностью или частично отделенный эфир обратно в куб, можно быстро и непрерывно извлекать реакционную воду, способствуя повышению концентрации кислоты в кубе и сдвигая равновесие в сторону образования новых количеств эфира.

При производстве этилацетата отбираются следующие фракции: 1-я фракция—полуфабрикат следующего состава: эфира—70%, спирта—20,0%, воды—9%, кислоты—0,5%.

Отбирается эта фракция по удельному весу в пределах 0,905—0,870. Всплываемость (при смешении с водой в отношении 1:1) от 80% до 40%. Получается эта фракция в количестве около 70% от всего дистиллята.

2-ая фракция („хвосты“) содержит:

эфира 20%, спирта 50%, воды 29,5%, кислоты до 0,5%.

Получается этой фракции около 25% от всего дистиллята и она идет на повторную этерификацию, загружаясь в куб, как 50% спирт.

3-я фракция носит название „эмульсии“ и содержит около 10% спиртов, воды 85% масел 4—5%, кислоты до 0,5%.

При выработке спирта и кислоты, в кубе остается масса—так называемый „кубовый остаток“—с содержанием уксусной кислоты до 2%.

Полуфабрикат (первая фракция) подвергается переработке, состоящей в промывке, нейтрализации, сушке и повторной перегонке эфира с целью получения чистого продукта. Промывкой водой частично растворяют спирт, содержащийся в эфире-сырце и этим укрепляют его. Для уменьшения растворимости эфира воду подсаживают, приготовляя 2% раствор поваренной соли. Промывку ведут одновременно с нейтрализацией, для чего готовят 2% раствор соды. На один объем эфира берут 0,9 объема равной смеси растворов соли и соды. Промывку ведут в мешалке или путем закачивания смеси через трубопровод. Промытый эфир отделяется от воды. Кислотность эфира после промывки не должна превышать 0,01%.

После отстаивания и отделения водного раствора эфир поступает для просушки в три ступенчато-расположенных бака, из которых первый заполнен гравием и поваренной солью, а два остальных кусками хлористого кальция.

В результате прохождения через баки эфир обезвоживается, но частично загрязняется и окрашивается примесями хлористого кальция и соли и поэтому еще раз подвергается перегонке. Полученный этилацетат представляет бесцветную жидкость с приятным запахом фруктовой эссенции. Эфира в нем содержится 88—90% и спирта 12—10%.

Проба на воду с петролевым эфиром в отношении 1:4 не должна давать помутнения.

Промывные воды, получаемые при нейтрализации и промывке эфира являются узким местом производства, так как объемы их бывают весьма значительны и они подвергаются ректификации на непрерывно действующих агрегатах, с целью регенерации растворенных в них спирта и эфира.

Для производства бутилацетата используются отходы—фракции высших спиртов, получаемых при производстве синтетического каучука, а также бутиловый спирт, получаемый биохимическим путем. Бутиловый спирт, получаемый путем сбраживания кукурузы, ржи и картофеля, вырабатывается сейчас в больших масштабах с участием возбудителя ацетоно-бутилового брожения (*Clostridium acetobutylicus*) и дает продукт с содержанием около 60% бутилового спирта, 30% ацетона и 10% этилового спирта. После переработки на специальных ректификационных установках, получается так называемый „бутанол“, почти совершенно свободный от ацетона.

В настоящий момент для получения бутилацетата применяется почти исключительно бутанол. Отходы представляют смесь, состоящую из 50—60% бутилового спирта, 12—18% этилового, 2—4% углеводов и до 25% воды.

Основной особенностью процесса этерификации бутилового спирта, является непрерывный отъем бутилацетата через флорентину, так как и бутиловый спирт и бутилацетат почти нерастворимы в воде. Это обстоятельство создает расслоение этерификационной массы и этерификата.

Кроме того, при производстве бутилацетата чрезвычайно важно для успешного хода этерификации давать в эмесвик куба пар давлением не ниже 4 атмосфер.

После отгонки бутилацетата в кубе остается масса, содержащая эфиры высших кислот с температурой кипения выше 130°. После накопления остатка в кубах от 5—6 заправ, эти эфиры отгоняются с паром и поступают на рынок под названием растворителя „Г“ (гексилацетат).

Нейтрализация ведется более крепким раствором соды, но без примеси поваренной соли. Бутиловый спирт водой не отмывается и вода мало растворима в бутилацетате.

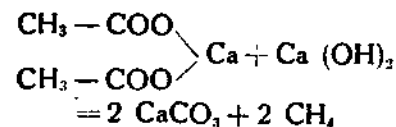
Переработка порошка на ацетон

Переработка серого порошка на ацетон производится путем сухой перегонки порошка при температуре 400° без доступа воздуха. Реакция разложения идет по уравнению:

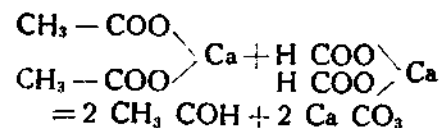


По уравнению получается выход ацетона (из 80% порошка) около 30 кг из 100 кг порошка, но практически его получается около 20 кг, так как при сухой перегонке происходит ряд побочных реакций, дающих большое количество примесей. Особенно важны из этих реакций следующие:

А—Влияние избытка извести в порошке:



В—Влияние муравьино-кислого кальция:



Очевидно, что свободная известь и муравьиная кислота в порошке вызывают снижение выходов ацетона. Примеси высших гомологов уксусной кислоты дадут, в результате ацетонового разложения, ряд высших кетонов, перегоняющихся в виде так называемого кетонового масла. Весь процесс получения ацетона разделяется на разложение порошка с образованием ацетона и очистку полученного ацетона-сырца. На рис. 159 приведена схема производства получения ацетона.

Порошок загружается в ацетоновую чашу (1) обогреваемую из специальной топки (2). Ацетоновые чаши оборудованы мешалкой, так как перемешивание порошка ускоряет процесс передачи тепла. Парогазовая смесь, получающаяся в результате разложения ацетона, проходит через пыльник (3) и по перекидной трубе попадает в холодильник (4), где охлаждается и конденсируется, вытекая в виде ацетона-сырца. Неконденсируемые газы проходят для промывки в скруббер (5), откуда удаляются на воздух. Приемник (6), в котором собирается ацетон-сырец, плотно закрывают крышкой, так как пары ацетона действуют отравляющим образом. Ацетон-сырец спускается в бак с мешалкой (7), где разбавляется водой и перемешивается. После отстаивания в отстойниках, наверху выделяется слой нерастворимых в воде ацетоновых масел, а внизу—водный раствор ацетона, который в дальнейшем поступает на ректификацию в куб (8). Устройство аппарата ничем не отличается от обычных периодических действующих ректификационных аппаратов. При ректификации ацетон отделяют по фракциям, из которых первая фракция дает с водой муть, вторая—идет чистая, третья—опять дает с водой муть и в последней фракции идут масла. Вторая фракция представляет собой технический ацетон, который подвергается вторичной ректификации, в результате чего в средней фракции, получается совершенно чистый ацетон.

Технический ацетон из колонного аппарата (9) поступает в сборник (10), откуда для вторичной ректификации он подается во вто-

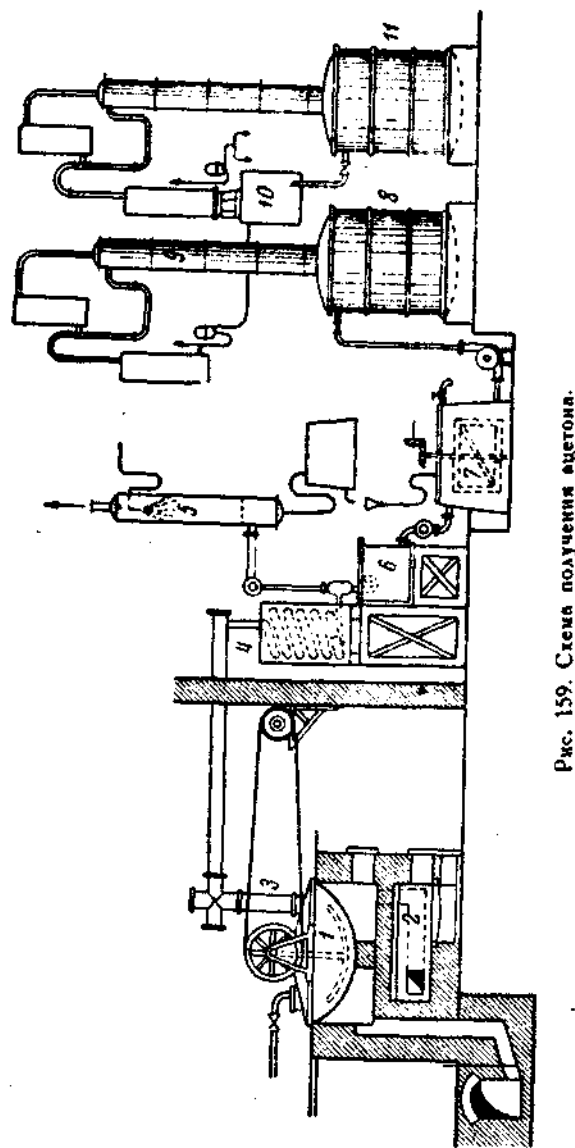


Рис. 159. Схема получения ацетона.

рой колонный аппарат (11). Выход ацетона получается около 19 кг, из которых чистого ацетона получается 14 кг и технического—5 кг. Ацетон-сырец содержит некоторое количество кислот, альдегидов и смолистых примесей, что вызывает необходимость

очистки химическими реагентами. Так при загрузке в куб. испаритель к рассиропленному ацетону прибавляет известь для нейтрализации кислот и разрушения альдегидов; для очистки от смолистых примесей в ректификационную колонку дают раствор NaOH 10—15-процентной концентрации. При ректификации ацетона сырья, кроме кетоновых масел получают растворители—метилэтилкетон и метилпропилкетон. Ацетоновые чаши отливаются из чугуна с толщиной стенок 25—30 мм. Крышка чаши делается тоже чугуная и для прохождения стержня мешалки в ней устраивается сальник. Мешалка имеет вогнутую форму и при вращении захватывает порошок с самого дна чаши. Чаша замурована в кирпичную кладку с топкой. Топка должна устраиваться таким образом, чтобы чаша обогревалась только продуктами сгорания топлива, без непосредственного соприкосновения с пламенем. В противном случае чаша быстро прогорает.

Работа на чашах производится следующим образом. Порошок загружается в чашу, предварительно хорошо разогретую, при вращении мешалки. После загрузки люк закрывается и нагрев доводится до 400° . В результате разложения сначала выделяется некоторое количество газов, выходящих из холодильника в виде белого дыма. Далее показывается ацетон-сырец и конец гонки определяется по окончанию вытекания дистиллата. После окончания разложения в чашу по специальной трубе впускается острый пар, который вытесняет остатки ацетона в холодильник и с другой стороны предупреждает опасность взрыва смеси ацетона и воздуха при открытии чаши для выгрузки. Остаток после разложения представляет собою углекислый кальций и обычно называется окшарой. Выгрузка представляет собой вредную для здоровья операцию, так как окшара в виде сухой пыли легко распространяется по помещению. На благоустроенных заводах выгрузку производят пневматически, для чего в чашу пропускают гибкий рукав и в него отсасывают пылеобразную окшару с помощью вакуума, создаваемого эжектором. Разрежение в системе дают до 200 мм ртутного способа. Загрузочная емкость чаши равняется 210 кг и обычно в течение суток совершается $2\frac{1}{2}$ оборота. Расход топливных дров равняется в среднем 3 м^3 (складочных) на тонну порошка. При загрузке 210 кг серого порошка, получается приблизительно следующее количество дистиллата:

- 1) Ацетоновой воды, с содержанием около 3% кетонов—28,0 кг.
- 2) Ацетонового дистиллата, с крепостью по Траллесу 85° , 50,0 кг и 3) водного дистиллата от продувки паром—12,0 кг.

Таким образом получается около 90,0 кг дистиллата со средней концентрацией около 50% кетонов, что составляет 75—80% от теории.

Из других аппаратов необходимо указать на муфельную печь Кляра, которая представляет собой железную реторту, устроенную по типу вагонных реторт. Вагонетки устроены с рядом полок, на которых тонкими слоями насыпается порошок. При этом способе уменьшаются перегревы и увеличивается выход ацетона. Кроме того, не требуется перемешивания, и выгрузка окшары произво-

дится механизировано. Производительность аппаратов Кляра около 2 тонн порошка в сутки, т. е. выше, чем производительность чаш и поэтому они употребляются для заводов большой мощности. По методу Кляра—без применения мешалок и перегретого пара, работают многие заводы в Германии.

По способу Кляра получается в среднем из 100 кг 80% порошка—20,3 кг химически чистого ацетона, 2,5 кг белого ацетонового масла и 3,0 кг желтого ацетонового масла.¹

По ОСТ 3010, ацетон должен быть прозрачен и бесцветен, щелочная реакция не допускается, кислотность в пересчете на уксусную кислоту, должна быть не более 0,01%, а содержание ацетона не менее 89%.

Переработка смол

Если отстойные кубовые смолы, получающиеся при сухой перегонке древесины, подвергнуть огневой разгонке или разгонке под вакуумом, то получаются следующие фракции: сначала отгоняется кислая вода с содержанием кислот 10—12%, затем идут легкие и тяжелые масла и в остатке остается пек. В зависимости от режима гонки, пек может получаться пластический, мягкий, или коксообразный, твердый. Масла разделяются на фенольные, реагирующие со щелочью и объединяемые под общим названием „сырой креозот“ и с другой стороны масла, не реагирующие со щелочью, называемые нейтральными. Под креозотом нужно понимать не только растворимую в щелочах часть смоляных масел, но и вообще соединяющиеся со щелочами соединения фенольного типа, содержащиеся в смоляных маслах. Фенольные фракции, отгоняющиеся до температур 230—240°, можно называть легким креозотом в противоположность тяжелому, состоящему из фракций, кипящих выше 240°.

Выделение легкого креозота из смеси смоляных масел производится следующими операциями: масла нейтрализуются раствором бикарбоната (NaHCO_3), который связывает кислоты, не затрагивая фенолов. Затем их обрабатывают 10—15% раствором едкой щелочи, благодаря чему фенолы переходят в феноляты, а нейтральные масла отделяются. Из раствора фенолятов фенолы выделяются после удаления из них нейтральных масел, путем продувки острым паром, с которым нейтральные масла летучи, путем разложения их какой-либо кислотой, в большинстве случаев серной или соляной. Полученные фенолы представляют собой сырой или технический креозот.

Можно указать несколько путей промышленного использования сырого креозота.

Из него можно приготовить дезинфицирующие средства, например креолин, пользующийся большим спросом в овцеводстве.

В настоящее время в большинстве случаев для дезинфекции употребляется лизол в форме 2—4% раствора, приготовляемого из каменноугольной смолы.

Технологический процесс приготовления креолина состоит в смешении сырой креозотной фракции без отделения от нее нейтральных масел, со смоляным мылом, в условиях, удовлетворяющих требованиям фармакопей. Последние сводятся к тому, чтобы в креолине содержалось не менее 30% фенолов, кипящих в пределах 180°—225° и способных образовывать беловато-серую, молочного вида, сильно пенящуюся эмульсию, устойчивую в течение нескольких дней. Для приготовления креолина отбирается фракция в пределах температур 190—230°.

Древесные креозоты могут использоваться также в качестве антисептиков, главным образом, для пропитки древесины и растительных тканей (канатов, рыбных сетей и пр.). Для этой цели также не требуется чистого креозота, а достаточны фракции смоляных масел с соответствующим содержанием креозота; последнее устанавливается аналогично содержанию креозота в каменноугольном масле, которое обычно применяется для подобной пропитки.

Широкое внедрение древесного креозота в пропиточную промышленность требует достаточной дешевизны его. Специфическое использование древесный креозот находит для выработки медицинского креозота, для чего наиболее пригодной является смола, полученная из буковой древесины. Главной составной частью медицинского креозота является гваякол, которым наиболее богата буковая смола. Креозот применяется, главным образом, при легочных болезнях. Для его получения из технического креозота отбирают фракцию 190—230°, которую вторично обрабатывают щелочью. Из полученного раствора фенолятов отделяют абсорбированные нейтральные масла путем тщательной продувки острым паром. Кроме того, для разрушения и осмоления непредельных соединений и свободных высших фенолов, креозот продувают воздухом при нагревании в достаточно щелочном растворе. Последнее необходимо для предупреждения потемнения готового продукта при хранении. Очищенный креозот еще раз фракционируют и отбирают фракцию в пределах 200—226° и проверяют его согласно требованиям фармакопей. Для получения бесцветного продукта его смешивают с $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ % дву-хромово-кислого калия и $\frac{1}{2}$ —1% крепкой серной кислоты, оставляют на сутки стоять и потом перегоняют.

Высшие фенолы отличаются сильно редуцирующей или восстановительной способностью, благодаря которой из них можно выделить ряд веществ, пригодных для употребления как фотографические проявители и, главным образом, в качестве красителей для меховой промышленности и нужд фармацевтической промышленности. В ЦНИИХИ в 1935 г. был поставлен В. Д. Угрюмовым и В. П. Сумароковым ряд опытов с обработкой креозота, содержащего эфиры пирокотехина и пирогаллола слабой (5—10%)

¹ Хорошая химическая характеристика этих масел дана А. А. Прляшниковым.

соляной кислотой, в автоклаве. При этом были выделены кристаллические пирокатехин и пирогаллол.

Потребность в пирокатехине составляет около 200,0 тонн в год и продукт этот является предметом импорта. По этому налаживание в предстоящие годы выработки пирокатехина из смол лиственных пород — ближайшая задача промышленности.

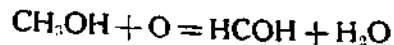
Наконец, еще необходимо отметить применение кокса, полученного из смолы, для цементации некоторых сортов железных изделий. Имеются опытные установки, на которых получают из древесной газогенераторной смолы кокс, под названием „березоль“, который с успехом применяется для цементации. Технологический процесс получения березоля заключается в огневой разгонке смолы, причем все разложение пека проводится в атмосфере водяного пара, необходимого для удаления тяжелых смоляных масел.

Сущность цементации заключается в переводе поверхностного слоя мягких железных или стальных изделий в твердое состояние, что достигается благодаря способности железа поглощать углерод при высоких температурах, порядка 700—1000° и приобретать в результате этого необходимую твердость.

Производство формалина

Формалином называется раствор газообразного формальдегида в воде. Формалин, имеющийся в продаже, представляет собой раствор, содержащий 35—40 весовых процентов формальдегида. В растворе содержится некоторое количество метилового спирта для предупреждения полимеризации формальдегида в параформальдегид, который остается в растворе в количестве 33—40% от веса 100% формальдегида. Продажный 36-процентный формалин имеет в своем составе 12% метилового спирта и 52% воды.

Способ получения формальдегида основан на окислении метилового спирта кислородом атмосферного воздуха, причем реакция идет по следующему уравнению:



Эта реакция проходит в присутствии катализатора и при температуре не ниже 300—400°. В качестве катализатора употребляется медная сетка, посеребренная пемза, или платинированный азбест. При образовании формальдегида в указанных условиях протекает ряд побочных реакций: при соприкосновении формальдегида с горячим катализатором он распадается на окись углерода и водород по уравнению: $\text{HCOH} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}$. Вследствие присутствия кислорода полученные газы окисляются — окись углерода в угольную кислоту, а водород — в воду. Эти побочные реакции имеют также экзотермический характер, благодаря чему контакты сильно разогреваются, что способствует дальнейшему развитию побочных реакций. Поэтому для наиболее полного выхода формальдегида процесс получения его должен сопровождаться тщательной регулировкой в смысле правильной дозировки воздуха и спирта.

По исследованию процесса получения формалина на Красно-Бавковском формалиновом заводе (ЦИЛХИ 1934 г.), выяснилось, что при количестве кислорода близком к теории, реакционная температура настолько повышена, что реакция направляется в сторону разрушения продуктов и выхода составляют лишь 73% от теории. В то же время при уменьшении притока воздуха до 0,24 L кислорода на 1 г метилового спирта (вместо теоретического количества в 0,347 L), выхода формалина составляют уже 85%. При этом снижаются и потери спирта с 22% до 11%. По-

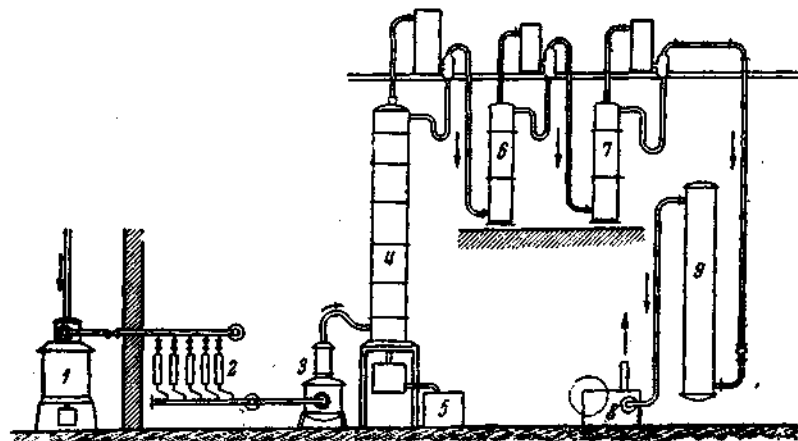
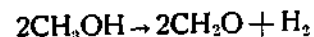


Рис. 160. Схема формалинового производства.

этому выгоднее работать с избытком метилового спирта, тем более, что последний снова возвращается в производство после регенерации.

При хорошей организации работы, при контактном окислении метилового спирта получают из 1,0 кг сырья 2 кг раствора формалина (40%).

На основании позднейших исследований процесса образования формалина выдвигается теория дегидрирования метанола:



Наличие в неконденсирующихся газах H_2 в количествах больших, чем это следует по реакции прямого окисления, говорит в пользу этой новой теории. Очевидно, в процессе образования формалина имеют место как окисление метанола кислородом воздуха, так и дегидрирование его.

Из заводских аппаратов для получения формалина можно привести следующие. Спирт загружается в испаритель (1), изображенный на схеме рис. 160. В испарителе спирт подогревается с помощью змеевика до температуры 35° и через спирт с помощью барботера пропускается воздух, который производит испарение

спирта. Полученная смесь паров спирта и воздуха поступает в контактные аппараты (2), где происходит образование формальдегида. Контактные аппараты устраиваются различной формы и размеров, например, их делают из медных трубок от 45 мм до 200 мм и в них вставляют плотно свернутую, в виде цилиндра, высотой 4,5—10 см медную сетку. Из контактных аппаратов смесь формальдегида с парами непрореагировавшего спирта и воды проходит в водонасытитель (3), где насыщается парами воды, и поступает в колонну (4), последняя по конструкции представляет собою обычную ректификационную колонну, по тарелкам которой стекает вода, постепенно поглощающая формальдегид. Снизу колонны вытекает готовый формалин в приемник (5). Часть паров воды, а также непрореагировавшего спирта, попадает в дополнительные колонны (6) и (7), устроенные с поглотительными тарелками. В последних также задерживается прошедший через колонну (4) непоглощенный формальдегид. Вся система находится под разрежением, которое создается вакуум-насосом (8). Все газы в конце системы промываются в скруббере (9). Вакуум-насос протягивает воздух через испаритель (1), образовавшуюся смесь паров и спирта через контакты (2) и далее полученную парогазовую смесь через всю систему установки. Вся установка должна быть тщательно смонтирована, для избежания присоса лишнего воздуха.

Как видно из приведенной схемы, весь процесс получения формалина разделяется на три основных процесса: 1) образование смеси паров метилового спирта с воздухом, 2) образование формальдегида путем окисления паров метилового спирта, 3) поглощение газообразного формальдегида водой с образованием формалина, что может быть осуществлено различными способами.

Как было указано, реакция образования формальдегида идет при температурах 300—400°. Поэтому сначала катализаторы доводят до этой температуры путем наружного нагревания, а в дальнейшем нагрев поддерживается теплом, выделяющимся при образовании формальдегида, так как реакция проходит экзотермически.

Процесс получения формалина зависит от ряда условий, из которых основным является качество применяемого метилового спирта. Последний должен иметь крепость не ниже 99% и содержание ацетона в нем не должно превышать 0,5%. Ацетон оказывает отравляющее действие на катализатор, поэтому на хороших установках формалин получают из метилового спирта, содержащего не более 0,1% ацетона. Вредное влияние ацетона объясняется тем, что при прохождении его паров через контактную массу, он разлагается на ряд продуктов, в том числе и на H_2 , который препятствует окислению спирта. Вторым важным условием является регулировка подаваемого воздуха и метилового спирта. При избытке воздуха часть метилового спирта и формальдегида сгорает с образованием CO_2 , CO и воды и в контактах развивается высокая температура.

В готовый формалин спирт попадает в количествах, не превышающих обычное содержание спирта в товарном продукте.

При недостатке кислорода и избытке паров метилового спирта, последний проходит через контакты, не подвергаясь полностью окислению в формальдегид.

При этом температура процесса понижается; в получаемом формалине содержание метилового спирта доходит до 50—60%. Товарный формалин в этом случае получается путем отгонки избыточного метилового спирта, который снова возвращается в производство.

По последнему способу работают лучшие современные заграничные установки. Выход формалина при этом способе увеличи-

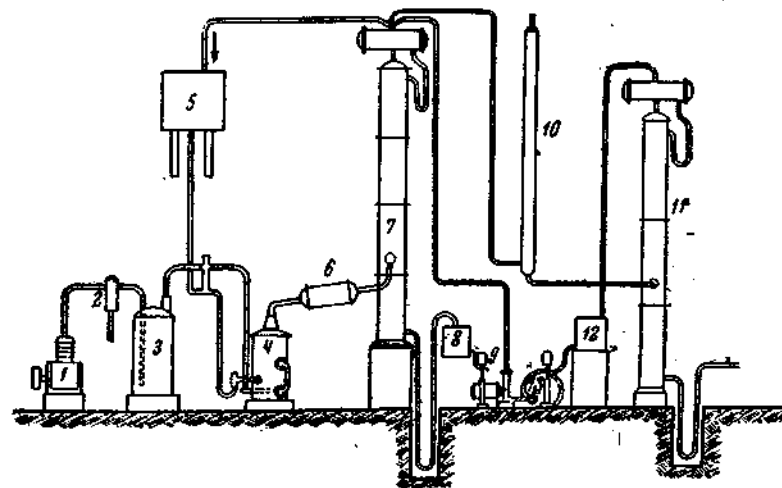


Рис. 161. Схема формалиновой установки фирмы Гасснер.

вается, так как благодаря снижению температуры процесса в контактах, образование побочных реакций уменьшается. На заводах, работавших ранее с избытком воздуха, выход формалина не превышал 1,3—1,4 кг на 1 кг метилового спирта. После перехода на способ работы с избытком метилового спирта выход формалина повышается до 1,7—1,8 кг.

Формалиновый завод фирмы Гасснер получает более высокие выходы формалина на 1 кг метилового спирта. Установка фирмы Гасснер приведена на рис. 161 и состоит из следующих аппаратов: воздух нагнетается компрессором (1) через фильтр (2) в сборник для сжатого воздуха (3). В фильтре (2) воздух очищается от увлеченных с ним капелек масла и сжимается в сборнике (3) приблизительно до 2 ат. Смесь паров спирта и воздуха получается в карбюраторе (4), в который подается метиловый спирт из напорного бака (5) и воздух из сборника (3). Подача воздуха и спирта, а также нагрев и испарение последнего строго регулируется с помощью контрольно-измерительных приборов. Полученная смесь паров спирта и воздуха окисляется в контактах (6), где поддержи-

ГАЗИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ

вается температура 370°. Перегрев предотвращается наружным охлаждением сжатым воздухом. После контактов смесь образовавшегося формальдегида, паров непрореагировавшего спирта и азота направляется в ректификационную колонну (7), где разделяется на 40% формалин и метиловый спирт. Вытекающий снизу колонны формалин охлаждается в холодильнике (8) и вытекает через фонарь (9). Непоглощенный формальдегид промывается в скруббере (10). В ректификационной колонне (11) ведется регенерация абсорбированного водой метилового спирта, который конденсируется в холодильнике (12) и стекает в сборник (13). Из последнего метиловый спирт перекачивается в напорный бак (5), откуда снова идет в производство.

В схеме процесса фирмы Гасснер вся система находится под положительным давлением, так как в начале ее установлен компрессор, нагнетающий воздух в сборник и далее проталкивающий парогазовую смесь через всю установку. При нагнетании воздуха максимальные скорости получаются в контактах и наименьшие в поглотительной системе, что улучшает процесс. Кроме того, при нагнетании не происходит всасывания воздуха через различные неплотности установки. Такое засасывание увеличивает объем неконденсирующихся газов, что затрудняет поглощение формальдегида и метилового спирта и увеличивает потерю последних с отходящими газами в атмосферу. Выход формалина зависит не только от правильного соотношения спирта и воздуха, но и от качества метилового спирта (см. выше), так как некоторые примеси отравляют катализатор даже в том случае, если их оказываются следы. Известен случай (Гострест „Лесохим“—29 г.) когда партия заграничного метанола оказалась негодной, вследствие ничтожной примеси карбонила железа $\text{Fe}(\text{CO})_5$.

По ОСТ 307 формалин должен быть совершенно прозрачной и бесцветной жидкостью, удельный вес 1,081—1,086, с кислотностью в пересчете на муравьиную кислоту не более 0,2 г на 100 мл. формалина. Содержание формальдегида должно быть не менее 40 г на 100 мл.

Формалин употребляется как сильное антисептическое средство в медицине. Раствор его 1 на 20 000 убивает бактерии. При дезинфекции рук и инструментов употребляют раствор 1 на 100. В больших количествах формалин употребляется для протравы семян в сельском хозяйстве. Кроме того, формалин находит большое применение в производстве пластических масс и в производстве каменноугольных красок.

При газификации всякого твердого топлива, последнее превращается из твердого в газообразное.

Газ при сжигании может давать очень высокую температуру горения, сгорает почти с теоретическим количеством воздуха, легко транспортируется по трубопроводам и отличается чистотой и безвредностью сгорания. Все эти преимущества послужили причиной исключительного распространения газообразного топлива в различного рода нагревательных печах, в металлургической и стекольной промышленности. Твердое топливо (древесина, торф, уголь) для этих целей предварительно превращается в газ. При обычной сухой перегонке древесины в остатке получается уголь и выход газа составляет приблизительно одну пятую часть от веса сухого дерева.

При газификации древесины в остатке получается только зола, так как уголь сгорает и выход газа увеличивается в три—четыре раза.

Процесс в газогенераторе

Аппараты, в которых твердое топливо превращается в горючий газ, называются газогенераторами.

В большинстве случаев газогенератор представляет вертикальную цилиндрическую шахту.

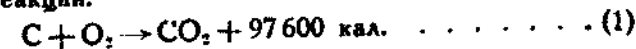
Топливо подается через специальное загрузочное приспособление, расположенное в верхней части газогенератора.

Выход газа осуществляется через горловину, установленную в непосредственной близости от загрузочного устройства.

Подзача воздуха, необходимого для горения топлива, производится через дутьевые приспособления, находящиеся внизу шахты (рис. 163). Температура в газогенераторе максимальна в нижней раскаленной зоне и падает по высоте до наименьшего значения у горловины, отводящей газ.

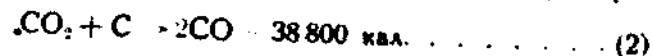
Обычно основные реакции, протекающие в раскаленной зоне газогенератора, ранее представлялись в такой последовательности.

В нижней части шахты находится зона горения, где в кислороде воздуха, подаваемого под колосниковую решетку, сжигается углерод топлива по реакции:



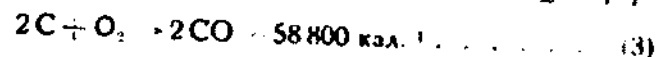
Эта реакция сопровождается большим выделением тепла и дает в результате негорючий газ (CO_2).

В дальнейшем, проходя через вышележащий слой раскаленного угля, CO_2 восстанавливается до CO (зона восстановления) по реакции:



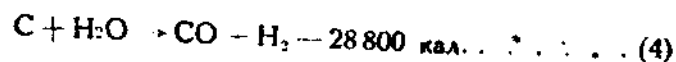
Реакция протекает с поглощением тепла и дает в результате основную горючую часть генераторного газа (CO).

Эти уравнения (1, 2) назывались реакциями образования простого генераторного газа. Они могут быть выражены общей формулой:



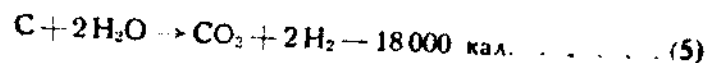
В действительности процесс протекает несколько иначе. Последние исследования² в области теории газификации указывают, что при горении углерода основная первичная реакция, которая имеет место в газогенераторе это реакция (3). Реакция (1) и (2) следует считать вторичными и нехарактерными для газогенератора. Эти выводы вполне согласуются с практическими данными промышленных генераторов и дают ключ для осуществления так называемой скоростной газификации.

Если в воздухе, подаваемом при помощи дутья, присутствует водяной пар, то он также реагирует с углеродом топлива при высокой температуре по реакции:



Это основная реакция получения так называемого водяного газа, протекающая с поглощением тепла и дающая в результате два горючих компонента (CO и H_2).

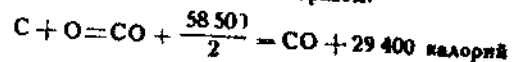
При более низкой температуре идет другая реакция образования водяного газа, дающая менее ценный газ, как это видно из уравнения (5), так как наряду с горючим водородом здесь образуется негорючий газ CO_2 .



Если пар добавляется к воздуху дутья (присадка пара), то такой газ носит название «смешанного» генераторного газа.

Присадка водяного пара снижает температуру на колосниках генератора, предохраняя их от расплавления. Кроме того, газ обогащается за счет образования H_2 и уменьшения примеси негорючего азота. Содержание последнего уменьшается вследствие мень-

¹ Так как калория относится обычно к 1 кг атому углерода, то это уравнение (3) может быть написано еще таким образом:



² Детальные лабораторные исследования в Институте азота в Москве и исследования в/с ЛЕННИАХИ Лямина В. А., проведенные совместно с автором этого очерка, в полуавтоматических условиях.

шего расхода воздуха, так как часть углерода окисляется кислородом водяного пара.

Вышеприведенные реакции в совокупности характеризуют и исчерпывают основной процесс газификации, протекающей в нижней части газогенератора.

Совершенно не рассматривается нами реакция $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$, идущая в интервале температур 500—700°. В последнее время значимость ее для генераторного процесса подвергается сомнению, в виду медленности протекания ее во времени.

Рис. 162. представляет графическое изображение химических реакций в зоне газификации при получении простого генераторного газа.

Теплота, образующаяся в активной зоне газогенератора, путем прямого излучения, а также переноса нагретым паром и газом, передается вышележащим слоям топлива, которые под влиянием нагрева претерпевают ряд изменений.

Древесина, поступающая из загрузочной воронки, по мере опускания сначала, отдает свою влагу (зона сушки), затем подвергается сухой перегонке, выделяя жидкие продукты разложения, воду, кислоты, смолы, спирты и другие органические вещества, а также неконденсирующиеся газы (зона сухой перегонки, или швелования). Образовавшийся уголь прокаливается, выделяя, главным образом, H_2 и CH_4 , и поступает в зону горения, где топливом сгорает, отдает весь содержащийся в нем углерод, а образовавшаяся зола проваливается через колосниковую решетку в зольник.

Рис. 163 наглядно иллюстрирует расположение этих зон в шахте газогенератора. Парогазовая смесь проходит путь, начиная от зоны горения и кончая горловиной генератора.

Таким образом, процесс, происходящий в газогенераторе, может быть представлен в виде системы двух фаз: твердой и парогазовой, движущихся одна относительно другой по принципу противотока.

Продуктами этого процесса являются: шлаки (зола и недогар) и парогазовая смесь, носящая название сырого генераторного газа.

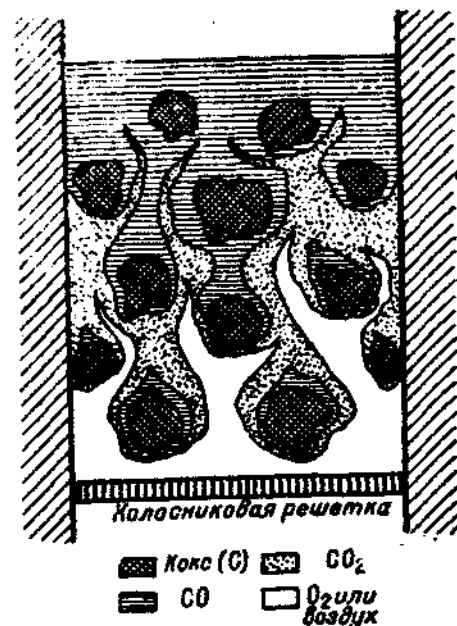


Рис. 162. Химические реакции в газогенераторе по Штрахе.

Все изложенное о процессе газификации относится почти и полной мере и к так называемому „обратному“ или „опрокинутому“ процессу.

Этот процесс отличается от прямого тем, что топливо так же как и в первом случае, подается сверху шахты газогенератора, но дутье подводится в середину шахты, а газ отбирается снизу.

В этом случае продукты сухой перегонки и влага топлива не примешиваются просто к выходящему газу, а вынуждены пройти слой раскаленного угля, где и подвергаются разложению. Газ, полученный из древесного топлива, при обратном процессе содержит меньше паров воды и органических веществ, но обладает и меньшей теплотворной способностью, редко достигая предела в 1100—1200 кал м³, оставаясь чаще на уровне 950—1050 кал м³.

Состав и выхода продуктов газификации древесины. Газ, выходящий из генератора, состоит из следующих компонентов: окись углерода (CO), углекислый газ (CO₂), водород (H₂), метан (CH₄), тяжелые углеводороды (C_mH_n), кислород (O₂) и азот (N₂). Из них CO, H₂, CH₄, C_mH_n составляют, так называемую, горючую часть, а остальные балласт.

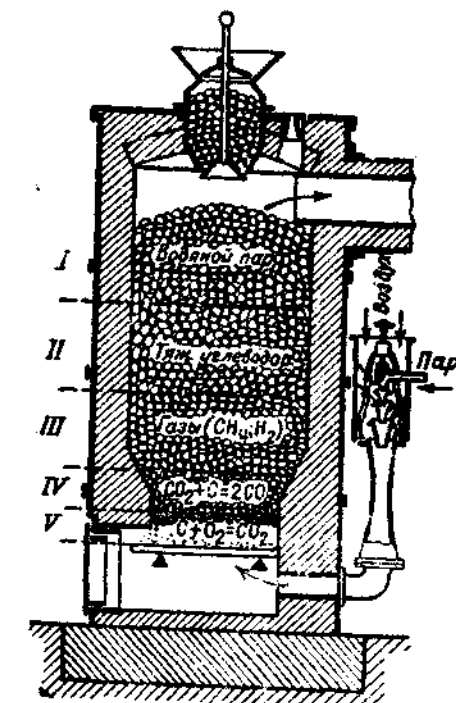


Рис. 163. Схема газогенераторного процесса.

В газе содержатся, кроме того, в значительном количестве пары воды и органических веществ, продуктов сухой перегонки. Эта парогазовая среда служит дисперсионной (внешней) фазой для увлеченных взвешенных твердых (пыль) и жидких (туман) частиц.

Первые из них носят название уноса — это древесная и угольная мелочь, увлеченная газовым потоком. Туман состоит, главным образом, из сгустившихся паров смолы, а при более низкой температуре и из водяных капель. Качественная характеристика жидкой и конденсируемой части газа ясна из приводимых таблиц 32 и 33.

Как видно из таблиц, газ, получающийся в результате газификации щепы, отличается по своему составу от газа, полученного на крупнотопливной древесине (метровка). Равным образом и теплотворные способности этих газов различны. Если генераторы, рабо-

Таблица 32

Количество жидких веществ в газе при газификации древесного топлива

Компоненты	На 1 м ³ сухого генераторного топлива приходится жидких продуктов в граммах при газификации щепы ¹
Вода	580 — 450
Смола	100 — 45
Кислоты ²	25 — 5
Спирты ³	8 — 3

Таблица 33

Состав газа, получающегося при газификации древесного топлива (в объемных %)

Станции и топливо	Щепа 70 % и ош. 30 % лиственн.	Щепа березов., другая станция влажн. = 45%	Метровка смесь (главн. образом ель) влажн. = 47%	Дрова (метровка смесь)
CO ₂	6,8	5,4	10,92	7,18
CO	28,1	32,6	20,06	26,66
CH ₄	2,6	2,9	1,53	2,65
C _m H _n	0,38	0,8	0,07	0,40
H ₂	15,4	12,0	11,79	9,26
O ₂	0,5	0,2	0,36	—
N ₂	46,22	46,1	54,01	53,85

тающие на дровах, дают предельную калорийность около 1300 кал/м³, то для щепы этот же показатель достигает, по нашим наблюдениям, значения 1650 кал/м³ и выше.

Указанный состав продуктов газификации предопределяет и выход их с единицы веса топлива, подвергнутого переработке.

Соответственный пересчет показывает, что выход сухого нормального газа⁴, считая на абсолютно сухую древесину, равен 1,7—1,9 куб. м на кг.

Выход кислот 2—3% от абсолютно сухой древесины, смолы 10—15% и спиртов 1,0—1,5 (метанола 0,5—0,8%).

¹ По данным исследования газовой станции одного из заводов пределом средних значений по месяцам.

² Сумма кислот, в пересчете на уксусную.

³ Главным образом метиловый спирт.

⁴ При 0° и 760 мм давлен.

Эти цифры получены на основании длительных наблюдений на одной из крупнейших газовых станций, работающей на древесной щепе среднего состава 75% хвойных и 25% лиственных, и выведены на основании данных анализа парогазовой смеси в горловине газогенератора¹.

Выходы подвержены значительным колебаниям, в зависимости от конструктивных особенностей газогенераторов различных станций, режима газификации, принятого на них, состава исходной древесины по породам, влажности топлива, степени его измельчения и пр.

Для иллюстрации этого положения приведены несколько сравнительных данных в таблице 34.

Таблица 34

Выходы газа, смолы и кислоты при газификации древесины на различных газовых станциях

Наименование станций	Род древес. топлива	Выход в м ³ с 1 кг абс. сух. щепы	Содержание в газе г/м ³	
			смолы	кислот
Станция I	щепа	1,7 — 1,9	45 — 100	5 — 25
Станция II	"	1,6 — 1,7	88 — 130	18 — 20
ЛЕННИАХИ (полузавод)	"	1,3 — 1,6	100 — 180	30 — 50
Л. Т. А. (полузавод)	"	1,4 — 1,6	130 — 260	50 — 70

Таблица показывает, какие значительные возможности имеются при газификации древесины в отношении регулирования выхода того или иного компонента парогазовой смеси, а следовательно, и конечных (товарных) продуктов.

Выходы смолы при газификации щепы в отдельных случаях в три раза превышают выход смолы при сухой перегонке древесины, также и выход кислоты может быть получен вдвое больший.

Такое повышение выходов объясняется тем, что при газификации щепы подвергается сухой перегонке в более мягких условиях, чем дрова при разложении их в ретортах. Мягкие условия обуславливаются равномерным нагреванием щепы током проходящей парогазовой смеси и отсутствием вторичного разложения ценных продуктов при соприкосновении их с раскаленными стенками, что имеет место в ретортах.

Нужно еще отметить, что при газификации выход кислот, как и при сухой перегонке, раза в два больше на древесине лиственных пород, по сравнению с хвойными.

Газогенераторные станции на древесине, как объект лесохимической промышленности. Как было указано выше, для нагревательных печей в металлургической и стекольной промышленности требуется в качестве топлива генераторный газ. Сначала генераторы устраивались в виде простых кирпичных шахт, в которые воздух подавался естественной тягой.

¹ Труды ЛЕННИАХИ. Отчет инж. Ливеровского А. А., Чалова Н. В. и Лемкина В. А. Ленинград 1935 г.

Получаемый генераторный газ без очистки от смол и без удаления из него влаги (осушки) направлялся для сжигания в промышленные печи, расположенные непосредственно около газогенераторов.

Развитие промышленной металлургии и стекольного дела повлекло за собой и увеличение производительности газогенераторных станций. К газогенераторам потребовалось подвозить большие количества твердого топлива. Подвозка топлива к центру завода — к металлургическим и стекольным печам, перегружала внутризаводские транспортные пути, а необходимый запас топлива занимал значительную площадь. Поэтому для получения газа в больших количествах, газовые станции стали устанавливаться за пределами завода; а так как транспортировать и управлять большими массами «сырого газа» чрезвычайно трудно, то потребовалась очистка и осушка его.

Увеличение производительности газогенераторов выразилось в применении принудительного дутья в генератор, механизации загрузки топлива и шлакоудаления, а для дровяных газогенераторов, кроме того, еще и в подаче топлива в измельченном виде (щепы).

Методы очистки генераторного газа почти целиком были взяты из опыта коксо-бензольного производства.

В скором времени практика показала, что рациональная осушка газа, операция не только технически целесообразная, но и экономически выгодная. Затраты на осушку и охлаждение полностью окупаются уменьшением стоимости транспортирования меньших объемов газа и повышением его калорийности.

Так возник новый тип генераторных станций — механизированных, мощных, снабженных усовершенствованной аппаратурой для очистки газа.

При проектировании, а затем и эксплуатации станций подобного типа, в применении к древесному топливу оказалось, что при охлаждении парогазовой смеси, из нее выпадает значительное количество органических веществ, продуктов разложения древесины, объединяемых под названием «побочных продуктов газификации». Часть этих веществ задерживается смолоочистными приспособлениями и в результате получается так называемая газогенераторная смола, а часть извлекается промывными водами, или осаждается в газопроводах, вытекает с водой в конденсационные стоки. Количество этих вод и степень их загрязненности таковы, что канализация их в водоемы общественного пользования невозможна. При исследовании состава отбросных вод газогенераторных станций, работающих на древесине — было обнаружено в них присутствие жидких продуктов сухой перегонки дерева — уксусной кислоты, ее гомологов, фенолов, растворимой смолы и т. д.

Так как эти вещества имеют сами по себе значительную ценность — возникла мысль комплексного разрешения задачи, т. е. обезвреживания сточных вод с одновременной утилизацией химических веществ, содержащихся в них.

В качестве предпосылок для развития газовых станций с утилизацией побочных продуктов можно привести следующее: газификация древесины является наиболее рациональным видом массового использования древесины в качестве топлива, так как кроме преимуществ применения газообразного топлива при этом получаются побочные продукты, снижающие стоимость газа.

В районах, богатых древесиной топливом — последнее конкурирует с привозным ископаемым топливом (каменным углем), поэтому для развивающейся промышленности тепловая энергия может быть получена путем устройства газогенераторных станций древесного питания.

Современная техника сжигания генераторного газа требует такой степени чистоты газа, что генераторные станции должны быть оборудованы сложными очистными устройствами. Последние облегчают утилизацию побочных продуктов, так как при этом только остается выделенную при очистке из газа смолу, кислоту и др. довести до качества товарных продуктов.

Устройство центральных газогенераторных станций большой мощности допускает большие затраты на устройство оборудования для утилизации побочных продуктов.

Значение газообразного топлива в общем топливном балансе Союза непрерывно возрастает. Так например, в 1937 г. потребление газообразного топлива выражалось в 14% общего потребления топлива в Союзе. Среди других промышленных газов (доменный, коксовый, природный) генераторный газ потребляется в количестве 14%, причем из источников получения генераторного газа одно из первых мест занимает древесина.

Особое развитие делу газификации придает постановление правительства о постройке газовых комбинатов в крупных городах.

Так например, удельный расход генераторного газа по отношению к общему расходу топлива для Ленинграда должен возрасти к 1942 году против 1937 г. в несколько раз.

Сырьевой базой для газогенераторных станций древесного питания может явиться почти любая из лесных районов Союза. Требования, предъявляемые к древесине, как к материалу для газификации совпадают с требованиями к ней, как к топливу¹.

С этой точки зрения газификация может быть подвергнута древесина любой породы, возраста, фауности и т. д. и оценка ее будет зависеть только от показателей calorificности и влажности в рабочем состоянии.

При калькуляции себестоимости 1 м³ газа, расход на исходное сырье (древесину) выражается в 60—7%, от общей стоимости газа. Первоначальные затраты на постройку газовых станций весьма значительны и требования со стороны потребителя на дешевый газ диктуют необходимость длительных сроков амортизации. Поэтому сырьевая база газогенераторных станций должна отвечать следующим требованиям: дешевизна и значительный запас древесного топлива при возможном невысоком его качестве. Таким условиям удовлетворяют географические точки, расположенные близ крупных деревообрабатывающих предприятий.

¹ Это положение отвечает только текущему моменту, пока дровяные газовые станции рассматриваются преимущественно как источники получения тепловой энергии — газа.

В дальнейшем, при развитии дела утилизации побочных продуктов, точка зрения на этот предмет должна коренным образом измениться. Выход газа с весовой единицы топлива для всех древесных пород, примерно, одинаков, что совершенно нельзя сказать про выхода жидких продуктов дистилляции древесины (спирты, кислоты, смола и т. д.). Отсюда, если порода древесины влияет на оценку ее как топлива в зависимости только от присущей ей теплоплотности, то для дела увеличения побочных продуктов газификации, выбор породы древесины может иметь решающее значение.

В дальнейшем мы приводим конкретный пример, наглядным образом иллюстрирующий эти соображения.

или больших массивов перестойных насаждений, с большим запасом дровяной древесины (Сев. Карелия, Вост. Сибирь, леса Дальнего Востока).

Особо стоит вопрос о газификации опилок. Этот процесс представляет некоторые затруднения. Хотя вещество (химический состав) опилок ничем не отличается от вещества древесины, из которой они получены, но по своему физическому состоянию (высокая степень дисперсности) они мало пригодны для газификации в обычных газогенераторах, предназначенных для переработки дров в виде щипка. Или даже щепы. Будучи загружены в такой газогенератор, они сжимаются, образуя так называемый «козел», оказывают значительное сопротивление дутью и, наконец, содержащаяся в них в значительных количествах древесная пыль обуславливает повышенный «унос» ее в горловину генератора, влекущий за собой нередко полную закупорку выводного патрубка. Выходом из этого положения может быть конструирование газогенераторов, специально рассчитанных на переработку топлива в мелко раздробленном виде¹ (пока еще таких

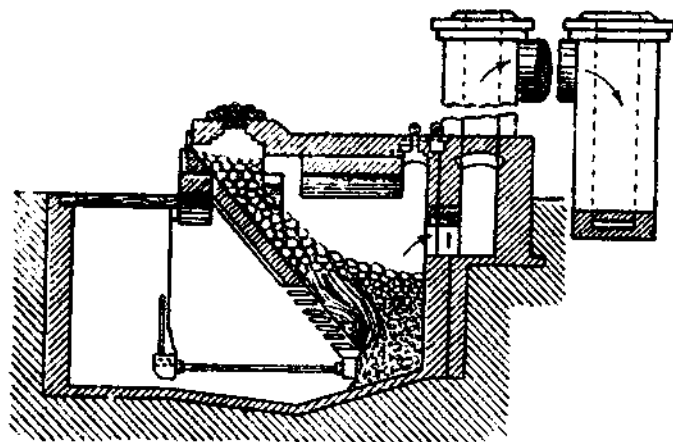


Рис. 164. Газогенератор Сименса.

аппаратов мы не имеем), или же газификация опилок в виде присадки к основному крупнокусковому топливному материалу.

Последний способ практикуется кое-где за границей. Фирма Дейц, например, в своих проспектах указывает на возможность присадки опилок в количестве до 40% по отношению к весу более крупного топлива (в этом случае к древесным чурочкам размера 50 × 50 × 100 мм.).

Из нашего опыта можно указать, что при газификации лигнина на полу заводской установке в ЛЕННИАХИ, нам без особых затруднений удавалось присаживать до 44% этого совершенно стодного с опилками материала, к основному топливу — древесной щепе. Практически в наших условиях особой острой нужды в разрешении вопроса о газификации древесных опилок пока еще не чувствуется. В СССР достаточное количество неуплощенной древесины помимо опилок, могущей стать сырьевыми базами крупных газогенераторных станций. Добавим, что отрицательное для газификации свойство опилок, и высокая дисперсность является благоприятным фактором для производства основных на химическом воздействии различных агентов на древесину.

В настоящее время газогенераторные станции древесного питания, развиваясь, превращаются в мощные газохимические ком-

¹ Для угольной мелочи соответствующие опыты газификации в описанном состоянии были проведены за границей и у нас.

бинаты и могут стать крупнейшими объектами лесохимической промышленности.

Газогенераторы. В историческом развитии конструкций газогенераторов, наиболее широкое распространение получили

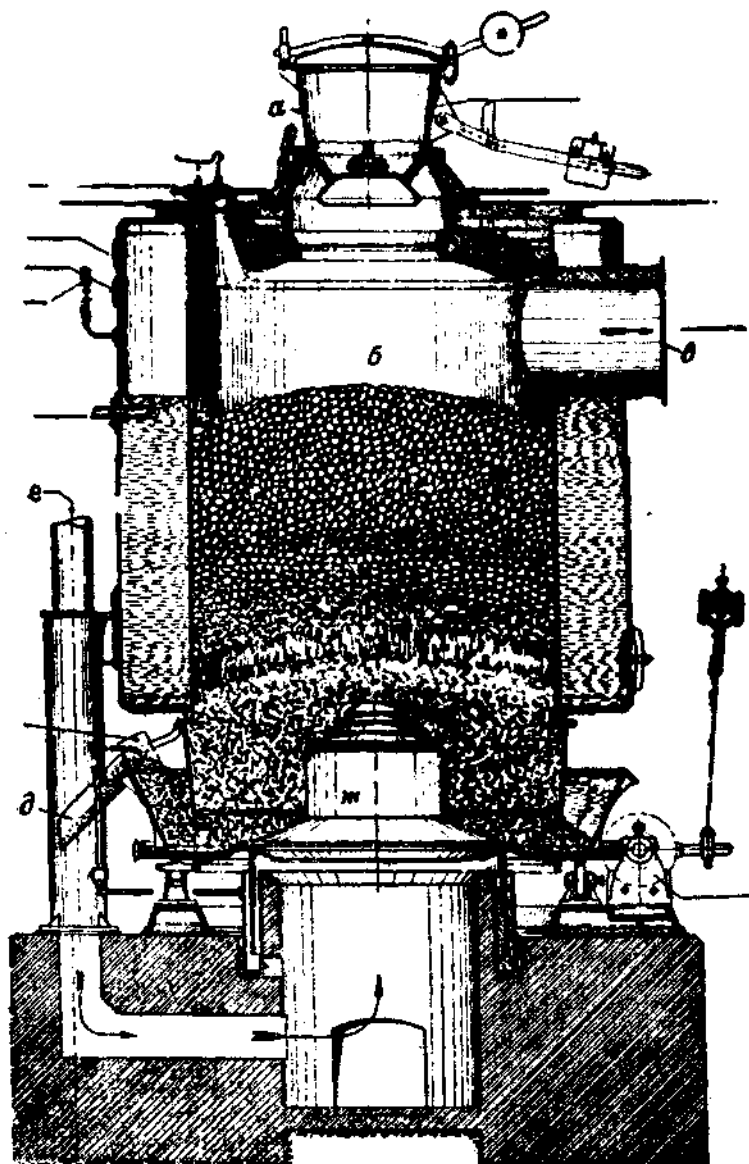


Рис. 165. Газогенератор фирмы Пинч с вращающейся колосниковой решеткой, мокрым шлакоудалением и паровой рубашкой.

генераторы Сименса. Они представляли из себя кирпичные шахты прямоугольного сечения с комбинацией ступенчатой и плоской колосниковой решетки (рис. 164).

Генераторы подобного типа и до сих пор работают на металлургических заводах Урала.

К недостаткам этой конструкции следует отнести: низкую производительность, около $40-50 \text{ кг/м}^2$ в час, объясняющуюся отсутствием принудительной подачи воздуха (дутья), т. е. работой на самотяге, ручном шлакоудалении, плохое распределение дутья, значительный провал несгоревших частиц в зольник (недогар), достигающий $2-5\%$ от веса топлива при работе на дровах, и от

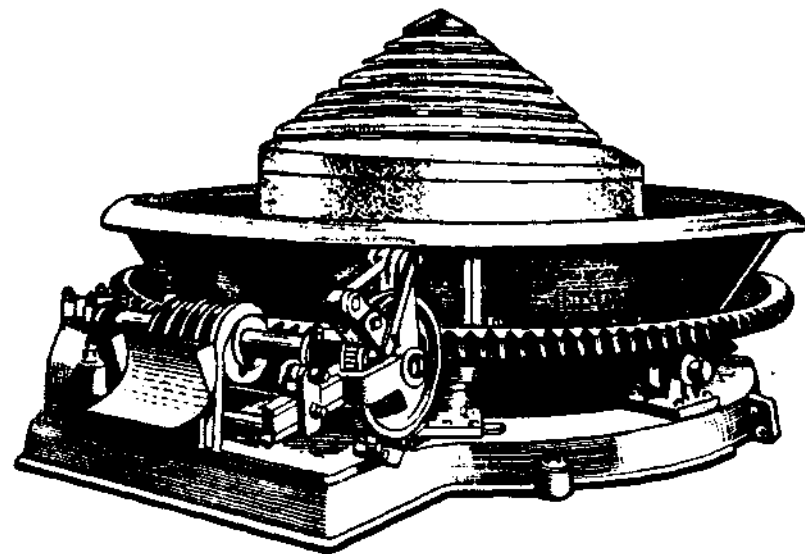


Рис. 166. Вращающаяся колосниковая решетка и чаша. Для разрыхления шлакового слоя — цепь эксцентричен.

18 до 30% на каменном угле и, наконец, примитивное устройство загрузочного приспособления, дающего неизбежную потерю газа при загрузке.

Не останавливаясь на промежуточных стадиях конструктивного усовершенствования газогенераторов, перейдем к описанию современных конструкций, указав лишь, что это совершенствование шло, главным образом, по линии преодоления вышеперечисленных недостатков газогенератора Сименса.

На рис. 165 представлен разрез газогенератора Пинча (Pintsch). Генератор этот прямого процесса и непрерывного действия, снабженный вращающейся колосниковой решеткой, приспособлением для мокрого шлакоудаления и паровой рубашкой для утилизации тепла излучаемой шахтой генератора через стенки.

В этой системе, типичной для современных газогенераторов, топливо поступает через загрузочную воронку (а), снабженную двойным затвором, в шахту газогенератора (б). Газ отводится в горловину (в). Шлаки проваливаются во вращающийся поддон (чашу) шахты, наполненную водой и удаляются из нее через носок (д). Дутье принудительное, пароводушное, осуществляется через стояк (е) и чепец (ж), вращающийся вместе с чашей. Таким образом, благодаря вращающемуся поддону, процесс происходит непрерывно.

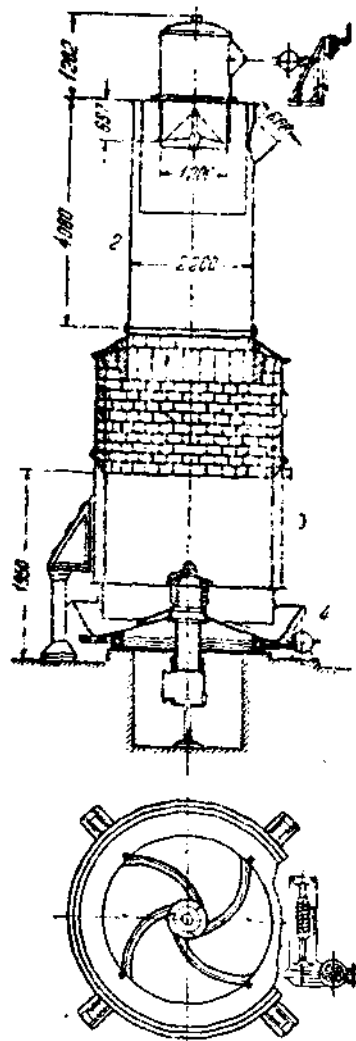


Рис. 167. Генератор системы Koller A. V. G.

На рис. 166 представлено устройство такой чаши и механизма, приводящего его в движение.

Генераторы подобного типа применяются и для газификации древесной щепы, достигая высокой производительности при достаточной надежности действия. Само собой разумеется, что эта конструкция не является исключительно возможной и единственно применяемой в настоящее время; она показана нами только как обладающая всеми основными элементами современного высокопроизводительного непрерывно-действующего газогенератора.

Вариантов конструктивного оформления аппаратов, дающих смешанный генераторный газ на прямом процессе, чрезвычайно много, но они мало отличаются друг от друга по принципу действия, различаясь только в деталях загрузочного приспособления, чепца вращающейся чаши, приспособлений для шуровки топлива и т. д.

Принципиальное отличие представляет применение швельшахт.

Основная идея заключается в стремлении сохранить дистиляционные составные части парогазовой смеси, отделив процесс газификации от сухой перегонки. Эта мысль впервые технически была оформлена Лерманом в виде наклонной реторты, сообщаю-

щейся с генератором, в которой происходит дистилляция топлива за счет тепла генераторного газа.

В дальнейшем этот вид генераторного процесса нашел свое применение в целом ряде конструктивных модификаций для переработки топлива, богатого летучими составными частями. Не имея возможности останавливаться на этом вопросе, укажем лишь на одну из этих систем, выполненную немецкой фирмой для газовой станции стекольного завода имени Даержинского, работающей на торфу. По этому типу, с некоторыми изменениями, построены уже в СССР генераторы для крупнейшей газовой станции, работающей на древесной щепе.

В этой системе сухая перегонка топлива должна происходить в швельшахте, представляющей из себя железный цилиндрический нефутерованный кожух, помещенный над основной шахтой газогенератора.

Отвод газа производится сверху так, что газ, образующийся в поясе газификации, проходит сквозь топливо, находящееся в швельшахте, отдает свое тепло и увлекает за собой продукты сухой перегонки.

Предполагалось, что сухая перегонка в этих условиях пойдет мягко (медленное повышение температуры), а продукты ее будут извлечены при очистке и осушении парогазовой смеси.

Генераторы "обратного" процесса. Обратный, или опрокинутый процесс газификации нашел свое техническое применение, главным образом, при конструировании газогенераторов, рассчитанных на производство силового газа. Под этим термином подразумевается газ, идущий для питания двигателей внутреннего сгорания стационарного и транспортного типа.

Употребление газа для двигателей предъявляет повышенные требования к степени очистки его от смолистых веществ, кислот и паров воды, при обязательной простоте устройства очистно-поглощительной системы. Последнее требование особенно существенно для генераторов транспортного типа, где габариты машины (трактора, автомобиля) и нежелательность увеличения мертвого веса ее, значительно усложняют задачу надежной очистки газа.

Обратный процесс, характеризующийся сопутствующим ему явлением разложения в раскаленной зоне паров, образующихся при швелевании (сухой перегонке) топлива, дает газ более чистый, чем прямой процесс, а следовательно, удовлетворяет вышеперечисленным условиям. Пониженная калорийность газопродуктов обратного процесса в стационарных установках легко компенсируется повышением емкости цилиндров двигателя. Для транспортных газогенераторов, при переводе двигателей легкого топлива на газ, наблюдается неизбежное падение мощности двигателя, по сравнению с работой на жидком топливе. Это понижение служит источником немалых затруднений в деле внедрения транспортных газогенераторов в нашу промышленность и широкое распространение их в значительной степени зависит от результатов изыскания рациональных мер борьбы с потерей мощности двигателя.

¹ Т. е. полученный в результате сухой перегонки в верхних слоях топлива.

Ниже (рис. 168) мы приводим схему устройства стационарного газогенератора фирмы „Дейтц“, работающего по принципу обратного процесса.

Генератор питается мелкой древесиной, загружаемой сверху через специальный люк. Воздух подается сверху, количество его регулируется дроссельным клапаном. Кроме того, постоянный (нерегулируемый) подвод воздуха происходит через боковые фурмы, расположенные на самой шахте генератора выше пояса горения. Топливный столб опирается на горизонтальную колосниковую решетку, снабженную сотрясательным приспособлением для очистки ее от шлаков.

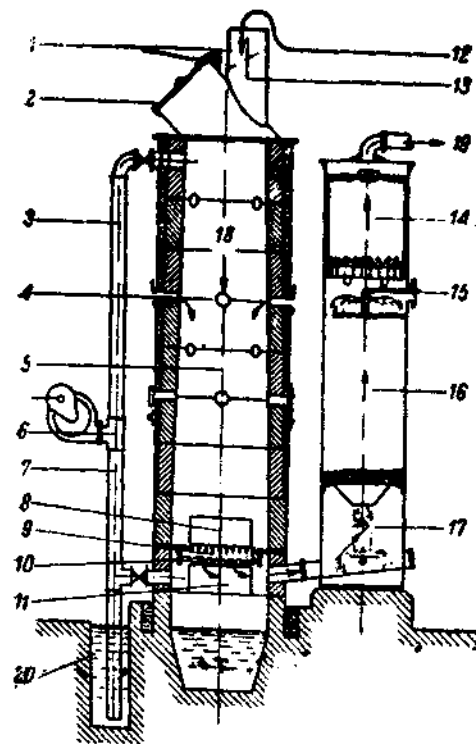


Рис. 168. Всасывающий газогенератор обратного горения, работающий на древесных отбросах

1—дымовая труба, 2—загрузочный люк, 3—воздушная труба, 4—подвод воздуха, 5—газогенератор, 6—воздуходувка, 7—воздушная труба, 8—отвеивающая решетка, 9—колосниковая решетка, 10—сотрясательное приспособление, 11—золинковая дверца, 12—воздух, 13—дроссельный клапан, 14—скруббер, 15—орошение, 16—мокрый очиститель, 17—пылеотделитель, 18—направление горения, 19—к двигателю или экстаустору, 20—водяная яма.

ливого слоя, дутье прекращается, включается мотор или экстаустер, процесс „опрокидывается“ и в таком виде уже остается на весь период работы, до следующей остановки.

Под влиянием всасывающего (разряжения) действия мотора, или экстаустера, парогазовая смесь проходит через активную зону, где происходит разложение смоляных паров. Образовавшийся таким образом сырой, нагретый газ выводится из под колосниковой решетки, проходит последовательно пылеотделитель, мокрый очиститель и сухой скруббер, после чего попадает в цилиндры двигателя.

Зола и другие очаговые остатки проваливаются в золинку, наполненную водой, откуда периодически выгружаются вручную.

Розжиг такого газогенератора производится с помощью специального вентилятора, при токе воздуха и продуктов горения снизу вверх. После образования достаточно раскаленного топ-

Расход рабочего топлива на установках подобного типа равен 1,0—1,2 кг на л. с. ч. или 1,5—1,8 кг на квт-час.

Транспортные газогенераторы, устанавливаемые на автомобилях и тракторах, в большинстве работают по тому же принципу действия, отличаясь по конструкции только в деталях, обуславливаемых специфическими условиями эксплуатации.

Характеристика работы газогенераторов. Для определения эффективности работы газогенераторных установок и для возможности сравнения их друг с другом применяются определенные показатели, среди них основными являются: производительность газогенератора, интенсивность горения, выход газа и побочных продуктов и коэффициент полезного действия.

Кроме того, для полной характеристики процесса, происходящего в газогенераторе, прибегают к составлению так называемых материального и теплового балансов.

Производительность газогенератора выражается в тоннах переработанного топлива в сутки. Наши крупнейшие газогенераторы, работающие на древесной щепе, показывают производительность около 80—100 т сутки рабочего топлива.

Интенсивность горения характеризуется отношением часового расхода весовых единиц (кг) к сечению шахты газогенератора (кв. м). Этот показатель в значительной степени зависит от качества топлива (влажность, степень измельчения) и колеблется в пределах от 75—100 кг/м² в час для самодувных генераторов, работающих на дровах и до 150—250 кг/м² в час, для работающих на щепе, считая на абсолютно сухое топливо.

Указанная интенсивность никоим образом не может считаться пределом. В отдельных случаях с успехом удавалось достигнуть 400—500 кг/м² в час. Выход газа и побочных продуктов принято выражать в процентах от абсолютно сухой древесины. Цифровые значения этих выходов нами уже приводились выше.

Понятие „коэффициент полезного действия“ соответствует отношению энергии, введенной в процесс, к энергии, полученной в результате осуществления этого процесса. В нашем случае мы вводим в газогенератор тепловую энергию, выделяющуюся при сгорании топлива, а получаем ее в виде химического тепла, содержащегося в газе и побочных продуктах и физического тепла, обуславливаемого температурой их нагрева.

Если откинуть химическое и физическое тепло побочных продуктов газификации (смолы, кислоты и другие органические вещества) то, сопоставив тепловую энергию топлива, затраченного на получение газа, с химическим теплом этого газа, можно получить коэффициент полезного действия генератора „по газу“. Этот показатель для современных газогенераторов древесного топлива равен 0,60—0,64 и дает оценку их как аппаратов для перевода твердого топлива в газообразное. Исчерпывающей характеристики процесса он не дает, для выяснения ее приходится прибегать, как было указано, к составлению теплового и материального балансов.

Ниже мы приводим цифровой пример материального и теплового баланса газогенератора, работающего на щепе. Он содержит ряд определений, понятных без особых пояснений и иллюстрирует метод составления балансов подобного типа (табл. 35 и 36).

Таблица 35

Сводка материального баланса на 100 кг топлива, влажностью 41,5%

№ п/п	Наименование статей баланса	C	H ₂	O ₂	N ₂	Вода	Всего
Приход							
1	Сухое топливо	29,0	3,57	25,60	—	0,33	58,17
2	Влага в топливе	—	4,60	36,90	—	—	41,50
3	Воздух	—	—	18,60	61,6	—	80,20
4	Влага в воздухе	—	0,179	1,44	—	—	1,619
	Итого	29,0	8,349	82,54	61,6	0,33	181,489
Расход							
1	Сухой газ	23,08	1,827	33,50	60,6	—	119,00
2	Смола	5,61	0,527	1,360	—	—	7,497
3	Укс. кислота	0,31	0,051	0,410	—	—	0,771
4	Вода в газе	—	—	—	—	—	—
5	Очаговые остатки	—	—	—	—	0,33	0,330
6	Невязка	—	+0,041	-0,013	+1,00	—	+1,011
	Итого	49,00	8,349	82,54	61,6	0,33	181,819

Улавливание побочных продуктов газификации древесины. Отбросная „кислая вода“ газогенераторных станций и при газификации древесины уже давно обращали на себя внимание технической мысли.

Простая аналогия с сухой перегонкой дерева, подтвержденная результатами анализа, показавшими присутствие в „кислой воде“ уксусной кислоты и других продуктов сухой перегонки древесины, наметили пути разрешения этой проблемы. После предварительных изысканий оказалось, что возможность использования продуктов, аналогичных получаемым при сухой перегонке дерева, бесспорна, методы же установившиеся в этой последней отрасли промышленности, либо не приложимы, либо требуют значительных изменений. Отличие процесса газификации от процесса сухой перегонки дерева существенным образом отражается на составе парогазовой смеси. В случае газификации, жидкие продукты дистилляции древесины, находясь в паробразном состоянии при выходе из горловины газогенератора, значительно разбавлены сопутствующим им газом.

Таблица 36

Сводка теплового баланса на 100 кг топлива влажностью 41,5%

№ п/п	Наименование статей баланса	Количество ккалорий	%
Приход			
1	Сухое топливо	276,000	99,50
2	Теплосодержание воздуха	1,620	0,50
	Итого	277,620	100,00
Расход			
1	Теплотворная способность газа	174,000	62,7
2	Теплосодержание газа	2,580	0,93
3	Теплосодержание влаги	33,600	12,2
4	Теплотворная способность смолы	57,700	20,8
5	Теплосодержание смолы	293	0,10
6	Теплотворная способность уксусной кислоты	2,690	1,97
7	Теплосодержание уксусной кислоты	90	0,03
8	Потери в шлаке, в окружающую среду и неучтенные потери	6767	2,27
	Итого	277,620	100%

Первые попытки производственного осуществления идеи использования побочных продуктов газификации относятся к началу текущего столетия. Если не считать примитивных устройств („копешей“) для улавливания древесной газогенераторной смолы, примененных на Урале и не получивших широкого распространения, то следует указать на Оршанский и Пензенский заводы. На газовых станциях этих заводов, работающих на березовой древесине, были установлены аппараты для улавливания жижки из смолы. Древесный уксус конденсировался в обыкновенном поверхностном холодильнике, а смола осаждалась в специальных камерах, снабженных насадкой из древесных веток.

Практика показала, что производственный выход уксусной кислоты, по сравнению с выходом этих продуктов на заводах сухой перегонки, при таком способе улавливания достигает лишь 25—45%.

Попытка значительно большего масштаба была предпринята в 1927 г. трестом Техстройстеклофарфор при постройке крупной газогенераторной станции при одном из стекольных заводов. При этой станции по проекту инж. А. А. Деревягина была построена специальная очистно-поглотительная система, которая, очищая и охлаждая газ, должна была давать и лесохимические продукты — смолу и древесный порошок.

Запроектированный технологический процесс по целому ряду причин осуществлен не был и станция до самого последнего времени работала лишь как источник газа для стекольного завода и не давала ни порошка, ни смолы.

В 1934 г. закончена постройка и сдана в эксплуатацию крупная станция, работающая на древесной щепе, имеющая установку для улавливания побочных продуктов. На этой станции, где удалось избежать многих предыдущих ошибок, уже в значительных количествах получены раствор уксусно-кальциевой соли и генераторная смола.

Мы рассмотрим подробнее схему технологического процесса улавливания, принятую на этой последней газовой станции, так как она практически себя оправдала и уже послужила образцом для проектирования новых установок подобного типа.

Основа этой схемы — последовательное и раздельное улавливание жидких компонентов парогазовой смеси. Процесс подразделяется на обессмоливание газа, извлечение из него кислой части и осушку его.

Обессмоливание газа. Эта операция выполняется с помощью электрофильтров¹. Электрический пылеулавливатель (каплеулавливатель) представляет из себя конденсатор с коронирующим отрицательным электродом.²

Если через такой электрический конденсатор пропускать пыльный газ или туман, то в зоне короны с пылинками могут столкнуться как положительные, так и отрицательные ионы, а также и электроны.

При этих столкновениях, носитель электричества пристает к пылинке, чем сообщает последней свойства заряженного тела. Вследствие возможности столкновения в зоне короны с носителями электричества обоих знаков, пылинки в этой зоне могут зарядиться как положительно, так и отрицательно. Испытывая последовательные столкновения, то с отрицательными, то с положительными но-

¹ Широко распространенные в коксобензольном производстве и при газификации топлива ископаемого происхождения, смолоотделители другого типа: Тейсен, аппараты Пелуза и другие, в этом случае применения не нашли. Перечисленные аппараты отличаются значительным сопротивлением, большим расходом энергии на единицу объема очищаемого газа, или же вводят в процесс значительные количества воды, что по совершенно понятным причинам также нежелательно.

Электрические смолоотделители в значительной степени свободны от этих недостатков. Их преимущество заключается в:

- 1) возможности достижения при соответствующих условиях высокой степени очистки газа (99% и выше);
- 2) ничтожном сопротивлении (порядка 5—15 мм водяного столба);
- 3) малом расходе энергии (на 1000 куб. м газа от 0,4 до 1,0 кат-часа, против 3,5—0,4 кат-часа для Тейсенов).

² Короной называется местная ионизация, образующаяся при большом напряжении скорости носителей электричества (ионов и электронов).

Она образуется легче всего при небольшой, относительно, поверхности электрода (тонкая проволока), сопровождается явлением светового характера и характерным стрекочущим шумом.

сителями электричества, заряд пылинки может меняться как по абсолютной величине, так и по знаку.

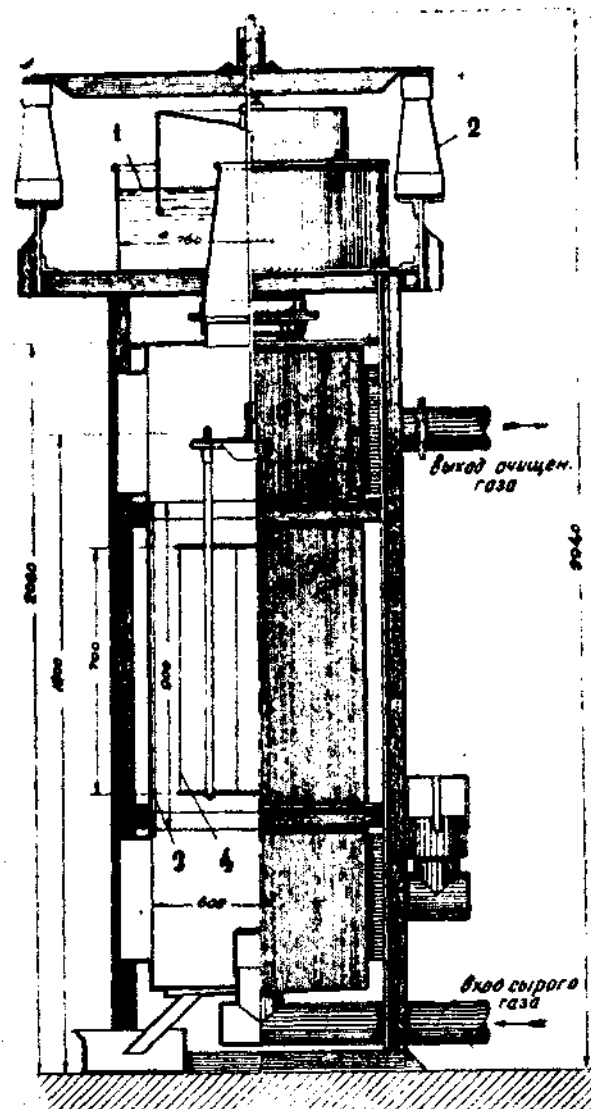


Рис. 169. Пластинчатый электрофильтр для древесного генераторного газа. 1 — масляный затвор, 2 — опорный изолятор, 3 — осадительный электрод, 4 — два коронирующих электрода.

Пылинки, заряженные в данный момент положительно, двигаются к поверхности отрицательного коронирующего электрода.

Достигнув его, пылинки пристаивают к нему, заряд же ее нейтрализуется отрицательным зарядом, подошедшим от источника напряжения.

Пылинки, заряженные отрицательно, двигаются к внешней поверхности зоны короны, далее через внешнюю зону и достигают, наконец, положительного электрода, к которому и пристаивают. Заряд пылинок, пристаивших к положительному электроду, связывается с зарядом, подошедшим к этому электроду от источника напряжения.

Во внешней зоне находятся лишь отрицательные носители электричества, поэтому пылинки протекающего в этой зоне газа могут в результате столкновения с носителями электричества зарядиться лишь отрицательно, поэтому они будут двигаться к положительному электроду. Достигнув его, пылинки пристаивают к его поверхности, заряд же будет нейтрализован положительным зарядом, подошедшим от источника напряжения.

Следует заметить, что пристаивать к тому или иному электроду могут лишь твердые, или же жидкие тела, но не газы. Поэтому необходимым условием для улавливания электроуловителем какого-либо вещества, является нахождение его при температуре уловителя в твердом, или жидком состоянии.

Генераторный газ проходит через электроуловитель неизменным.

Частицы жидкости, пристаившие к электроду под влиянием собственной силы тяжести, стекут вниз, что в противоположность условиям осаждения пыли позволяет обходиться без искусственной очистки электродов.

Практически устройство камер осаждения электрофильтров осуществляется по двум типам: трубчатому и камерному.

Трубчатый тип выполняется в виде вертикальной металлической трубы, являющейся одновременно и осадительным электродом и газопроводом.

В качестве коронирующего электрода здесь употребляется проволока, натянутая по оси трубы. Осадительный электрод (труба) заземляется, а коронирующий электрод (проволока) присоединяется к сети высокого напряжения.

Установки промышленного типа обычно представляют из себя батареи таких труб с проволоками по осям.

Камерные уловители выполняются в виде ряда параллельных друг другу вертикально расположенных плоскостей, служащих осадительными электродами. Между ними расположены ряды коронирующих электродов — проволок, равномерно удаленных от двух смежных осадительных электродов. Напряжение, под которым находится камера, обычно применяется порядка 35—75 KV.

Сила тока одного уловителя, или секции, 20—50 mA.

На газовой станции одного из наших заводов установлены трубчатые электрофильтры, рассчитанные (каждая камера) на расход 15 000 м³ влажного горячего газа (~8 000 м³ сухого нормального) с объемом электрического поля 12 м³, активной длиной провода 3,8 м для времени пребывания газа 2,9 сек. и напряжения 75 KV.

Каждая камера обслуживается повышающим трансформатором типа ЭТКП, мощностью 11 квт с напряжением 220/85000 в и высоковольтным выпрямителем, имеющим 1500 об. в. и напряжение 220/380 в.

Эти агрегаты показали достаточно надежное и устойчивое действие, дан при проектной производительности (15000 м³ час) при среднем исходном содержании смолы в газе 52 г м³, коэффициент очистки 0,97—0,98.

Одновременно с такими благоприятными показателями, в процессе эксплуатации выявились и некоторые недостатки принятой системы электроочистки. Среди них наиболее существенными оказались: значительная коррозия камер электрофильтров и быстрое загрязнение масла затвора. Последнее обстоятельство привело к довольно частым вынужденным остановкам камер и даже авариям их.

Ленинградским лесохимическим институтом предложено разрешение этой задачи путем применения безмасляного затвора, при коронирующей защите проходного изолятора.¹

На генераторных станциях успешно внедряется изобретение научного сотрудника ЛЕННИАХИ Лямина В. А., заключающееся в том, что вместо металлических осадительных электродов в электрофильтрах применяются изготовленные из дерева.

Улавливание кислоты из древесного генераторного газа. На газовой станции одного из наших крупных заводов установка для извлечения уксусной кислоты из обессмоленного электрофильтрами газа запроектирована по схеме, предложенной инж. Деревягинным.

В основу этой схемы положены следующие соображения:

1. Улавливание уксусной кислоты должно происходить за счет осаждения ее в результате теплового процесса, происходящего в скруббере.

2. Для достижения повышенной концентрации получаемого раствора, орошение в скруббере производится не водой, а раствором уксусно-кальциевой соли, т. е. кислота не химически связывается, а поглощается охлаждающим раствором.

3. Для охлаждения такого раствора уксусно-кальциевой соли и удаления из него части влаги, должна служить градирня.

4. Окончательное охлаждение и сушка газа выделяется в отдельную (от поглотительной) систему.

Ход процесса автор характеризует следующим образом:

Влажный газ, прошедший через смолоотделители, вступает в поглотительный скруббер 1 (рис. 170), где проходит нисходящим потоком совместно с орошающим его дождем раствора уксуснокислого кальция.

В промывном скруббере 2 газ идет вверх навстречу дождю охлаждающей промывной воды. Назначение первого скруббера частично охлаждать газ и поглощать из него кислоту; второй же скруббер служит для окончательного охлаждения и промывки газа.

Для охлаждения теплого раствора уксусно-кальциевой соли в первом цикле и промывной воды во втором цикле — служит градирня 3 и 4. Отходящий из скруббера 2 газ имеет температуру

¹ Инж. А. А. Ливеровский и инж. Н. И. Сыромиятников. Применение безмасляной изоляции при электроочистке древесного газа. Журнал «Электричество» № 23, декабрь 1935 г.

около 25—30°. Для хранения теплых растворов уксуснокальциевой соли и промывной воды служат сборники 6, 7, 8 и 9.

Для отделения всплывающих на поверхность или оседающих на дно смоляных масел, не поглощенных растворами, намечен сборник 10, куда собираются масла по принципу флорентины из вышеуказанных сборников. Подача жидкостей в скрубберы и градирни производится двумя парами насосов 11, 12, 13 и 14. Для приготовления известкового молока служит мешалка 15, откуда известковая суспензия подается в смеситель 16, где смешивается с теплым раствором уксуснокальциевой соли после выхода послед-

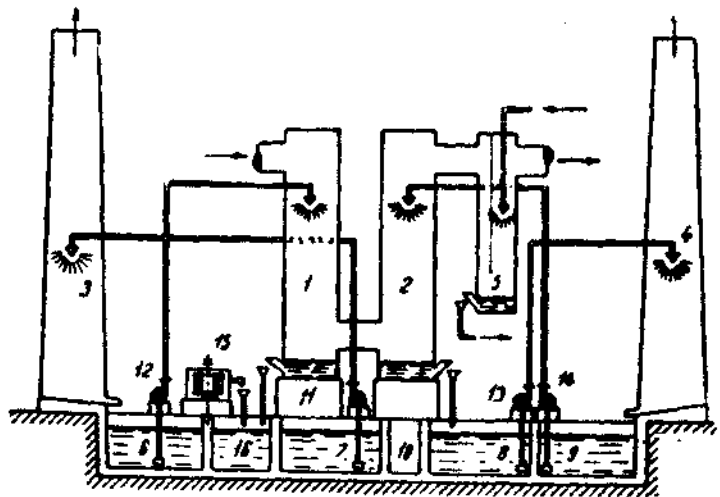


Рис. 170. Схема улавливания уксусной кислоты из генераторного газа (по Дерягину).

него из поглотительного скруббера. Из смесителя нейтрализованный раствор поступает в соответствующий сборник для теплого раствора уксуснокислого кальция.

Наконец, существенной частью установки является непоказанный на схеме фильтр-пресс, снабженный насосом для удаления из раствора известковых солей, и других оседающих твердых осадков.

Практика показала, что основные соображения, положенные автором в основу проекта очистно-поглотительной системы, верны.

Однако, наряду с этим выявилось очень много неучтенных проектантом, но весьма существенных обстоятельств. Оказалось, что явления теплового порядка, происходящие в поглотительном скруббере, являются только частью весьма сложного процесса поглощения и нейтрализации, протекающего в нем.

Работа бригады научных сотрудников ЛЕННИАХИ и теоретические изыскания сотрудника того же Института Н. В. Чалова, в области определения оптимальных условий поглощения уксусной

кислоты растворами уксуснокальциевой соли, значительно дополнили имеющиеся сведения по этому вопросу и легли в основу принятого в настоящее время для газовых станций режима очистно-поглотительной системы.

Ниже мы приводим описание и схему технологического процесса на газогенераторной станции, работающей на древесном топливе (рис. 174).

Дрова, смесь 75% хвойных и 25% лиственных с влажностью 35—40%, поступающие на биржу с подъездных путей широкой и узкой колеи по наклонному транспортеру лесотаске — подаются в дробильное (чиперное) отделение станции. Здесь они измельчаются и в виде щепы подаются с помощью системы транспортеров в бункера, расположенные над газогенераторами. Через загрузочную коробку щепы периодически загружается в газогенератор. Генераторы типа А. V. G проектной производительности ~60 т/сутки имеют механическое (вращающиеся чаши) шлакоудаление. Дутье в них паровоздушное. Шлаки (зола недогар, частички футеровки) выгребаются «ножом» чаши через носок, непосредственно в вагонетки, на которых и вывозятся за пределы станции.

Парогазовая смесь с температурой ~80° по выходе из генератора поступает в кольцевой газопровод, после которого проходят через ороситель (предварительное

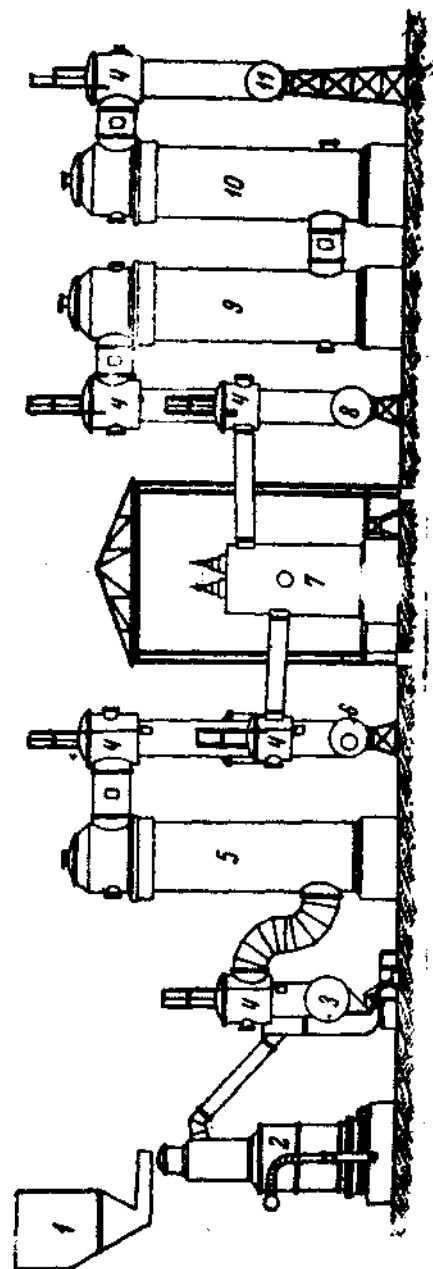


Рис. 171. Схема технологического процесса газогенераторной станции.

охлаждение) в камеры электрофильтров, где отдает основную массу содержащейся в ней смолы.

Обессмоленный газ подается в скруббер поглощения (солевой), где раствором ацетата кальция из него извлекается кислая часть. Затем газ подвергается осушке и охлаждению, проходя последовательно промывной скруббер и сухой скруббер (наполненный кольцами Рашига), после чего под давлением 1000—1200 мм водяного столба подается потребителю.

Смола, осаждаемая в электрофильтрах, самотеком поступает в приемные ямы, а из них перекачивается в отстойники.

После 1,5—2-х суток отстаивания, отделившаяся от смолы вода спускается в сточный лоток и смола (влажность ~ 35%) перекачивается в хранилище, откуда по мере надобности сливается прямо в железнодорожные цистерны.

Цикл поглощения. В поглощительных скрубберах парогазовая смесь орошается 10% раствором уксусно-кислого кальция, который конденсирует и абсорбирует пары уксусной кислоты и некоторую часть воды. Горячий раствор из поглощительных скрубберов по лотку спускается в приемную яму, откуда перекачивается в нейтрализаторы, где содержащаяся в нем свободная уксусная кислота нейтрализуется известковым молоком, предварительно приготовленным в особых аппаратах (Мика и Русселя).

Из нейтрализатора раствор стекает в яму, откуда насосом подается на градирню. В градирне жидкость охлаждается и отдает часть содержащейся в нем воды (уксусная кислота связана в виде соли). Охлажденный раствор уксусно-кальциевой соли стекает в соответствующую яму — приемник, после чего насосом вновь подается на поглощительные скрубберы. На этом цикл поглощения заканчивается. Излишки раствора уксусно-кальциевой соли отбираются из цикла и перекачиваются на выпарную станцию, где производится выпарка и сушка порошка до степени готового товарного продукта. Цикл промывных вод (вторые скрубберы) совершенно сходен с вышеописанным, с той лишь разницей, что нейтрализация в нем не производится. Товарными продуктами химического цикла газовой станции (включая выпарную станцию) являются: смола и «древесный порошок» (техническая уксусно-кальциевая соль).

Состав газогенераторной смолы весьма мало изучен. Она представляет из себя темную резко пахнущую, сравнительно легко текущую жидкость удельного веса 1,08—1,10, напоминающую обычную смолу — продукт сухой перегонки березовой древесины. От

1 В настоящее время вода в орошителе не подается, так как проходящая через них парогазовая смесь и без того имеет температуру выше, чем желательная для процесса осаждения смолы. Следствием этого является получение смолы из камер электрофильтра с влажностью до 50%, что влечет за собой большие потери смолы (растворимой) и кислоты.

2 Имеющиеся еще в цикле смолоотделителя, являющиеся в растворе всплывающих и осаждающихся смол, используются на одной из станций для отстаивания жидкой перед перекачкой ее на выпарку. Эта мера является необходимой, так как запроектированный для цикла фильтр-пресс установлен на этой станции не был.

последней она существенно отличается повышенной растворимостью в воде и меньшим содержанием легкокипящей части. Технического применения в настоящее время смола еще почти не получила и ведутся лишь исследовательские работы по использованию некоторых ее фракций.

Для характеристики порошка, приведу сравнительную таблицу его состава (в пересчете на абсолютно сухое вещество) и состава порошка Ривницкого (сухоперегонного) завода по анализам ЛЕННИЛХИ:

Таблица 37

	Из жидки получен. по проектному режиму, %	Из жидки получен. по другой схеме, %	Порошок Ривницкого завода %,
1. Содержание солей орган. кислот в пересчете на абсолютно сухой $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2$	61,49	75,3	86,90
2. Содержание смол в порошке (абс. сухой)	19,76	11,52	4,05
3. Содержание шлама (CaCO_3)	6,0	2,5	1,25
4. Содержание гомологов: а) $\text{Ca}(\text{HCOO})_2$	16,53	15,59	15,87
б) $\text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	57,22	55,85	63,73
в) $\text{Ca} \cdot \text{CH}_2\text{CH}_2\text{COO}$	24,24	28,56	20,4

Как видно из таблицы, порошок по своему качеству является средним между кустарным (черный 62%) и порошком, получаемым на госзаводах (серый 82%). Кроме того, газогенераторный порошок обладает повышенными смолистостью и степенью загрязнения механическими примесями (шлам).

Найденный в составе продуктов газификации древесины метиловый спирт, на существующих станциях не используется, так как до настоящего времени нет еще производственно-проверенного метода извлечения его из парогазовой смеси.

Работы в этом направлении ведутся в ЛЕННИЛХИ и уже получены вполне обнадеживающие результаты на полув заводской установке и разрешение этой задачи является делом ближайшего будущего.

Литература

1. Д. Б. Гинзбург. Газогенераторные установки. Гизлегпром. 1937 г.
2. Г. Р. Тренклер. Газогенераторы. Энергониздат. 1933 г.
3. В. Е. Грум-Гржимайло. Пламенные печи. Госмашлитиздат. 1932 г.
4. Н. А. Костылев. Тепловые расчеты. Газогенераторы, изд. 5-е. Ленинград, Москва, Свердловск. 1933 г.
5. А. А. Деревягин. Расчеты в лесохимии, ч. I и II. Москва—Ленинград. КОИЗ. 1935 г.

7. Уокер Льюис, Мак Адамс. Типовая химическая аппаратура. Госхимтехиздат, Леноблгиз. 1933—1934 г.
8. И. Т. Благов. Градири. Москва—Ленинград. Энергониздат. 1933 г.
9. М. Вейнер. Электрическая очистка газов. НХТИ. 1930 г.
10. Журнальные статьи.

СМОЛОКУРЕНИЕ

Смолокурением или смоло-скипидарным производством называется сухая перегонка хвойной древесины с большим содержанием смолы (до 30—40%), называемой «смолом» или «осмол». Главными продуктами смолокурения являются смола и скипидар, а побочными — обычные продукты сухой перегонки древесины, т. е. уголь, уксусная кислота, метиловый спирт и пр.

Применяемый в смолокурении хвойный материал — осмол представляет собой древесину старых сосновых пней и корней, пролежавших в земле 10—15 лет. За это время наружная часть пней отгнивает, тогда как богатая смолой внутренняя часть остается долгое время незатронутой. Таким образом происходит обогащение пней смолой. Содержание смолы в осмоле колеблется от 17 до 45%. Высокосмолистым материалом является также ядровая часть старых сосен, комлевая часть мертвых стволов сосны и наконец, искусственно подсосенная сосна, так называемое смоле-подсочка. Пни остальных хвойных пород, а также лиственных для смолокурения не годятся, так как скипидара они совсем не дают, а смолы из них получается мало.

Перед поступлением в производство пни и корни должны быть хорошо очищены от коры и земли, а также должны быть надлежащим образом расколоты. Корчевание пней обычно производится вручную, реже при помощи корчевальных машин. Весьма распространенным является взрывной метод корчевания, при котором применяются различные взрывчатые вещества.

Смолокурение является наиболее древним и наименее совершенным производством. В настоящее время оно носит преимущественно кустарный характер. По имеющимся данным смолокурение можно считать первым видом химической переработки древесины, так как в торговой книге за 1575 год (наданной Археологическим обществом в 1857 году), можно найти упоминание о торговле смолой и о приспособлениях для ее получения. Скипидар является более поздним продуктом смолокурения. В настоящее время смолокурение как кустарный промысел, все же имеет достаточное распространение в нашем Союзе, а также в Америке. Важно отметить, что применяемое для смолокурения сырье-осмол в последние десятилетия с успехом употребляется также для получения канфоли и скипидара экстракционным методом, или же для получения канфолинового мыла методом щелочной обработки. Последние методы несомненно являются более рациональными, чем использование осмола для смолокурения. Однако, на площадях с небольшим за-

пасом осмола, сооружение весьма несложных смолокурных установок является вполне приемлемым.

Продукты смолокурения — смола, скипидар и пайн-ойль (о последнем см. далее) являются довольно ценными и находят себе применение в канатной, рыбной, электро-технической, лакокрасочной и строительной промышленности: смоляные продукты (пайн-ойль) применяются для флотации руд. В качестве побочных продуктов смолокурения получают уголь и жижка. Последняя содержит уксусную кислоту и метиловый спирт, которые при рациональной постановке производства могут использоваться.

Для переработки пневого осмола на смолу и скипидар существует целый ряд аппаратов, отличающихся между собой по своему устройству и размерам. Самый старый и примитивный способ смолокурения, который в настоящее время уже не применяется, это ямный способ, на нем мы останавливаться не будем.

Наиболее распространенными аппаратами для смолокурения являются вологодские печи-кожуховки, печи-скипидарки, а также вятские и польские железные котлы. Согласно имеющимся данным, к 1930 г. в СССР имелось 4800 смолокурных установок разного типа, в том числе — 2737 вологодских печей, 898 вятских котлов, 461 польский котел, 218 печей скипидарок и 488 разных установок. Главной особенностью смолокурных аппаратов является устройство выходного отверстия, для отгоняющихся продуктов, в нижней части аппаратов, или устройство двух отверстий: одного внизу и другого сверху аппарата. При устройстве нижнего отверстия, образующиеся пары тяжелой смолы легко конденсируются и выходят из аппарата в жидком состоянии. При сильно смолистом материале из нижнего отверстия также выплавляется не вполне разложившаяся смола. Устройство нижнего отверстия, кроме этого, позволяет получать смолу более высокого качества. Смолокурение в печах и железных аппаратах имеет резкое различие между собой. Процесс сухой перегонки в печах происходит весьма плавно и спокойно, благодаря плохой теплопроводности кирпича. Однако, кирпичные стенки, не обладая большой плотностью, пропускают частично пары скипидара и смолы, которые вследствие этого теряются. Выход отгоняющихся продуктов при печном смолокурении таким образом получается меньше, чем при котельном. Так, например, при печном смолокурении из одного куб. метра среднесмолистого осмола получается 34—37 кг смолы и 6—10 кг скипидара, а при котельном способе выход смолы составляет 38—40 кг и скипидара 14—16 кг. Однако, скипидар и смола, получаемые в печах, имеют более высокое качество.

При смолокурении образование и выделение летучих продуктов происходит в следующем порядке: 1) выделение скипидаров и водяных паров, 2) выделение продуктов сухой перегонки смолы (легкая смола), 3) выделение продуктов сухой перегонки дерева. Такой порядок процесса смолокурения и является его отличительной чертой.

Переходя к рассмотрению смолокурных аппаратов, остановимся прежде всего на Вологодской печи-кожуховке. Устройство этой печи (рис. 172) таково: прямоугольная кирпичная камера покрыта сводом и имеет в своей передней части лаз для загрузки „смоля“. Кирпичная камера с трех сторон окружена кирпичным же кожухом. В промежутках между кожухом и камерой устроены топки. С боков кожуха, в уровень с основанием делается несколько отверстий для подачи воздуха, вверху же кожуха устраиваются вытяжные отверстия. Размеры печи, например, такие: длина 2,3 м, ширина 1 м и высота около 2 м. Емкость такой печи около 3,5 м³. Основание печи устраивается с наклоном к центру и по середине его делается отверстие для отвода жидкой смолы и летучих продуктов в особую выдолбленную колоду. Колода изготавливается из

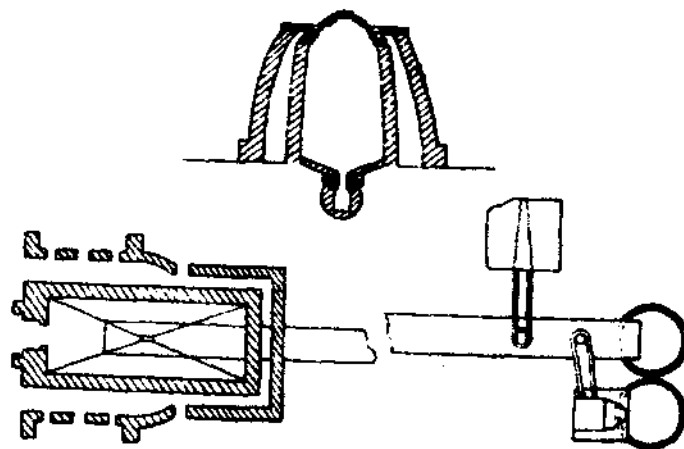


Рис. 172. Вологодская печь (план и разрез).

соснового бревна, кладется под печью в наклонном положении и служит для отвода летучих продуктов в холодильник, а также для отвода жидкой смолы в сборник. Колода сверху закрывается продольной сосновой доской с тремя отверстиями, одно из которых служит для поступления продуктов перегонки из печи в колоду, а два других для отвода паров скипидара и легкой смолы в отдельности, в особые холодильные приспособления. На конце колоды (в торце) делается также отверстие, для выпуска тяжелой смолы в приемник; отверстие это закрывается штырем. Работа на вологодской печи производится следующим образом: загруженная смолом печь сильно нагревается сжиганием в топках валежника, дров и т. п. до момента появления скипидара. После этого огонь в топках уменьшается и отгонку скипидара ведут при умеренном нагревании. Пары скипидара поступают в колоду и проходят в скипидарный холодильник, так как другие выходные отверстия колоды в это время закрыты. Скипидарный холодильник пред-

ставляет собою деревянный ящик, наполненный водой с находящейся в нем наклонной медной трубой. Когда отгонку скипидара считают законченной, закрывают в колоде отверстие, ведущее в скипидарный холодильник, усиливают в топке огонь и открывают другое отверстие, ведущее в охлаждающее приспособление, сделанное из досок и называемое паровой трубой. Паровая труба наполняется хворостом и соломой. Смоляные и водяные пары, поступая из колоды в паровую трубу и проходя между хворостом и соломой, конденсируются и стекают в приемник. Несгустившиеся пары воды выходят наружу. Вместе с этим, в колоде собирается выходящая из печи тяжелая смола, которую направляют, открывая штырь, в особый сборник. Таким образом, при печном смолокурении образуется два вида смолы: 1) легкая паровая смола и 2) тяжелая смола.

При объеме печи в 3,5 м³, весь процесс продолжается в среднем 48 часов, из них 15—16 час. идут на отгонку скипидара, 10 часов на отгонку паровой смолы. Остальное время распределяется так: загрузка печи два часа, нагревание до хода скипидара 7—8 часов, охлаждение печи 12 часов и разгрузка 1 час. Выход продуктов из такой печи, в среднем, следующий: тяжелой смолы 115—131 кг, уваренной паровой смолы 25—33 кг, скипидара 35 кг и угля 213—229 кг. Вместе со смолой отгоняется также подсмольная вода, которая легко отделяется от тяжелой смолы отстаиванием. Отделение подсмольной воды от паровой смолы является несколько более трудным и требует применения выпаривания. Использование подсмольной воды при смолокурении в вологодских печах не производится. Кроме вологодских печей находят себе применение печи-скипидарки, например ветлужская печь. В этих печах производят только отгонку скипидара, после чего „смолье“ переносится в железные котлы и там подвергается процессу сухой перегонки. Такой способ работы позволяет получать скипидар более высокого качества, не загрязненный смолой. Печи-скипидарки делаются различной емкости: от 5 до 20 м³, чаще всего 10 м³. Обогрев печей производится при помощи круглого дымохода, идущего из топки. Отвод паров скипидара производится через верхнее отверстие. В Слесаревской печи-скипидарке внутри печи имеется железный кожух, который препятствует улетучиванию скипидара через неплотности кирпичных стенок и таким образом обеспечивает больший выход скипидара. Для переработки смолы-подсочки, содержащей большое количество застывшей жи- смолы-подсочки, содержащей большое количество застывшей жи- смолы-подсочки, содержащей большое количество застывшей жи- смолы-подсочки, содержащей большое количество застывшей жи-

Из железных смолокурных аппаратов остановимся на вятском и польском котлах. Вятский котел (рис. 173) представляет собой железный бездонный цилиндр (а), который устанавливается на поду печи и сверху закрывается крышкой.

Под имеет уклон к центру, где находится отверстие (b), ведущее в деревянную колоду, служащую для выхода продуктов разложения из котла. Колода представляет собою толстое осиновое бревно, выдолбленное внутри. В конце колоды ставится деревянный колпак, соединенный посредством деревянного патрубка с водяным холодильником простейшего устройства; иногда на конце

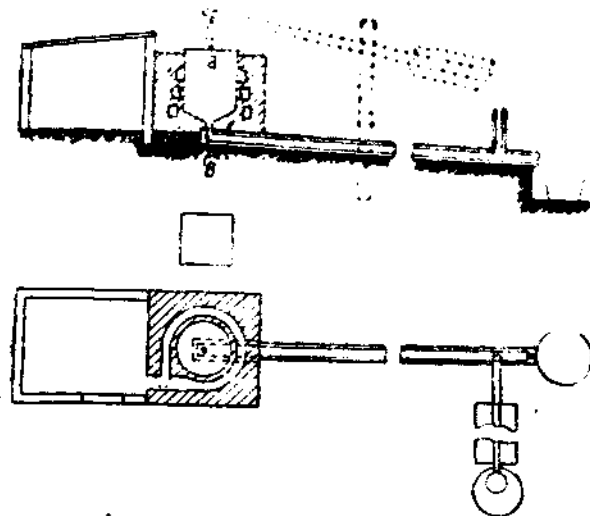


Рис. 173. Вятский котел (разрез и план).

котле). Весь процесс перегонки, при объеме котла 1,4—1,6 м³, продолжается 15—17 часов.

Это время между отдельными операциями распределяется так:

загрузка и разгрузка котла	1 час.
прогревание	3
ход скипидара	8—9
ход смолы	15—17

Выхода продуктов из 1 м³ осмолы таковы: скипидар 14 кг, смолы — 40 кг и угля 55 кг. Подсмольная вода на вятском котле не используется. Вследствие плохого устройства топки, отсутствия колосниковой решетки и поддувала расход дров достигает 100% от количества переработанного материала. В некоторых вятских котлах устраивается кроме нижнего верхний отвод специально для отгонки скипидара. Кроме этого, между холодильником и котлом ставят деревянный сухопарник с целью очистки скипидара от смолы, которая конденсируется в сухопарнике.

Более совершенным аппаратом является польский котел (рис. 174). Он состоит из железного цилиндра емкостью около 20 м³ (диаметр 2,5 м, высота 3,9 м). Для котел не имеет, своим нижним концом он устанавливается на кирпичном полу, имеющем уклон к центру, где находится отверстие для выхода смолы. Под это

колоды ставят еще второй колпак для паровой смолы. Работа на вятском котле происходит следующим образом: смола загружается не прямо в котел, а в особую железную решетку, которая и помещается внутри котла. По окончании гонки, решетка, наполненная углем, вынимается из котла при помощи обыкновенного журавля. При каждом котле имеются обычно две решетки (одна в тушьной яме и затем в новой загрузке, другая в

отверстие укладывается колода, подобно тому, как это делается у вятского котла. Колода кончается сухопарником, в котором оседает тяжелая смола, легкая же паровая смола из сухопарника переходит по деревянной трубе в деревянный чан или бочку, где и конденсируется. Загрузка осмолы производится через верхний лаз, закрываемый крышкой; кроме этого внизу котла имеется другой лаз, также для загрузки осмолы и выгрузки угля. Для отвода скипидарных паров, на половине высоты от основания котла к нему приделывается медная труба (рис. 174), которая во избежание перегорания обкладывается кирпичом. Медная труба соединяется с деревянным сухопарником, в котором осажается увлекаемая скипидарными и водяными парами легкая смола; сухопарник при помощи трубы соединен с холодильником. Польские котлы имеют топку с колосниками и поддувалами, благодаря чему расход топлива на 1 м³ осмолы в два раза меньше (т. е. 50% от веса переугливаемых дров), чем в вятских котлах. Топка приставляется сбоку котла. Полный оборот польского котла, емкость которого около 20 м³, составляет около пяти суток (гонка скипидара продолжается 2,5—3 суток). Средний выход продуктов на 1 м³ осмолы составляет: смолы около 40 кг, скипидара 16 кг и угля 55 кг.

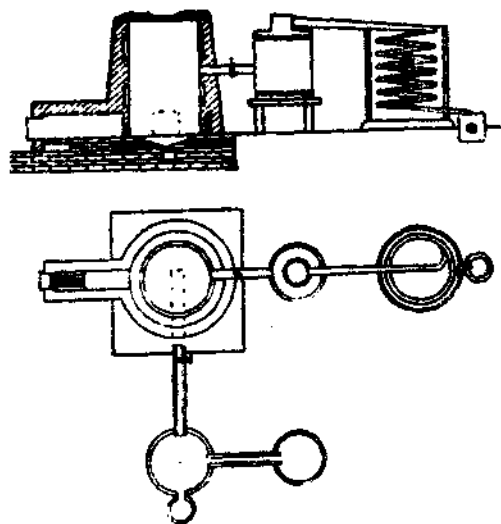


Рис. 174. Польский котел (разрез и план).

Качество скипидара здесь значительно лучше, чем у скипидара, получаемого из вятских котлов. Подсмольная кислая вода, получаемая в польских котлах, до сих пор почти не используется. В последнее время показана возможность использования кислых вод для получения черного уксусно-кальциевого порошка, причем из 1 м³ осмолы получается 5,2 кг порошка с содержанием 55—60% чистой соли.

Некоторые смолоскипидарные заводы, работающие на польских котлах, уже начинают перерабатывать кислые воды на черный порошок.

Получаемый при смолокурении скипидар имеет общее название сырого сухоперегонного скипидара. Сырой скипидар почти не имеет примесей и для получения из него товарного продукта он должен быть очищен от примесей, т. е. смоляных масел, фенолов и пр., которые сообщают ему тяжелый, резкий запах и придают

темный цвет. Сырой скипидар содержит в себе, кроме этого, некоторое количество метилового спирта, ацетона алилилового спирта и пр. Количество примесей, а следовательно, и качество скипидара, зависит от способа его получения. Различают следующие сорта сухоперегонных скипидаров: паровые, печные, котельные и ретортные.

Паровые скипидары более свободны от примесей и получают при отгонке паром из смолья-подсочки. Худшими сортами скипидара являются котельные и ретортные скипидары, содержащие много примесей. Очистка сырого скипидара обычно заключается в его перегонке с паром и в обработке скипидара щелочами, как-то известью или едким натром, которые нейтрализуют кислоты, связывают фенолы, осмоляют альдегиды и пр. В зависимости от сорта скипидара, способы его очистки могут быть несколько различны. На рис. 175 показан шведский скипидаро-очистительный

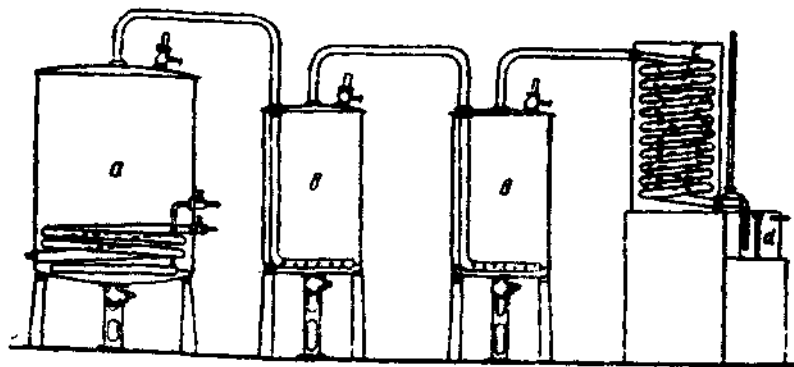


Рис. 175. Шведский скипидаро-очистительный аппарат.

аппарат. Подлежащий очистке скипидар загружают в куб *а*, который обогревается паровым дырчатым змеевиком. Пары воды и скипидара из куба *а* поступают по трубе в приемники *б*, сначала в один, потом в другой. В этих приемниках находится 10% раствор едкого натра, через слой которого и проходят пары скипидара. При этом они очищаются и дальше конденсируются в холодильнике *с*. Для разделения воды и скипидара имеется водоотделитель *д*, где и происходит разделение отстаиванием и сливанием. Русские кустари употребляют для очистки скипидара аппараты более простого устройства и производят очистку скипидара так: к сырому скипидару прибавляют известь и перегоняют скипидар с паром. Пары скипидара и воды пропускают через пустые кадки или медные чаны, в которых конденсируются тяжелые масла. Потери при очистке печных скипидаров составляют 10—12%, а котельных 50—60% от веса сырого скипидара. Очищенный скипидар более или менее бесцветен, или имеет слабо-желтую окраску. Кроме того, очищенный скипидар имеет легкий запах и нормальный удельный вес (0,86—0,863). В химическом отношении очи-

щенный сухоперегонный скипидар представляет собой смесь углеводородов-терпенов с общей эмпирической формулой $C_{10}H_{16}$. В состав этой смеси входят пинен, карен, сальвестрен и пр. Главнейшей составной частью скипидара является пинен, количеством которого определяется качество скипидара. Удельный вес пинена 0,862—0,870, температура кипения 155—163°. Входящий в состав сухоперегонного скипидара дипентен (удельный вес дипентена 0,849, температура кипения 178—180°) образуется из пинена под влиянием высокой температуры. Большое количество дипентена ухудшает качество скипидара. Вообще же состав сухоперегонного скипидара довольно разнообразен и зависит от условий его получения.

В Америке для очистки сухоперегонного скипидара применяются ректификационные аппараты периодического и непрерывного действия. Эти ректификационные аппараты, как обычно, имеют куб-испаритель, колонку, внутри которой помещаются тарелки с колпачками и сливными трубками и затем холодильник. Иногда тарелки заменяются счетчатыми пластинками, на которых помещаются куски какого-либо инертного материала, например кварца. Применение ректификационных аппаратов позволяет производить более совершенную очистку скипидара и разделять сырой скипидар на составные части с более узкими пределами температур кипения. В результате очистки сухоперегонных скипидаров получают различные, подочные отходы: скипидарные выварки, щелочные вытравки и хвостовые высококипящие фракции, называемые пайн-ойлем. Последний отход имеет большую ценность и по своему химическому составу представляет смесь, главным образом, терпеновых спиртов. Пайн-ойль с успехом применяется для обогащения руд (флотация), как растворитель для смол, как материал для изготовления специальных красок, в парфюмерии и пр.

Не всякий сухоперегонный скипидар дает при перегонке пайн-ойль. Наибольшее количество пайн-ойля содержат печные скипидары, в котельных же скипидарах его почти нет. Имеет значение в этом вопросе также исходное сырье. В Америке весьма развито получение пайн-ойля, который выпускается там различного качества и различных марок.

Скипидарные выварки и щелочные вытравки содержат в себе довольно большое количество фенолов (30—40%) и отчасти гваякола. При рациональном использовании выварок и щелочных вытравок, можно получать продукты (фенолы, гваякол) более ценные, чем сам скипидар.

Вместе с этим хорошая очистка скипидара приводит к получению довольно высококачественного продукта.

Получаемая при смолокурении сосновая смола по своим сортам разделяется на печную, котельную и паровую. Паровой называется та смола, которая получается путем конденсации в холодильнике легких смоляных паров, выходящих из верхнего или нижнего отверстий печей и котлов.

ПОДГОТОВКА ОСМОЛА ДЛЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ И ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Паровая смола отличается жидкой консистенцией, легко впитывается в дерево и пенку и ценится дороже тяжелой смолы. Употребляется она для просмолки деревянных частей зданий, канатов, а также для смазки колес.

Получаемая при смолокурении смола всегда содержит в себе подсмольную воду и скипидар. Примесь подсмольной воды понижает качество смолы. Отделение подсмольной воды от смолы производится отстаиванием, причем отстаивание идет быстрее, если смолу предварительно вскипятить. Освобождение смолы от подсмольной воды может быть достигнуто также перегонкой в железных котлах, причем прежде всего (при температуре 120°) отгоняются пары воды, уксусной кислоты, скипидара и пр. При дальнейшей гонке выделяются легкие смоляные масла, а затем тяжелые масла (выше 200°).

После отгонки всех смоляных масел остается темный углистый остаток, называемый коксом. Остаток же после отгонки только легких смоляных масел называется пеком (твердое вещество). Легкие и тяжелые смоляные масла перед их применением иногда подвергаются очистке щелочами, с целью освобождения от смолистых веществ, легко изменяющихся на воздухе.

Сосновая смола находит себе применение для просмолки деревянных частей зданий, в кораблестроении и для других целей (см. об этом выше).

Осмола как сырье для канифольно-скипидарного производства. Одним из источников для получения канифоли, скипидара и флотационных масел являются различные виды сильно просмолившейся древесины или осмола. Смолистые вещества из этого сырья могут быть извлечены различными путями, например, экстракцией, органическими растворителями, обработкой водными растворами щелочей или, наконец, механическим выдавливанием.

Из различных способов получения канифоли и др. смолистых веществ из осмола, промышленное применение получили способ экстракции органическими растворителями и щелочной способ.

Канифольно-экстракционное производство зародилось почти одновременно в Америке и у нас, примерно, в 1909 г. Дальнейшее развитие этой отрасли лесохимической промышленности у нас сильно затормозилось, и в настоящее время мы имеем лишь один сравнительно крупный канифольно-экстракционный завод Вахтан в Горьковском крае.

Кроме того, в 1939 г. должен быть закончен постройкой второй крупный канифольно-экстракционный завод на ст. Кириши в Ленинградской области.

В Америке же (Соединенные Штаты) после войны это производство сильно разрослось. В настоящее время в Америке имеется свыше 8 крупных канифольно-экстракционных заводов, перерабатывающих свыше 2 млн. м³ скл. осмола в год. Выработка экстракционной канифоли в 1934 г. составила 92500 т, что равняется 16—18% от всей вырабатываемой в Соед. Штатах канифоли; в 1935—36 г. выработано 110000 т экстракционной канифоли или 25% от общей продукции канифоли.

Щелочной способ переработки осмола был разработан и получил промышленное применение почти исключительно в СССР. В настоящее время у нас имеется 4 средней мощности канифольно-мыльных заводов и несколько мелких, в общей сложности перерабатывающих около 70000 м³ скл. осмола в год.

Наличие больших запасов осмола и значительная потребность страны в продуктах канифольно-скипидарной промышленности создают благоприятные условия для развития и у нас крупной канифольно-экстракционной промышленности.

Механический способ выдавливания смолы из осмола практического применения пока не получил. Этот способ заключается

в том, что разделанный на небольшие куски осмол пропаривается в закрытых аппаратах острым паром. При этом выплавляется часть канифоли и частично отгоняется скипидар. Пропаренные куски осмола закладываются затем в специальные обоймы и прессуются на гидравлических прессах. При этом выжимаются из осмола оставшиеся смолистые вещества, которые дальше перерабатываются обычным способом на канифоль и скипидар. Практическая проверка этого способа показала, что после прессования из осмола удается извлечь, в среднем, не свыше 60% смолистых веществ. Большой остаток смолистых веществ в осмоле после прессования делает применение этого способа мало рациональным, и перспективы его применения в промышленности пока остаются весьма неопределенными.

Виды осмола и его характеристика. Существует несколько видов засмолившейся сосновой древесины, которые могут быть использованы для получения канифоли и скипидара, например, пневый осмол, колодниковое и валежное смолье и смолье — подсочка.

Из них наибольшее значение имеет пневый сосновый осмол.

Пневым сосновым осмолом называется ядровая часть древесины пня и корней сосны, простоявшая после рубки не менее 7 лет. Следовательно, для переработки на канифольно-экстракционных заводах в настоящее время применяются только старые сосновые пни, простоявшие в земле значительное, иногда до 30—40 лет, время, или, как говорят, созревшие. За последние годы некоторые научные работники, напр. Ю. Н. Емельянов¹, ставят под сомнение необходимость ждать созревания осмола. На основании многочисленных анализов пней разного возраста, произведенных Ю. Н. Емельяновым, можно прийти к заключению, что просмоление в основном происходит уже при жизни дерева. При стоянии пня в земле смолистость его не только не увеличивается, но во многих случаях падает. Поэтому высказывается предположение, что можно не ждать созревания пней и производить заготовки осмола одновременно с рубкой дерева. Поскольку эти взгляды противоречат господствовавшим до последнего времени гипотезам о причинах осмолообразования, мы полагаем, будет полезно остановиться в нескольких словах на различных объяснениях причин осмолообразования.

Наиболее известное и распространенное объяснение причин осмолообразования принадлежит Майру.

Согласно Майру процесс засмоления пня при стоянии его в земле происходит следующим образом.

После смерти дерева загнивает в первую очередь наружная часть заболони. Загнившая заболонь сильно пропитывается водой (набухает), и сила разбухания совместно с прогрессирующим гниением, гонит смолу перед собой в сторону более сухой, т. е.

к ядру. Таким образом внутренняя часть ядра мертвого ствола обогащается смолой за счет наружной части (заболони). Против этого объяснения Майра приводятся следующие серьезные возражения: давление, создаваемое набуханием, должно передаваться во все стороны одинаково; под действием этого давления смола должна идти в сторону наименьшего сопротивления, т. е. в сторону отгнивающей заболони; проникновение смолы из заболони в ядро мало вероятно, вследствие наличия в смоляном ходе тила на границе между ядром и заболонью.

По Дюпону причины высокого просмоления пней заключаются: 1) в превращении в смолы с течением времени запасных питательных веществ, 2) в симбиозе пней: корниевые системы отдельных деревьев могут срастаться, и пень срубленного дерева будет питаться за счет оставшегося в живых, 3) в превращении в смолы клетчатки. Эти объяснения носят только гипотетический характер и фактическим материалом мало подтверждены.

Проф. А. А. Иванов полагает, что наиболее вероятным является лишь относительное обогащение пня смолой, получающееся вероятно, вследствие разрушения клетчатки, которая, сгорая в процессе дыхания грибов и бактерий до углекислоты и воды, уменьшает сухой вес пня и тем повышает концентрацию в нем смолы. Абсолютное увеличение смолы в пне проф. Иванов считает до сих пор недоказанным и новое ее образование за счет других веществ при гниении мало вероятным.

Уже при жизни дерева многочисленные факторы могут способствовать усиленному просмолению ствола и пня.

Различного рода механические повреждения, причиняемые подсочкой, беглым огнем, грибами и пр. приводят к засмолению отдельных частей дерева. Усиленному просмолению древесины способствуют точно так же благоприятные условия местопроизрастания и особенности в анатомическом строении и возраст дерева. Совокупное влияние этих факторов приводит к тому, что на свежей лесосеке среди сосновых пней можно обнаружить, как подтверждают это работы Ю. Н. Емельянова, много сильно просмоленных пней. Дальнейший процесс осмолообразования можно представить себе следующим образом.

При продолжительном стоянии пней в земле часть их, именно мало смолистые, сгнивают и разрушаются. Остаются лишь богатые смолой пни. По указанию Вертоградова через 10—15 лет на лесосеке остается не более 16—20% от первоначального количества пней.

Наряду с естественным отбором, согласно предположению проф. А. А. Иванова, происходит с возрастом относительное обогащение пней смолой, что подтверждается многочисленными наблюдениями практиков и исследователей.

Колодниковый осмол, т. е. сваленная бурей и просмолившаяся колода, валежное смолье и верхняя часть ствола, имеют меньшее значение, чем пневый осмол, вследствие никакой (8—9%) смолистости и заготавливаются лишь попутно.

¹ См. напр., его работы в трудах Западно-Сибирского НИИ в отчете в газете "Лесная промышленность", № 170 за 1934 г. Его же "Канифоль и скипидар из пней разной давности рубки", 1937 г., изд. Академии Наук БССР.

Смоле-подсочка издавна служит материалом для кустарного смолокурения. Как показывают опыты, через три—четыре года осмолоподсочки, удается довести смолосодержание в смоле до 14—15% (по отношению к возд.-сух. смоле), что является достаточным для использования его в качестве сырья для канифольно-экстракционных заводов. Благодаря более простой заготовке и большей концентрации этот вид сырья может приобрести в ближайшие годы заметное значение в общем сырьевом балансе канифольно-экстракционных заводов.

Качество осмола характеризуется содержанием в нем канифоли. Согласно требований ОСТ'а осмол делится на три сорта по содержанию канифоли (табл. 38).

Таблица 38

жирный	не менее 35%	по отн. к абс. сух.
средний	25%	обесм. древесины
тощий	20%	

По содержанию влаги:

сухой	не более 25%	влаги по отношению к абс. сух. осмолу
полусухой	до 33%	
сырой	более 33%	

По новому проекту ОСТ содержание канифоли в осмоле выражается в процентах в пересчете на осмол 20% влажности и должно составлять:

в жарком	не ниже 21%
в среднем	16%
в тощем	13%

Содержание влаги в процентах от навески:

в сухом	не более 20%	по отношению к навеске
в полусухом	25%	
в сыром	выше 25%	

Осмол должен быть очищен от заболонной древесины, гнили и песка, а в случае горелого осмола и от обугленных частей и разделан на куски без ответвлений. Наибольшее протяжение поперечного сечения отдельных кусков не должно превышать 35 см.

Осмол среднего качества содержит 15% канифоли и 3—4% скипидара по отношению к навеске с 20% влаги (воздушно-сухой осмол).

При обследовании сырьевой базы необходимо подсчитать площадь ее, среднее количество пней, приходящееся на 1 м³ осмола, среднее количество пней на 1 га, возраст осмола и содержание в нем смолистых веществ.

Число пней, приходящихся на 1 м³ осмола зависит от диаметра их, что видно из следующей таблицы 39.

Таблица 39

Выход очищенного осмола из пней различных диаметров

d — 40 см	На 1 м ³ идет	4—5 пней
30	1	7—8
50	1	3—5
60	1	2,5
70	1	1,5
80	1	1

В северной полосе на 1 м³ в среднем идет от 3 до 6 пней, в средней полосе 7—8 пней.

Вес 1 м³ осмола в зависимости от качества его, времени заготовки и плотности укладки колеблется от 260 до 420 кг, в среднем обычно считают вес 1 м³ в 320 кг.

Количество пней на 1 га изменяется в широких пределах и составляет на выборочных рубках 40—60 шт., сплошных же доходит до 200.

Заготовка и транспорт осмола. Заготовка осмола может производиться различными способами. Существует ручная корчевка, корчевка машинами и корчевание при помощи взрывчатых материалов.

При ручной корчевке пень окапывается кругом и перерубаются толстые боковые корни. Если пень крупный, то он на месте раскалывается на две или четыре части, которые затем извлекаются отдельно с помощью рычага. Если пень мелкий, то под него подводят вагу и, нажимая на свободный конец ее, вырывают пень из земли.

Выкорчеванный пень колется на более мелкие части не толще 30 см, очищается от коры и гнилой заболони и складывается в поленицы. Производительность труда при ручной корчевке зависит от характера грунта, крепости пня, а главное, от физической силы и опытности рабочих. В среднем, при ручном способе производительность рабочего составляет 1,10—1,20 м³ на 1 человеко-день. Заготовка осмола взрывным способом производится следующим образом.

Подрывник намечает определенное количество пней, подлежащих взрыву. Под этими пнями рабочий-бурильщик специальным инструментом пробуравливает наклонные каналы под углом приблизительно 45°, причем конец канала должен приходиться под центром пня. В канале («шпур») вкладывается патрон со взрывчатым веществом, каковым обычно служит аммонит или аммонал следующего состава:

№ 3 Тринитротолуол . . .	12%
Аммиачная селитра . . .	88%
№ 4 Тринитротолуол . . .	13%
Аммиачная селитра . . .	87%
№ 5 Тринитротолуол . . .	9%
Алюминий (порошок) . . .	50%
Аммиачная селитра . . .	86%

Патроном обычно служит бумажный мешок. Величина заряда зависит от диаметра пня и почвенных условий. Так например, берут на каждый сантиметр диаметра пня (определяется у шейки пня)

на песчаной почве	8 г
болотном грунте	10 .
глине	11 .

Обычная средняя норма 11—12 г на каждый см диаметра. Расход аммониа на 1 м³ осмола колеблется от 2 до 3 кг.

При закладке патрона в середину его вкладывают капсулю — детонатор, соединенный с бикфордовым шнуром, часть которого выступает из канала.

После укладки патрона канал засыпают землей и тщательно утрамбовывают. Затем по сигналу с участка удаляются все за исключением подрывника, который обходит подготовленные пни и зажигает концы бикфордовых шнуров. Шнур горит 2—3 минуты, затем следуют взрывы.

Подрывник считает число взрывов, чтобы установить, все ли подготовленные пни взорваны. После последнего взрыва выжидают 5—10 мин., после чего повторяют взрыв тех пней, которые не взорвались в первый раз.

При взрыве пень раскалывается на несколько частей. Отдельные куски раскалываются на более мелкие части, выдающиеся кривые части отпиливаются, очищаются от гнилой заболони и укладываются в поленницы.

Производительность рабочих при взрывном способе во много раз выше, чем на ручной корчевке и колеблется от 5,5 до 6,6 м³ на человека-день.

Кроме того, при взрывном способе на каждом участке взрываются все пни как крупные, так и мелкие. При ручной же корчевке крупные пни, наиболее богатые смолой, очень часто вследствие трудности их корчевки оставляются рабочими. Преимуществом взрывного способа является также возможность маневрирования рабочей силой, так как разделка может быть отделена от взрыва и выполнена тогда, когда имеется в наличии рабочая сила.

Однако, весьма серьезным недостатком в настоящее время является относительно более высокая стоимость взрывного способа заготовки, что объясняется высокой стоимостью взрыв-припасов. Стоимость взрыва составляет 68% от общей стоимости осмола, что зачастую бывает из-за неправильной организации взрывных работ. Несмотря на это, в настоящее время основная масса осмола для наших заводов заготавливается взрывным путем.

По опытным данным наших заводов на 1 м³ расходуется:

аммониа	2—3,5 кг
капсулей-детонаторов	8—10 шт.
бикфордова шнур	6 м

На 1 м³ складочного осмола в среднем идет от 8 до 10 пней диаметром 25—30 см.

Машинное корчевание производится при помощи специальных корчевальных машин различных систем. Наиболее целесообразные из них — типы машин, основанные на использовании принципа ворота.

Вертикальный или горизонтальный барабан с намотанным на нем стальным тросом укрепляется на месте в центре раскорчевываемого участка. Один конец троса обхватывает пень, другой закрепляется на барабане. Вращение барабана производится от специального привода лошадью или с помощью мотора.

Производительность труда при машинном корчевании зависит, главным образом, от системы машины и от двигательной силы и может превосходить в 2—3 раза производительность труда при ручном корчевании.

При работе на сплошных вырубках этот способ может применяться с успехом. На выборочных же рубках, а также на толстых местах применение его является невыгодным, чем и объясняется малая распространенность его.

К машинному же корчеванию может быть отнесено и корчевание при помощи трактора, каковой способ начинают применять на некоторых заводах.

С мест заготовки, осмол вывозится на открытые полевые склады, расположенные у больших грунтовых или механизированных лесовозных дорог. Эта операция называется трелевкой. С этих складов затем осмол подвозится либо к станции жел. дор. или пристаням водных путей, либо непосредственно доставляется на заводскую биржу.

Доставка осмола экономически выдерживает до 25 км гужевой перевозки и до 500 км железнодорожного и водного транспорта.

Дальность доставки в значительной степени зависит и от качества осмола.

Богатый осмол имеет смысл возить и на более далекие расстояния, для бедного же осмола радиус возки значительно сокращается.

Биржа осмола на заводе. Заготовка осмола на большей части территории СССР может производиться в продолжение шестимесячного сезона. Следовательно, для бесперебойной круглогодичной работы завода, перерабатывающего осмол, необходимо иметь минимально полугодичный запас сырья. Учитывая же трудность переработки свежезаготовленного осмола, вследствие его высокой влажности и дороговизны летней транспортировки осмола, минимальный запас осмола должен быть повышен до 8—9-месячного, а в отдельных случаях до 12-месячного.

Для хранения этого запаса сырья на заводе необходимо иметь соответствующих размеров площадку для устройства склада или биржи осмола. Площадка эта должна иметь по возможности ровный рельеф с сухой почвой.

Размеры площади для биржи осмола зависят от мощности завода. При ориентировочных подсчетах можно принимать, что на каждый куб. метр скл. осмола необходимо 1,5—2 м² площади биржи.

Осмо́л на бирже укладывается в штабеля высотой 1,5—2 м, шириной 2 м и длиной, насколько позволяет площадка. Между штабелями оставляются проезды в 3 м шириной и через каждые 50 м пожарные проезды в 5 м.

Для транспортировки осмо́ла с биржи в измельчительный цех между штабелями прокладываются узкоколейки и жел.-дор. тупики для подачи вагонов с осмо́лом непосредственно на территорию биржи.

На некоторых заводах в США и у нас для подачи осмо́ла с биржи в измельчительный цех используются автогрузовики. Осмо́л, транспортируемый в измельчительный цех, должен обязательно навешиваться, что значительно упрощает все технологические расчеты.

Механизация работ на бирже и подача осмо́ла в измельчительный цех требуют особого внимания, и у нас практического опыта в этом отношении пока мало. В США на канифольно-экстракционных заводах для подачи осмо́ла в измельчительный цех применяются цепные транспортеры, к которым осмо́л с биржи подводится в жел.-дор. вагонах или на грузовых автомобилях. Осмо́л на бирже складывается вдоль жел.-дор. заводских линий штабелями высотой до 4 м. Для механизации укладки и разборки штабелей применяются грейферные краны и передвижные транспортеры.

Измельчение осмо́ла. Перед экстрагированием осмо́л измельчается на специальных машинах. Измельчение осмо́ла является чрезвычайно важной операцией, от которой зависит полнота извлечения смолистых веществ. Насколько сильно влияние степени измельчения, показывает таблица 40.

Таблица 40

Число эк- страк- ций	°/о извлечения						Примечание
	Размеры щепы						
	4 × 4 × 20 мм		2 × 2 × 20 мм		4 × 4 × 10 мм		
	Продолжительн. отд. экстракции						
	30 м	60 м	30 м	60 м	30 м	60 м	
1	18,6	23,7	—	28,1	26,2	32,6	t° экстрак. колебалась от 18 до 22°
2	22,2	27,2	—	32,9	30,95	38,2	
3	24,5	31,6	—	36,5	34,55	42,2	
4	26,3	—	—	38,0	36,7	45,1	

Как видно из этой таблицы, % извлечения увеличивается при уменьшении толщины и длины щепы. Однако, наибольший эффект при прочих равных условиях дает уменьшение длины щепы, т. е. ее размеров в направлении волокон. Каждая единица площади торцевой поверхности щепы, примерно, от 8 до 9 раз активнее равнозначной ей площади боковой поверхности. Глу-

бина экстрагирующего действия растворителя в направлении горизонтальных смоляных ходов, крайне незначительна, порядка десятых долей миллиметра, с торца же щепы глубина эта порядка 6—7 мм, т. е. много значительнее, чем с боковой поверхности. Эти результаты опытов находятся в полном соответствии с анатомическим строением древесины сосны. Как известно, смола заложена, главным образом, в вертикальных и горизонтальных смоляных ходах. Как те, так и другие представляют собой капиллярные каналы. Число горизонтальных смоляных ходов вдвое больше числа вертикальных ходов. Однако, диаметр их, в среднем, равен лишь 30 микрон против 80—100 микрон у вертикальных, т. е. более чем вдвое меньше. При вскрытии каждый горизонтальный ход дает отверстие в 7 раз по площади меньше, чем вертикальный. Так как количество жидкости, передвигающейся в капиллярных

каналах по формуле Пуазейля $Q = K \frac{P D^4}{L}$ пропорционально 4-й степени диаметра, то количество жидкости, протекающей через один вертикальный ход, примерно, в 50 раз больше, чем через один горизонтальный ход. Но так как горизонтальных ходов на единицу площади вдвое больше, чем вертикальных, то интенсивность впитывания через единицу торцевой поверхности должна быть лишь, примерно, в 25 раз больше, чем через единицу поверхности боковой.

Таким образом, экстрагирование через боковую поверхность практически должно быть лишь весьма незначительным.

Как опытные данные, так и теоретические выводы указывают, что измельчение должно производиться поперек волокон. Так как при этом количество жидкости, истекающее в единицу времени, обратно пропорционально длине капилляра, то размеры щепы в направлении волокон должны быть возможно меньше. Одним словом, все наши усилия при измельчении должны быть направлены ко всемерному развитию торцевой поверхности щепы.

Однако, слишком мелкое измельчение может привести к затруднениям при экстрагировании. Большое количество мелочи, опилок и пыли затруднит циркуляцию раствора в массе экстрагируемого материала и приведет к закупорке трубопроводов и фильтрующих сеток. Практически не следует измельчать осмо́л меньше 3—5 мм вдоль волокна. Верхним пределом обычно считают 15 мм вдоль волокна.

Типы измельчительных машин. Измельчение осмо́ла выполняется обычно с помощью трех родов машин—круглых пил, рублоков и дезинтеграторов.

Круглые пилы служат для предварительного измельчения осмо́ла. На круглых пилах распиливают крупные и кривые куски осмо́ла. Наиболее удобными для этой цели являются педальные круглые пилы. Диск такой пилы скрыт под рабочим столом и выдвигается в щель над поверхностью стола во время рабочего хода с помощью ножной педали.

Данные о применяемых на наших заводах круглых пилах приведены в таблице 41.

Таблица 41

Наиб. толщ. раст. дерева	20 см	28 см	40 см
Диаметр пилы	508 мм	711 мм	1016 мм
Число об/мин.	1700	1450	1000
Скорость пилы на окр.	45 м/сек.	53	52
Диаметр прив. шкива	200	250	350
Ширина	85	110	135
Число об/мин.	875	700	500
Треб. мощн.	2—3	3—4	5—6 л. с.

Ориентировочные нормы выработки педальных торцовок, за 8-часовой рабочий день, выраженные в количестве резов, по Кролю¹ даны в таблице 42.

Таблица 42

Бруски сечением	2,5 × 13	3,5 × 13	4,5 × 13	6,5 × 18	9 × 12
Количество резов	32,5	45,5	58,5	117	198
	6000	5000	5000	3000	1700

С учетом стахановских норм среднее число резов за семичасовой рабочий день можно принять в 2000 или 285 резов в час.

Производительность круглой пилы, выраженная в м³ скл. осмолы, может быть определена следующим образом:

$$Q = \frac{Z}{a k} = \frac{285}{35,2} = 4 \text{ м}^3 \text{ скл. осмолы,}$$

где:

z — число резов в час	в ср. = 285
a — " кусков осмолы в 1 м ³ скл.	— 35 м
k — " резов на один кусок осмолы	2

Как показывает опыт зав. Ваттан, в среднем на круглую пилу идет не больше 20% от общего числа кусков осмолы, пропущенных через рубильную машину. Таким образом, по своей производительности одна круглая пила может обслужить две рубильные машины. Расход энергии на круглую пилу может быть подсчитан по формуле:

$$N = \frac{nD}{800} + \frac{b}{14 \text{ до } 28} F a. c.$$

где: n — число об/мин.,

D — диаметр пилы в м,

b — ширина пропила в мм,

F — часовая площадь распила = c. v (c — толщина, v — скорость подачи — 8 мм) 14 до 28 — коэффициент для осмолы можно принять равным 15, как для твердого дерева.

При групповом приводе достаточно взять 0,5—0,7 от вычисленной теоретической мощности.

Рубильные машины. Для измельчения осмолы в щепу применяются в основном два типа рубильных машин: 1) дисковые и 2) барабанные.

Дисковая рубильная машина представляет собой массивный вращающийся диск с сидящими на нем острыми ножами, обрабатывающими лобовую часть — торец чурака.

Дисковые рубильные машины старого образца имеют диск диаметром 2350 мм, снабженный 2 ножами.

Новейшие машины Фойта строятся с очень тяжелыми дисками, диаметром от 2500 до 2800 мм, с 3 ножами длиной 600 мм. Машины Виггера имеют диски диаметром от 2200 до 2700 мм и снабжаются 4 ножами.

На зав. Ваттан установлена дисковая рубильная машина Фойта, главной частью которой является массивный чугунный диск диаметром 2100 мм. Диск вращается на валу со скоростью в работе 225 об/мин. и в холостую — 245 об/мин. Вес диска приблизительно 2,7 т. Диск имеет три прореза, ограниченные с переднего (по направлению вращения) края, со стороны входа полена стальной планкой, а с заднего края лезвием ножа. Между лезвием и передней планкой образуется зазор, величину которого можно регулировать от 5 до 25 мм. Нож — железный с наваренными стальными лезвием. Лезвие ножа находится не в плоскости планки, а выступает на некоторое расстояние („выпуск ножа“), которое можно регулировать при помощи подкладок между ножом и толком диска. Величина выпуска определяет степень измельчения. Чем выпуск меньше, тем мельче получается щепа. Но меньше и производительность машин. Кроме того, имеет значение и величина зазора. Чем меньше зазор, тем лучше измельчение. Нормальная величина выпуска 2—2,5 мм, зазора до 10 мм. Своей задней гранью нож опирается на треугольную стальную пластину, которая в свою очередь опирается на прямоугольную пластину и вдоль нее может быть передвинута и закреплена в новом положении. По мере стачивания ножа треугольная пластинка перемещается вниз, при этом ее передняя грань передвигается параллельно самой себе, что дает возможность передвинуть вперед и нож без того, чтобы он перестал опираться на пластину. Таким образом, лезвие ножа сохраняет свое положение во все время службы ножа, независимо от того, насколько он сточен.

На обратной стороне к диску по радиусам прикреплены 3 гребка, и 6 гребков по окружности диска. Диск входит в кожух, к которому примыкает загрузочный лоток, наклоненный к плоскости диска под углами в разных направлениях 45—60°, а именно: угол α составляет 60°, а углы β и γ 45°. Поленья загружаются в лоток и рубятся косыми ударами, причем благодаря отмеченному положению лотка, машина увлекает поленья все дальше и дальше. При рубке поперек волокон или лучше под углом щепы в значительной части раскалываются по волокнам. Такой рубке подвергаются прямые стволовые поленья и куски. Бесформенные же кривые коряги, попадая под нож неправильно, измельчаются хуже и часто оказывается, что они разрублены вдоль волокон. В среднем на Ваттане получают около 90% щепы с размером до 15 мм по длине волокон, оставшая крупнее.

Падая с ножа, щепа попадает в вихрь, создаваемый гребками, и выбрасывается по наклонному желобу в бункер дезинтегратора или циклона.

Производительность этой машины сильно колеблется и зависит от многих факторов. При испытании отмечены производительности от 8 до 15,8 м³ скл. осмолы в час. Среднее — 10 определений — 10,9 м³ в час при измельчении около 50% до 15 мм. Некоторые стахановцы достигали производительности в 14 м³/час, а при измельчении 70% до 15 м³/час. С повышением степени измельчения производительность падает.

Расход силы на гак-машину 18—27 кв., в среднем 22 кв. или 30 НР в работе и до 5 кв. на холостом ходу.

Ножи приходится точить приблизительно через каждые 50 мин. при работе летом, через полчаса зимой. Точка ношей производится на точильных автоматах, представляющих собой комбинацию вра-

¹ Кроль, Лесопильное производство, стр. 151.

ходящегося наждачного диска и ходящей взад-вперед, с автоматической переменной хода, тележки, к которой привинчивается нож. При помощи особого маховичка можно как угодно устанавливать угол заточки. Нормально этот угол 60°.

Дисковая дробилка упрощенного типа. Каннфольно-скипидарным трестом была сконструирована и построена дисковая дробилка облегченного типа. В отличие от описанных выше дисковых машин, ножи у этой дробилки расположены не по радиусам, а по хордам. Самый диск склепан из двух железных листов толщиной 25 мм. Ножей на диске 4 шт. Для укрепления ножей на обратной стороне диска сделаны особые утолщения, передняя грань которых образует плоскость, наклонную к плоскости диска под углом 45°. На этой грани укреплены шпильки с винтовой нарезкой и гайкой для закрепления ножа. Само лезвие ножа имеет вид грубой пилы с прямоугольными зубьями и фрезами между ними. Диск диаметром 1 м закрыт кожухом, к которому крепится загрузочная воронка под углом 30° к плоскости диска. Достигнутая производительность машины—4 м³ в час при расходе мощности 15 кв.

Барабанные дробилки. Барабанная дробилка представляет собой вращающийся на горизонтальной оси барабан специального чугуна или стали. Барабан образован двумя усеченными конусами, соединенными друг с другом меньшими основаниями, под углом в 135°.

На образующих этих конусов имеется по 6 прорезей, из которых выступают ножи.

По способу подачи измельчаемого материала—барабанные дробилки можно разделить на два типа: 1) барабанные дробилки с принудительной подачей осмолы и 2) дробилки со свободной подачей осмолы.

В дробилках с принудительной подачей измельчаемый материал механически с помощью массивной чугунной пяты подвигается по горизонтальному желобу к барабану; измельчение производится только тогда, когда пята движется вперед; когда же пята движется назад и производится загрузка материала в лоток, машина работает вхолостую. Так как скорость движения назад больше скорости поступательного движения, то полезное время составляет больше половины, а именно около 60% рабочего времени. Число оборотов барабана в зависимости от размеров колеблется от 50 до 800 об/мин. Достигнутая производительность на осмоле—5 м³/час.

Расход силы—36—40 л. с.

В барабанных дробилках со свободной подачей древесины движется к барабану по наклонному желобу под углом 33° под влиянием собственного веса. Конструкция такой дробилки значительно проще и производительность больше (рис. 176). На осмоле достигнута при испытаниях производительность 7—9 м³/час при затрате силы 36—40 л. с.

Сортировки. Щепа, полученная в результате измельчения осмолы на рубильных машинах, чрезвычайно неоднородна по своим

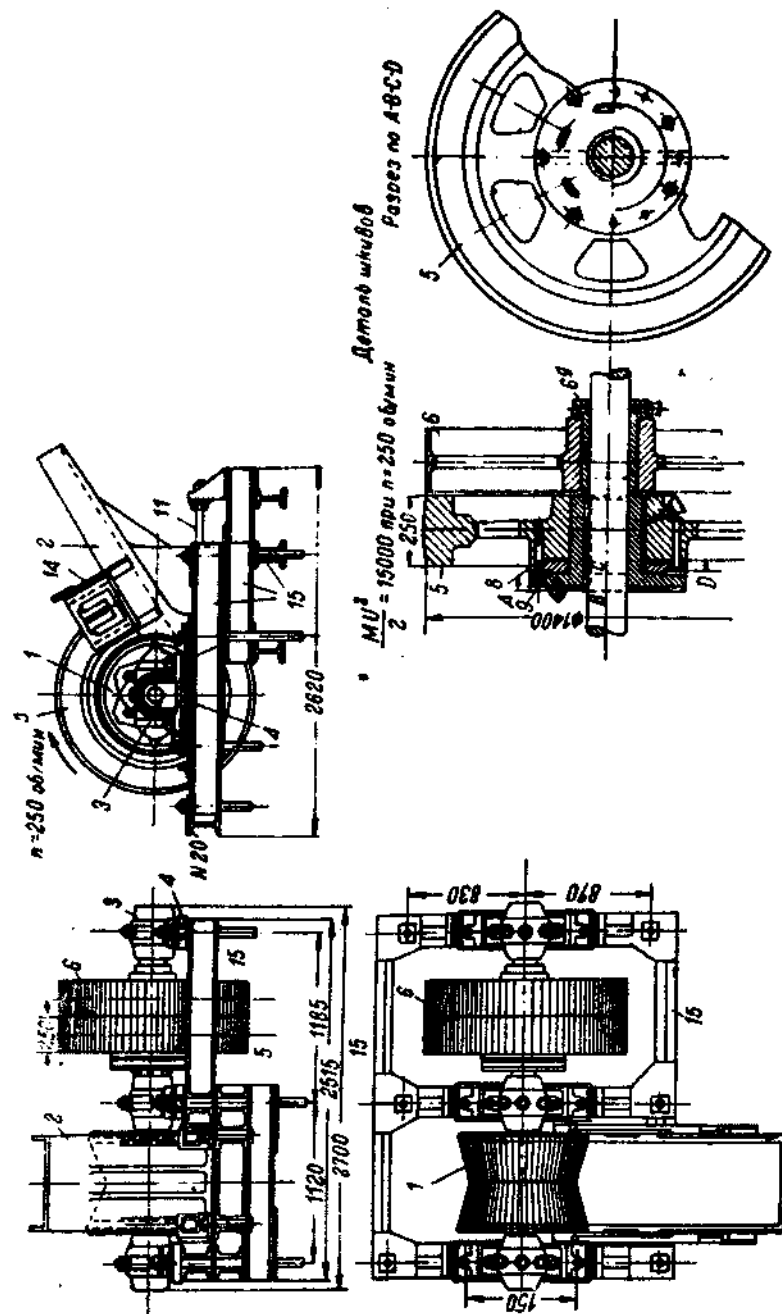


Рис. 176. Барабанная дробилка

размерам. Наряду с мелочью вида опилок и годной щепой в измельченном материале содержится от 40 до 50% крупных кусочков, требующих дополнительного измельчения.

Поэтому из измельчительной машины щепка должна подаваться на сортировку для отделения крупного материала.

В условиях канифольно-экстракционных заводов наиболее пригодными являются плоские сортировки.

Эта сортировка представляет собой наклонное к горизонту под углом 8° трясущееся сито. Иногда эти машины имеют по два сита, из которых верхнее с большими отверстиями, пропускает хорошую щепу на нижнее сито, а крупную отводит дальше. Нижнее сито служит для отделения пыли и опилок из годной щепы.

Производительность и расход силы плоских сортировок видны из таблицы 43.

Таблица 43

Размеры сита		Число сотрясений в минуту	Производительность в м ³ сел./час.	Потребная мощность в л. с.
Длина м	Ширина м			
2,8	1,5	300	12,5	2,5
2,8	2,2	300	18	3,5
4,5—5	2,5	175	20	8—10

Для сортировки щепы применяют также барабанные сортировки. Эта сортировка представляет собой конический барабан, состоящий из железного остова, скрепленного железными обручами и гладко обитого с внутренней стороны сеткой. Щепка поступает с узкого конца барабана. При вращении барабана щепка передвигается к широкому отверстию. При этом хорошая щепка проваливается через отверстия сетки, внутри же барабана остается лишь крупная щепка, которая выбрасывается, наконец, из широкого отверстия его. Если необходимо отделать пыль, опилки и пр., тогда в той части барабана, куда поступает щепка, ставят сетку с более мелкими отверстиями.

Производительность таких сортировок следующая:

Таблица 44

Длина барабана в м	Внутренний диаметр барабана мм	Число оборотов в минуту	Производительность м ³ сел./час.	Потребная мощность л. с.
5200	950/1400	11—12	3—4	1
8500	1200/1800	14	10—12	2—3

Как видно из таблиц, барабанные сортировки отличаются большей громоздкостью, занимают больше места и имеют значительно меньшую производительность.

Дезинтеграторы. Отсортированная крупная щепка дополнительно намельчается с помощью специальных машин—дезинтеграторов.

На заводе Вахтан установлен дисковый дезинтегратор, применяемый для измельчения щепы на целлюлозных заводах. Он состоит из кожуха, на внутренней стороне которого неподвижно сидят 2 ряда стальных бил, между которыми проходят встречные била, закрепленные на быстро вращающихся дисках. Благодаря такому устройству поступающая в воронку крупная щепка разбивается на мелкие куски.

Нормальные размеры подобных дезинтеграторов примерно следующие:

Таблица 45

Величина	I	II	III
Диаметр дискового барабана	680 мм	680	680
Число оборотов в мин.	790—1150	970—1150	970—1150
Ширина дискового барабана	650	1000	1250
Производительность в м ³ сел./час.	15	25	35
Потребная мощность л. с.	8—10	10—15	15—20

Подобного рода дезинтеграторы в условиях канифольно-экстракционных заводов оказались не вполне пригодными, так как они производят, главным образом, лишь разламывание отрубленных ножом торцевых пластинок на более мелкие куски вдоль волокон.

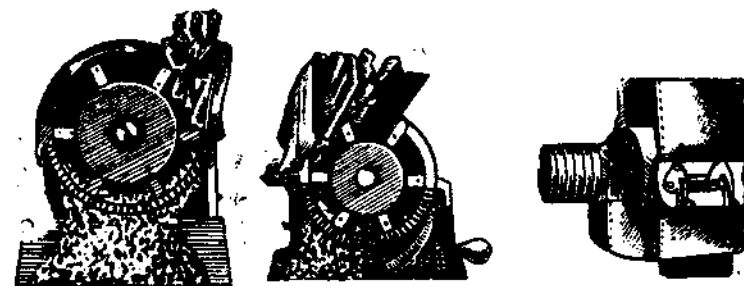


Рис. 177. Шредер.

Дополнительного измельчения крупных щепок с уменьшением их длины по волокну в этих дезинтеграторах не достигается.

Более пригодными для дополнительного измельчения осмольной щепы являются так называемые шредеры (рис. 177). Они пред-

ставляют собой вращающиеся диски с прикрепленными к ним на шарнирах особыми билами. Била имеют форму прямоугольников, прямые углы которых производят решущее действие. В нижней части шредера установлена решетка, через которую выбрасывается измельченный материал. Подбирая соответствующим образом размеры отверстий решетки, можно регулировать степень измельчения.

Кроме описанных выше машин, в Америке для дополнительного измельчения применяется машина, снабженная быстро вращающимся (1000—1200 об/м) барабаном, на котором укреплены ножи, перекрывающие друг друга. На нижней полуокружности устано-

влены 4 контр-ножа прямоугольного сечения и решетки для регулирования степени измельчения.

В заключение упомянем еще о дезинтеграторе фирмы Дурлах (рис. 178). Он состоит из крестовины на валу, вращающейся со скоростью от 1300 до 4000 об/мин. Эта крестовина вращается между двумя чугунными дисками с рифленой поверхностью. На периферии нижнего полукруга между дисками установлены легко сменяемые стальные колосники, закладываемые в сегменты по окружности на разных расстояниях друг от друга. В зависимости от желаемой степени измельчения, колосники закрепляются пла-

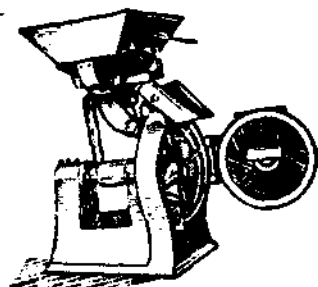


Рис. 178. Дезинтегратор Дурлаха.

стинками. Верхний полукруг заполнен разбивающим материалом чугунными гранями. Материал подается сверху в воронку, затем посредством задвижки регулируется подача в касающийся жолоб, откуда материал подается к центру крестовины, которая, бросая с большой силой материал на грани, разбивает и раздробляет его до тех пор, пока полученные частички смогут пройти через колосники.

Транспорт щепы. Подготовленная к экстракции осмольная щепа перемещается из измельчительного отделения в запасные хранилища — бункера.

Обычно это перемещение происходит как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях.

Для транспортировки щепы по горизонтали обычно применяют ленточные или скребковые транспортеры. Ленточный транспортер представляет собой бесконечную ленту, огибающую два концевых барабана, из которых один своим вращением сообщает ленте движение, другой же служит для натяжения ленты. Ветвь ленты, несущая груз, называется рабочей в отличие от нижней — холостой. Обе ветви по всей длине транспортера поддерживаются роликами, расположенными по рабочей ветви чаще, чем по холостой. Различают плоские ленточные транспортеры и лоткообразные.

Выгрузка щепы с транспортера производится или у концевых барабанов ленты, где щепа сбрасывается, или в промежуточных

точках транспортера посредством сбрасывающих приспособлений, например, сбрасывающих тележек или устанавливаемых поперек ленты перегородок.

Перемещение щепы с помощью ленточных транспортеров может производиться также и по наклонной плоскости, но под углом не больше 22°.

В ленточных транспортерах чаще всего применяются резиновые ленты шириной от 400 до 600 мм.

Скорости ленты при транспортировке щепы выбираются в пределах от 1 до 2 м/сек.

Наибольшая производительность ленточных транспортеров для различной ширины ленты и разных скоростей дана в таблице 46.¹

Таблица 46
Производительность ленточных транспортеров в м³/час.

Форма ленты	Скорость ленты м/сек.	Ширина ленты, мм				
		400	500	600	750	900
Плоские ленты	1,0	19,25	32	48	78	115
	1,25	24	40	60	93	144
	1,50	29	48	72	117	172
	1,75	34	56	84	135	200
	2,0	38,5	64	96	156	230
	2,6	47	80	120	195	288
	1,0	38,5	64	96	156	230
	1,25	47,0	80	120	195	288
Лоткообразные ленты	1,50	58,0	96	142	234	345
	1,75	68,0	110	168	270	400
	2,0	75,0	130	192	310	460
	2,5	94	160	240	390	530

Расход энергии на ленточных транспортерах складывается из нескольких частей, а именно:

1. Расход энергии холостого хода.
2. " " на перемещение груза (полезная работа).
3. " " " подъем груза.
4. " " " разгрузочные устройства.

В практике каучуко-экстракционных заводов ленточные транспортеры обслуживаются моторами от 5 до 7,5 кв. Более подробные данные о необходимой мощности можно найти в специальных руководствах.²

При транспортировке щепы на небольшие расстояния применяются скребковые транспортеры. Они представляют собой открытый сверху жолоб прямоугольной, трапецевидной или полукруглой формы, в котором движутся прикрепленные к цепи или тросу скребки.

¹ Нерославский и Житков. Грузоподъемные машины и транспортные устройства, стр. 259.

² Напр., Бурштейн. Ленточные транспортеры. Табл. 24, 25 и 26.

Достоинство скребковых транспортеров состоит в простоте конструкции и меньшей их стоимости. Скорость движения скребкового транспортера колеблется в пределах от 0,2 до 0,6 м/сек.

Производительность их при транспортировке щепы колеблется в зависимости от формы и скорости.

Для подъема щепы в вертикальном направлении служат ковшевые элеваторы, иногда называемые также «нориями». Ковшеский элеватор представляет собой поставленный вертикально ленточный или цепной транспортер с прикрепленными к ленте или цепки ковшам.

Он состоит из следующих частей:

- 1) верхний приводной шкив,
- 2) нижний натяжной шкив,
- 3) бесконечная лента или цепь,
- 4) ковши,
- 5) кожух или станина элеватора.

Ленточные ковшевые элеваторы позволяют применять скорости до 3 м/сек. Высота подъема—25—30 м.

Скорость цепных элеваторов в пределах 0,5—1 м/сек. при высоте подъема до 40 м.

Для транспортировки щепы ковши изготавливаются из листового железа.

Максимальная производительность ковшевых элеваторов дана в таблице 47.¹

Таблица 47

Производительность элеваторов с чашечками и ковшами

Размеры ковша		Производительность в м ³ /час					
Ширина мм	Высота мм	1,67 м/сек	1,83 м/сек	2,0 м/сек	2,17 м/сек	2,33 м/сек	2,5 м/сек
100	100	19	21	23	25	26	28
100	125	21	23	25	27	28	31
125	125	25	27	30	32	35	37
150	125	29	32	35	38	41	44
150	150	32	35	38	42	45	48
175	150	39	43	47	51	55	59
200	150	46	51	56	60	65	70
250	150	57	63	69	74	80	86

Пневматический транспорт щепы. Пневматический транспорт основан на перенесении щепы сильной струей воздуха.

Струя воздуха может быть создана: а) образованием в трубопроводе разреженного пространства и всасыванием в него атмосферного воздуха, б) нагнетанием в трубопровод воздуха под повышенным давлением и в) разрежением воздуха в одной части трубопровода и нагнетанием его в другой. Соответственно этому пневматические транспортеры бывают всасывающие, нагнетательные и смешанные.

Всасывающая пневматическая установка имеет следующие основные части: 1) воздушный насос, 2) всасывающие сопла, 3) всасывающий воздухопровод, 4) циклон, 5) отводящая труба для воздуха и 6) шиберные затворы (рис. 179).

Работа всасывающей пневматической установки происходит следующим образом.

Благодаря разрежению во всей сети, атмосферный воздух с большой скоростью устремляется во всасывающие сопла и увлекает с собой щепу.

Смесь воздуха и щепы с большой скоростью идет до циклона. При переходе из воздухопровода в циклон скорость смеси резко уменьшается благодаря большому различию в сечениях трубопровода и циклона, а также благодаря резкому изменению направления движения смеси. Вследствие этого взвешенные в воздухе твердые частицы, теряя свою скорость, выпадают из струи воздуха и скапливаются в нижней части циклона, откуда они через шиберный затвор выгружаются наружу, воздух же проходит дальше через вакуум-насос, и через воздухоотводную трубу выпускается в атмосферу.

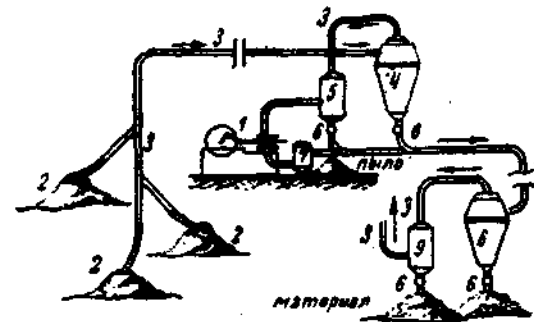


Рис. 179. Схема устройства всасывающего пневматического транспортера.

Нагнетательная пневматическая установка имеет следующие основные части: 1) компрессор или вентилятор, 2) воздушный колпак или ресивер, 3) загрузочная воронка, 4) шиберные затворы, 5) нагнетательный воздухопровод, 6) циклон, 7) отводящая труба (рис. 180).

Работа нагнетательной установки происходит следующим образом:

Компрессор гонит воздух по трубопроводу, струя воздуха, после прохода через воздушный колпак, выравнивающий давление в воздухопроводе, захватывает щепу, падающую в воздухопровод из загрузочной воронки через шиберный затвор. Последний устроен таким образом, что он передает щепу из загрузочной воронки в нагнетательную трубу, но в то же время препятствует прорыву воздуха из воздухопровода.

Образующаяся после загрузочной воронки смесь воздуха и щепы проходит последовательно через воздухопровод и циклон, где щепка отделяется от воздуха, как было описано выше.

¹ Нерославский и Житков. Грузов. маш. и трансп. устр. стр. 296.

Смешанные пневматические установки представляют соединение всасывающей и нагнетательной установок и имеют те же основные части, что и описанные выше установки.

Пневматический транспорт щепы имеет по сравнению с другими видами механического транспорта целый ряд преимуществ: 1) удобство и простота обслуживания, 2) возможность транспортировать щепу с помощью одной установки в различных направлениях и на большие расстояния, 3) применение всасывающих пневматических установок устраняет совершенно необходимость устройства вентиляции в измельчительном отделении, так как вся пыль отсасывается вместе со щепой.

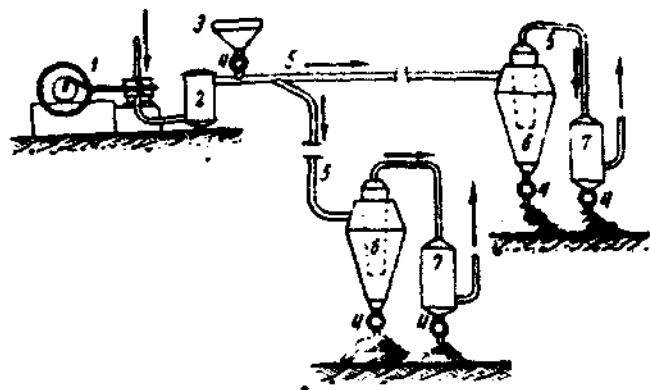


Рис. 180. Схема нагнетательной пневматической установки.

Наряду с этими преимуществами пневматический транспорт имеет ряд серьезных недостатков: 1) высокая стоимость пневматической аппаратуры и трубопроводов, 2) большая затрата механической энергии и 3) потери скипидара при пневматической транспортировке щепы.

Несмотря на эти недостатки, пневматические установки находят себе все большее применение, особенно при транспортировке щепы на значительные расстояния, так как более высокая стоимость оборудования и больший расход энергии компенсируется экономией на вентиляции измельчительного цеха. Что же касается потерь скипидара, то размер их точно не выяснен. По отдельным наблюдениям¹, содержание скипидара в щепе после пневматической транспортировки уменьшается на 1%, по сравнению с первоначальными.

Бункер. Из измельчительного отделения щепа поступает в особые хранилища—бункера или силосы.

¹ Труды ЦНИИХИ.

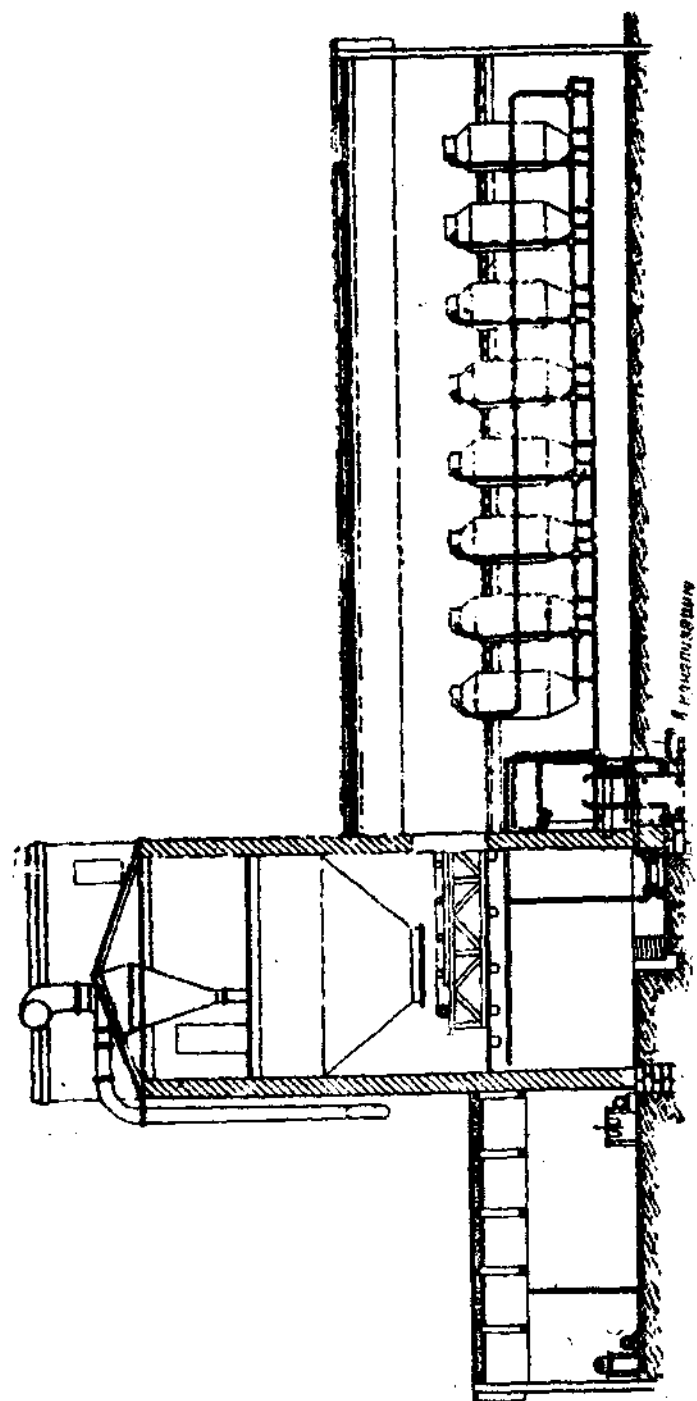


Рис. 181. Общий бункер.

На канифольно-экстракционных заводах встречаются два типа этих хранилищ: 1) бункер общий и 2) индивидуальные или отдельные бункера над каждым экстракционным аппаратом.

Примером общего бункера может служить бункер, представленный на рис. 181, а также бункер завода Вахтан.

На этом заводе бункер расположен в каменной пристройке к химическому цеху, на высоте 3-го этажа.

Он представляет собой каменный ящик с пирамидальным железным дном. Внизу дно имеет шесть разгрузочных отверстий с заслонками, которые открываются поворачиванием рукоятки.

Под всеми отверстиями проходит лента транспортера, служащего для загрузки щепы из бункера в экстракторы.

Общая емкость бункера 218 куб. м.

Устройство общего бункера проще и стоит он дешевле, чем индивидуальные бункера.

Однако, на крупных заводах, где приходится в короткое время загружать в экстрактора значительные объемы щепы, удобнее устраивать отдельные бункера над каждым экстрактором.

Такое устройство бункера показано на рис. 191.

Емкость каждого отдельного бункера в этом случае делают равной максимальной емкости одного экстрактора.

Объем бункера может быть определен по следующей формуле:

$$V = \frac{T\gamma}{t\beta}$$

где: V —объем бункера в м³

T —часовой расход щепы в тоннах

t —число часов запаса щепы

γ —удельный вес щепы

β —коэффициент заполнения бункера.

КАНИФОЛЬНО-ЭКСТРАКЦИОННОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Принципиальная схема технологического процесса

Как мы указывали выше, канифоль, скипидар, флотационные масла и прочие смолистые вещества могут быть извлечены из осмолы с помощью экстракции органическими растворителями.

Производство, основанное на этом способе переработки осмолы, называется канифольно-экстракционным. Сущность этого производства видна из следующей принципиальной схемы технологического процесса (рис. 182).

Осмол, являющийся исходным сырьевым материалом, подвергается, как описано, измельчению в щепу, которая затем сортируется для отделения крупных кусков и мелочи.

Щепа подвергается дальше экстрагированию какими-либо органическими растворителями. В результате этой операции мы получаем раствор, содержащий смолистые вещества, а в экстракционном аппарате остается обессмоленная щепа, пропитанная растворителем. Удержанный щепой растворитель отгоняется с помощью острого пара, после чего щепа выгружается и направляется для дальнейшего использования (сжигание в топке паровых котлов, варка целлюлозы, изготовление волокнистых пластиков, гидролиз и т. п.).

Раствор, содержащий смолистые вещества, подвергается дальнейшей переработке.

Прежде всего из раствора отгоняется растворитель, который направляется обратно в производство. Затем из остатка отгоняется скипидар и прочие летучие продукты. Оставшаяся канифоль уваривается и сливается в бочки. Скипидар обычно подвергается повторной перегонке, или ректификации, с целью отделения пайн-оэля (так называют высококипящие части скипидара, содержащие значительные количества терпеновых спиртов). Иногда перегонке предшествует обработка раствором щелочи. Пайн-оэль в свою очередь подвергается перегонке для выделения флотационных масел.

В результате такой обработки скипидара — сырья получают следующие продукты:

Скипидар I сорта.

Тяжелый скипидар или скипидар II сорта.

Флотационные масла.

Остаток тяжелых масел.

Перечисленными операциями исчерпывается принципиальная схема технологического процесса канифольно-экстракционного производства.

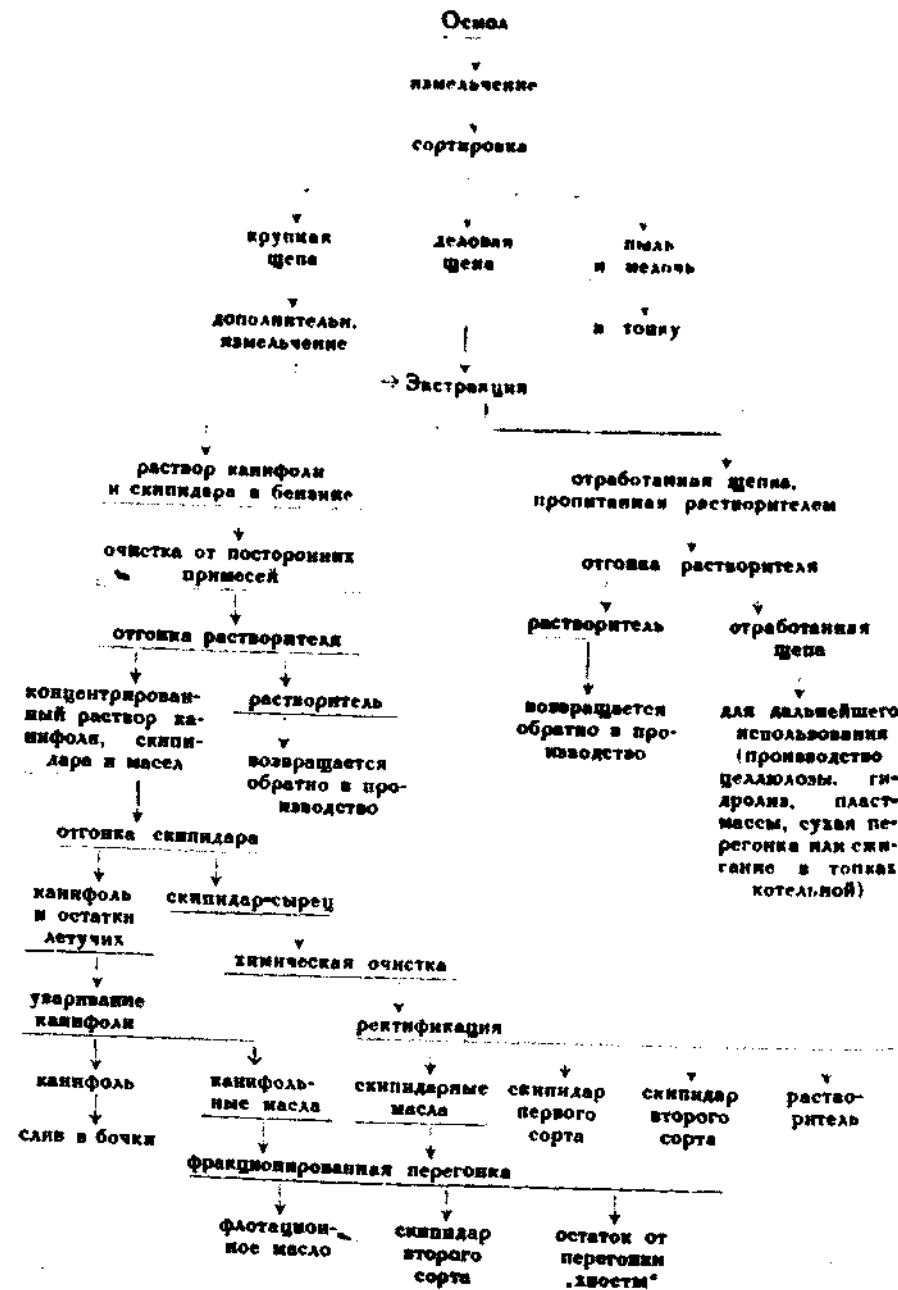


Рис. 182. Принципиальная схема технологического процесса камфарно-экстракционного производства.

Перейдем к рассмотрению отдельных операций.

Общая характеристика процесса экстракции. Сущность процесса заключается в разделении смолистых веществ, заключенных в древесине, от остальных компонентов древесины с помощью подходящего растворителя, в котором смолистые вещества растворяются.

Процесс растворения, как известно, сопровождается процессом диффузии, в результате которого происходит выравнивание концентрации растворенного вещества во всей массе растворителя. Скорость и полнота растворения смолистых веществ в растворителе в основном зависят от многочисленных факторов, влияющих на диффузионный процесс.

Главнейшие из этих факторов следующие:

- 1) степень измельчения,
- 2) температура,
- 3) давление,
- 4) влажность,
- 5) циркуляция раствора,
- 6) свойства растворителя,
- 7) продолжительность экстракции.

Влияние степени измельчения на процесс экстракции мы изложили уже достаточно подробно при описании дробильного отделения и останавливаться на этом еще раз нет необходимости. Из самого понятия диффузии следует, что растворитель и экстрагируемое вещество должны быть приведены в самое тесное соприкосновение. Отметим здесь только, что степень измельчения (осмола является одним из важнейших факторов, определяющих успех экстракции).

Влияние температуры, как известно, в большинстве случаев сказывается в ускорении процессов растворения. При экстрагировании смолистых веществ из осмола повышение температуры очень резко ускоряет процесс экстрагирования. Так, например, были получены следующие результаты (табл. 48).

Таблица 48

	1 час	2 часа	3 часа
	% извлечения при одной экстрак.	% извлечения при двух экстрак.	% извлечения при трех экстрак.
0°C	27,8	49,16	71,5
20°C	68,0	74,2	76,1
50°C	74,0	80,1	81,9
80°C	86,0	89,7	90,17

Мы видим, что повышение температуры экстракции от 0°C до 80°C дает возможность через один час извлечь больше камфары, чем мы извлекаем через 3 часа при температуре 50°C.

Таким образом, весьма значительное ускорение экстракции с повышением температуры несомненно. Однако, повышение температуры в то же время ускоряет рост нежелательных изменений в составе экстрагируемого продукта, с которыми необходимо заранее считаться, например, окислительный процесс в канифоли происходит быстрее и она получается более темной, а присутствующий скипидар подвергается осмолению.

Кроме того, при высоких температурах в раствор переходят такие вещества, которые при более низких температурах в бензине нерастворимы. Эти посторонние продукты окрашены в темный цвет и выпадают из бензинового раствора уже при 50—60°.

Образующийся при этом черный осадок на американских заводах называют „нигро“.

Следовательно, проводя извлечение при высоких температурах, мы должны думать о последующей очистке растворов и осветлении канифоли. Именно таким образом и поступают на американских заводах, стремясь по возможности больше извлечь из осмол смолистых веществ и подвергая в дальнейшем полученный раствор дополнительной обработке с целью удаления посторонних темно-окрашенных веществ и осветления канифоли.

Влияние давления, вне зависимости от повышения температуры, изучено мало. Обычно вместе с повышением давления во всех исследованиях повышалась и температура. Однако, поскольку давление способствует более тесному соприкосновению растворителя и экстрагируемого вещества, оно может быть только полезно. Большинство американских канифольно-экстракционных заводов работают при повышенном давлении от 2 до 6 ат.

Для иллюстрации влияния давления на процесс экстракции приводим следующие результаты из работ Пальмера (табл. 49).

Таблица 49
Эффект давления

№№ опыта	Давление в ат	Размер щепы в мм	Время мин.	Содержание канифоли в %	Выход канифоли в %
1	0	4,9	15	20,92	72,6
6	2	4,9	15	27,73	94,3
5	3,6	4,9	15	29,35	85,3
2	0	4,9	45	25,1	75
4	2	4,9	45	25,92	93,7

Влияние влажности. Влажность осмол существенно влияет на ход извлечения смолистых веществ горячим органическим растворителем, так как впитывание бензина и других применяемых при экстракции растворителей, идет значительно хуже при влажной щепе, чем при сухой, поскольку все эти растворители

с водой не смешиваются. Опыт работы Вактана показывает, что при работе на влажном осмол свежей заготовки, с влажностью до 40%, выхода канифоли значительно снижаются. Так, например, в техническом отчете этого завода за 1934 г. мы находим следующие цифры:

	I кв.	II кв.	III кв.
Содержание канифоли в осмол в %	31,7	31,8	29,6
Влажность %	24,1	20,9	17,4
Выход канифоли с 1 м ³ /кг	32,2	35,5	36,4

В январе 1935 г. при переработке осмол с содержанием канифоли в 31,58% и влажностью 42% выход канифоли на 1 м³/кг осмол снизился до 29,4 кг.

В масло-экстракционной промышленности при экстракции бензином считается необходимым подсушивать семена до влажности 10—12%. При экстрагировании осмол достаточно иметь так называемый воздушно-сухой осмол с влажностью 18—20%. В виду изложенного, необходимо заготавливать осмол с таким расчетом, чтобы он мог подсохнуть в течение лета.

Циркуляция раствора во время экстрагирования точно также оказывает весьма существенное влияние на процесс экстракции, так как ускоряет процесс диффузии.

При спокойном настаивании процесс диффузии, а следовательно, растворение и извлечение смолистых веществ из осмол, происходит очень медленно.

Многочисленные наблюдения показывают, что основная масса смолистых веществ переходит в раствор во время движения растворителя, например, при закачке. Скорость диффузии прямо пропорциональна разности концентраций. Циркуляция, перемешивание при кипячении, увеличение скорости движения растворителя, уменьшают толщину пограничного слоя между твердым экстрагируемым веществом и растворителем, способствуют увеличению скорости диффузии, а следовательно, увеличивают скорость экстракции.

Свойства растворителя. Успех экстрагирования весьма существенно зависит также от свойств самого растворителя. Не всякий растворитель, хорошо растворяющий смолы, может быть использован в канифольно-экстракционном производстве. Для этого он должен удовлетворять определенным, довольно многочисленным требованиям.

Растворитель не должен вступать в химические соединения с экстрагируемым веществом и изменять свойства этого вещества. Недопустимо также изменение свойств самого растворителя в процессе экстракции, что затруднило бы последующую его регенерацию из растворов и привело бы к большим потерям в производстве.

Точно также растворитель не должен химически влиять и на материал экстракционной аппаратуры. Применение растворителей, которые оказывают значительное коррозионное воздействие на ап-

паратуру, приводит к необходимости частых ремонтов, уменьшает срок амортизации аппаратов, приводит к загрязнению конечного продукта посторонними примесями и в конечном итоге удорожает все производство.

Помимо того, необходимо учитывать воздействие паров растворителей на организм человека. Пары почти всех органических растворителей оказывают значительное токсическое действие. Но интенсивность этого воздействия далеко не одинакова. Такие растворители, как хлороформ, сероуглерод оказывают очень сильное физиологическое действие, другие — как бензин, скипидар, при небольшой концентрации их паров в воздухе оказывают лишь слабое воздействие на организм. К тому же к парам этих растворителей организм человека довольно быстро привыкает.

Серьезным недостатком большинства органических растворителей является их легкая воспламеняемость и способность при определенной концентрации их паров образовывать взрывчатые смеси с воздухом. Это обстоятельство заставляет принимать на экстракционных заводах специальные меры предосторожности и пожарной охраны. При этом необходимо помнить, что существуют так называемые нижний и верхний пределы взрывчатости. Если воздух содержит незначительные количества паров растворителей и горючего вещества недостаточно, чтобы развить требуемую теплоту, то смесь неспособна взорваться, ее состав находится под нижним пределом взрывчатости. Если смесь богата парами растворителя и имеющегося кислорода недостаточно, чтобы вызвать взрыв, то смесь находится над верхним пределом взрывчатости. Смеси, состав которых находится между этими двумя пределами — взрывчатые, они находятся в области взрыва. Эти пределы различны у разных растворителей и указаны в приводимой ниже таблице 51.

Экстрагирующая способность различных растворителей в отношении смол далеко не одинакова. Так, например, если принять извлекающую способность эфира в отношении смол за единицу, то относительная извлекающая способность некоторых растворителей может быть представлена нижеследующими данными.

Эфир	1
Бензол	0,58
Ксилол	0,52
Скипидар	0,46
Бензин „Калоша“	0,30—0,32
„ II сорт	0,24—0,25

Наименьшей извлекающей способностью в отношении смол из перечисленных в таблице растворителей обладает бензин.

Проф. Ф. А. Чесноков приводит следующие данные в отношении извлекающей способности некоторых растворителей (табл. 50).

И здесь мы видим, что бензин по своей извлекающей способности резко отличается от остальных органических растворителей. Если все остальные растворители сравнительно незначительно

отличаются друг от друга своей извлекающей способностью, то у бензина эта способность резко понижена.

Таблица 50

Процент экстрагирования

Материал	Растворитель			
	Эфир	Бензол	Скипидар	Бензин
Стружка с калр	74,4	75,6	71,0	37,4
Осмоляная щеп	24,9	23,7	24,0	17,5

Бензин, петролейный эфир и некоторые другие углеводороды отличаются тем, что плохо растворяют продукты окисления нормальных смоляных кислот. Окисленные смоляные кислоты могут быть растворены только в концентрированных растворах канифоли в бензине или петролейном эфире. При разбавлении этих растворов окисленные смоляные кислоты выпадают из раствора в виде хлопьев. Смоляные кислоты, заключенные в осмол, в значительной степени подвергаются окислению за время пребывания пня в земле и, вследствие этого, уменьшается их растворимость в бензине.

Помимо извлекающей способности, немаловажное влияние на процесс экстракции оказывают и многочисленные другие физико-химические свойства растворителя, как например, удельный вес, теплота, испарения, растворимость в воде, удельная теплоемкость, пределы кипения и др.

Основные физико-химические константы главнейших растворителей приведены ниже в таблице 51.

В заключение укажем еще одно чрезвычайно важное требование в отношении растворителя: он должен быть достаточно дешев и доступен, т. е. должна быть обеспечена возможность получения его в значительных количествах.

В настоящее время у нас в СССР и за границей наиболее широко применяемым в экстракционной промышленности растворителем является бензин сорта „Калоша“.

С точки зрения тех требований, о которых мы говорили выше, и по своим физико-химическим свойствам бензин является далеко не лучшим растворителем.

Главнейшие его недостатки — огнеопасность, широкие пределы кипения, относительно слабая извлекающая способность при экстрагировании смол из пневого осмола.

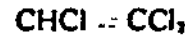
Однако, по сравнению с другими растворителями он является наиболее дешевым и доступным в значительных количествах для производства. Эти обстоятельства и являются причиной широкого его применения в химической промышленности.

Таблица 51

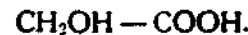
№ по пор.	Растворитель	Молекулярный вес	Удельный вес 15°	Плотность при 15°	Удельная теплоемкость	Скрытая теплота парообразования	Растворимость в 100 г воды	Точка кипения	Границы жароустойчивости				Упругость пара			Температура кипения
									Объем	Гр	Объем	Гр	20	40	80	
1	Бензол	78	0,8736	80-81	0,42	93	0,07	-12	1,5	0,0487	9,5	0,281	75	175	760	0,13
2	Эфир этиловый	74	0,719	34,9	0,54	90	6,97	-40	1,5	0,0386	10,0	0,308	438	914	3010	0,163
3	Сиклар	136	0,85	155-200	0,47	68	0,01	30-32	1,5	0,0386	10,0	0,308	56	131	812	0,15
4	Трихлорэтилен	131,4	1,47	86	0,228	56-58	0,01	Негорюч.	4,0	0,0733	14,0	0,256	44	131	812	0,15
5	Дихлорэтан	99	1,23	81	0,33	74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Спирт этиловый	45	0,789	78,2	0,58	205	-	+14	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Нейтральные смоляные масла	-	0,8875	110-185	0,50	-	0,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Из других растворителей следует указать на все расширяющееся применение хлорозамещенных углеводородов и использование в качестве растворителей различных органических веществ, получающихся в качестве отходов при различных химических производствах. Из хлорозамещенных углеводородов наибольшее внимание привлекает к себе трихлорэтилен и дихлорэтан.

Трихлорэтилен



является отличным растворителем для смол, масел, жиров, каучука и находит широкое применение для экстракционных целей. Он представляет жидкость с запахом, напоминающим хлороформ, кипит при 86° и обладает удельным весом $d_{15} = 1,471$. В воде растворяется только в виде следов и в таком же количестве растворяет в себе воду. К действию разбавленных щелочей и извести постоянен. При нагревании с крепкими щелочами переходит в гликолевую кислоту



При этом образуются также следы дихлорэтилена C_2Cl_2 , который обладает свойством самовоспламеняться.

Трихлорэтилен, так же, как и другие хлористые соединения, действует на металлы, но значительно слабее, даже в присутствии воды. По вопросу о коррозирующем действии трихлорэтилена имеются значительные разногласия. Есть указания, что присутствие смоляных кислот ускоряет отщепление соляной кислоты от трихлорэтилена. Наиболее легко действует на железо и медь, а на алюминий и свинец почти не действует. Отщепление соляной кислоты происходит легко при действии света в присутствии воды. Трихлорэтилен на свету в присутствии воздуха легко окисляется, давая при этом газообразные ядовитые продукты — фосген и окись углерода. Кроме того, он более ядовит, чем хлороформ. После непродолжительного вдыхания вызывает оцепенение, головокружение, жжение в глазах и раздражение кожи. Способность трихлорэтилена легко окисляться под действием света и кислорода воздуха, а следовательно, и выделения ядовитых продуктов, может быть значительно ослаблена добавкой к нему небольших количеств некоторых веществ, «стабилизаторов».

Трихлорэтилен негорюч и не образует взрывчатых смесей с воздухом. Эти особенности, а также прекрасная растворяющая способность, узкие пределы кипения, легкость регенерации, небольшие потери способствуют широкому применению его в экстракционной промышленности.

Дихлорэтан, или хлористый этилен, представляет бесцветную жидкость с запахом, похожим на хлороформ, ядовит и, подобно хлороформу, проявляет опасное физиологическое действие при вдыхании паров значительной концентрации. Медленно гидролизуется водой, но вызывает коррозию металлов лишь в слабой степени. Хлористый этилен — хороший растворитель для смол, жиров, каучука. Вследствие своей хотя и небольшой горючести имеет меньшее техническое применение по сравнению с трихлорэтиленом.

В самое последнее время в ЦНИИЛХИ и на Навлинском опытном экстракционном заводе Главлессима производились опыты по испытанию нового растворителя (растворитель «К»), представляющего собой нейтральные смоляные масла. Основные константы этого растворителя приведены в таблице 51.

Он представляет собой фракцию сухоперегонных древесных смол, освобожденную от кислот и фенолов, кипящую в пределах от 110° до 185°. Этот растворитель отличается чрезвычайно высокой растворяющей способностью в отношении канифоли, благодаря чему он представляет значительный интерес для канифольно-экстракционной промышленности и может найти применение для производства специальных смол.

Экстракционные аппараты. Извлечение канифоли и скипидара из смолистой щепы производится в специальных экстракционных аппаратах. Мы опишем здесь устройство лишь некоторых, наиболее часто встречающихся в канифольно-экстракционном производстве аппаратов.

Экстракционный аппарат завода Вахтан (рис. 183) представляет цилиндрический сосуд с выпуклым днищем и

крышкой. Корпус аппарата изготовлен из котельного железа толщиной 12—16 мм. Рабочая емкость составляет 33,5 м³. В нижней части аппарата устроено ложное дно, образованное решеткой, на

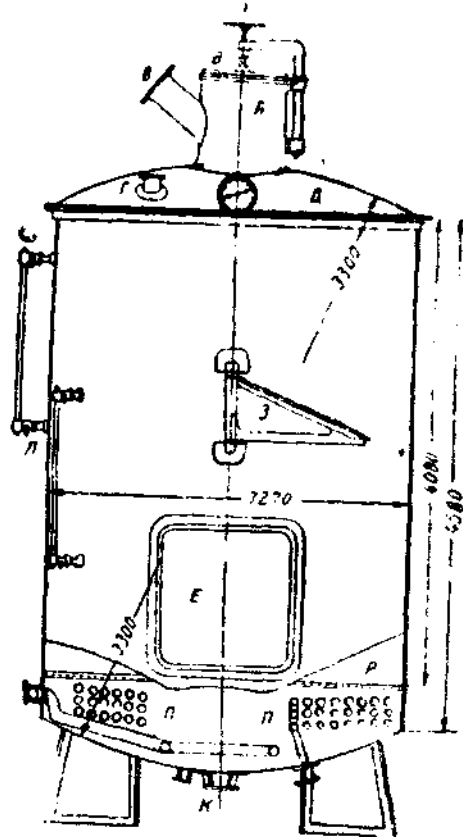


Рис. 183. Экстрактор завода «Вахтанг». А — загрузочная горловина, Б — люк для загрузки щепы, В — штуцер паропроводной трубы, Г — штуцер трубы для заливки бензина, Д — манометр, Е — нижний люк для выгрузки, З — кронштейн для поддержания выгрузочного люка, К — спускная труба, Л — мерные стекла, П — манометр для глухого пара, Р — решетка.

ной крышкой, подвешенной на цепи на специальном кронштейне, укрепленном на стенке экстрактора. Кронштейн укреплен подвижно и может отводиться в сторону вместе с подвешенной к нему крышкой.

Остальную арматуру экстрактора составляют спускная труба, стр, мерные стекла и пробные краны.

которой уложены стальные пластины с круглыми отверстиями 10 мм. Под решеткой расположены змеевики для глухого пара и барбатор для выпуска острого пара. К сферической крышке аппарата прикреплена горловина со штуцером для паропроводящей трубы. Кроме того, на крышке имеется штуцер для заливки бензина и манометр.

Загрузка щепы производится через горловину, в которую вставляется затем цилиндрической формы патрон из железных прутьев, обтянутый снизу металлической сеткой. Назначение сетки — задерживать мелкую щепу, опилки и пр., извлекаемые парами при отгонке растворителя. Горловина закрывается с помощью упорного винта, к которому она прикреплена и перемещается вместе с ним. Винт в свою очередь удерживается опорным кронштейном, вращающимся вокруг своей оси в двух направляющих цапфах, приваренных к горловине. Такое устройство позволяет, вращая винт, поднять крышку и затем отвести ее в сторону.

Выгрузка отработанной щепы производится через боковой люк квадратной формы. Люк закрывается массив-

Основной недостаток описанного экстрактора составляет трудность выгрузки из него отработанной щепы. Выгрузка щепы через боковой люк происходит очень медленно, так как это связано с образованием сводов из щепы внутри аппарата. Для разрушения этих сводов и выгрузки щепы приходится лезть в аппарат с повышенной температурой и пыльной щепой, что вредно отражается на здоровье рабочих.

К числу недостатков относится также значительный объем свободного пространства под ложным дном. Это обстоятельство уменьшает коэффициент полезного использования объема аппарата, вызывает большой расход растворителя на заполнение аппарата и, следовательно, приводит к понижению концентрации канифоли в растворе.

Диффузор Виганда (рис. 184) представляет железный высокий цилиндр, с отношением высоты к диаметру 2:1—2,5:1. Верхняя часть сферической формы имеет горловину с загрузочным отверстием 500—600 мм, плотно закрываемым крышкой. Вокруг горловины приварен кольцевой коллектор со штуцером для паропроводной трубы и подачи раствора. Кольцевое пространство, образованное коллектором, сообщается с внутренней частью диффузора через ряд прямоугольных окошек, вырезанных в стенках горловины. Во избежание попадания в коллектор опилок и мелкой щепы, окошки закрыты металлической сеткой. Нижняя часть диффузора имеет вид наклонного усеченного конуса, с нижним люком

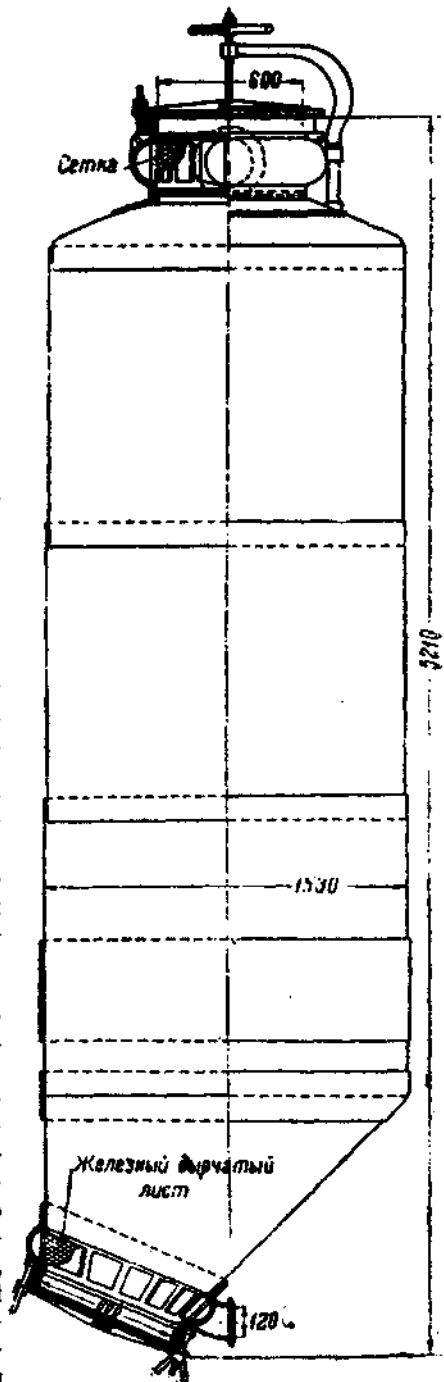


Рис. 184. Диффузор Виганда.

для выгрузки, поставленным под углом в 45° к горизонтали. На конической части диффузора вокруг нижнего люка точно также приварен кольцевой коллектор со штуцером для отвода раствора и подачи острого пара. Для сообщения коллектора с внутренним пространством диффузора в стенках конической части наскверлены круглые отверстия. Вся эта часть диффузора обтягивается мелкой металлической сеткой.

Диффузоры Виганда чрезвычайно просты по своей конструкции, удобны для выгрузки и, благодаря наклонному расположению нижнего люка, могут быть установлены не больше чем на 1 метр от уровня пола.

Диффузор Нейбекера представляет собой железный цилиндр с нижней конической частью и сферической крышкой (рис. 185). Горловина на крышке закрывается с помощью одного упорного винта и может вместе с ним быть отведена в сторону. В конической нижней части иногда устраивают конической же формы ложное дно из железных продырявленных пластин. В этом случае между ложным дном и стенками аппарата может быть расположен змеевик для глухого пара. В аппаратах Нейбекера предусмотрена возможность пропускать циркуляцию раствора в отдельном аппарате сверху вниз с помощью насоса. Для облегчения откачки раствора внутри диффузора снизу вверх по стенке проходит дырчатый жолоб. Закачка раствора снизу вверх, предусмотренная в этой схеме аппарата Нейбекера, позволяет избежать уплотнения щели.

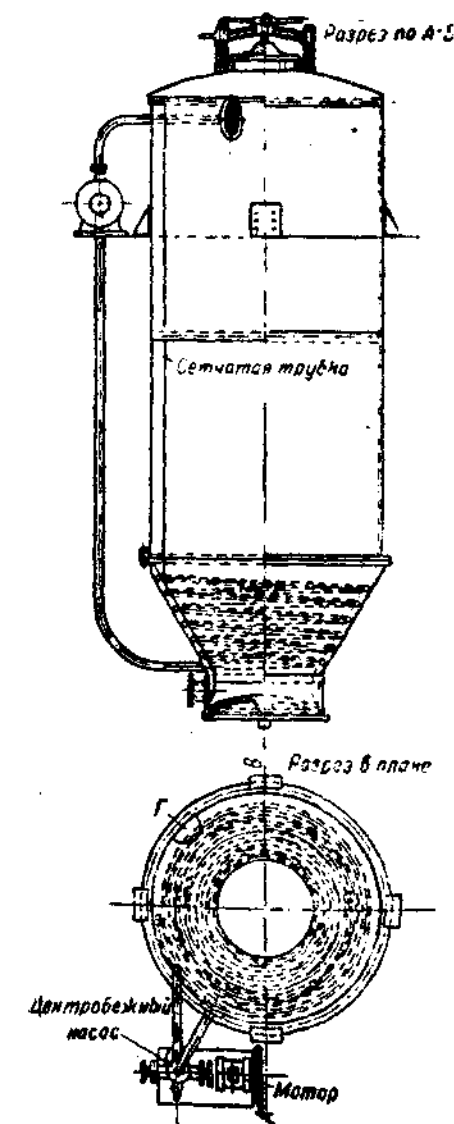


Рис. 185. Диффузор Нейбекера.

При таком способе циркуляции верхнюю часть аппарата необходимо снабжать ситом, чтобы раствор не увлекал с собой мел-

кую щепу и пыль. Аппараты Нейбекера точно также просты по своей конструкции и удобны в смысле выгрузки.

Американский экстрактор с отъемным днищем представляет железный цилиндр, диаметром около 2,4 м и высотой 7,2 м (рис. 186). На дне этого цилиндра имеются две сетчатые

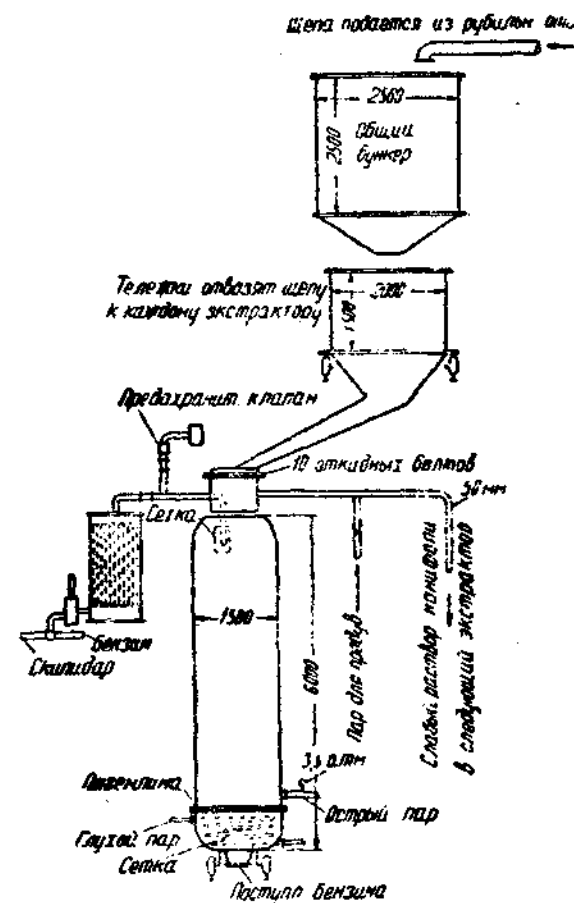


Рис. 186. Американский экстрактор с отъемным днищем.

решетки: снизу с крупными отверстиями, сверху — с мелкими, причем решетки состоят каждая из двух половинок. Нижняя отъемная часть аппарата имеет форму полушара и прикреплена к главному корпусу на болтах. В этой шаровой части аппарата расположен змеевик для глухого пара и барбатер для острого пара. Верхняя часть экстрактора имеет сферическую форму и снабжена горловиной для загрузки щепы. Разгрузка экстрактора производится следующим образом: отвинчиваются отжимные болты, соединяющие

отъемную часть с корпусом аппарата, и через особые трубки гидравлическим напором дно снимается от экстрактора. Перед этим отнимаются соединения труб для змеевика и для бензинового раствора. Затем дно опускается на рельсовый путь и отвозится в сторону. После этого отъемом особых крючков разнимаются решетки, состоящие из двух половинок, и щепы вываливаются из экстрактора. Благодаря такому устройству выгрузка щепы производится очень быстро.

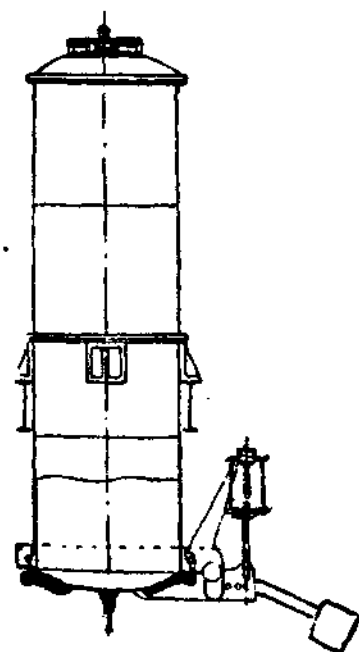


Рис. 187. Американский экстрактор с откидным дном.

Американский экстрактор (рис. 187) с откидным дном, отличается устройством нижнего люка для выгрузки, каковым является полное сечение экстрактора. Нижняя крышка экстрактора висит с одной стороны на шарнире в ушках специального стального кольца, укрепленного на нижней части главного корпуса, с другой — подхватывается собачкой, укрепленной на том же кольце. При открывании диффузора собачка опускается поворотом маховика. Для создания плавности при опускании крышки служит массивный противовес и амортизатор в виде подвижного на шарнирах водяного цилиндра. В цилиндре имеется поршень, соединенный подвижным штоком с крышкой. Пока в цилиндре имеется вода, поршень давит на воду и крышка не может открыться.

Выгрузка производится следующим образом: рабочий, следящий за нижней частью диффузора, отдает собачку кранового механизма предохранительного устройства и сигнализирует вверх. Сверху отпускают у маховиков основной рычаг — собачку, удерживающую крышку. Затем рабочий, стоящий внизу, на достаточно далеком расстоянии, плавно выпускает воду из водяного цилиндра и постепенно опускает крышку. Вследствие собственной тяжести щепы вываливаются из экстрактора.

Аппарат Мерца состоит из двух частей: из экстрактора *E*, соединенного со сборником для экстракта *K*, и холодильника *C*, комбинированного с резервуаром *R* для растворителя. Экстрактор *E* посредством люка *a* загружается экстрагируемым материалом и наполняется растворителем из резервуара *R* до уровня *g* сифонной трубки, через которую он переливается в сборник *K*. Посредством змеевика глухого пара раствор нагревается, пары его поднимаются в направлении, указанном стрелкой на рис. 188, нагревают щепу и конденсируются обратным холодильником, на-

ходящимся над крышкой экстрактора. Теплая жидкость стекает в *E* и, достигнув уровня сифонной трубки *g*, вновь переходит в сборник *K*. Процесс повторяется и происходит автоматически действующий круговорот, который прекращают, когда проба, взятая у *h*, покажет конец экстракции. Охлаждение в обратном хо-

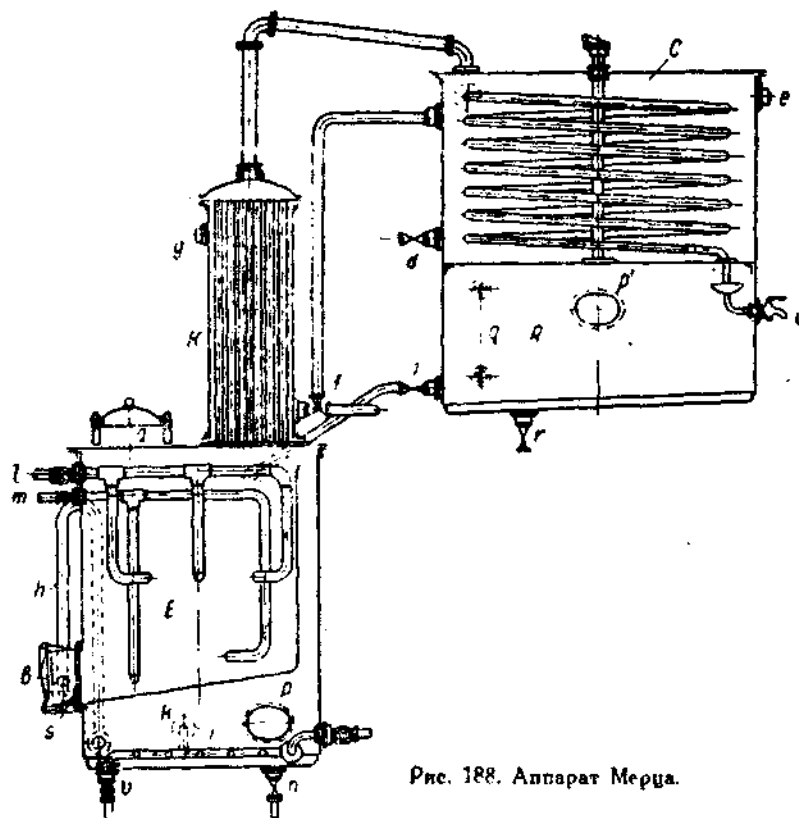


Рис. 188. Аппарат Мерца.

лодильнике прекращают, пары поднимаются в холодильник *C*, конденсируются там, и растворитель стекает в резервуар *R*.

Остатки растворителя из экстрагируемого материала отгоняют острым паром. Экстракт опускают у *l* и экстрактор разгружают через боковой люк. Этот аппарат дает возможность чрезвычайно полно произвести извлечение канифоли небольшим количеством оборотного растворителя.

Вращающийся экстрактор Отто Вильгельма представляет длинный цилиндрический сосуд, медленно вращающийся вокруг полой продольной оси (рис. 189). В него загружается экстрагируемый материал и растворитель, которые во время вращения нагреваются, перемешиваются и приходят в тесное соприко-

своение друг с другом. После некоторого времени растворитель, обогащенный экстрактом, спускается и экстрагируемый материал, еще раз обрабатывается свежим растворителем. Этот второй, более бедный экстрактом раствор служит потом в качестве первого растворителя для свежей загрузки, после чего он поступает в перегонный куб, где растворитель отгоняется. Вращающийся экстрактор Отто Вильгельма особенно пригоден для экстрагирования пылевидных материалов и может работать под вакуумом. Вообще же он слишком сложен и мало производителен.

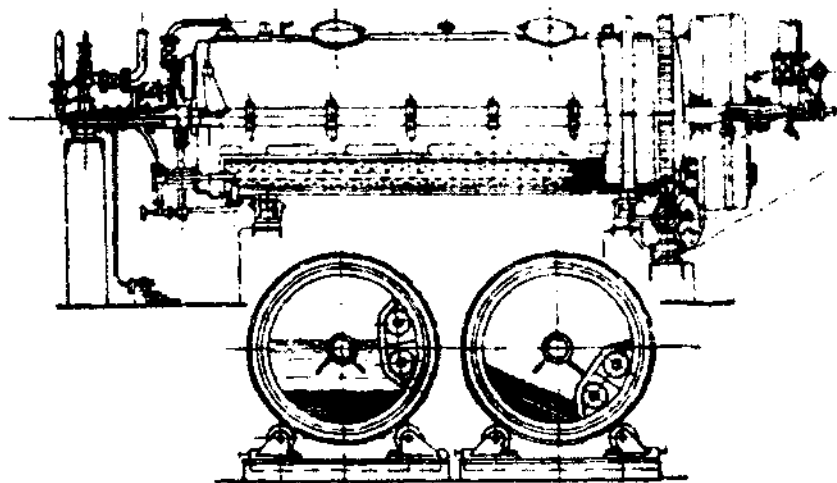


Рис. 189. Вращающийся экстрактор Отто Вильгельма.

Непрерывно-действующие экстракционные аппараты. В этих аппаратах экстракция осуществляется при одновременном движении навстречу друг другу растворителя и экстрагируемого материала. Перемещение экстрагируемого материала внутри экстракционной установки обычно осуществляется с помощью шнеков. Конструкции подобных аппаратов для работы с органическими растворителями пока мало разработаны. С некоторыми типами непрерывно-действующих экстракционных аппаратов можно познакомиться по книгам Шехтерле „Экстракционные аппараты“ и Майзель „Химическая аппаратура“, вып. 2.

Процесс экстракции. Процесс растворения или экстракции смолистых веществ из осмольной щепы проще всего вести так, что на экстрагируемый материал наливают некоторое количество растворителя, дают ему несколько времени постоять, затем полученный раствор сливают, наливают свежий растворитель, снова сливают, если надо, еще и еще раз наливают растворитель и ведут операцию до полного истощения смолистых веществ в экстрагируемой щепе. Этот способ работы, который можно на-

звать простой периодической экстракцией, применялся одно время на заводе Вахтан. В некоторых других экстракционных производствах вместо того чтобы каждый раз наливать и сливать растворитель, предпочитают вести работу по так называемому методу вытеснения.

Состоит этот метод в том, что растворитель медленным, но постоянным током пропускают через экстрагируемый материал, находящийся в экстракторе, направляя его сверху вниз или снизу вверх, в зависимости от соотношения удельных весов растворителя и раствора. Если удельный вес растворителя ниже удельного веса раствора, то растворитель направляют сверху, если удельный вес растворителя больше удельного веса раствора, то растворитель подается снизу.

При описанном методе простой периодической экстракции, равно как и способе вытеснения, приходится употреблять большие количества растворителя. При этом растворы от отдельных сливов смешиваются и общая концентрация раствора в сборнике получается низкой. Так как в дальнейшем весь растворитель должен быть отогнан из раствора, то расход пара на эту операцию возрастает пропорционально количеству растворителя.

Устранить эти недостатки в работе периодически-действующего экстрактора можно, применяя к экстракции принцип противотока. В этом случае растворы от отдельных экстракций собирают в особые сборники, число которых равно числу экстракций. Если, например, для полного истощения щепы необходимо произвести 5 заливок и сливов, т. е. 5 экстракций, то и сборников для растворов необходимо иметь 5.

Следовательно, после обработки одной загрузки щепы мы получим пять растворов с различной концентрацией канифоли в них. Раствор, полученный после первой экстракции, будет наиболее концентрированным и может быть направлен на дальнейшую переработку.

Остальные растворы используются для обработки свежей загрузки щепы. При этом, по принципу противотока на первую экстракцию на свежую щепу заливается наиболее концентрированный из оставшихся растворов, т. е. раствор, слитый после второй экстракции предыдущей загрузки. На вторую экстракцию второй загрузки, по тому же правилу заливают раствор, полученный после третьей экстракции предыдущей загрузки, на третью экстракцию — раствор от четвертого слива, на четвертую экстракцию — раствор от пятого слива и т. д. Наконец, на последнюю экстракцию заливают чистый растворитель. Таким образом, в нашем случае, после пяти экстракций второй загрузки, мы вновь получим пять различных растворов, но израсходуем на ее обработку только $\frac{1}{5}$ того количества чистого растворителя, которое мы израсходовали ранее при простой периодической экстракции. Из полученных пяти растворов на дальнейшую переработку направляется только раствор, полученный после первой экстракции. Остальные растворы используются по предыдущему для обработки новых порций щепы.

Если имеется не один, а несколько экстракционных аппаратов, то число сборников может остаться тоже при соответствующем увеличении их объема, чтобы можно было помещать в них растворы из нескольких аппаратов. Однако, при наличии нескольких аппаратов имеется возможность обойтись вовсе без сборника. Для этого необходимо:

1) включать аппараты в работу постепенно через промежутки времени, равные продолжительности одной экстракции;

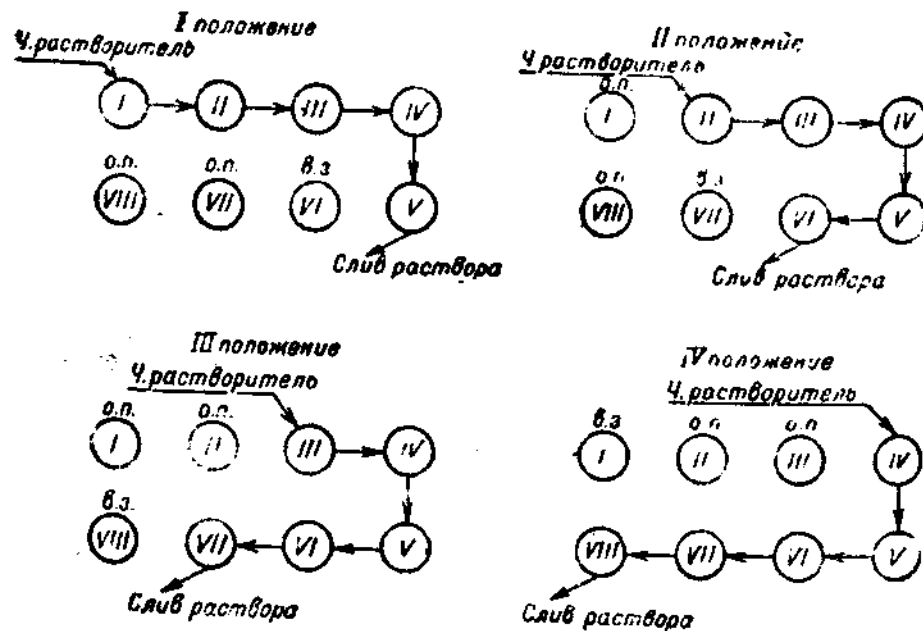


Рис. 190. Схема работы диффузионной батареи.

2) соединить отдельные экстракторы друг с другом трубопроводами, чтобы можно было перемещать раствор непосредственно из аппарата в аппарат.

В конце концов, при установившемся процессе, мы получим положение, представленное на рис. 190. Здесь в I аппарате происходит 5-я экстракция, во II—4-я экстракция, в III—3-я экстракция, в IV—2-я экстракция и в V—первая экстракция. Накачивая чистый растворитель в I экстрактор, мы заставим раствор перемещаться из аппарата в аппарат и в конце концов он будет сливаться из V аппарата. Мы получим как бы единую экстракционную установку, составленную из отдельных аппаратов. Такая экстракционная установка называется экстракционной батареей, а отдельные аппараты диффузорами. Если мы предположим, что в положении, представленном на рис. 191, щепы в I диффузоре подверглась уже достаточному извлечению, то в следующий мо-

мент диффузор I мы отключаем от батареи, переключив соответствующий вентиль на соединительном трубопроводе, и одновременно включаем в батарею новый диффузор со свежей загрузкой.

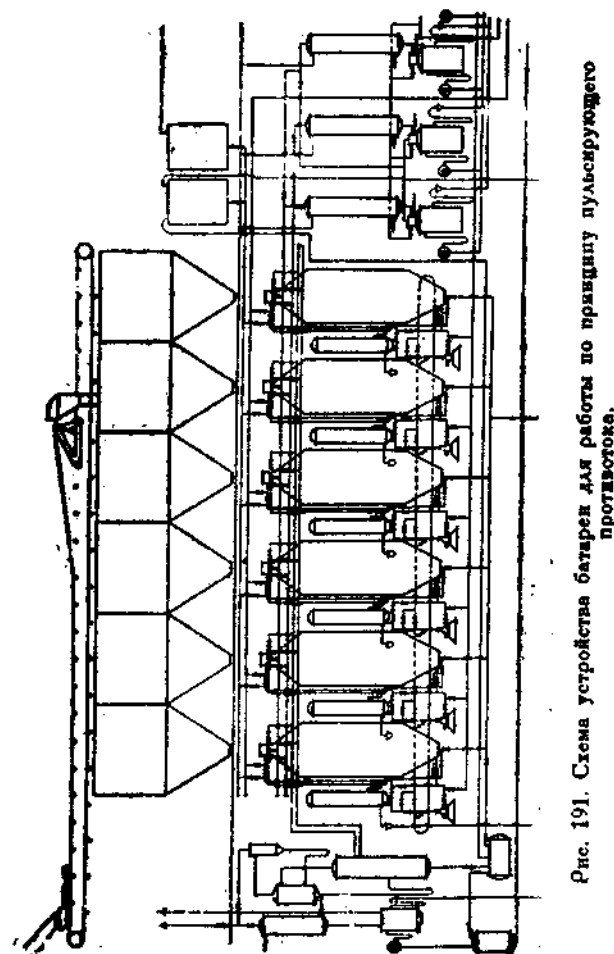


Рис. 191. Схема устройства батареи для работы по принципу пульсирования.

В этом положении, чистый растворитель закачивается во II диффузор (т. е. на наиболее обессмоленную щепу), а сливается раствор из IV диффузора со свежей щепой. В это время в диффузоре I производится отгонка удержанного щепой растворителя. Отработанная щепы затем из него выгружается и производится загрузка свежей щепы. В следующий момент диффузор I вновь включается в батарею, а диффузор II из нее выключается и т. д. Экстракция

в батарее ведется непрерывно, хотя отдельные диффузоры работают периодически.

Такой способ экстракции можно назвать экстракцией в диффузионной батарее по принципу противотока.

Если у каждого диффузора поставить насос и соединить его с аппаратом таким образом, чтобы он мог откачивать раствор из нижней части диффузора и подавать его в верхнюю часть этого диффузора, то будет осуществлена замкнутая циркуляция раствора внутри аппарата. В этом случае работу можно вести таким образом, что часть времени в каждом аппарате будет происходить замкнутая циркуляция раствора. На это время диффузоры раздвигаются. Затем с помощью тех же насосов производится перекачка растворов из аппарата в аппарат и батарея восстанавливается.

Такой способ работы может быть назван пульсирующим противотоком (191).

Наконец, следует упомянуть еще о так называемом дефлегмационном методе. Отличительные особенности этого метода заключаются в следующем:

1. В экстрактор, загруженный свежей щепой обычно заливают от 0,25 до 0,60 того количества растворителя, которое необходимо для полного заполнения аппарата;

2. Экстракция ведется при постоянном кипячении;

3. Пары растворителя и увлекаемые им пары воды, находясь в экстрагируемом материале, направляются в холодильник — дефлегматор, где и конденсируются; стекающий из холодильника конденсат проходит флорентину для отделения от воды и возвращается в экстракционный аппарат;

4. Собирающийся в экстракторе концентрированный раствор периодически или непрерывно отводится из аппарата, а в экстрактор добавляется соответствующее количество чистого растворителя.

Этот метод отличается большим расходом пара и применяется только для экстракции сильно увлажненных материалов, например, торфа.

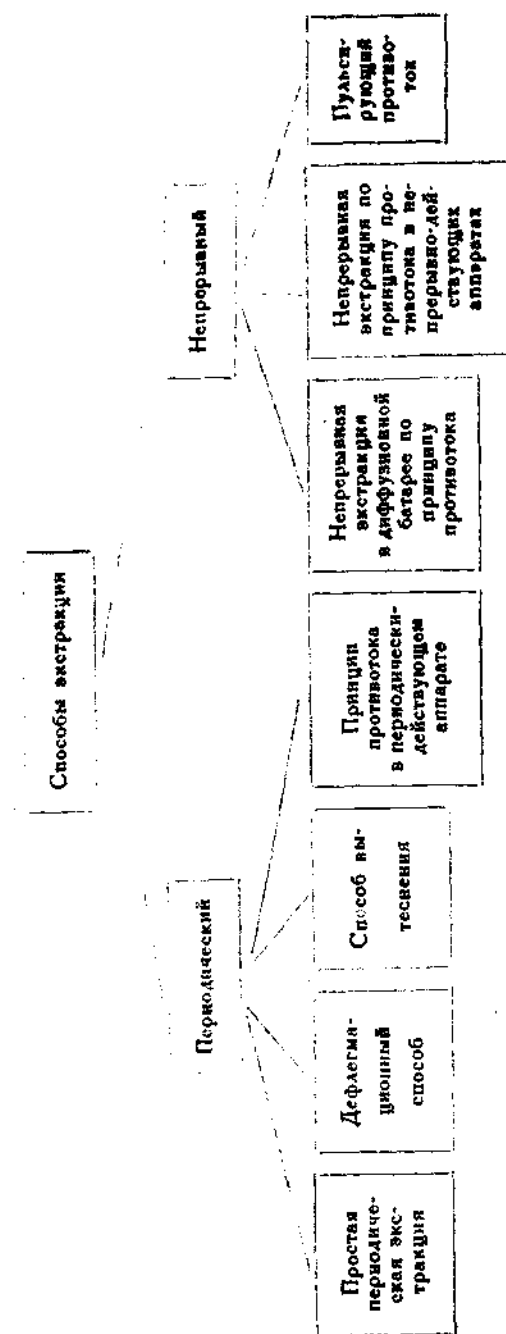
Из всего сказанного ясно, что все экстракционные установки мы можем разделить прежде всего на установки периодического действия и установки непрерывно-действующие.

На периодически-действующих аппаратах можно вести работу: 1) по способу простой периодической экстракции, 2) по способу вытеснения, 3) по принципу противотока и 4) по дефлегмационному способу.

Способы непрерывной экстракции можно подразделить на три вида: 1) непрерывная экстракция в диффузионной батарее по принципу противотока, 2) так называемый пульсирующий противоток и 3) непрерывная экстракция по принципу противотока в непрерывно-действующих аппаратах.

Примерная схема классификации различных способов экстракции представлена ниже.

Примерная схема классификации методов экстракции



Вне зависимости от того, работает ли экстракционная установка периодически или непрерывно, каждый отдельный экстрактор во все время работы повторно совершает циклы, состоящие из одних и тех же операций: выгрузка, загрузка, экстракция, отгонка растворителя и т. д. Время, необходимое на завершение этого цикла, т. е. на обработку одной загрузки щепы, называется временем оборота экстрактора, или просто оборотом экстрактора. В зависимости от конструктивных особенностей экстрактора, способа работы и числа отдельных экстракций время оборота отдельного экстрактора на различных заводах у нас и в США колеблется в довольно широких пределах.

Некоторое представление об этих пределах колебаний могут дать следующие примеры (табл. 52).

Таблица 52

	Оборот экстрактора на заводе Вахтан		Оборот экстрактора на канифольно-экстракционных заводах в США
	Существующий	Возможный	
1. Загрузка	25 мин.	20 мин.	30—40 мин. от 2,5 до 3,5 час.
2. Отгонка скипидара	—	—	
3. Экстрагирование: (шесть экстракций)	5 час. 55 мин.	4 час. 10 мин.	от 3 до 6 час. от 1,5 до 5 час.
4. Отгонка растворителя	1 час. 15 мин.	1 час. 15 мин.	
5. Выгрузка	30 мин.	30 мин.	от 20 мин. до 2 час. от 7 час. 50 мин. до 17 час. 10 мин.
Всего	8 час. 00 мин.	6 час. 15 мин.	

Если в экстракционной установке имеется несколько аппаратов, то для достижения равномерности в расходовании пара и создания непрерывности в работе всей установки, необходимо вести работу по определенному расписанию или, как говорят, графику.

График работы экстракционной батареи должен обеспечить равномерное расходование пара во все время работы и устранить простои в работе бригады выгрузчиков. При построении графика работы экстракционной установки необходимо помнить, что между числом экстракторов, временем оборота и продолжительностью отдельной экстракции существует зависимость, выражаемая уравнением:

$$n = \frac{Z}{t_2} \quad (1)$$

где:

n — число аппаратов,

Z — время оборота одного экстрактора,

t — продолжительность отдельной экстракции,

α — коэффициент, учитывающий частоту включений в работу аппарата со свежей щепой, т. е. включается ли аппарат со свежей щепой после каждой экстракции, или после 2—3 и т. д. экстракций.

Как мы видели выше, при рассмотрении времени оборота экстрактора, на американских заводах применяется предварительная отгонка скипидара из щепы. Этот способ работы упрощает в дальнейшем переработку растворов и позволяет получать чистый скипидар. Однако, вместе с тем, такой способ работы приводит к значительному удлинению оборота экстрактора, связан со значительным оводнением щепы перед экстракцией за счет конденсирующегося при отгонке скипидара острого пара и в конечном итоге требует большего расхода пара. В виду этого нужно считать, что способ принятый на Вахтане, т. е. когда скипидар извлекается путем экстракции вместе с канифолью, имеет значительные преимущества, хотя и требует при переработке растворов более сложных ректифицирующих устройств.

В заключение отметим, что при работе на периодически действующих аппаратах, например на Вахтане, или при пользовании методом пульсирующего противотока, иногда экстракцию ведут при кипячении. При этом отгоняется часть растворителя, вместе с парами которого увлекается и вода из щепы. Таким образом достигается подсушка щепы и облегчается дальнейший процесс экстракции.

Метод, который в настоящее время применяется на заводе Вахтан, называют иногда дефлегмационным на том основании, что он отличается следующими особенностями:

1) объем растворителя, заливаемого на отдельные экстракции, значительно меньше того количества растворителя, которое необходимо для полного покрытия щепы в экстракторе;

2) пары растворителя, образующиеся при кипячении, частично конденсируются на верхних слоях щепы и холодных частях аппарата; образующаяся при этом флегма, стекая вниз, экстрагирует смолистые вещества из той части щепы, которая не покрыта растворителем.

Таким образом, сама щепка как бы выполняет роль дефлегматора. Однако, в виду того что щепка быстро нагревается, конденсация паров растворителя будет иметь место лишь при первой и, возможно, второй экстракции, во всех последующих экстракциях конденсироваться будет лишь весьма незначительная часть паров. Как показывает опыт, основная масса смолистых веществ переходит в раствор в процессе первой экстракции, когда заливается полным объемом растворитель; последующие же экстракции выполняются, главным образом, роль промывок, что и происходит в момент закачки, когда растворитель обильно орошает щепу. На этом основании можно предполагать возможность дальнейшего значительного сокращения продолжительности всех экстракций кроме первой.

Метод же, применяемый в настоящее время на Вахтане, отличается от старого вахтанского так называемого "горячего" метода

Таблица 53

Наименование операций	Влажность от 25%		от 25 до 30%		от 30 до 35%		от 35% и выше	
	Закачка бензина м ³	Продолжительность ч.	Закачка бензина м ³	Продолжительность ч.	Закачка бензина м ³	Продолжительность ч.	Закачка бензина м ³	Продолжительность ч.
Загрузка	24	0,25 ч.	24	0,25 ч.	24	0,25 ч.	24	0,25 ч.
Экстракция I	12	1 ч. 50 м.	16	2 ч.	18	2 ч.	18	2 ч.
II	6	1 ч.	6	1 ч. 25 м.	6	2 ч.	12	2 ч.
III	6	50 м.	6	50 м.	6	55 м.	6	50 м.
IV	6	50 м.	6	50 м.	6	50 м.	6	50 м.
V	6	50 м.	6	50 м.	6	50 м.	6	50 м.
VI	—	—	—	—	—	—	6	50 м.
Отгонка растворителя	—	1 ч. 15 м.	—	1 ч. 15 м.	—	1 ч. 15 м.	—	1 ч. 15 м.
Выгрузка	—	25 м.	—	25 м.	—	25 м.	—	25 м.
Всего	54 м ³	7 ч. 25 м.	58 м ³	8 час.	60 м ³	8 ч. 40 м.	72 м ³	9 ч. 35 м.

меньшим объемом закачек растворителя и может именоватьс дефлегмационным весьма условно.

Количество отдельных экстракций и их продолжительность на заводе Вахтан находятся в зависимости от влажности щепы и давления пара, подаваемого на котельной. При давлении пара в 4 ат по манометру Химсеха на заводе руководствуются следующим расписанием (табл. 53).

При давлении пара в 3 ат расписание передвигается на одну ступень вправо.

Экстракции 1-я и 2-я (а при 6 экстракциях и 3-я) ведутся при максимально интенсивном кипении в целях удаления воды из щепы, а остальные ведутся с минимальным отгоном растворителя. На каждую экстракцию заливается свежий бензин.

Концентрации канифоли в сливаемых растворах на Вахтане получаются следующие:

I слив	180 г. литр
II	90
III	55
IV	35
V	16
VI	10

После окончания экстракции и слива последнего раствора оставшийся в щепе растворитель отгоняют острым паром. При этом вначале дают насыщенный пар, а затем и перегретый. Однако, температура пара в экстрак-

торе не должна превышать при этом 200° во избежание обугливания щепы. Пуск перегретого пара прекращается минут за 15—20 до разгрузки. Общая продолжительность операции отгонки растворителя из отработанной щепы колеблется обычно от 0,75 до 1,25 час.

Некоторые расходные коэффициенты

1. На заполнение экстрактора, загруженного свежей щепой, обычно необходимо растворителя 0,7—0,8 от объема щепы.

2. Удерживается растворителя щепой после слива 27—30% от объема залитого растворителя.

3. Расход острого пара на отгонку растворителя из щепы 1 кг на 1 кг растворителя.

4. Расход острого пара на отгонку скипидара из щепы 15—20 кг на 1 кг скипидара.

Очистка растворов. Раствор, полученный после экстракции щепы, обычно увлекает с собой из экстрактора частицы пыли, опилки, а иногда и мелкую щепу. Для того чтобы эти посторонние механические примеси не загрязняли сборника, насосы и трубопроводы, рекомендуется сразу же после экстракционной установки раствор направить в фильтр, в котором все эти примеси задержатся.

Простейший фильтр для этой цели представляет собой железную прямоугольную коробку, разделенную на 3 камеры двумя сетчатыми с чугунными ободами рамами, обтянутыми мелкой сеткой. Нефильтрованный раствор входит в среднюю камеру и, просачиваясь через фильтрующую поверхность рам, выходит из двух крайних камер по двум, соединяющимся в одну, трубкам. Через каждые 10 дней фильтр очищают через люк в дне средней камеры.

Другой фильтр представляет собой вертикальный железный цилиндр, диаметром 800 мм и высотой 2750 мм. Внутри этого кожуха вставлен железный каркасный патрон, заполненный древесной стружкой. Раствор входит снизу и, пройдя слой стружки, выходит в верхней части фильтра. Чистка производится 2 раза в месяц. При этом прежде всего острым паром отгоняют из стружки удержанный ею растворитель. Затем патрон вынимается из кожуха с помощью тали, выбрасывают отработанную стружку, набивают патрон свежей и вновь вставляют в кожух.

В США, где экстракция ведется под давлением при повышенной температуре, в раствор переходит много посторонних веществ, темнящих канифоль. Эти вещества в значительной части выпадают из раствора при понижении его температуры до 60—70°. Для удаления их раствор промывают холодной водой в вертикальных цилиндрических резервуарах. Раствор в эти резервуары подается снизу, снизу же дают и часть охлаждающей воды. Кроме того, в верхней части сборника устроен водяной душ. Промытый раствор сверху отводится в сборники, охлаждающая вода — через ловушки в канализацию.

На некоторых американских заводах для получения светлой канифоли раствор подвергается еще дополнительной обработке фурфуролом для извлечения темнящих канифоль веществ. Обработка фурфуролом производится в мешалке, так как фурфурол обладает большим удельным весом и с бензином не смешивается. После непродолжительного перемешивания мешалку останавливают и дают смеси отстояться, при этом она разделяется на два слоя: нижний фурфурольный, содержащий красящие вещества и незначительное количество канифоли, и верхний бензиновый, содержащий осветленную канифоль. Оба слоя разделяются декантацией и перерабатываются отдельно. При этом из фурфурольного слоя регенерируется фурфурол, который направляется обратно в производство, в остатке же от перегонки получается черная канифоль. Кроме фурфурола, известны и другие вещества, которые могли бы быть использованы для очистки, например, анилин, хлороформ, жидкий SO_2 и др. Все они должны удовлетворять следующим требованиям: 1) растворять хорошо красящие вещества канифоли, 2) возможно меньше растворять канифоль и 3) не смешиваться с бензином. Из всех перечисленных веществ фурфурол в наибольшей степени удовлетворяет всем этим требованиям.

В заключение следует упомянуть еще об одном методе очистки канифоли в растворе. Этот метод может быть назван методом разбавления. Основан он на том, что окисленные части канифоли, являющиеся в основном причиной темной окраски последней, растворимые в концентрированных бензиновых растворах, при разбавлении ее чистым бензином, выпадают в виде хлопьев. При этом на своей поверхности они увлекают и другие красящие вещества и посторонние примеси. Недостаток этого способа заключается в необходимости применять большие количества растворителя на разбавление растворов, что приводит к увеличению объемов аппаратуры для переработки растворов и к лишнему расходу пара.

Кроме перечисленных выше способов осветления канифоли, на канифольно-экстракционных заводах США применяется осветление ее путем перегонки в вакууме и фильтрацией бензиновых растворов ее через отбеливающие земли или активированный уголь. Последние два способа были проверены в ЦНИИЛХИ, и в текущем году на заводе Вахтан будет испытываться соответствующая полувзаводская установка.

Переработка растворов. Профильтрованные и очищенные растворы поступают для дальнейшей переработки в регенерационное отделение. Здесь прежде всего из раствора должен быть отогнан растворитель, затем из оставшегося концентрированного раствора отгоняется скипидар и более высококипящие летучие продукты (пайн-ойль). Остающаяся после отгонки всех летучих продуктов канифоль подсушивается до удаления последних следов влаги и сливается в бочки. Выполнение перечисленных операций может быть произведено различным образом и в различной аппаратуре. Ниже мы кратко опишем основные типы установок для переработки растворов и способы работы на них.

Регенерационная установка завода Вахтан состоит из четырех-овальной формы испарителей из красной меди. Сверху испаритель имеет патрубок для отвода паров в холодильник, внизу — патрубок для спуска концентрированного раствора в увариватель, сбоку в верхней части патрубок, по которому производится закачка

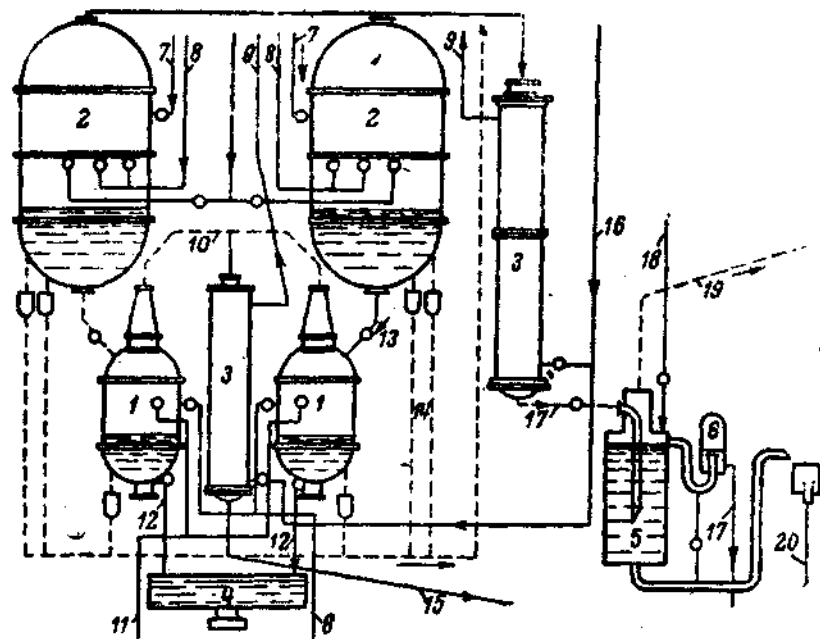


Рис. 192. Испаритель и увариватель завода „Вахтан“.

раствора. Испарители имеют змеевики для глухого пара и барбатов для острого пара (рис. 192).

Каждый испаритель соединен с расположенным ниже уваривателем. Увариватели напоминают по форме испарители, только меньшего размера. Вверху для отвода паров увариватель имеет конической формы шлем, соединенный с небольшим холодильником. Внизу имеется штуцер для спуска канифоли, на крышке имеется штуцер для перепускной трубы, соединяющей увариватель с испарителем. Внутри аппарат снабжен змеевиком для глухого пара и барбатом для острого.

Работа на этой установке производится следующим образом.

С помощью центробежного насоса, экстракт из сборников закачивается через фильтр из древесной стружки (описанный ранее) в испаритель. Первая закачка раствора в испаритель обычно близка к 10 м^3 . После закачки необходимо сделать проверку на отсутствие воды в закачаном растворе, для чего в нижней части испарителя имеется пробный кран. После спуска воды приступают

к отгонке бензина с помощью глухого и иногда и острого пара. Пары бензина поступают в холодильник, где и конденсируются; жидкость стекает в разделитель — флорентину, откуда бензин направляется обратно в бензиновые баки. После отгонки бензина из одной порции, не выливая остатка, в испаритель закачивается вторая порция (первая докачка), после отгонки бензина из нее — закачивается третья (вторая закачка) и т. п. В смену производится обычно от 3 до 5 закачек. В результате повторных закачек к концу смены в испарителе накапливается достаточное количество высококонцентрированного экстракта, содержащего скипидар и канифоль.

В испаритель поступает раствор с концентрацией от 4 до 8% смолистых веществ, в конце отгонки концентрация раствора достигает 74—78%.

К концу смены после отгона бензина (момент прекращения определяется по удельному весу дистиллата при 20—0,830) пускается острый пар, с помощью которого отгоняется скипидар вместе с оставшимися тяжелыми фракциями бензина. Перед этим из флорентины отжимается бензин, для чего перекрывают трубу, отводящую воду из флорентины и наполняют последнюю водой из водопроводной линии. Уровень воды во флорентине поднимается и отжимается весь бензин.

Отгонка скипидара производится до тех пор, пока в пробе вытекающего из холодильника дистиллата не останутся лишь следы скипидара.

После отгонки скипидара густая, застывающая при охлаждении жидкость (галлипот) переводится в увариватель открытием задвижки на перепускной трубе. Температура раствора, сливаемого в увариватель, в среднем, около 140°. Минут за 20 перед спуском упаренного экстракта увариватель прогревается острым перегретым паром. По наполнении уваривателя пускают в него глухой и острый пар сразу (температура перегретого пара 247—255°).

Уваривание производится острым перегретым паром, а глухой пар пускается в амеевик для предотвращения возможной конденсации. Время уваривания колеблется в пределах от 1 час. 30 мин. до 4 час. 30 мин. в зависимости от степени наполнения уваривателя. Практическая емкость уваривателя около 1500 кг.

С помощью острого перегретого пара из канифоли отгоняются последние остатки летучих веществ, так называемые канифольные масла. О конце процесса уваривания судят по пробе канифоли, по запаху и по рассыпчатости ее, а также по пробе дистиллата, в которой не должно быть следов канифольных масел. Канифольные масла представляют собой смесь жидких продуктов разложения канифоли и продуктов окисления скипидара. Присутствие следов канифольных масел в канифоли понижает ее температуру размягчения, твердость и сообщает канифоли липкость. Поэтому задачей уваривания является возможно полная отгонка этих вредных для качества канифоли примесей.

Если канифоль недоварена, то она в пробе мнется, вякая; хорошо уваренная канифоль дает при застывании пробу, которая

при разминании ее пальцами дает ощущение рассыпчатости и хрупкости.

Когда канифоль готова, острый пар закрывают, канифоль переводится в медный бак—коллектор для разлива по бочкам. Температура канифоли при сливе из уваривателя колеблется от 155 до 190°. К коллектору канифоль остается до тех пор, пока ее температура не понизится до 120°. При этой температуре она сливается в бочки.

Бак-коллектор представляет собой плоский круглый медный чан. Чан опирается на деревянный круг, поддерживаемый толстыми



Рис. 193. Сливающие чаш.

деревянными перекладинами, скрепленными с чугунным диском. Диск стоит на оси, упирающейся во втулку нижней станины, несущей 4 неподвижно укрепленных на ней ролика, по которым скользит чугунный диск, поддерживающий коллектор.

Бак таким образом может вращаться вокруг своей оси. Он открыт сверху. Бочки стоят вокруг в кольцевой выемке фундамента станины.

Иногда при сливе в бочки канифоль кристаллизуется, чаще всего при значительном перегреве канифоли в процессе уваривания. Наряду с кристаллизацией довольно часто наблюдается явление помутнения канифоли под влиянием воды, оставшейся благодаря недоведению до конца процессу уваривания. В этом случае канифоль доваривается.

Бочки заполняются не сразу, а обычно в три-четыре приема. После застывания верхнего слоя, в бочку вставляется верхнее дно, она взвешивается, маркируется и отправляется на склад.

Описанная установка для переработки растворов имеет ряд весьма серьезных недостатков, а именно:

1. Невозможность четкого разделения бензина и скипидара на этой установке приводит к тому, что в оборотном бензине мы всегда имеем значительное количество скипидара; такая смесь, правда, имеет большую извлекающую способность, чем чистый бензин, однако, присутствие скипидара в растворителе затрудняет его регенерацию из щепы, увеличивает потери растворителя и расход пара, с другой стороны в скипидаре всегда остается значи-

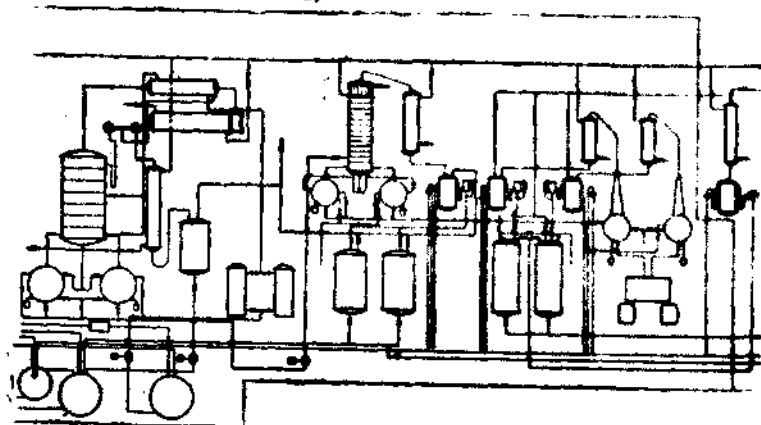


Рис. 194. Схема установки для переработки растворов на Киришском лесохимическом комбинате.

тельное количество бензина, что понижает его качество для многих потребителей.

2. Периодичность действия приводит к лишнему расходу пара, дает низкую производительность и небольшой коэффициент полезного использования объема аппаратуры.

3. Отсутствие связи между уваривателями и всеми испарителями, что не дает возможности наиболее эффективного их использования.

Эти недостатки в значительной степени устранены в проекте установки, предложенной фирмой Беджер для Киришского лесохимического комбината.

Установка состоит из трех частей:

- 1) первые испарители,
- 2) вторые испарители,
- 3) канифольваренные кубы.

Первые испарители состоят из двух горизонтальных выпарных кубов, работающих на общую ректификационную колонну, имеющую 6 тарелок. Раствор поступает непрерывно с концентрацией 40% канифоли и выходит из первых испарителей с концентрацией канифоли в 27%. Здесь отгоняется до 90% всего бензина.

Из первых испарителей раствор непрерывно откачивается в вышерасположенные вторые испарители. Вторые испарители

точно так же имеют два выпарных куба и одну колонну с 16 тарелками.

Во вторых испарителях отгоняется весь бензин из раствора и концентрация канифоли повышается до 74—78%.

Из вторых испарителей концентрированный раствор, содержащий канифоль и скипидар, самотеком непрерывно подается в нижерасположенные два канифольваренных горизонтальных куба.

Все части установки работают под вакуумом в 550 мм ртутного столба. Схема установки показана на рис. 194.

Поскольку эта установка не подвергалась еще производственному испытанию, судить о ее достоинствах и недостатках можно

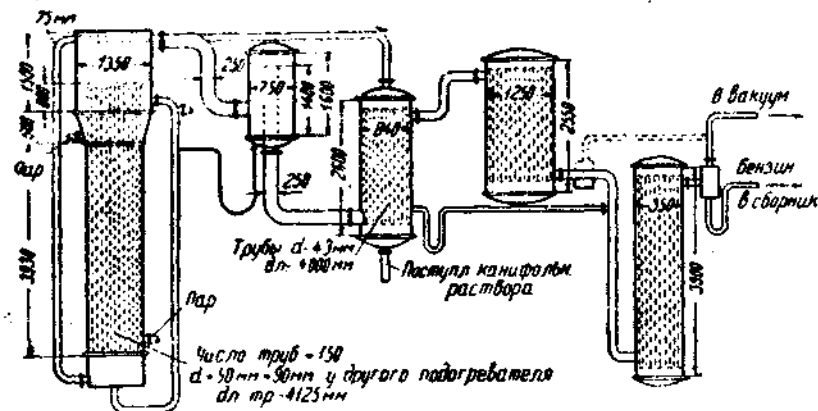


Рис. 195. Установка Беджера.

лишь теоретически. Все же отметим здесь, что она отличается сложностью в конструктивном отношении и не позволяет полностью осуществить принцип непрерывности в работе, так как канифольваренные кубы работают непрерывно лишь часть времени, когда отгоняется скипидар, во время же процесса уваривания куб работает, как периодически-действующий аппарат.

На американских канифольно-экстракционных заводах имеются непрерывно-действующие установки для переработки растворов двух типов.

Первый тип—непрерывно-действующий испаритель фирмы Беджер—представлен на рис. 195.

Раствор, подлежащий выпарке, поступает в пародистиллятный подогреватель и здесь нагревается парами растворителя, отходящими из испарителя. Предварительно подогретый раствор поступает в нижнюю часть трубчатой испарительной колонны и идет снизу вверх по трубкам, которые обогреты снаружи паром. Благодаря высокой температуре раствор в трубках начинает кипеть, и смесь жидкости и пара выбрасывается из концов трубок в верхнюю расширенную часть колонны. Пар уходит дальше через сепаратор в пародистиллятный подогреватель и конденсатор.

и гонят уже скипидар через холодильник в сборники для скипидара. Отгонка скипидара ведется глухим и острым паром вместе. В перегонном скипидаре содержится до 4% бензина, что понижает его качество. Отстоявшийся скипидар из отстойников вытесняют водой и разливают по бочкам через ватный фильтр.

В последние годы на заводе Вахтан вовсе отказались от обработки скипидара щелочью, так как оказалось, что кислотность скипидара-сырца не превышает 1%.

В настоящее время на этом заводе принят следующий режим работы по очистке скипидара.

Скипидар-сырец с удельным весом 0,845—0,855 закачивается в скипидарный куб в количестве 2,8 м³. Вначале нагрев и отгонка ведутся глухим паром до удельного веса дистиллата 0,840.

При уменьшении количества дистиллата добавляют острый пар. Отгоняемый бензин направляется во флорентину при одном из экстракторов. По достижении удельного веса дистиллат 0,840 начинают вести гонку на скипидар глухим и острым паром в отдельный бак до удельного веса 0,865—0,870, после чего гонка прекращается, и остаток (скипидарное масло) спускается в отдельный сборник. Готовый скипидар перемешивается веслом и отстаивается в баке в течение 12 часов, затем фильтруется через вату в бочки.

Необходимо отметить, что подобная очистка скипидара весьма несовершенна и приводит к ряду недостатков, из которых отметим главные:

- 1) примесь бензина в товарном скипидаре.
- 2) потери пайн-ойля; если в США получают до 50% пайн-ойля из экстракционных скипидаров, то на Вахтане его получают не более 30%;
- 3) потеря скипидара с отгоняемым бензином.

Для устранения указанных недостатков перегонку очищенного щелочью скипидара необходимо вести в ректификационном аппарате, что и запроектировано по примеру США на Киришском лесохимическом заводе.

Кроме скипидара очистке и разгонке подвергаются так называемые канифольные и скипидарные масла (остаток в кубе после перегонки скипидара).

Канифольные масла, кипящие от 190 до 230° и скипидарные масла, кипящие от 180—260°, состоят из смеси различных терпеновых спиртов и углеводов. Основной задачей при перегонке масел является выделение из них фракции флотационных масел.

Так как способность давать сильное вспенивание зависит от содержания спиртовых гидроксидов в масле, то задача сводится к обогащению масел терпеновыми спиртами.

Количество спиртов в канифольном масле-сырце составляет 45%, в скипидарном масле их 35%, во флотационном масле их около 50%.

Готовое флотационное масло имеет слегка желтоватый цвет, удельный вес $\sim 0,930$, кислотность 0,4—0,5, содержание спиртов $\sim 50\%$. Перегонка масел производится с помощью глухого и

острого пара вместе. Разделение фракций производится по удельному весу их.

Максимальное количество спиртов содержится во фракции с удельным весом 0,923—0,926, и затем снова понижается и удельный вес дистиллата и содержание спиртов. В качестве флотационного масла отбираются фракции с удельным весом 0,913 до 0,930. Фракция до удельного веса 0,913 разгоняется на бензине до удельного веса 0,845, скипидар до удельного веса 0,875 и флотационного масла. Последняя часть подвергается вторичной перегонке, так как содержит недостаточное количество спиртов. Хвостовые фракции канифольных масел, отбираемых с момента начала падения удельного веса представляют низкопробное флотационное масло и идут на повторную переработку.

Остатки хвостовых фракций идут на выработку олифы.

Техно-экономические показатели канифольно-экстракционного производства

Характеристика осмола			
Осмола завода Вахтан В том числе:		Американский осмола	
Смолистых	34,74	На абс. сухую обессмоленную древесину	43,8—66,7%
Канифоли	29,71		
Скипидара	5,60		
Валги	29,80		18—25%

Выхода с 1 куб. м³ осмола

	1935 г.	1937 г.	
Канифоли	34,2 кг	44,01 кг	50 кг
Скипидара	6,3 "	8,67 "	7 "
Масел	1,14 "	1,11 "	5 "

Остаток смолистых в отработанной щепе

Канифоли	5,84	4,55	2,5—4%
Легучих	0,90	0,5	0,5—0,8%

Коэффициент использования

Завод Вахтан	1935 г.	1937 г.
Канифоли	87%	81,5%
Легучих	83,9%	—

Расход на 1*каниф. единицу на заводе Вахтан

	1935 г.	1937 г.
Осмола	23,3 м ³	17,7 м ³
Растворителя	255 кг	225 кг
Технологического пара	26 т	21,6 т
Электровысокого	25,4 кат-час.	28 кат-час.
Воды	517 м ³	510 м ³

Качество продукции мыловых Вактан:

1. Канифоль

Чистота — марки F, E и D	
Температура размягчения	51,7
Кислотное число	156,3
Неомыляемый	13,15

2. Скипидар

Удельный вес	0,856
Коэффициент рефр.	1,4711
Начальн. темпер. кипения	152,2°
Отгон до 170°	71,7%
Кислот. число	0,12

3. Флотационное масло

Удельный вес	0,925
Кислотное число	0,583
Связанных спиртов	2,98
Общее содерж. спиртов	47,55

4. Скипидар сырец

Удельный вес	0,851
Коэффициент рефр.	1,4714
Начальн. темпер. кипения	143,6°
Отгон до 170°	67,7%
Кислотное число	0,40

5. Канифольное масло

Удельный вес	0,934
Кислотное число	18,62
Связанных спиртов	2,07
Общее содерж. спиртов	34,99

6. Бензин, поступивший в производство

Удельный вес	0,74
Начальн. темпер. кипения	80,4°
Отгон до 120°	90,1
Коэффициент рефр.	1,1164

7. Рабочий бензин

Удельный вес	0,777
Начальн. темпер. кипения	99,9°
Отгон до 120°	66,58
до 160°	86,16
Коэффициент рефр.	1,4336

ПРОИЗВОДСТВО КАНИФОЛЬНОГО МЫЛА

Принципиальная схема производства. Технологический процесс щелочной переработки осмолы на любом из наших заводов к настоящему времени складывается из следующих основных операций:

1. Измельчение осмолы.
2. Транспорт, сортировка и хранение измельченного осмолы.
3. Выщелачивание осмольной щепы.
4. Переработка растворов.
5. Очистка и облагораживание продуктов, т. е. это те же основные операции, с которыми мы имели дело при любом из производств, ставящих себе целью получение экстрактивных веществ из древесных материалов.

По способу осуществления, первые две операции ничем не отличаются от того, что мы видели, например при рассмотрении канифольно-экстракционного производства. Особенности щелочного способа переработки осмолы проявляются лишь в способе осуществления третьей и четвертой операций.

В отличие от канифольно-экстракционного производства при щелочной обработке осмолы мы встречаемся с химическим воздействием растворителя (раствора щелочей) на экстрагируемый материал. При воздействии раствора щелочи на смоляные кислоты происходит их омыление, образуется канифольное мыло, которое затем растворяется в водном растворе щелочи и экстрагируется из древесины. Активный реагент — свободная щелочь — при выщелачивании расходуется, переходит в связанное состояние. Для удаления остатков свободной щелочи и раствора мыла, задержавшихся в выщелоченной щепе, достаточно подвергнуть ее промывке горячей водой.

Переработка растворов, получаемых при щелочном способе, заключается в очистке раствора от механических примесей в выделении канифольного мыла из раствора и отгонке скипидара, если скипидар не был предварительно отогнан из щепы до выщелачивания.

Очистка и облагораживание продуктов, полученных при щелочном способе обработки осмолы сводится к обезвоживанию и осветлению канифольного мыла и к ректификации скипидара. Последовательный ход отдельных операций представлен на рис. 198.

Химическое воздействие щелочей на составные части древесины. Процесс извлечения смоляных веществ из древесины с помощью слабых растворов щелочи основан на химическом воздействии щелочи на отдельные компоненты сложного

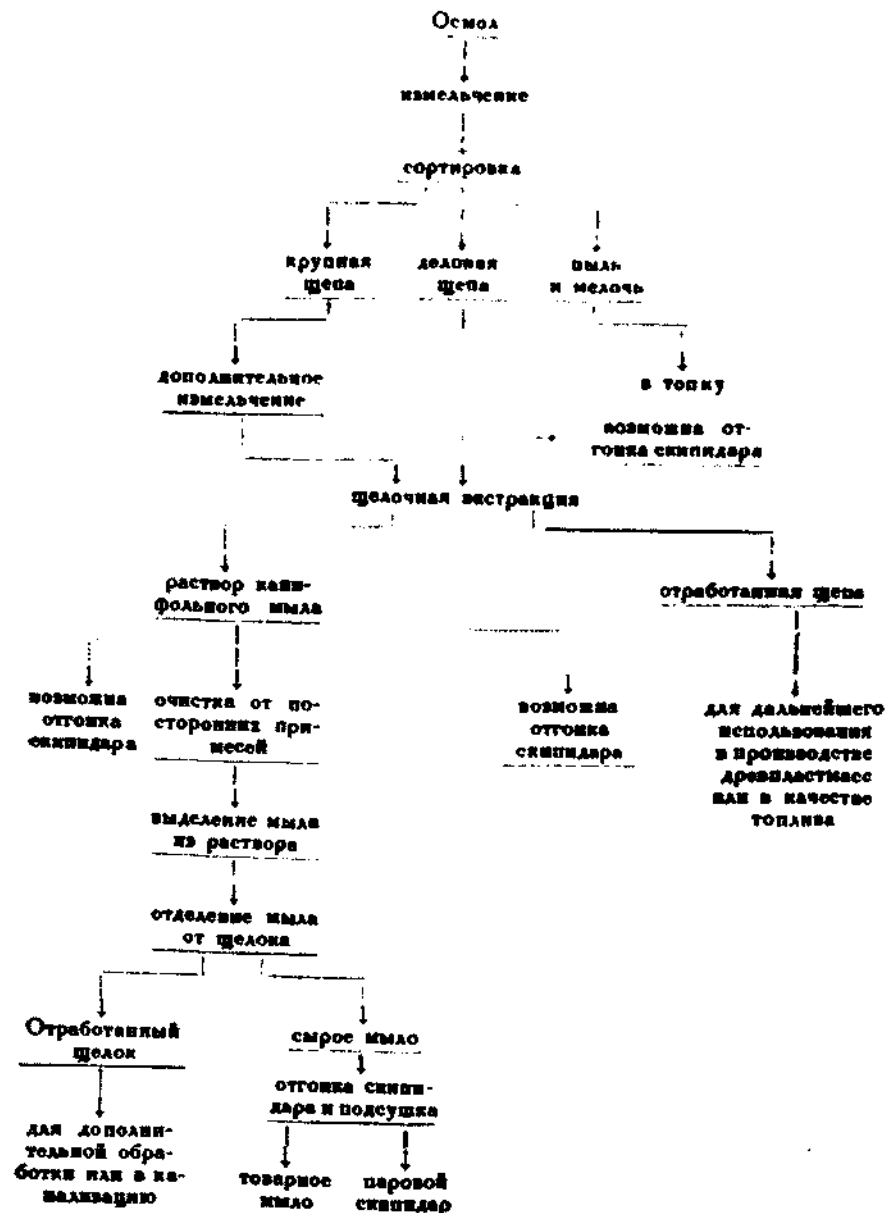


Рис. 198. Принципиальная схема технологического процесса калийно-натриевого мыла.

комплекса, каковым является смолистая древесина. При этом наряду с основной реакцией омыления смоляных кислот протекает ряд побочных реакций щелочи с другими компонентами древесины. В зависимости от условий, в которых происходит процесс щелочной экстракции, эти побочные реакции могут получить большее или меньшее развитие. Количество щелочи, которое связывается с продуктами побочных реакций, достигает часто весьма заметной величины.

Поэтому для правильного понимания процесса щелочной экстракции совершенно необходимо предварительно выделить отдельные составные части древесины.

Основными частями смолистой древесины являются:

1. Целлюлоза
2. Лигнин
3. Гемиллюлозы
4. Жиры, воски и смолы
5. Дубильные вещества
6. Белки, красящие вещества
7. Минеральные вещества.

Из перечисленных выше компонентов древесины наиболее устойчивой по отношению к различным физико-химическим воздействиям является целлюлоза. Даже при обработке крепкими растворами щелочей под давлением и при температуре 170—180°, когда все остальные компоненты древесины растворяются в варочном щелоке, целлюлоза почти не затрагивается.

Как известно, в промышленности подобный способ обработки древесины нашел себе широкое применение для получения целлюлозы из древесных материалов.

При обработке целлюлозы растворами едкого натра на холоду волокна целлюлозы набухают. Одновременно заметные количества щелочи адсорбируются волокнами целлюлозы. Фивег¹ получил следующие результаты при комнатной температуре:

Концентр. в г NaOH на 100 см ³	Количество в г NaOH, поглощенное 100 г целлюлозы
0,4	0,4
2,0	0,9
4,0	2,7
8,0	4,4
12,0	8,4
16,0	12,6
20,0	13,0
24,0	13,0

Результаты опытов Фивега подтверждаются работами многотрудными исследователей. Но все эти работы относятся к чистой целлюлозе.

Имеющийся опытный материал, к сожалению, совершенно не освещает вопроса о том, насколько применимы эти результаты к древесине, происходит ли адсорбция щелочи освобождающимися в процессе щелочной обработки волокнами целлюлозы и если происходит, то в какой мере. Можно лишь предположить, что

если при щелочной обработке древесины и имеет место адсорбция щелочи, то во всяком случае в несравненно меньшей степени, чем при обработке щелочными растворами чистой целлюлозы.

При обработке целлюлозы растворами щелочей под давлением, при высоких температурах (180–200°) происходит частичный распад целлюлозы. Среди продуктов распада целлюлозы, переходящих в раствор, были найдены уксусная, щавелевая, муравьиная кислоты, различные сахаринные кислоты, диоксимасляная кислота и многочисленные другие продукты.

Следующая группа веществ, входящих в состав древесины и обозначаемая обычно общим термином «лигнин» отличается значительно меньшей устойчивостью по отношению к щелочным реагентам.

Растворы углекислых щелочей не действуют на лигнин даже при повышенных температурах.

Слабые растворы едкого натра на холоду и при температурах ниже 130° точно также оказывают на лигнин лишь весьма незначительное действие. Среди продуктов, переходящих в щелочной раствор при обработке древесины 1–1,5% растворами едкого натра при нагревании до 100° было найдено небольшое количество лигнина эмпирического состава $C_{10}H_8O_6$.

При нагревании лигнина с растворами щелочей в присутствии воздуха происходит частичное окисление лигнина. При этом было замечено образование угольной кислоты, щавелевой кислоты и др. кислот, растворимых в эфире.

При повышении температуры и концентрации щелочи в растворе переходит все большее количество лигнина. При нагревании древесины под давлением до 170–180° с 10–12% раствором едкого натра в раствор переходит преобладающая часть лигнина. При переходе в раствор лигнин претерпевает дальнейшие изменения и постепенно превращается в продукты, подобные гуминовым кислотам.

Темный цвет растворов, получаемых при обработке древесины щелочами, в значительной мере зависит от растворения лигнина, превращающегося в лигнинные кислоты и в продукты дальнейших превращений.

Наименее устойчивой по отношению к воздействию слабым растворами щелочей, является многочисленная группа веществ древесины, объединяемая Гессом общим понятием «сопутствующие целлюлозе углеводы и близкие к углеводам вещества». К этой группе относятся пентозаны, метилпентозаны, гексозаны и пектиновые вещества. В более старой литературе они называются «слабо- или камедеподобными веществами». Эти вещества переходят частично в раствор уже при кипячении древесины с водой. При этом до 55–60° в водный раствор переходят преимущественно сахаристые и нейтральные вещества. При повышении температуры до 100° в раствор переходят пектиновые кислоты в виде легко расщепляемых магниевых солей кислых метиловых эфиров.

При обработке древесины слабыми растворами щелочей даже при комнатной температуре все представители этой группы веществ будут изменяться одновременно и переходить в раствор. Из щелочного раствора они могут быть осажены спиртом непосредственно или после подкисления.

В щелочном растворе эти вещества в зависимости от условий могут претерпевать значительные изменения. При этом пектиновые вещества отщепляют метиловый спирт.

В результате частичного гидролитического распада возможно образование простых сахаристых веществ и продуктов их окисления и уплотнения.

Наряду с указанной выше группой углеводов и близких к ним веществ при обработке древесины щелочами в раствор переходят дубильные вещества, алкалоиды, глюкозиды и красители, всегда содержащиеся в небольших количествах в древесине.

В щелочной среде в присутствии кислорода воздуха эти вещества подвергаются значительным изменениям в результате, главным образом, окислительных процессов. Продукты окислительной деградации этих веществ придают щелочным растворам темный цвет.

Смолы, воск и жиры представляют собой те вещества, ради извлечения которых предпринимается щелочная обработка смолистой древесины.

Так как эти вещества представляют собой либо свободные высокомолекулярные кислоты (смолы), либо сложные эфиры этих кислот, то при воздействии на них щелочных растворов происходит их омыление и образование растворимых в воде соответствующих щелочных солей смоляных и жирных кислот.

Терпены, содержащиеся в смолах, при этом освобождаются и эмульгируются в растворе образующимися мылами.

Переходящие в раствор в виде щелочных солей смоляные и жирные кислоты подвергаются при этом в зависимости от условий щелочной обработки более или менее значительным изменениям, благодаря окислительным процессам, для развития которых щелочная среда является весьма благоприятной.

В результате окисления возникает целый ряд слабо еще изученных соединений с окисными и лактонными группировками, так называемые окси- и лактоно-кислоты, вплоть до возникновения кислот с меньшим числом углеродных атомов, примером которых могут служить колофеновые кислоты Аскана. О свойствах и предполагаемом строении этих продуктов окислительной деградации смоляных и жирных кислот см. выше.

Минеральные вещества, содержащиеся в древесине, главным образом, в виде магниевых и калиевых солей пектиновых кислот, вместе с последними точно также переходят в щелочной раствор.

Таким образом, при обработке смолистой древесины растворами щелочей, в щелочном растворе, помимо канифольного мыла, будет находиться значительное число разнообразных других компонентов древесины и продуктов их превращений.

В первую очередь будут находиться пентозаны, метилпентозаны, гексозаны, пектиновые вещества, затем дубители, глюкозиды, алкалоиды и красители, а также продукты дальнейших изменений и превращений всех этих веществ. Помимо того, в зависимости от условий процесса в растворе будет большее или меньшее количество лигнина и продуктов его превращений.

Количество этих побочных в нашем процессе продуктов зависит в основном от условий процесса обработки, т. е. главным образом от температуры, концентрации щелочи и продолжительности обработки. Влияние различных факторов на ход и результаты процесса выщелачивания мы и рассмотрим ниже.

Влияние различных факторов на процесс выщелачивания. Как и в других экстракционных производствах, при выщелачивании смолистой древесины помощью слабых растворов щелочей одним из важнейших факторов, влияющих на ход и результаты процесса, является степень измельчения экстрагируемого материала.

Процесс выщелачивания и здесь происходит в основном за счет проникновения растворителя, в нашем случае водного раствора щелочи, через торцевую поверхность элементов древесины.

При измельчении мы должны стремиться к возможно большему развитию торцевой поверхности у кусочков древесины, т. е. измельчение должно производиться поперек волокон. Необходимая сте-

пень измельчения определяется указанными выше соображениями, т. е. щепа должна иметь от 3 до 5 мм вдоль волокон.

При экспериментальной проверке влияния степени измельчения на ход и полноту извлечения смолистых веществ из древесины при щелочной обработке осмолы, Ф. Т. Солодкий пришел к заключению, что изменение степени дробления осмолы от 0,3 до 1 см (вдоль волокна) сказывается во-первых, в понижении выхода продуктов; при мелком дроблении 2,5-часовой варкой достигается почти полное извлечение смол и скипидара, при крупном же после 3,5 часов варки в осмоле остается около 10% их. Во-вторых, интенсивное накопление продуктов при мелком дроблении заканчивается, примерно, на 1 час раньше, чем при крупном.

В опытах, приведенных автором совместно со студентами Лесотехнической Академии — Г. С. Плотниковым и В. Г. Араканцевым на Плесецком заводе опилки размером 3—5 мм вполне удовлетворительно выщелачивались даже на холоду.

Остаточная смолистость составляла:

через 2 ч. 0,5%
3 ч. 0,45%

по отношению к абс. сух. обессмоленной древесине.

В то же время остаточная смолистость щепы крупного дробления (75% щепы до 15 мм по длине волокна) через 3,5 часа составила 2%.

Если из крупной щепы (25% щепы свыше 15 мм по длине волокна) через 3,5 часа кипячения извлекается 88% смолы, то для щепы размером 3—5 мм средний коэффициент извлечения поднимается до 98%.

Влияние температуры точно также сказывается весьма заметным образом. Однако, влияние этого фактора представляется значительно более сложным, так как здесь мы встречаемся с переплетением как положительных так и отрицательных результатов. Повышение температуры значительно ускоряет процесс выщелачивания.

Как показали опыты при температуре 20° выщелачивание 1-процентным раствором едкого натра идет лишь очень медленно: через шесть часов в раствор перешло едва 52,4% всей содержащейся в щепе канифоли. Применение более концентрированных растворов щелочи при низких температурах невозможно, так как образующееся в процессе выщелачивания канифольное мыло сейчас же под влиянием щелочи высаливается из раствора и осаждается на щепе.

Тот же 1-процентный раствор едкого натра при 50° извлекает через 2 часа 59,2%, а при 100°—77,5% канифоли из щепы. В среднем повышение температуры варки от 50° до 100° дает через 3 часа от начала варки увеличение содержания канифоли в растворе на 25%.

Повышение температуры во время процесса выщелачивания в сильнейшей степени повышает расход щелочи на побочные реакции.

Автором совместно с Немкиным при изучении этого вопроса были получены следующие результаты, представленные на диаграмме (рис. 199).

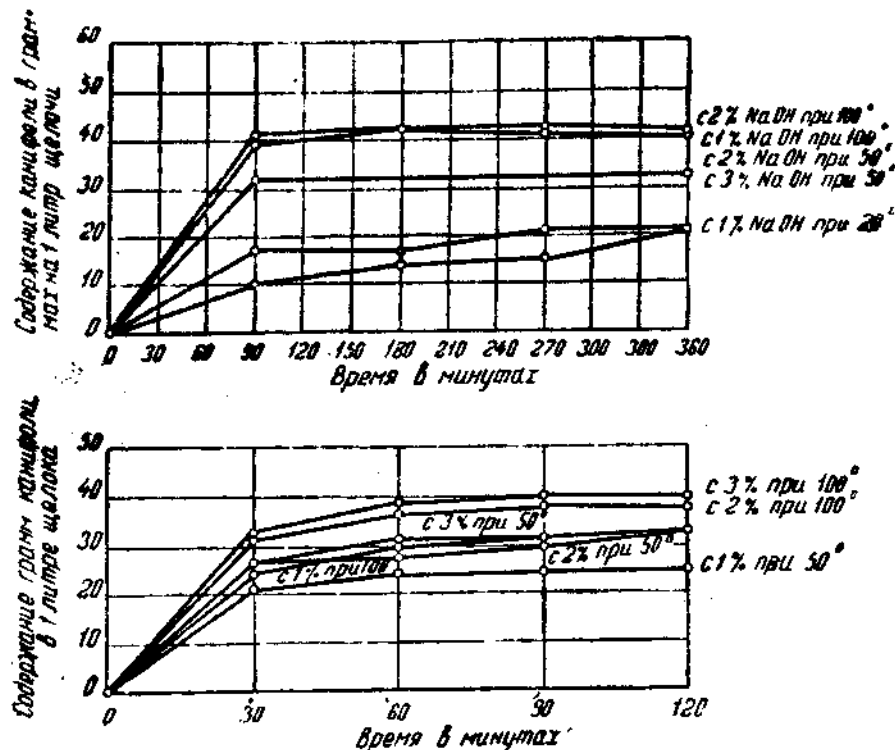


Рис. 199. Диаграмма. Влияние температуры на процесс выщелачивания.

Эта диаграмма показывает, что при повышении температуры выщелачивания с 50° до 100° расход щелочи на побочные реакции увеличивается, в среднем, на 10%.

Наконец, как было указано выше, повышение температуры ускоряет окисление, а следовательно, и потемнение канифоли.

Практически, учитывая эти неблагоприятные последствия высоких температур на расход щелочи и качество продукта, наши заводы останавливаются на температуре 70—80°, что вполне достаточно для полного омыления канифоли.

Концентрация щелочи в растворе является одним из важнейших факторов, определяющих успех выщелачивания. При недостатке свободной щелочи в растворе, во-первых, уменьшается полнота

извлечения смолистых веществ из древесины, во-вторых, будет образовываться так называемое кислое мыло по уравнению.



Кислое мыло в воде труднорастворимо и в зависимости от концентрации раствора либо образуется стойкая эмульсия, так называемое смоляное молоко (при низких концентрациях), либо из раствора выпадет осадок кислого мыла, которое и осядет на щепе.

Благодаря способности водных растворов канифольного мыла выделять под влиянием гидролиза свободную щелочь мыльные растворы сами по себе обладают некоторой способностью извлекать канифоль из древесины с образованием кислых мыл. Это свойство водных растворов канифольного мыла давно известно и используется, например, в текстильной промышленности для обезжиривания шерсти и хлопка (бучение). На этом же принципе основан способ, предложенный Е. И. Любарским, для получения кислого мыла при действии нейтральных или слабо щелочных растворов канифольного мыла на смолистую древесину. Однако, трудность регулирования процесса и быстрого установления момента насыщения раствора кислым мылом приводят к тому, что очень часто мыло выпадает из раствора на щепу. Эти затруднения, которые пока не удалось преодолеть, не позволяют применить способ проф. Любарского на наших заводах.

Повышение концентрации щелочи в растворе до известного предела ускоряет процесс выщелачивания. Однако, как показали наши опыты, свыше 2% это ускорение становится уже незначительным. Кроме того, при высоких концентрациях щелочи мыло может быть выделено из раствора даже при высокой температуре и при сливе раствора частично останется на щепе.

Отрицательной стороной применения высоких концентраций является значительное увеличение расхода щелочи на побочные реакции. Практически на наших заводах концентрация щелочи в растворе не превышает 1,5%.

Влияние давления, если давление связывается с повышением температуры, что обычно и имеет место в технике, сказывается в значительном ускорении как прямой реакции омыления, так и всех побочных реакций.

Варка под давлением при повышенной температуре применяется лишь в том случае, если при этом ставится задача получения целлюлозы из обессмоленной щепы. Если не имеется в виду получение целлюлозы, то обычно варка ведется, как было указано выше, при температуре не выше 100° и без давления.

Давление без повышения температуры при щелочном способе не применяется и вопрос о его влиянии в этом случае на процесс выщелачивания не изучен. Этот вопрос пока практического значения не имеет, ввиду значительных затруднений, которые возникают при желании осуществить процесс выщелачивания под значительным давлением без повышения температуры.

Небольшое же избыточное давление, не превышающее двух атмосфер, всегда имеют место в закрытых диффузионных батареях в виду необходимости преодоления сопротивления слоя экстрагируемого материала при передвижении растворов по батарее.

Чрезвычайно большое влияние на ход выщелачивания оказывает циркуляция растворов при выщелачивании. Благодаря усиленной циркуляции ускоряется диффузия и выравнивание концентраций во всей массе раствора, процесс выщелачивания заканчивается значительно быстрее.

Обеспечение удовлетворительной циркуляции при выщелачивании поэтому представляет одну из основных задач, решение которой обеспечивает успех выщелачивания. С этой точки зрения при измельчении следует избегать обилия мелочи в выщелачиваемом материале или, например, превращения осмолы в опилки, слеживающиеся в плотные массы, и затрудняющие циркуляцию растворов.

С другой стороны всякие устройства, обеспечивающие непрерывное движение растворов при выщелачивании, чрезвычайно полезны.

Особенное значение хорошая циркуляция растворов приобретает в тех случаях, когда выщелачиванию подвергаются материалы, пропитанные водой, например щепы после отгонки скипидара. В этом случае диффузия щелочи внутрь выщелачиваемого материала и вымывание мыла происходит особенно медленно и всякое искусственное ускорение циркуляции значительно сокращает необходимое для выщелачивания время и увеличивает полноту извлечения.

В заключение отметим, что по указанию Титова, Преображенского и Панова на результаты выщелачивания оказывает полезное влияние присутствие скипидара в растворе. По наблюдениям этих авторов щепы без предварительной отгонки скипидара выщелачиваются быстрее и полней. Они объясняют это тем, что скипидар, особенно его тяжелые фракции, образуют с мыльным раствором эмульсию, которая обладает повышенной способностью извлекать смолы из древесины. Хотя это объяснение не может считаться вполне удовлетворительным, однако, самый факт более быстрого и легкого омыления терпентина по сравнению с канифолью несомненно отмечен правильно.

Из рассмотрения роли и влияния различных факторов на процесс выщелачивания можно заключить, что скорость выщелачивания является функцией многих величин. Основными из этих факторов являются степень измельчения, температура, концентрация активной щелочи в растворе и циркуляция.

В производственных условиях температурный режим, достаточное количество активной щелочи и надлежащая циркуляция растворов легко обеспечиваются выбором надлежащей схемы процесса и аппаратуры.

Наибольшие затруднения встречаются обычно при обеспечении необходимой степени измельчения и на эту часть производственного процесса должно быть обращено постоянное внимание.

Как показали опыты работы заводов и лабораторные исследования щепы с размерами 3—5 мм вдоль волокон выщелачивается почти полностью через 2,5—3 часа. К сожалению, при существующих типах измельчительных машин в производственных условиях чрезвычайно трудно добиться равномерности в измельчении осмолы.

Щепа после рубильной машины всегда получается самых разнообразных размеров, среди которых имеются и крупные куски. Это обстоятельство затрудняет полное обессмоливание древесины при выщелачивании в производственных условиях, и на действующих заводах коэффициент извлечения смолистых веществ редко превышает 90%.

Наличие крупной щепы в экстрагируемом материале замедляет процесс извлечения; однако, опыты показали, что главная масса смолистых веществ извлекается в первые три часа. Продление процесса свыше трех часов дает лишь незначительный эффект.

Типовые аппараты и установки для выщелачивания. При щелочной обработке осмолы, точно так же, как и во всяком экстракционном производстве, применяются различные методы экстракции.

В зависимости от способа экстракции находится и устройство экстракционных аппаратов.

Простейшим способом является способ периодической экстракции в одиночном аппарате. В настоящее время способ периодического выщелачивания в одиночном аппарате применяется исключительно на мелких кустарных заводах. Примером такого аппарата может служить варочный куб, представленный на рис. 200, применявшийся на Плесском заводе до его реконструкции. Этот куб представляет собой цилиндрический аппарат с нижним плоским днищем и сферически выпуклой крышкой. В верхней части куба находится загрузочное отверстие (горловина); нижняя часть снабжена боковым люком для выгрузки отработанной щепы. Внутри аппарата в нижней его части находится ложное днище, которое устроено из железных пластин, толщиной 5—6 мм, в которых в шахматном порядке просверлены многочисленные отверстия диаметром 2—3 мм. Ложное днище задерживает щепу, а раствор приходит через отверстия. Иногда отверстия в железных пластинах делают большего диаметра, до 5 мм, тогда сверху укладывается железная сетка с мелкими ячейками, а для предохранения ее от механических повреждений при загрузке и выгрузке ее закрывают листами кровельного железа, в которых пробивается множество отверстий.

Подобное устройство ложного дна, предохраняя трубопроводы и сливаемые растворы от попадания мелочи и опилок, сильно затрудняет циркуляцию растворов при варке и поэтому его нельзя признать удовлетворительным.

Под ложным дном расположены змеевики для нагревания растворов глухим паром. Ввода для острого пара нет, так как в процессе обработки щепы раствором щелочи, в нем не встречается

надобности. Непосредственно к горловине присоединяется пароводная труба для отвода паров из куба в холодильник.

Работа в этом аппарате ведется следующим образом.

Куб загружается свежей щепой на 60—70% своего объема. Неполная загрузка вызывается необходимостью оставить свободное пространство для помещения пены, которая образуется при кипячении растворов.

После окончания загрузки, в аппарат наливают раствор едкого натра с содержанием NaOH около 1% и с помощью змеевиков

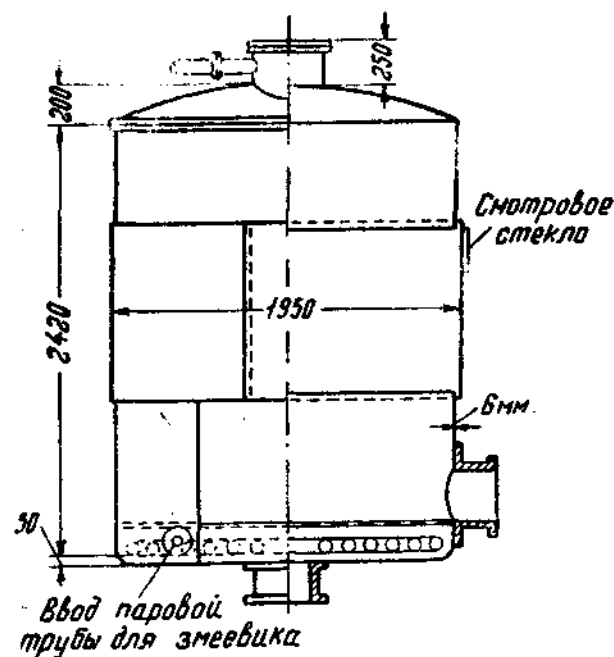


Рис. 200. Варочный куб Плесского завода.

глухого пара кипятят раствор. Пары воды и скипидара, образующегося при кипячении, отводятся из куба в холодильник, где и конденсируются. Через 2—2,5 часа кипячение прекращают, закрывая доступ глухого пара в змеевики и оставшийся в кубе раствор мыла сливают через имеющуюся на днище сливную трубу. Обработанная таким образом щепа содержит еще значительное количество смолистых веществ. Для их удаления щепа еще раз подвергается кипячению с более слабым раствором NaOH , в течение часа, и, наконец, после слива этого раствора, промывается чистой водой при кипячении в продолжение 30 мин.

На этом кончается выщелачивание смолистых веществ и щепы выгружается из куба.

Таким образом, весь процесс выщелачивания одной загрузки щепы в данном случае разбивается на три отдельных варки, в результате которых получаются три различных по концентрации канифольного мыла раствора. Наиболее концентрированный раствор получается после первой варки, более слабый после второй и, наконец, после третьей варки, вернее промывки, получается наиболее слабый раствор. Все эти растворы, в том числе и раствор, полученный после первой варки, обладают еще слишком низкой концентрацией канифольного мыла и их невыгодно пускать в переработку.

Для повышения в них концентрации канифольного мыла эти растворы используются на обработку новых загрузок свежей щепы.

Последовательный ход работы в этом случае указан на схеме (рис. 201).

Если имеется только один аппарат, то, как видно из схемы рис. 201, промежуточные растворы, получаемые в различных стадиях обработки щепы, не могут быть сразу использованы. Так, например, раствор, который получается после 2-й варки 1-й загрузки щепы может быть использован только для обработки 3-й загрузки. Следовательно, в этом случае является необходимость иметь промежуточные резервуары для хранения этих растворов. При описанном способе работы таких резервуаров должно быть не менее трех, так как от обработки каждой загрузки мы будем получать 3 различных раствора.

Если же имеется несколько отдельных одновременно работающих аппаратов, то имеется возможность сократить время пребывания промежуточных растворов в резервуарах или даже вовсе обойтись без них. В этом случае работа может быть построена по схеме рис. 202.

Как видно из схемы, при наличии трех отдельных аппаратов представляется возможность процесс выщелачивания построить таким образом, чтобы иметь в каждый отдельный отрезок времени по одному аппарату в каждой стадии обработки загруженной щепы. Это даст возможность не задерживать щелока в промежуточных резервуарах, а сразу же использовать их в том аппарате, где они в данный момент нужны. В этом случае все три аппарата представляют как бы отдельный агрегат. При этом, если работа всех трех аппаратов увязана общим расписанием, то представляется возможность обойтись без промежуточных резервуаров и перемещать растворы непосредственно из аппарата в аппарат.

Примером завода, работавшего по методу периодических экстракций в отдельных аппаратах, может служить схема Плещеевского канифольно-мыльного завода до его реконструкции. По этой же схеме до последнего времени работали три небольших канифольно-мыльных завода в Зап. Сибири.

Другим примером одиночного аппарата для работы по периодическому способу может служить аппарат, применяющийся на мелких установках.

Этот аппарат окружен водяной рубашкой, которая может обогреваться голым огнем или дымовыми газами, при этом совер-

шенно исключена возможность перегревов и повышения температуры выше 100° во внутреннем аппарате. Одновременно водяная

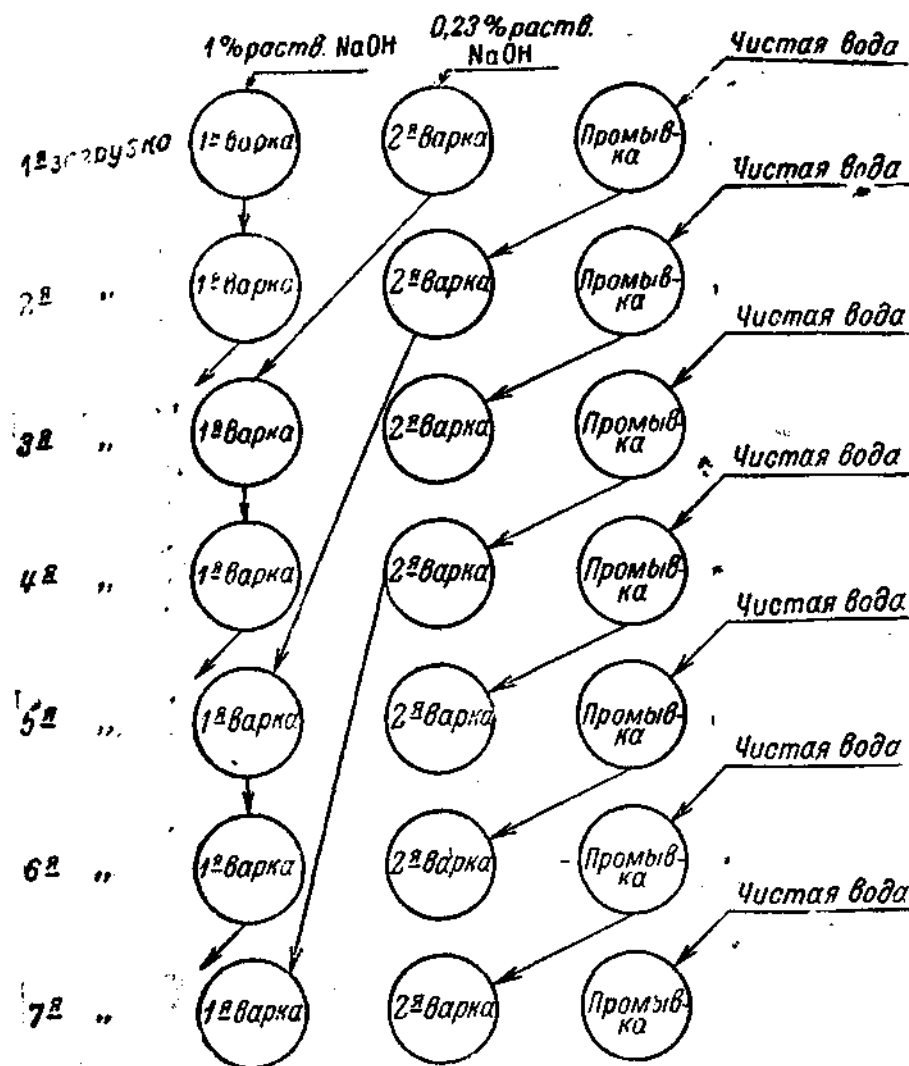


Рис. 201. Схема работы по принципу противотока в одном аппарате.

рубашка может быть использована в качестве парообразователя для получения острого пара, необходимого для обработки сырья во внутреннем аппарате.

Подвергаемый обработке материал загружается в аппарат в корзинах из железных прутьев. После окончания обработки корзин вытаскиваются из аппарата и разгружаются.

Сложность загрузки и выгрузки, медленность нагрева, громоздкость — делают этот аппарат пригодным только для мелких установок, где нет возможности построить специальную котельную установку.

В качестве примера использования подобного аппарата может служить щелочно-экстракционная установка на ст. Васкелово.

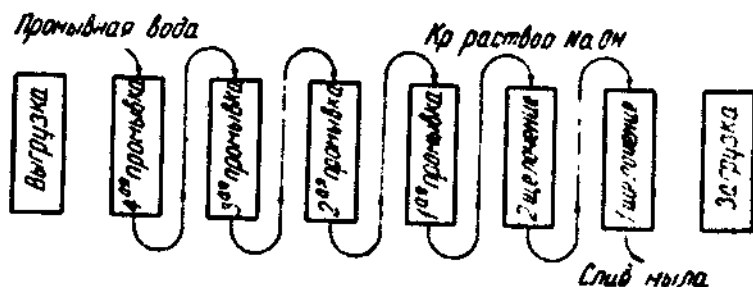


Рис. 202. Схема работы диффузионной батареи при щелочном способе.

Порядок работы следующий. Измельченный осмол загружается в подогреватель в корзине из железных прутьев и заливается здесь раствором щелочи.

Подогрев до 60—70° производится избыточным паром из водяной рубашки аппарата. После освобождения аппарата от предыдущей загрузки, корзинка со щепой из подогревателя переносится в варочный аппарат. Туда же самотеком сливается раствор из подогревателя. В варочном аппарате температура раствора доводится до 100° за счет тепла водяной рубашки и осторожного пуска острого пара.

Благодаря кипячению, вместе с водяными парами отгоняется из раствора скипидар. Смесь водно-скипидарных паров поступает в змеевиковый холодильник, где и конденсируется.

Разделение воды и скипидара производится в разделителе. После окончания варки раствор сливают через нижнюю сливную трубу, а оставшаяся щепка промывается чистой водой при кипячении.

Промывные воды идут на заливку новых порций щепы в подогреватель. После промывки корзинка со щепой вытаскивается из аппарата и разгружается. Раствор канифольного мыла отсаливается непосредственно в отстойниках сухой солью. После осаждения мыла надмыльный щелок сливают в выпарной куб.

Описанные выше периодически действующие установки для выщелачивания имеют существенные недостатки, главнейшим из которых являются:

1. Трудность осуществления выщелачивания по принципу противотока, необходимого для получения высокой концентрации сливаемых растворов.

2. Многочисленность отдельных операций по сливу, заливу, перекачкам растворов.

3. Меньшая производительность по сравнению с непрерывно действующими установками соответствующей емкости.

4. Большие затраты тепла, расходуемой воды и электроэнергии по сравнению с непрерывно действующими установками.

Вследствие этих недостатков, область применения периодически действующих аппаратов для выщелачивания ограничивается в настоящее время мелкими установками. На современных канифольно-мыльных заводах средней мощности выщелачивание производится в диффузионных батареях по принципу противотока.

При установившемся процессе выщелачивания содержание смолистых веществ в отдельных диффузорах постепенно понижается от I («головной») к V («хвостовой»). Готовый раствор сливается из головного диффузора, содержащего наиболее богатую смолистыми веществами щепу. Чистая вода для промывания подается в последний диффузор «хвостовой», в котором находится наиболее выщелоченная щепка. Пройдя V и IV диффузоры, промывная вода растворяет оставшееся в выщелочной щепе мыло и щелочь и направляется дальше в III диффузор, содержащий более богатую щепу. Здесь к промывной воде добавляется концентрированный раствор NaOH в количестве, достаточном для полного омыления всех смолистых веществ в одной загрузке, плюс избыток на побочные реакции. В следующих диффузорах III, II и I собственно и происходит самый процесс выщелачивания. Таким образом, диффузионная батарея на канифольно-мыльном заводе осуществляет две задачи: 1) выщелачивание и 2) промывку выщелоченной щепы.

Обычно вода подается в батарею горячая с температурой около 100°. Подогрев производится в специальных баках или в трубчатых подогревателях-решоферах, расположенных между батареями и насосом, накачивающим горячую воду.

Подача концентрированного раствора NaOH на существующих заводах производится из напорного бачка-дозатора.

Количество раствора едкого натра, заливаемого в батарею, измеряется с помощью поплавка, свободно плавающего в дозаторе. К поплавку прикрепляется шнур, перекинутый через блок. К свободному концу шнура прикреплен небольшой груз, который скользит по вертикальной линейке с делениями. Таким образом, по перемещению груза на линейке можно определить изменение уровня жидкости в дозаторе. Подобный весьма простой способ представляет на практике значительные неудобства для обслуживающего персонала. Обычно шкала с указателем размещается около дозатора, видимость ее из различных мест химического цеха неодинакова и с крайних точек деления на шкале трудно различаются. Точность дозировки вследствие этого невелика, и в большинстве случаев приводит к перерасходу щелочи. Кроме того, концентрация

раствора NaOH в дозаторе изменяется после каждого наполнения, вследствие чего каждый раз необходимо измерение удельного веса раствора и определение числа делений на шкале, соответствующих необходимому количеству едкого натра. Взамен дозаторов в некоторых проектах рекомендуются двойные поршневые насосы, в которых один поршень качает воду, другой — раствор едкого натра.

Еще более совершенным является автоматическое поддержание постоянной концентрации едкого натра, основанное на изменении электропроводности растворов в связи с изменением концентрации электролита.

В этих регулирующих приборах используется гальванометр с падающей дужкой, который приводит в действие проточные клапаны электрическим путем.

Передвижение растворов в батарее из диффузора осуществляется благодаря напору, создаваемому насосом, качающим горячую воду, или с помощью напорного бака с постоянным уровнем, который устанавливается на высоте 2,5—3 м над батареей.

Слив готовых растворов производится при перемещении щелоков в батарею, следовательно, под известным напором и благодаря этому сливаемые растворы могут быть направлены

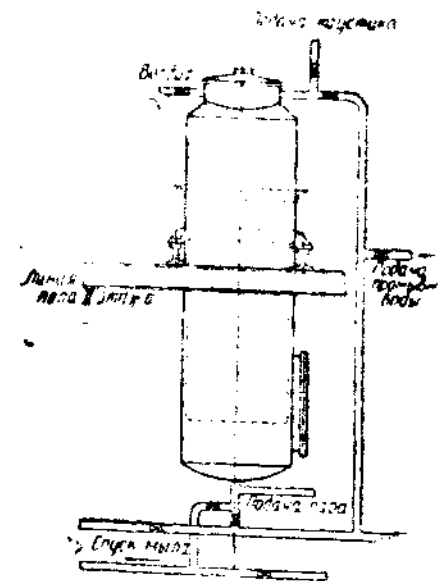


Рис. 203. Диффузор Ново-Белицкого завода.

в сборники, расположенные на уровне верхней части батареи или даже несколько выше.

Конструкции диффузоров, применяемые для работы в диффузионной батарее на существующих канифольно-мыльных заводах, в большинстве случаев мало приспособлены для этой цели. Так, например, на Плещеевском заводе диффузионная батарея образована соединением между собой отдельных варочных кубов периодического действия (описанных выше). Такие же аппараты образуют диффузионную батарею и на Долгопольском заводе. Более приспособленным для работы в диффузионной батарее является аппарат, применяемый на Ново-Белицком заводе. Он представлен на рис. 203. Это железный аппарат емкостью 2 м³, средняя загрузка щепы—500 кг. В нижней части диффузора имеется ложное дно, состоящее из двух дырчатых железных полукругов толщиной 8—9 мм.

Нагревательных элементов внутри диффузора нет. Выгрузка отработанной щепы производится через боковой люк вручную.

Все перечисленные аппараты имеют один общий недостаток — боковые люки для выгрузки. Благодаря этому выгрузка производится медленно и представляет наиболее тяжелую и неприятную операцию.

Более удовлетворительными в смысле облегчения и ускорения выгрузки являются аппараты, применяемые в производстве дубильных экстрактов, например, диффузоры типа аппаратов Виганда, Нейбекера или деревянные аппараты Павловича. Описание их дано выше.

Отдельные аппараты в диффузионной батарее соединены между собой системой трубопроводов, образующих коммуникацию батареи. В процессе работы, в каждый из диффузоров приходится подводить воду, раствор щелочи, пар и из каждого диффузора приходится сливать растворы мыла, а в некоторых случаях отводить пары скипидара и воды. Кроме того, все аппараты должны быть соединены друг с другом для перемещения растворов из диффузора в диффузор.

Питание батарей и отвод из нее растворов и паров осуществляется с помощью системы магистралей, от которых делают отводы к каждому диффузору. На рис. 208 представлена схема коммуникации диффузионной батареи.

Если скипидар из щепы до и во время выщелачивания не отгоняется, то магистраль для отвода паров к холодильнику является излишней.

При разработке системы коммуникации диффузионной батареи следует обращать особое внимание на возможное ее упрощение, уменьшение количества запорных вентилях и наиболее их удобное расположение для облегчения управления батареями.

Для ускорения передвижения растворов по батарее и осуществления циркуляции в отдельных диффузорах, в схему коммуникации иногда включаются насосы.

В некоторых схемах кроме перечисленных магистральных линий трубопроводов делают еще дополнительную так называемую «обходную» линию, предназначенную на тот случай, когда встретится необходимость перекачивать растворы в обход какого-либо диффузора, вышедшего на ремонт. В практике канифольно-мыльных заводов эта магистраль не является необходимой. В крайнем случае предусматривают возможность использования для этой цели какой-либо другой линии, например, сливной магистральной.

Выщелачивание обычно производится горячими растворами щелочи. Нагрев щелоков можно производить либо с помощью змеевиков глухого пара, помещаемых внутри диффузора под ложным дном, либо в особом подогревателе — решофере, через который проходит вода перед поступлением в батарею (Ново-Белицкий завод). Размещение змеевиков внутри диффузора увеличивает вредное пространство и приводит к понижению концентрации сливаемых растворов и неполному использованию объема аппарата. Применение одного центрального подогревателя приводит к сильному понижению температуры раствора в головном диффузоре, осо-

бенно зимой. Кроме того, в этом случае сильно затрудняется регулирование температуры в отдельных частях батарей.

Наиболее удобным следует признать сочетание центрального решофера с подогревом растворов в переточных трубах между отдельными диффузорами, для чего последние снабжаются паровыми рубашками. В случае необходимости поддержания высоких температур внутри диффузорной батареи между отдельными диффузорами ставят небольшие калоризаторы-подогреватели, через которые проходят растворы при перетекании из диффузора в диффузор. Иногда для подогрева щелоков в диффузоры впускается острый пар.

На всех действующих канфилово-мыльных заводах выщелачивание производится при температуре 70—80° Ц. В частности, на Ново-Белицком заводе, где осуществлен центральный подогрев перед батареей, вода поступает в хвостовой диффузор с температурой около 100°. При передвижении по батарее температура постепенно понижается и из головного диффузора раствор выходит с температурой 70—80°. Эта температура достаточна для выщелачивания раствором едкого натра, а при применении углекислой соды необходимо поддерживать температуру около 100°. В условиях Ново-Белицкого завода это осуществить невозможно, так как подогрев острым паром, подвод которого имеется к каждому диффузору, приводит к повышению давления внутри батарей и к разбавлению растворов.

Оборот каждого диффузора из состава батарей складывается из основного времени, т. е. продолжительности экстракции и промывки и времени дополнительных операций. Полный цикл диффузора складывается из следующих операций:

1. Загрузка.
2. Наполнение.
3. Экстракция и слив мыла.
4. Промывка.
5. Слив промывных вод.
6. Разгрузка.

В зависимости от величины аппарата, его конструкции и, главным образом, в зависимости от степени организованности работы, время на эти отдельные операции, на действующих заводах самое различное.

В качестве примера того, какое влияние имеет организация работы на величину оборота диффузора, приводим ниже расписание работы диффузоров на Плесецком и Долгополянском заводах за период февраль—март 1934 г.

На этих примерах мы видим, что оба завода отводили на экстракцию и промывку первый 10 час. 30 мин., второй 15 час. 45 мин., из них собственно выщелачивание занимало в первом случае 3 часа, во втором—7 час. 30 мин.

Оборот диффузора

	Долгополянский завод	Плесецкий завод
1. Загрузка	10 мин.	15 мин.
2. Наполнение	30 "	15 "
3. Выщелачивание и слив мыла	3 часа	7 час. 30 мин.
4. Промывка	6 "	7 " 30 "
5. Слив промывных вод	1 " 30 мин.	1 " 45 "
6. Разгрузка	50 "	1 " 15 "
Всего	12 часов	17 час. 30 мин.

И в одном и в другом случае продолжительность экстракции была излишне длительна и могла быть значительно сокращена без ущерба для полноты извлечения.

Подтверждение этому мы находим в тот же период (1934 г.) в работе Ново-Белицкого завода, где время оборота диффузора распределяется между отдельными операциями следующим образом:

Оборот диффузора на Ново-Белицком заводе

1. Загрузка	15 мин.
2. Выщелачивание	1 час 45 "
3. Промывка	3 " 30 "
4. Слив промывных вод	45 "
5. Разгрузка	45 "

Всего 7 часов

Из 6 часов, отводимых на выщелачивание и промывку, собственно щелочение занимает 2 часа, и промывка—4 часа. Как показывают лабораторные опыты, возможно дальнейшее сокращение оборота диффузора даже на Ново-Белицком заводе, не говоря уже о Долгополянском и Плесецком.

Причины, вызывающие столь длительный оборот диффузора на последних заводах заключались в следующем:

1. Равнение всего процесса на общую длительность операции загрузки, 4 промывки и разгрузки, которые составляют на обоих заводах—2 часа 30 мин.

2. Отсутствие всякой рационализации в процессе выгрузки отработанной щепы.

3. Большие сопротивления в диффузорах и трубопроводах на пути движения растворов, приводящие к чрезвычайно медленному движению их по батарее.

¹ Наполнение диффузора занимает 30 мин., из них 15 мин. во время загрузки.

4. Конструктивные недостатки аппаратуры, обуславливающие большие сопротивления (малые диаметры трубопроводов, сложные с большим сопротивлением ложные днища, недостаточная механическая прочность аппаратов, не позволяющая применять давление).

5. Недостатки в организации процесса выщелачивания. В особенности это относится к графику работы диффузионной батареи. Например, на Плесецком заводе при длительной обработке выключенного из батареи аппарата (2 часа 30 мин.), весь график строился по этому отрезку времени. Между тем, перестроив график, удалось значительно сократить время оборота диффузора. В настоящее время завод работает по следующему расписанию:

1. Выгрузка и загрузка с 4 промывкой . . . 2 часа — 2 аппарата.
2. Экстрагирование: а) 2 щелочения . . . 2 " — 2
 б) 3 промывки . . . 3 " — 3 "

Время оборота . . . 7 час. — 7 аппаратов

Сокращение оборота для Плесецкого завода с 17 час. 30 мин. до 7 час. достигнуто тем, что на выгрузке и загрузке одновременно находится 2 аппарата вместо одного, а в экстракционной батарее 5 вместо 6. Сокращение же при этом времени на загрузку, 4-ю промывку и выгрузку на 30 мин. произошло за счет лучшей организации этих операций, в особенности последней промывки и разгрузки.

Из сказанного ясно, какое значение имеет правильное составление графика работы батарей.

Переработка растворов

Общие основания. Водные растворы канифольного мыла, получаемые из экстракционной установки, обычно содержат не больше 10% канифоли. Благодаря этой низкой концентрации, они не могут быть использованы непосредственно и должны быть подвергнуты дальнейшей переработке. В большинстве случаев на действующих канифольно-мыльных заводах в этих щелоках содержится также почти весь скипидар.

Таким образом, задача переработки канифольно-мыльных растворов сводится к выделению из растворов: а) скипидара, б) канифоли или канифольного мыла.

Выделение скипидара из щелока может быть произведено путем кипячения растворов и отгонки паров скипидара вместе с парами воды. Это, так называемый, способ отгонки скипидара из щелоков, осуществленный в промышленном масштабе на Долгополянском канифольно-мыльном заводе.

Возможно также выделить скипидар из раствора вместе с канифольным мылом и затем отогнать его уже из мыла. Этот, так

называемый способ отгонки скипидара из мыла также осуществлен на Ново-Белзком и ряде других заводов.

Теоретически, наконец, представляется возможным и третий способ — выделение скипидара из канифольно-мыльного раствора вместе с канифолью, при подкислении раствора кислотами или путем электролиза, с последующей отгонкой его из канифольного раствора. Однако, последний способ не проверен пока даже в полув заводских условиях и поэтому на нем мы останавливаться не будем.

Выделение канифольного мыла из растворов возможно различными способами.

Наиболее простой (но не наиболее экономный) способ — это выпарка излишней воды из растворов. Получающийся в результате выпарки концентрированный раствор, или, так называемый мыльный клей, может быть непосредственно использован на мыловаренных заводах и для других применений. Этот способ применяли первые пионеры щелочного способа Попов, Акчурин и Любарский.

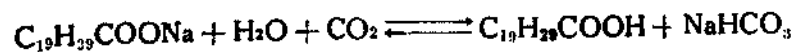
Ввиду слабой начальной концентрации канифольно-мыльных растворов, при этом способе приходится выпаривать для получения 50% мыла свыше 97% воды. При этом, помимо большого расхода пара на выпарку, требуется наличие выпарной установки большой емкости, что сильно удорожает все производство.

Значительно более дешевым и простым с аппаратурной стороны, является способ выделения канифольного мыла путем высолки. Выделившееся в результате высолки канифольное мыло, отделяется от щелока путем отстаивания, для чего требуется наличие значительного числа отстойников большой емкости. В качестве конечного продукта при этом способе получается канифольное мыло с влажностью около 50%, которое обычно подвергается еще дальнейшему обезвоживанию.

Недостатком этого способа являются значительные потери канифоли в надмыльных щелоках вследствие неполной высолки. Эти потери составляют в среднем от 8 до 10 кг на каждый куб. метр удаляемого в канализацию щелока. Однако, благодаря своей простоте и дешевизне, этот способ является единственным применяемым на наших канифольно-мыльных заводах.

Последний способ переработки канифольно-мыльных растворов — выделение канифоли — известен, как мы отмечали выше, лишь по патентным заявкам и имеет много вариантов.

Вариант 1-й, предложенный проф. Е. И. Любарским, сводится к обработке раствора канифольного мыла углекислым газом под давлением при высокой температуре. Канифоль при этом вытесняется из канифольного мыла углекислотой по валовой реакции.



Однако, отдельные опыты, произведенные различными лицами, показали, что при такой обработке обычно получается смоляное

молоко, т. е. эмульсия кислого мыла. Если и выпадает осадок, то он точно также состоит из кислого мыла.¹

Попову при обработке растворов канифольного мыла дымовыми газами точно также не удалось выделить канифоль. При этом точно также образовалась стойкая эмульсия „смоляное молоко“.

Жеребов А. П. предложил обрабатывать растворы канифольного мыла дымовыми газами для получения смоляного молока и затем разрушать эту эмульсию действием электрического тока. Однако, это предложение не нашло пока практической проверки. Давно уже различными лицами делались предложения о выделении канифоли из растворов канифольного мыла действием различных, главным образом, минеральных кислот.

Эти предложения до настоящего времени не получили практического осуществления, так как для выделения канифоли необходим большой расход дорогой кислоты. Получающаяся при этом канифоль содержит много посторонних примесей, отличается темным цветом и без дополнительной обработки не может найти себе применения, соответствующего ее стоимости. Лучшие перспективы этот способ имеет на сульфат-целлюлозных заводах для переработки смоляного мыла, получаемого в качестве отхода. Там этот способ и применяется для получения жидкой (шведской смолы)².

Таким образом, для ближайшего рассмотрения нам остается способ выделения мыла путем высолки. Практически выделение мыла высолкой производится в большинстве случаев в специальных мешалках. Обычно высолка производится поваренной солью, которая прибавляется к горячему раствору мыла большей частью в сухом виде, иногда в виде насыщенного раствора. Для лучшего растворения соли и более равномерного ее распределения во всем объеме раствора, высолка производится при постоянном перемешивании. Обычный тип мешалки, которая применяется для выполнения этой операции, изображен на рис. 204.

На некоторых заводах встречаются и другие устройства для высолки мыла. На рис. 209 представлен бак-отсольник, долгое время применявшийся на Ново-Белицком заводе. Здесь соль в сухом виде равномерно забрасывается на сетку, укрепленную в верхней части бака. Горячий щелок льется сверху на слой соли и растворяет ее. В практике работы с этим баком выявились два существенных недостатка: 1) мелкие кристаллики соли механически увлекаются щелоком через сетку, попадая вместе с раствором в холодильник. Эти кристаллики соли обволакиваются пленкой высолоченного мыла, которая препятствует их дальнейшему растворению, и остаются в товарном мыле, понижая его качество; 2) отсутствие перемешивания при высолке приводит к тому, что в раз-

ных частях раствора концентрация соли различна, что приводит к неполной высолке в отдельных частях раствора. Это затрудняет в дальнейшем процесс отстаивания и увеличивает потери. Существует другой тип отсольника без мешалки.

Здесь раствор мыла подается в нижнюю часть бака и снизу проходит через слой соли. После наполнения бака раствор сливают через другой штуцер, имеющийся в днище бака. При этом раствор вторично проходит через слой соли, благодаря чему достигается его лучшее насыщение и перемешивание. Опыт работы с этими отсольниками показал, что в слое соли задерживается высолоченное мыло, которое обволакивает соль и препятствует ее полному и быстрому растворению.

Отделение мыла от щелока. Раствор канифольного мыла после высолки представляет собой грубую суспензию с частицами мыла различной степени дисперсности. Дальнейшей задачей в технологическом процессе является отделение частиц мыла от щелока. Эта задача может быть решена различными способами, например отстаиванием, фильтрацией, центрофугированием.

Простейшим и наиболее распространенным на наших заводах способом является отстаивание. Отделение мыла путем отстаивания производится как в периодически, так и непрерывно действующих отстойниках различных типов.

Длительность процесса отстаивания зависит от многих факторов, важнейшими из которых являются: 1) величина частиц мыла, 2) плотность частицы мыла, 3) плотность щелока, 4) вязкость щелока и 5) глубина отстойника. Крупные частицы мыла с размерами выше 50 микрон осаждаются очень быстро в первые 1,5—2 часа отстаивания, в дальнейшем они образуют нижний, наиболее плотный слой мыла. Затем отделяется более рыхлый подвижный слой

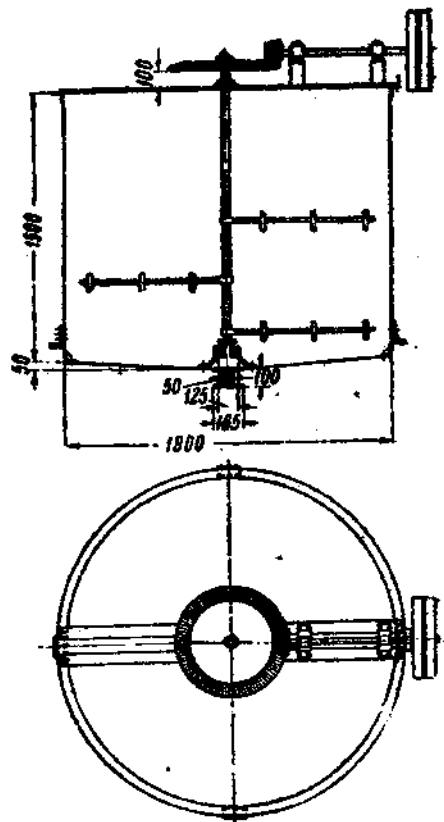


Рис. 204. Мешалка для отсаливания щелоков.

¹ Постовский и Титов. ЖПХ, 1929 г. № 2.

² Подробное об этом способе будет сказано ниже при описании переработки сульфатного мыла.

с частицами от 10 до 50 микрон. Наконец, очень долго остаются в надмыльном щелоке наиболее мелкие частицы мыла размером до 10 микрон. В периодически-действующем отстойнике, глубиной в 1,5 м, процесс отстаивания продолжается 16—18 час. После окончания процесса отстаивания пустой надмыльный щелок сливают из отстойника в канализацию, а отстоявшееся мыло через нижний спускной штуцер направляют для дальнейшей обработки.

Обычно из отстойников мыло получается с влажностью не меньше 50%, а в некоторых случаях и 70—80%. Поэтому основная задача дальнейшей обработки мыла заключается обычно в дополнительном его обезвоживании.

Для дополнительного обезвоживания мыла применяют следующие устройства:

Отжимный барабан Курыгина, установленный на Ново Белицком заводе (рис. 208), представляет усеченный конус, склепанный из железных листов толщиной 4 мм с размерами: длины—3000 мм, d_1 —500 мм, d_2 —380 мм. Внутри барабана пропущен вал d 70 мм, длиной 3,73 м. На валу насажены две крестовины, укрепленные лапами на внутренней поверхности барабана. На окружности барабана по спирали пробит ряд отверстий по 6 мм, образующих винтовую полосу шириной 100 мм. Внутри барабан обтянут медной сеткой, применяемой на бумажных машинах. Барабан вращается со скоростью 7—8 об/мин. Производительность его при такой скорости—6 т мыла в сутки. Мыло поступает на барабан со стороны меньшего основания с влажностью 70—80% и при медленном вращении барабана, проходит по нему непрерывной струей. Щелок при этом отделяется от мыла и стекает сквозь сетку и дыры в кожухе барабана, в приемную ванну. Обезвоженное мыло с влажностью 45—50% вытекает из широкой части барабана и по лотку сползает в приемник. На Нейво-Рудянском и Долгополянском заводах установлены отжимные барабаны несколько измененной конструкции.

Недостатком этого устройства является непригодность для отделения слабо-щелочного и кислого мыла, так как при этом фильтрующая поверхность сетки быстро забивается мылом и дальнейшая фильтрация щелока прекращается.

Многокамерные мылоуплотнители представляют другой тип устройств для дополнительного обезвоживания мыла.

Мылоуплотнитель представляет собой прямоугольной формы резервуар, разделенный вертикальными, не доходящими до дна перегородками, на ряд отдельных камер. Дно резервуара имеет небольшой уклон в одну сторону. Мыло из отстойников подается в крайнюю верхнюю камеру. Проходя в зазор между перегородкой и дном, мыло постепенно заполняет весь резервуар. Более плотное мыло собирается в нижних слоях и по наклонному дну постепенно передвигается к нижней крайней камере, откуда по мере надобности забирается для загрузки в бочки. Выделяющийся из мыла щелок собирается в верхних частях камер и отводится в канализацию по мере накопления. В таком мылоуплотнителе при

достаточно длительном пребывании мыла влажность его может быть снижена до 35—38%.

К недостаткам подобного устройства относятся:

1) значительная потеря времени на дополнительное отстаивание;

2) образование „мешков“ щелока внутри массы мыла, т. е. неудовлетворительное отстаивание;

3) возникновение пробок из плотного мыла, затрудняющих передвижение всей массы мыла по мылоуплотнителю;

4) трудность выгрузки плотного, вязкого мыла;

5) все сооружение довольно громоздко и занимает много места.

Сушка канифольного мыла. Путем отстаивания и дополнительной обработкой во всякого рода уплотнителях, возможно понизить влажность мыла до 35—36%. Однако, при этой влажности мыло представляет собой вязкий мазеобразный продукт, неудобный в транспортировке и обращении, и подверженный изменению при хранении. При дальнейшем удалении влаги свойства мыла мало изменяются до тех пор, пока влажность его не понизится до 27%. Если подсушивать мыло дольше, то при понижении влажности ниже 27%, оно превращается в чрезвычайно тягучую, сильно липкую массу, представляющую значительные неудобства при обращении с ней. Эти свойства мыло теряет только тогда, когда влажность его понизится до 12—14%. При содержании влаги до 12—14% канифольное мыло представляет собой сухой порошок или твердый кусок. Таким образом, при сушке мыла необходимо высушивать его до содержания влаги значительно меньшей 12—14%, так как сухое канифольное мыло очень гигроскопично и жадно впитывает влагу из воздуха.

Сушка мыла производилась на кустарных западно-сибирских заводах в открытых выпарных чашах. Однако, этот способ крайне нерационален, так как при высушивании мыло отлагается слоями на дне и стенках чаш и затрудняет процесс теплопередачи к массе мыла. Кроме того, возможно пригорание и разложение мыла вследствие местных перегревов.

Более рациональным является применение так называемых пульверизационных сушилок. Такая сушилка (рис. 205) состоит из большой камеры, в верхней части которой помещается распылительное устройство, с помощью которого расплавленное мыло распыляется в камере в виде мельчайших капель. Снизу в камеру подается горячий воздух, в токе которого частицы мыла быстро высыхают и падают в виде мыльного порошка в нижнюю коническую часть камеры. Из верхней части камеры воздух отводится через матерчатые фильтры, на которых задерживаются увлеченные воздухом частицы мыла.

Распылительное устройство выполняется либо в виде форсунки, в которую подается под давлением расплавленное мыло, либо

¹ Эти наблюдения были сделаны в лаборатории канифольно-скиндрального производства АТА и сотрудн. С. Я. Коротовым.

в виде распылительной шайбы. Распылительная шайба системы инж. Иванченко представляет собой металлический диск, состоящий из двух плотно припаянных частей. В теле диска от центра к периферии идут узкие каналы. Диск насажен на полуу

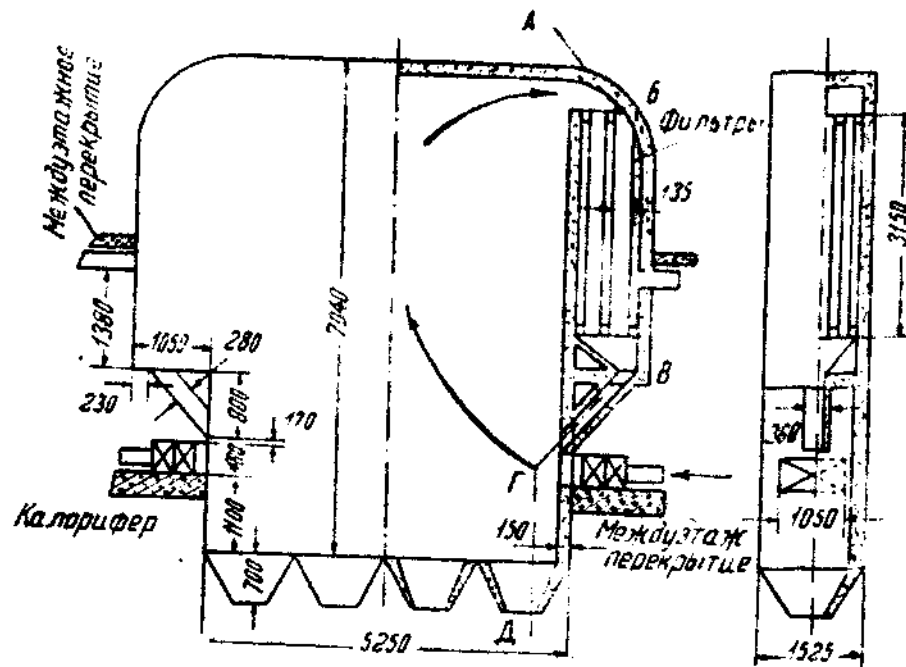


Рис. 205. Сушилка Иванченко.

ось, через которую подается расплавленное мыло к центру диска. При быстром вращении такой шайбы расплавленное мыло под действием центробежной силы устремляется в каналы диска и выбрасывается из них с большой силой в виде мельчайшей пыли.

Опыты применения подобной сушилки для сушки канифольного мыла дали вполне положительные результаты. Получен был порошок сухого мыла с влажностью в 3%.

Отгонка скипидара. При щелочной обработке осмола скипидар может быть отогнан в различных местах технологического процесса. При этом можно: 1) отгонять скипидар до выщелачивания, 2) отгонять скипидар во время процесса выщелачивания, 3) отгонять скипидар из щелоков в отдельном аппарате до высколки мыла и наконец 4) отгонять скипидар из мыла.

Отгонка скипидара одновременно с выщелачиванием сопряжена с обильным пенообразованием, вследствие чего, во избежание перебросов пены в холодильники, рабочий объем аппарата исполь-

зуется всего лишь на 50—60%. Предварительная отгонка скипидара из щелы сопряжена с большим расходом пара и увеличением времени оборота основного варочного аппарата. Кроме того, после отгонки скипидара замедляется процесс выщелачивания вследствие увлажнения щелы при отгонке скипидара. Остающаяся после отгонки скипидара канифоль сама по себе омыляется трудней, нежели терпентин.

Отгонка скипидара из щелоков позволяет избежать все указанные выше затруднения и дает хорошие выходы скипидара.

Последний способ—отгонка скипидара из мыла—сопряжен с неизбежными потерями скипидара. По сравнению с этим способом отгонка скипидара из щелоков проще по техническому выполнению и дает больший выход скипидара.

В настоящее время отгонка скипидара из щелоков производится на Долгопольском заводе в простых кубах периодического действия, а отгонка скипидара из мыла на Ново-Белицком заводе в аппаратах, аналогичных испарителям завода Вахтан. Однако, и в том и в другом случае аппаратура является мало подходящей,

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	I	II	III	IV
			1936 г.	1936 г.	1936 г.	1937 г.
1	Переработка осмола	м ³	19206	20436	11384	19187
2	Выработано канифольного мыла ст.	т	1361,27	1751,6	1012,98	2192
3	Выработано скипидара	т	103,86	184,7	81,71	—
4	Сделано экстрактореоборотов	шт	4091,9	4825,5	3282	—
5	Срок длительности	час.	12,1	7,94	11,2	—
6	Удельный расход на 1 канифольно-мыльную единицу щелока	кг	147,0	134,76	117,0	148
7	Выхода с 1 м ³ осмола канифольного мыла	т	70,9	85,7	89,3	85,6
8	Качество осмольной щелы по ОСТ:	т	5,41	9,10	7,69	8,9
	содержание канифоли	т	24,25	32,6	30,18	—
	летучих	т	3,72	7,11	5,18	—
	влаги	т	31,36	25,38	20,0	—
9	Качество канифольного мыла:	т	43,8	41,2	45,45	—
	содержание канифоли	т	41,87	47,9	45,05	—
	летучих	т	0,46	1,42	0,57	—
	неомыляемых	т	3,47	2,90	3,36	—
10	Коэффициент использования:	т	72,69	71,95	65,6	73,7
	канифоли	т	81,54	80,2	74,8	—
11	летучих	т	—	—	—	0,110
12	Расход топлива условно	т	—	—	—	26,4
	электроэнергии	квт-час	—	—	—	48,7
13	воды	м ³	—	—	—	29
14	Труд	чел.-дней	—	—	—	—

работа чрезвычайно затруднена сильным пенообразованием и частыми перебросами.

Для отгонки скипидара из щелоков более пригодными являются трубчатые выпарные аппараты типа аппаратов Кестнера или Яриана. Для отгонки скипидара из мыла на Нейво-Рудяинском и Плассецком заводах использованы установки конструкции инж. Филатова, представленные на рис. 208.

Установка состоит из насадочной колонны с паровой рубашкой, в которую снизу подается горячий раствор мыла. С помощью змеевиков глухого пара и паровой рубашки раствор доводится до кипения. При этом образуется много пены, смесь пара, пены и жидкости с большой скоростью выбрасывается в сепаратор где пузыри пены лопаются, пар уходит в холодильник, а жидкость дополнительно прогревается змеевиками, расположенными в нижней части сепаратора и сливается в бочки.

На стр. 483 мы приводим основные технико-экономические показатели по трем канифольно-мыльным заводам за 1936 г. и по одному заводу за 1937 г.

Отчетная калькуляция канифольно-мыльного завода за 1937 г.

	Количество	На 1 канифольно-мыльную единицу	
		Цена	Сумма
		р.-к.	р.-к.
1. Осмол м ³	8,78	31-33	275-20
2. Измельчение	8,78	4-83	42-26
3. Каустик кг	148	0-422	65-23
4. Соль кг	210	0-052	10-91
5. Топливо условное т	0,710	153-100	108-60
6. Электроэнергия квт-час	26,4	0-23	6-10
7. Вода м ³	48,7	0-22	10-55
8. Труд чел. дней	29	1-12	32-51
9. Начисления	—	—	3-28
10. Цеховые	—	—	43-94
11. Общезаводские	—	—	94-48
Итого	—	—	693-06
Отходы на удешевление	—	—	74-50
Всего	—	—	618-56

Примечание. I. Канифольно-мыльная единица есть условная единица, в которые пересчитана вся продукция завода (канифольное мыло и скипидар) по соотношению цен на разные виды продукции; в данном случае принято, что одна тонна скипидара равна двум тоннам стандартного канифольного мыла.

II. Выхода продуктов, исчисленные на один куб. метр осмола не дают правильного представления о работе завода, так как вес одного куб. метра осмола, а также его качество подвержены значительным колебаниям и зависят от степени очистки, плотности укладки и пр. Правильнее относить выходы продуктов не к объемным единицам сырья, а к весовым, т. е. считать выходы продуктов на одну тонну осмола с 20% влажностью (воздушно-сухой осмол).

Перспективы дальнейшего развития щелочного способа переработки осмола. Щелочный способ переработки осмола в том виде, в каком он существует в настоящее

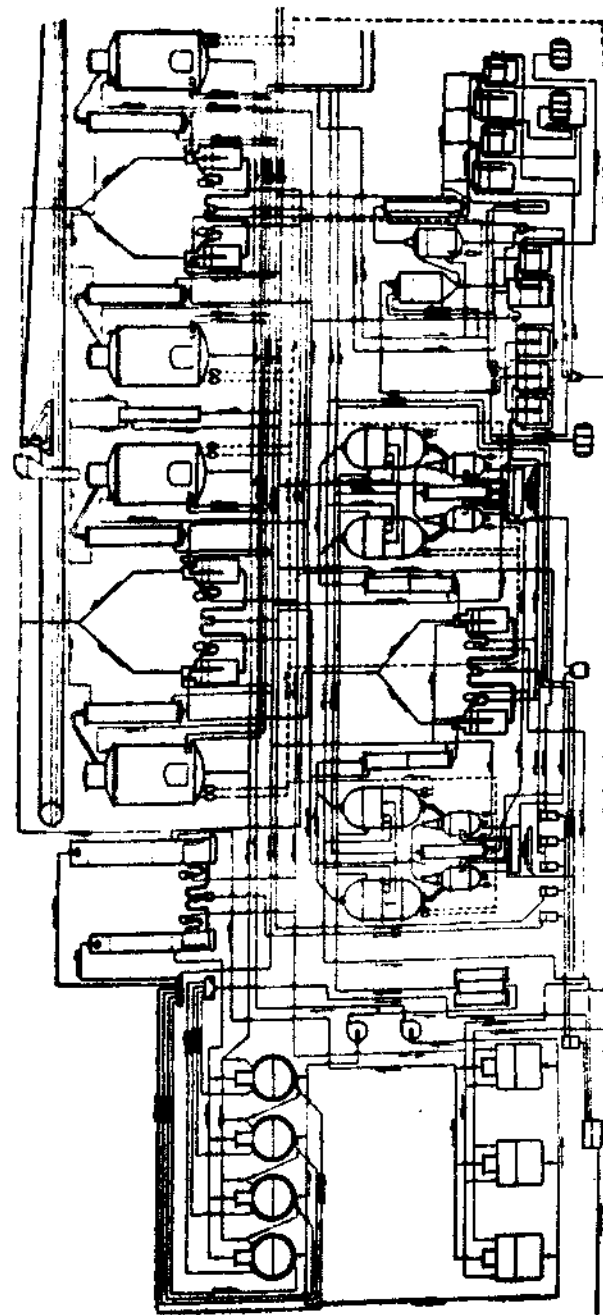


Рис. 206. Схема технологического процесса завода Ватан.

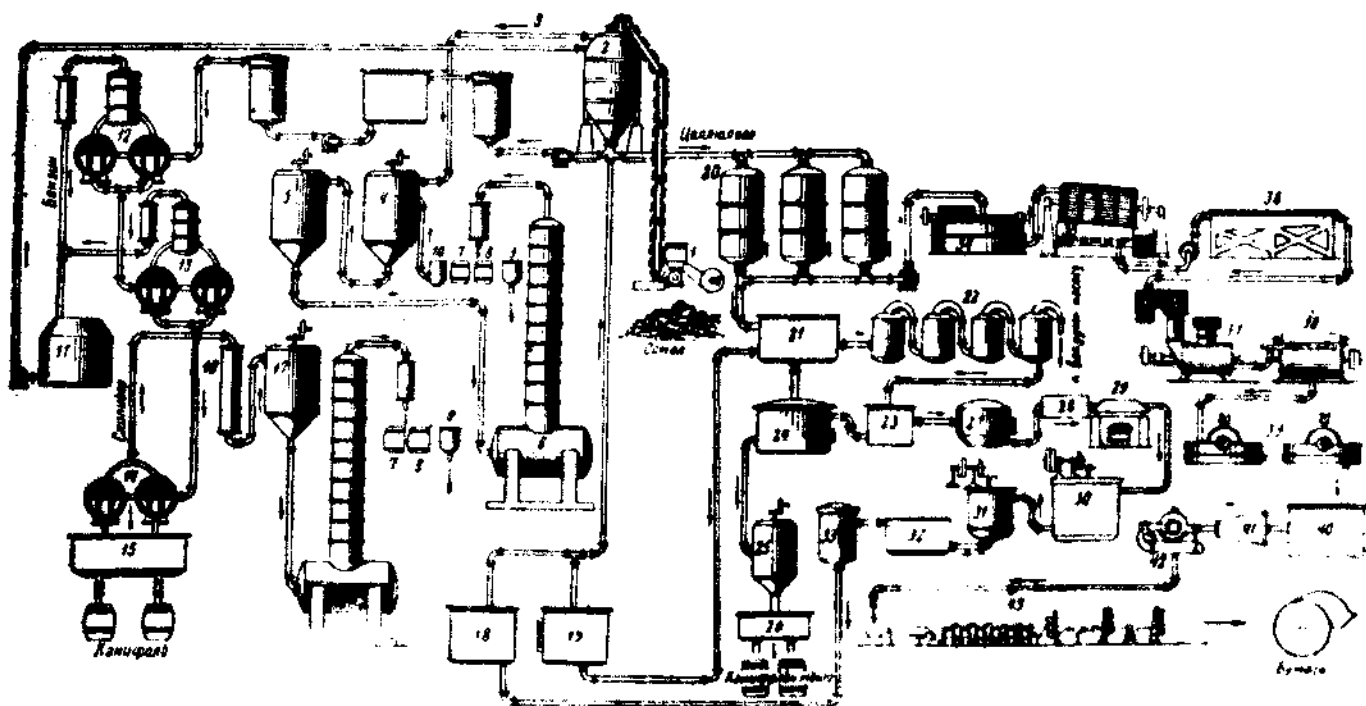


Рис. 207. Упрощенная схема технологического процесса Киринского завода.

1—рубильная машина, 2—экстракция и варка целлюлозы, 3—сливка сульфитного скипидара, 4—очистка H_2SO_4 от Fe, 5—очистка по NaOH, 6—ректификация скипидара, 7—скипидар, 8—флотационное масло, 9—бензин в цистерну, 10—грязное масло, 11—бензиновая цистерна, 12—первая испарительная система, 13—вторая испарительная система, 14—варка канифольного щелока, 15—сборник канифоли, 16—холодильник, 17—очистка скипидара NaOH, 18—сборник белого щелока, 19—сборник черного щелока, 20—диффузоры, 21—сборник черного щелока, 22—четырёхкорпусная выпарная установка, 23—сборник упаренного щелока, 24—сборник сырого канифольного мыла, 25—очистка канифольного мыла NaOH и NaCl, 26—уплотнение канифольного мыла, 27—дисковый испаритель, 28—револьверная печь, 29—плавиальная печь, 30—растворитель плава, 31—каустизатор, 32—декантация, 33—фильтр, 34—пропеллерная мешалка, 35—сучиловодитель, 36—несочинца, 37—сортировка, 38—сгуститель, 39—ролл, 40—мешальный бассейн, 41—жордан, 42—улагоуловитель, 43—бумажная машина.

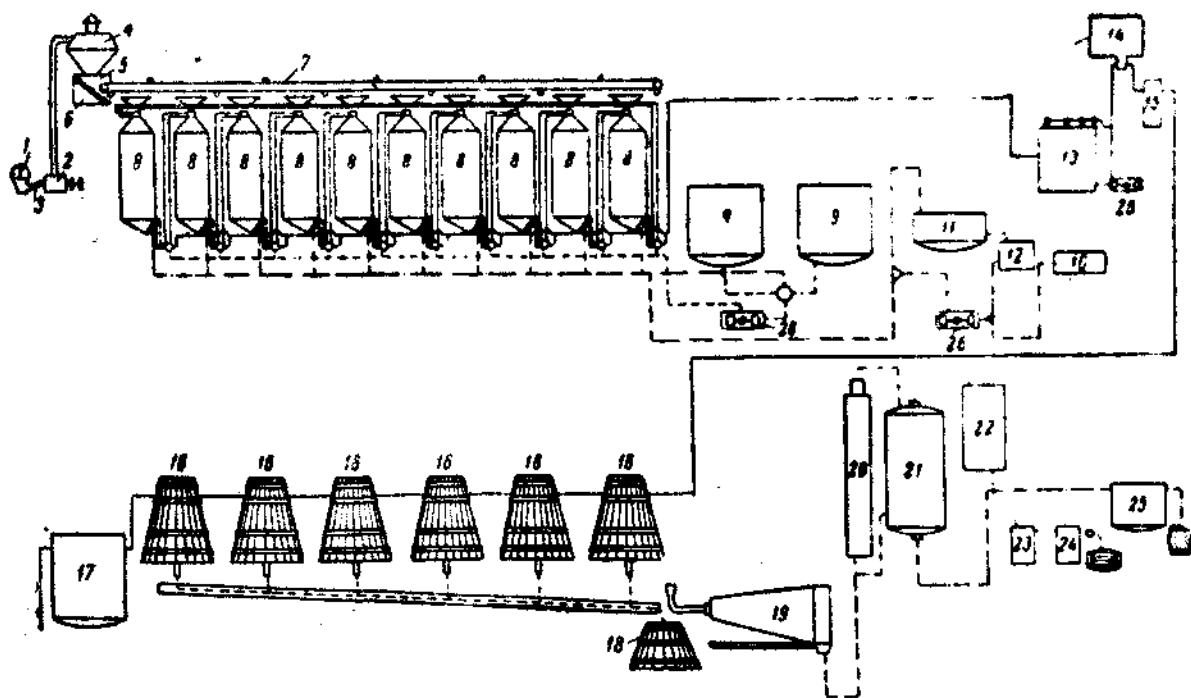


Рис. 209. Схема технологического процесса Нейво-Рудинского канифольно-мыльного завода.

1—рубильная машина, 2—вентилятор, 3—воздухопровод, 4—циклон, 5—бункер, 6—сетка для отвеивания пыли, 7—транспортер, 8—диффузоры, 9—бак для промышленной воды, 10—бак для разведения каустической соды, 11—промежуточный бак для каустика, 12—газатор, 13—отсольник, 14—напорный бак для мыльных щелоков, 15—холодильник для мыльных щелоков, 16—отстой

время на наших действующих заводах, имеет ряд серьезных недостатков. Перечислим главнейшие из них:

1. Низкое качество конечного продукта (значительное содержание влаги, свойство темнеть при хранении, содержание большого количества посторонних примесей).

2. Низкий коэффициент использования смолистых веществ осмола, не превышающий 75%.

3. Большой расход щелочи на побочные реакции.

4. Большой расход на тару (65 руб. на 1 т экстракционной канифоли и 329 руб. на 1 т канифоли в мыле).

Стоимость тонны канифоли в канифольном мыле, выпускаемом нашими заводами, превышает стоимость экстракционной канифоли (960 руб. за тонну экстракционной канифоли и 1061 руб. за тонну канифоли в мыле для равных условий).

Низкое качество продукта и высокая его стоимость приводят к тому, что потребители обращаются к канифольному мылу лишь при отсутствии канифоли. Поэтому дальнейшие перспективы развития этого вида производства в настоящее время весьма неопределенны и теснейшим образом связаны с развитием научно-исследовательской работы, по поиску способов облагораживания канифольного мыла и улучшению экономических показателей канифольно-мыльного производства. В этой связи мы полагаем полезным остановиться в нескольких словах на тех результатах научно-исследовательских работ, которые наиболее интересны с этой точки зрения.

Прежде всего следует отметить работы Ф. Т. Солодкого в Лесотехнической Академии по получению кислого мыла действием уксусной кислоты на водный раствор канифольного мыла под давлением.

Распыляя раствор мыла в атмосфере уксусной кислоты под давлением в 2—3 ат, Ф. Т. Солодкий получил суспензию кислого мыла, из которой фильтрацией был получен твердый продукт, содержащий 75—80% свободных смоляных кислот, от веса сухого остатка.

Влажность продукта не превышает 30%. Испытания пригодности этого продукта для мыловарения, произведенные в Институте жировой промышленности, дали вполне удовлетворительные результаты: образцы хозяйственного мыла, изготовленные с участием кислого канифольного мыла по своей цветности были не хуже, чем такие же образцы, изготовленные с участием канифоли марки F.

В настоящее время в Лесотехнической Академии заканчивается разработка новой схемы технологического процесса переработки

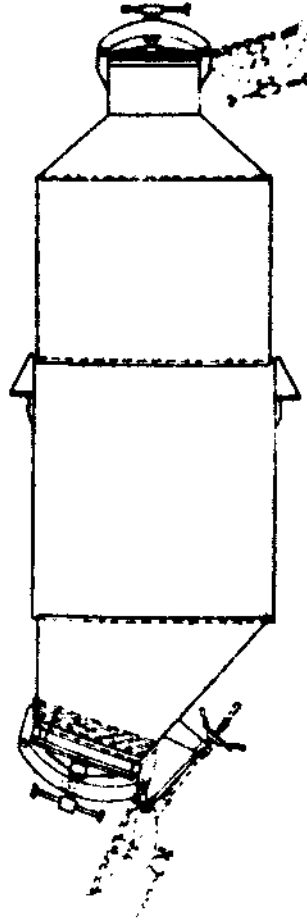


Рис. 208 (8). Экстрактор.

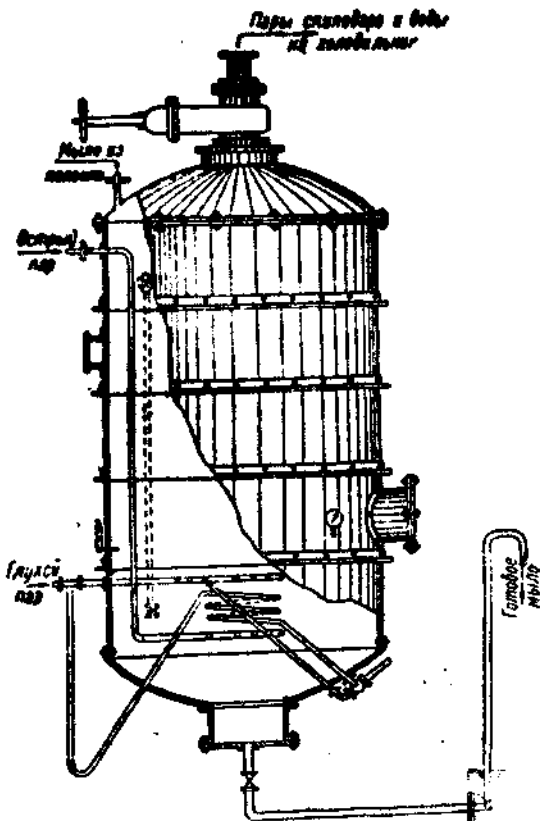


Рис. 208 (21). Скипидарно-отгонный куб.

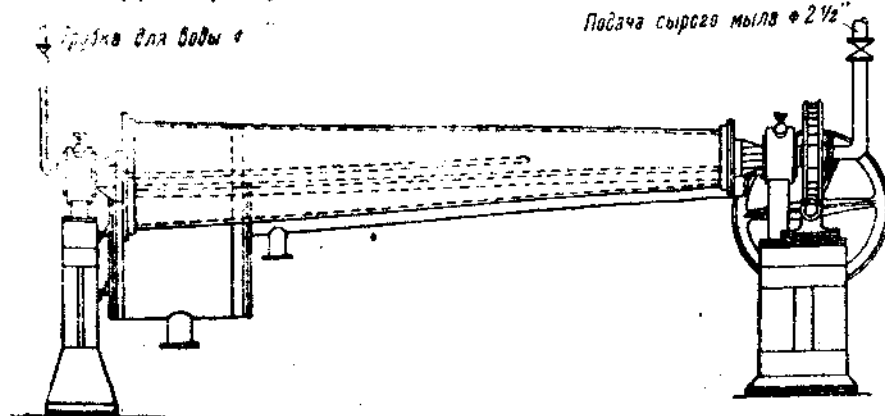


Рис. 208 (19). Отгонный барабан.

¹ Из отчета бригады С. А. Люмирского, Неймарка и Элькина НИС АТА 1938 г.

канифольного мыла, после чего на одном из заводов будет сооружена полужавальная установка.

Из других работ наибольший интерес представляет работа по получению сухого мыла, выполненная в ЦНИАХИ Н. В. Туховицким, А. Л. Пирятинским и Быховским. Сущность их метода заключается в отгонке воды из кислого мыла с парами растворителя, обладающего азеотропическими свойствами (например бутанол).

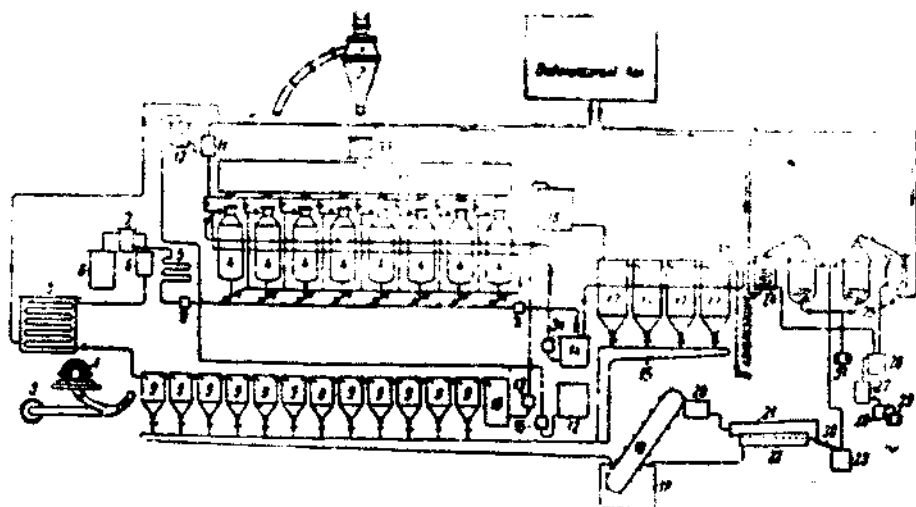


Рис. 209. Схема технологического процесса Ново-Белицкого завода.

1—дробильная машина, 2—циклон, 3—экстаузер, 4—экстрактор (диффузор), 5—холодильник для мыльных щелоков, 6—напорный бак мыльных щелоков, 7—отсольщик мыльных щелоков, 8—фильтр, 9—отстойник, 10—отстойник для надмыльных щелоков, 11—дозатор щелочи, 12—сборник едкой щелочи, 13—насос для перекачки надмыльных щелоков, 14—бак для промывной воды диффузоров, 15—желоб для мыла, 16—напорный бак для надмыльных щелоков, 17—отстойники, 18—сборник мыла с отстойниками, 19—вентилятор, 20—бункер для мыла, 21—отжимной барабан, 22—ворота для отжатых щелоков, 23—монтеж для мыла, 24—холодильник для скипидара, 25—выпарной куб для мыла, 26—скипидароотделитель, 27—сборник для скипидара, 28—солевой фильтр, 29—бочка для скипидара, 30—лоток для мыла, 31—бочка для мыла, 32—вода, идущая с холодильника в сборник для промывки воды, 33—центробежное сито, 34—насос для откачки и слива мыла, 35—насос для подачи соды в напорный бачок, 36—Бункер для щепы.

Сочетание способа ЦНИАХИ с получением кислого мыла по способу Ф. Т. Солодкого может дать хороший по качеству продукт. Однако, применение этих новых способов, очевидно, не улучшит экономики щелочного метода, если не удастся повысить коэффициент использования смоляных в осмоле.

В этом отношении большой интерес представляет разработка метода комплексного использования осмола путем прямой сульфатной или натронной варки с получением целлюлозы. Канифольное мыло и скипидар при этом будут получаться в виде отходов, что довольно значительно снизит их себестоимость. Работа в этом

направлении ведется в Лесотехнической Академии и обещает дать вполне удовлетворительные результаты.

В заключение приводим несколько схем заводов, указанные на рисунках 206, 207, 208 и 209.

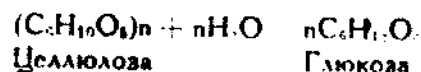
Использованная литература

1. Агафони — Производство экстракционной канифоли, скипидара и канифольного мыла. Гослестехиздат 1933 г.
2. В. К. Нордстрем — Лесохимическая промышленность. КОИЗ. 1933 г.
3. Герасимовский и Житков — Грузоподъемные машины и транспортные устройства. ОНТИ 1936 г.
4. А. Г. Касаткин — Основные процессы и аппараты химической технологии ч. I. ОНТИ НКПТ 1935 г.
5. Ю. Н. Емельянов — Статьи в «Трудах Зап. Сиб. НИИ» и в газете «Лесная промышленность». № 170 за 1934 г.
6. Его же — Канифоль и скипидар из пней разн. давн. рубки. Изд. Белор. Ак. Наук. 1937 г.
7. Адамович — Причин осмообразования. Диссертация. 1935 г.
8. А. А. Иванов — Биологические основы использования хвоиных СССР в терпентинном производстве. КОИЗ 1934 г.
9. Дюпон — Терпентинные масла. Гос. Научно-Техн. Изд. 1931 г.
10. В. Н. Крестинский — Лекция по химии терпенов. Госхимтехиздат. 1933 г.
11. Вертоградов — К вопросу о методике обследования сосновых вырубок и определение на них запасов пневого осмола. Журнал «Лесохимическая Промышленность». 1935 г. № 4. стр. 11—16.
12. Аргутинский — Вармвая заготовка пневого осмола. КОИЗ 1934 г.
13. К. И. Ногин — Канифольно-скипидарное производство. Научное Хим. Техн. Изд. 1929 г.
14. Мюллер — Производство бумаги, т. I, ч. II. Гослестехиздат 1931 г.
15. Технология экстрактивного производства — под ред. М. И. Хадька Гос. Изд. Легкой Промышл. 1935 г.
16. Кроль — Лесохимическое производство.
17. Технические отчеты зав. Вахтан за 1934 и 1935 гг.
18. Справочник бумажника.
19. Бурштейн — Ленточные транспортеры. Техника Управления. 1937 г.
20. Труды ЦНИАХИ. Отчет по теме: «Изучение канифольно-мыльного производства».
21. Труды ЦНИАХИ. Отчет по теме «Разработка метода получения канифоли из еловой серии экстракцией нейтральными смоляными маслами».
22. Вольф — Растворители жиров, масел, восков и смол. Госхимтехиздат. 1932 г.
23. Иорда — Химическая технология растворителей. ОНТИ. 1934 г.
24. Дерренс — Растворители. Госхимтехиздат. 1933 г.
25. А. Платт — Рекуперация летучих растворителей. ОНТИ. 1934 г.
26. Шехтерле — Экстракционные аппараты.
27. Павлович — Дубильные экстракты.
28. Н. И. Любарский — Живой и мертвый терпентин. ч. II.
29. Его же — Заводские формы щелочной переработки осмола. Журн. Пр. Хим. 1930 г. № 4.
30. Ф. Т. Солодкий — О содовом способе переработки соснового осмола. Журн. Пр. Хим. № 5. 1929 г.
31. Постовский и Титов — Исследование щелочного способа получения канифоли из осмола. Журн. «Химическая Промышленность» 1929 г. № 2.
32. Титов, Павлов и Преображенский — О щелочном способе обработки соснового осмола. Журн. Пр. Хим. № 5, вып. 8. 1932 г.
33. Д. Н. Смирнов — Канифольное мыло из осмола. КОИЗ. 1935 г.
34. Н. Н. Никитин, Ф. П. Комаров и И. Я. Соловьев — Химическая технология дерева.

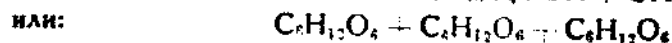
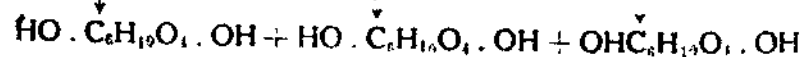
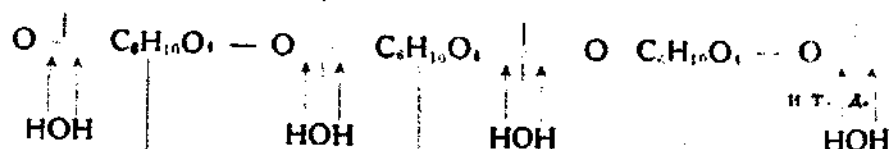
ГИДРОЛИЗ ДРЕВЕСИНЫ

Возможность превращения полисахаридов древесины в простейшие растворимые сахара была известна более ста лет назад. Химический смысл этого превращения заключается в гидролитическом расщеплении сложных молекул полисахаридов.

Схема такого распада может быть представлена в следующем виде.



или, несколько развернуто:



В результате реакции гидролиза, цепь клетчатки распадается на составляющие ее глюкозные остатки, которые, присоединяя воду, образуют молекулы глюкозы.

Выше, в главе о химическом составе древесины, при изучении свойств клетчатки с подобной реакцией нам уже приходилось встречаться. Там же указывалось на аналогичные реакции, протекающие с другими полисахаридами древесины, как, например, ксиланом, дающим при гидролизе ксилозу, маннаном, гидролизующимся до маннозы и другими.

В зависимости от породы древесины, углеводная часть ее составляет 70—75%. При гидролизе древесины вся эта часть может быть переведена в раствор в виде простейших сахаров: глюкозы, маннозы, галактозы, ксилозы. Остальная часть, состоящая, главным образом, из лигнина, остается мало изменившейся.

Получение сахаров из такого дешевого сырья, как древесина, естественно возбудило практический интерес. Уже при первых опытах по осахариванию древесины, произведенных в 1819 г. французским химиком Браконно, указывалось на возможность превращения полученных сахаров в винный спирт. Конечный продукт гидролиза древесины — «древесный сахар» может быть и непосредственно использован как углеводный корм для скота, а в очищенном виде — для человека.

Способность отдельных сахаров к сбраживанию различными микроорганизмами позволяет получить целый ряд новых продуктов: винный или этиловый спирт, глицерин, бутановый спирт, различные органические кислоты, как, например, лимонная, молочная, масляная. Сахарные растворы могут быть использованы для выращивания кормовых и хлебопекарных дрожжей. При гидролизе пентозанов, полученные пентозы можно, при определенных условиях, нацело перепести в фурфурол.

Из всех возможных продуктов, наибольший практический интерес пока представляет этиловый спирт, а также кормовой сахар и кормовые дрожжи, так как технология получения остальных продуктов не вышла еще из стадии лабораторных и полужавоцких опытов.

Для осуществления гидролиза древесины требуется катализатор, которым являются различные кислоты, главным образом, минеральные. Применяя концентрированные кислоты; реакцию можно провести на холоду, разбавленные кислоты требуют повышенной температуры от 100—200° Ц. Поэтому все методы гидролиза древесины можно разделить на 2 группы: гидролиз концентрированными кислотами и гидролиз разбавленными кислотами. Эти два пути гидролиза резко отличаются друг от друга.

При действии на древесину концентрированных кислот, например 72—80% серной, или 40—42% соляной, полисахариды деполимеризуются, превращаясь в низшие растворимые продукты типа декстринов. Окончательный гидролиз до моносахаридов из-за недостатка воды здесь не происходит. Целлюлоза под действием крепких кислот сначала набухает, затем постепенно начинает растворяться, распадаясь по схеме: целлюлоза → гидроцеллюлоза → целлюлоздекстрины → целлобиоза → глюкоза, но так как одновременно с этим низшие продукты претерпевают обратную реакцию, так называемую «реверсию», которая заключается в полимеризации, то устанавливается некоторое равновесие, отягчающее определенному содержанию в растворе низших растворимых полисахаридов. В некоторых случаях, например при гидролизе крепкой серной кислотой, параллельно с деполимеризацией происходит образование сернокислых эфиров целлюлозы и пролимеризацией продуктов. Для окончательного гидролиза продуктов деполимеризации, последние должны быть подвергнуты инверсии, т. е. кипячению с разведенной кислотой. Во время инверсии сернокислые эфиры омыляются и, в конце концов, все полисахариды могут быть почти количественно прогидролизваны и превращены в простейшие сахара.

Первые работы Браконно по гидролизу были произведены с помощью концентрированной серной кислоты. Позднее с крепкими кислотами работали целый ряд исследователей¹, добивавшихся получения максимального выхода сахара, нахождения оптимальных условий для I и II ступени гидролиза², разрабатывающих схемы и аппаратуру, методы регенерации кислоты и т. д. Эта регенерация имеет огромное значение для промышленного осуществления гидролиза древесины концентрированными кислотами, так как высокий расход кислоты без ее регенерации делает процесс совер-

¹ Фогель 1820, Палек 1837, Ариу 1854, Флексиг 1882, Ост, Вилькинсон 1910, Эдистер 1906, Феркалус 1911, Хейтланд 1915, Бешал 1856, Нейман 1910, Вильштеттер и Цейхмистер 1913, Круль 1916, Бергус 1916 и многие др.
² Деполимеризация и инверсия.

шенно неэкономичным. Это обстоятельство до сих пор затрудняет промышленное внедрение методов гидролиза крепкими кислотами, несмотря на целый ряд преимуществ перед гидролизом разбавленными кислотами. В основном эти преимущества сводятся к более высокому выходу сахара (почти количественному) и осуществлению процесса при обычной температуре, в более простых аппаратах.

Необходимо отметить один из предложенных методов использования отработанной серной кислоты так называемый «предципитатный метод», представляющий значительный интерес. Метод состоит в том, что после гидролиза древесины вся получающаяся смесь сахара, целлюлозолигнинов и концентрированной серной кислоты направляется в производство фосфорных удобрений. При этом получают в осадке преципитат, который идет на удобрения, а сахарный сироп — на дальнейшую обработку для получения сахара. Патент на этот способ взят в 1919 г. в Германии.

У нас он был также проверен, причем подтвердилась возможность утилизации серной кислоты таким способом.

Первый завод по осаживанию древесины был построен близ Парижа в 1855 г. с целью получения спирта из опилок. Однако, был вскоре закрыт из-за технических трудностей, как и многие другие заводы, возникшие позднее и работавшие на крепких кислотах. Наиболее практически ценные результаты по гидролизу древесины крепкой соляной кислотой были получены Хеглаундом. Эти работы были продолжены немецким ученым Бергиусом, предложившим новый метод регенерации кислоты. Регенерировать соляную кислоту оказалось легче серной, благодаря способности хлористого водорода отгоняться из растворов вместе с водяным паром.

В 1933 г. был построен в Германии завод кормового сахара по методу Бергиуса, существующий до настоящего времени. Производительность этого завода равна 7000 т кормового сахара в год.

Гидролиз древесины разбавленными минеральными кислотами, например, 0,3—1,0% H_2SO_4 производится в автоклавах под повышенным давлением, при температуре порядка 160—180 °C. В отличие от гидролиза концентрированными кислотами, в этих условиях сразу образуются моносахариды без промежуточных продуктов.

Переходящие в раствор сахара под влиянием высокой температуры в кислой среде разрушаются, и выход сахара уменьшается при этом способе. Кроме того, сильное разъедающее действие горячих разбавленных кислот требует применения антикоррозийной, кислотостойкой аппаратуры. Несмотря на сравнительно незначительный расход кислоты, технические трудности, связанные с аппаратурой, и низкий выход сахара долгое время были причиной медленного развития гидролиза древесины в промышленном масштабе.

На возможность гидролиза древесины разбавленными кислотами указал в 1898 г. шведский химик Симонсен. Подкрепить полученные опытные данные ему удалось в 1905 г. на полувзаводской установке. Ряд патентов по гидролизу разбавленной сернистой кислотой взял Классен в 1900 г., работы были проведены на большой полувзаводской установке. В 1910 г. в Америке были построены

2 завода, работавших по методу Симонсена и просуществовавшие до 1921 г. Во время мировой войны в Германии возникли три гидролизных завода. Эти заводы работали по методам Классена и Симонсена и просуществовали весьма недолго, прекратив свою работу из-за неэкономичности и технических трудностей.

Наилучшие результаты были получены Шоллером на построенном в 1931 г. в Торнеше (Германия) гидролизном заводе, в основу работы которого был положен непрерывный способ работы, дающий достаточно высокий выход сахаров. Этот завод работает до настоящего времени, и его опыт используется за границей для постройки ряда новых предприятий.

Сырье для гидролизного производства

Древесина, служащая сырьем для гидролизного производства, обычно в деловом виде не употребляется. Для гидролиза используются отходы лесопильных и деревообрабатывающих заводов. Постройка гидролизных заводов должна производиться в районах большого скопления этих отходов, и в некоторых случаях наиболее правильное решение будет непосредственное комбинирование небольших гидролизных заводов с лесопильными. Это приведет к рациональному использованию свободных отходов лесопиления, к снижению расходов на транспортировку сырья, возможности организовать центральную теплоэнергетическую станцию, обслуживающую оба завода.

Количество отходов при распиловке составляет 34—38% от распиливаемой древесины. Около трети отходов составляют опилки и остальная часть падает на долю реек, горбылей, щепы, отходы до распиловки и т. д. На собственные нужды лесозаводом расходуется около 50% всех отходов, следовательно, свободных отходов, которые могут служить сырьем для гидролизного производства, получается в среднем 15% от распиливаемой древесины.

Если принять, что одна лесопильная рама в смену распиливает 75—80 м³ древесины, или при суточной работе около 220 м³, то суточное количество свободных отходов составит около 30—35 м³, или учитывая 50% влаги, около 13 т абс. сухой древесины.

Для гидролиза разбавленными кислотами можно употреблять только опилки, при крепких кислотах употребляется щепа размером 4—5 мм и только на 10—15%, можно употреблять опилки в смеси со щепой. Применение опилок не требует дополнительного измельчения, что сокращает расход энергии, количество аппаратов, рабочую силу и т. д.

Теоретически из тонны древесины может быть получено около 600—750 кг сахаров, однако, производственные выходы еще значительно отстают от этих величин. Практически гидролизом разбавленными кислотами довольно легко получить выход спирта 180—190 л на 1 т древесины, но этот выход не является предельным. Выход кормового сахара при гидролизе концентрированной соляной кислотой по Бергиусу составляет 600 кг из 1 т абс. сухой древесины. Принимая для расчета эти выходы, можно вычи-

слить, что на 1 т спирта потребуется 12,8 т древесины с влажностью 45—50%, а на 1 т кормового сахара 3,2 т древесины.

Однако, помимо сырьевого расхода, значительная часть древесины тратится для получения технологического пара. Так, на 1 т спирта расходуется в виде топлива около 18—19 т древесины и на 1 т сахара около 12 т. Суммарно, для производства 1 т спирта гидролизом разбавленными кислотами потребуется около 31 т древесины и на 1 т сахара гидролизом по методу Берггуса — около 15—20 т древесины 45—50% влажности.¹

Таким образом, из суточных свободных отходов одной лесопильной рамы можно получить 0,85 т спирта, или 1,75 т сахара, расходуя отходы как сырье и как топливо на производство технологического пара.

Помимо древесины, гидролизу могут быть подвергнуты и другие растительные материалы, как например: торф, солома и т. д.

Выше указывалось, что для превращения полисахаридов древесины в простые сахара требуется осуществить реакцию гидролиза. Однако, в ряде производств эта реакция имеет место как побочная. В частности в процессе получения целлюлозы сульфитным способом, когда в целях делигнификации, древесина варится с раствором бисульфита кальция и сернистой кислоты (см. главу о сульфитной варке целлюлозы), вследствие высокой температуры и наличия кислого катализатора имеет место побочный процесс — гидролиз гемицеллюлоз. Каталитическое действие сернистой, а также переходящей в раствор лигносульфоновой кислот, недостаточно, чтобы в условиях сульфитной варки осаживалась трудно гидролизуемая целлюлоза. Гемицеллюлозы древесины, напротив, весьма легко подвергаются гидролитическому распаду и в виде простых сахаров переходят в раствор.

Таким образом, в процессе сульфитной варки в раствор переходит около 50% веществ, находящихся в древесине, а именно: лигнина около 30% и гемицеллюлоз около 20%.

Как известно, после варки целлюлоза отфильтровывается от этого раствора. Последний является производственным отходом и носит название — сульфитного щелока.

Количество сульфитных щелоков составляет 5—8 м³ на 1 т целлюлозы. Они содержат в себе в среднем — 10% сухого вещества, из которого 90% падает на долю веществ органических. В частности, сахаров в щелоке содержится 2—2,5%, из них 70% являются сбраживаемыми на спирт гексозами и около 30% составляют пентозы.

Не говоря уже о вредном действии сульфитных щелоков на водоемы, куда обычно их сливают, наличие ценного органического сырья в них давно уже выдвинуло вопрос об их утилизации. Наиболее старым проверенным в промышленности методом использования сульфитных щелоков является переработка их на этиловый спирт, который получается в количестве 8—10 л на 1 м³ щелока.

Мы не имеем возможности останавливаться здесь на всевозможных методах утилизации щелоков (получение спирта позволяет использовать только 15% содержащихся в нем веществ) и отсылаем читателя к специальной литературе.¹ Что касается получения спирта, то этот процесс во многом налагает переработку на спирт растворов древесного сахара, полученного в результате гидролиза древесины. В частности, опыт работы сульфитно-спиртовых заводов и лег в основу переработки сусла процесса спирто-гидролизного производства и в дальнейшем, при изложении процесса, будет дано общее описание этой части для обоих производств.

Из нижеприведенного сопоставления процессов видна их полная идентичность, за исключением первой операции для спирто-гидролизного завода — собственно процесса гидролиза, описание которого мы и даем в начале.

	Спирто-гидролизное производство	Сульфит-спиртовое производство
Основные стадии технологического процесса	1. Подготовка древесины и кислоты для гидролиза. 2. Гидролиз древесины. 3. Подготовка древесного сусла к сбраживанию: а) охлаждение сусла, б) нейтрализация кислот, в) очистка от шлама и не растворимых примесей, г) подготовка дрожжей и питательных веществ. 4. Сбраживание на спирт. 5. Дистилляция и ректификация спирта.	Гидролиз осуществляется как побочный процесс при варке целлюлозы и не требует самостоятельной операции. 1. Подготовка сульфитного сусла к брожению: а) нейтрализация щелока, б) осветление, в) охлаждение и аэрация, г) подготовка дрожжей и питательных солей. 2. Сбраживание на спирт. 3. Дистилляция и ректификация спирта.

Производство спирта из древесины и сульфитных щелоков

Для производства этилового спирта из древесины заграничной пользуются методом гидролиза разбавленными кислотами. Осуществляют гидролиз в автоклавах, куда после загрузки измельченной древесины и кислоты подается пар. Температура поддерживается около 180°, что соответствует давлению около 8 ат. В промышленности пользуются разбавленной серной кислотой крепостью 0,5—1,0%, вообще же гидролиз идет и под действием других кислот, как, например, соляной, фосфорной.

Гидролитическому расщеплению древесины способствуют: повышение температуры реакции, увеличение крепости кислоты и времени гидролиза. Однако, переходящие в раствор сахара при высокой температуре начинают разрушаться. Разрушение усиливается в кислой среде. Таким образом, те факторы, которые усиливают скорость гидролиза древесины, в такой же закономерности

¹ Нормы заимствованы из книги В. И. Шарова — Гидролиз древесины. Гослестматиздат 1936 г.

¹ Резник, „Сульфит-целлюлозные экстракты“, „Основные пути использования сульфитных щелоков“. Сборник под редакцией Буром.

вливают на скорость вторичных процессов, снижающих выход сахаров.

Разложение сахаров идет в сторону образования органических кислот, альдегидов, гуминовых веществ и продуктов более глубокого распада, как, например, углекислоты и воды. При разложении глюкозы образуются оксиметилфурфурол, левулиновая и муравьиная кислоты. Эти продукты легко обнаружить в растворе после гидролиза древесины. Основным продуктом распада пентоз является фурфурол, частично улетучившийся со стружкой и частично остающийся в растворе.

Так, например, глюкоза в условиях гидролиза древесины при нагревании в течение одного часа при 180°C в $0,5\%$ серной кислотой распадается на $66,5\%$. В растворе появляются продукты распада в следующем количестве от взятой глюкозы: оксиметилфурфурол $5,5\%$, левулиновая кислота $31,5\%$, муравьиная кислота $13,0\%$. Кроме того, выпадает гуминовый осадок в количестве $9,5\%$. Из моносахаридов, образующихся при гидролизе древесины при равных условиях, наибольшему разрушению подвергается иксолоза и наименьшему — галактоза. В $0,5\%$ H_2SO_4 в течение часа при 180°C разрушаются: иксолоза на 92% , глюкоза на 66% , галактоза на 40% .

Отсюда следует, что для гидролиза древесины разбавленной серной кислотой нужно подбирать такие условия, при которых наибольшее количество древесины гидролизалось бы и переходило в раствор и в то же время наименьшее количество образовавшихся сахаров успевало разрушиться. Эти условия и будут определять максимальный выход сахара. Навлучшим, по Симонсену, является следующий режим гидролиза: концентрация серной кислоты $0,5\%$, взятой по отношению к древесине как $1:4$ — $1:7$ (модуль кислоты),¹ давление пара в автоклаве 9 ат и время гидролиза — 15 мин. Выход сахара при этом режиме составляет 18 — 20% от веса древесины. Более высоких выходов получить не удавалось, и по такому методу работали в 1905 г. ряд заводов в Финляндии, Америке и др. странах.

Так как низкий выход при варках Симонсена объясняется исключительно разложением сахаров, то возникает вопрос о необходимости как можно скорее выводить образующиеся сахара из сферы реакции. Если быстро прогидролизовать древесину, затем отделить сахара, перешедшие в раствор, оставшуюся древесину прогидролизовать свежей кислотой, а сахара снова отвести и так дальше проводить гидролиз ступенями, то можно значительно повысить общий выход сахара. Один из примеров такого ступенчатого гидролиза приведен в таблице 54.

Гидролизу древесины ступенями, можно получить общий выход сахара до 45% . В примере, приведенном в таблице, для каждой ступени сохраняются постоянные условия гидролиза. Так как в древесине углеводы разделяются на легко и трудно гидролизуемые, то эти условия должны меняться от мягких вначале, до более жестких к концу гидролиза.

С увеличением числа ступеней, или иными словами, при более частом удалении сахаров из автоклава, выход сахаров повышается. Этот принцип был положен в основу „перколяционного“ гидролиза

¹ Модулем кислоты называется отношение ее к весовому количеству сухой древесины, в соответствующий размерности. Например: модуль $1:5$ означает, что на 1 кг древесины берется 5 г кислоты.

Таблица 54

Еловая древесина. Давление 7 ат. Время 40 мин.
Концентрация H_2SO_4 — $0,5\%$, модуль $1:5$

Ступени гидролиза	Образовалось сахара от веса исходной древесины	Общий выход сахара в %
I	23,2	23,2
II	5,1	28,3
III	4,0	32,3
IV	3,2	35,5
V	2,0	37,5
VI	1,9	38,5

и введен в практику Г. Шоллером. При перколяции кислота поступает в автоклав непрерывно, и также непрерывно отводится из автоклава раствор образующихся сахаров. Это предельный случай ступенчатого гидролиза, при котором число ступеней равно бесконечности, а время промежутка между ступенями равно нулю. Продолжительность одной ступени весьма мала и определяется скоростью движения кислоты через слой древесины. Для снижения разложения сахара, продолжительность одной ступени гидролиза должна быть как можно меньше, тогда количество прошедшей через автоклавы кислоты будет безгранично увеличиваться. Практически говоря, для наивысшего выхода сахара нужна большая скорость перколяции. Так, можно получить со слабой кислотой почти теоретический выход сахаров, что, однако, приведет к сильному их разбавлению, потребует большого расхода пара при дальнейшей переработке и повысит расход кислоты. Поэтому на практике работают с относительно малыми скоростями, довольствуясь выходом сахара около 50% .

Перколяционный принцип гидролиза, в тех или иных видоизменениях, положен сейчас в основу работы с разведенными кислотами на спирто-гидролизных заводах заграницией.

Подготовка древесины и кислоты для гидролиза

Если на переработку идут опилки, то подготовительные операции здесь сводятся только к сортировке их и транспортировке в бункер (хранилище), расположенный над автоклавом в гидролизном цехе завода. При наличии крупной древесины, требуется осуществить ее измельчение до размеров мелкой щепы. Такое измельчение производится на рубильной машине, описанной нами ранее в главе о целлюлозном производстве. Сортировка опилок предусматривает отделение крупной щепы и коры. Производится она с помощью плоских или барабанных сортировок. Транспорт опилок, в зависимости от местных условий, осуществляется с помощью транспортеров, элеваторов, или пневматической подачи. Транспорт

древесины, конструкция бункеров и их назначение, загрузка автоклава древесиной — весьма немногими отличается от подобных процессов на целлюлозных заводах, почему мы и позволим себе не останавливаться подробно на этих вопросах. Укажем только, что при свободной засыпке автоклава, в 1 м^3 (полезной емкости) помещается от 115—130 кг опилок, в пересчете на абс. сухую древесину. При легкой уплотнении вручную — 130—140 кг, при очень сильной трамбовке — 170—230 кг и, наконец, применяя уплотнение пропаркой, плотность наполнения можно увеличить на 20° и больше.

Подготовка рабочей серной кислоты складывается из ряда операций. Техническая серная кислота должна быть разведена водой до рабочей концентрации. Для осуществления реакции гидролиза древесины пользуются обычно кислотой, крепости $0,5^\circ$. Применение острого пара для нагрева автоклава обычно разбавляет конденсатом раза в два эту кислоту, что заставляет готовить рабочую кислоту крепче — $0,8—1,1^\circ$. Для непрерывной подачи кислоты в автоклав необходимо нагреть ее до температуры реакции и осуществить подачу под давлением, несколько превышающем давление в автоклаве.

Предпочитают разбавлять кислоту водой, предварительно нагретой до температуры реакции. Это смешение производят в специальном смесителе, расположенном вблизи автоклава. Подача кислоты и воды под давлением осуществляется с помощью насосов или помп. Путь, проходимый горячей кислотой, при этом невелик, отчего во всей подготовительной аппаратуре уменьшается участок, подвергающийся коррозии. В случае же разведения кислоты холодной водой (что иногда также имеет место), помпу или насосы, а также теплообменник и вся коммуникация должны быть изготовлены из кислотоупорного материала.

Возможный способ подачи кислоты приведен на рис. 210. Здесь концентрированная кислота из помпы 1 с помощью сжатого воздуха перекачивается в смеситель 2. Сюда же поступает горячая вода. Вода забирается из колодца центробежным насосом 3, подогревается сначала в поверхностном теплообменнике за счет тепла, вытекающего из автоклава 5 гидролизата и дополнительно нагревается острым паром в подогревателе 6. Регулировка концентрации рабочей кислоты производится изменением соотношения поступающих в смеситель кислоты и воды с помощью вентиля 7 и 8.

Гидролиз древесины в автоклавах

Гидролиз древесины разбавленными кислотами осуществляется в автоклаве, или в батарее автоклавов, так как наиболее употребительный метод в настоящее время предусматривает последовательную работу группы этих аппаратов.

Автоклавы по своему устройству напоминают целлюлозно-варочные котлы. Форма автоклава цилиндрическая, переходящая на конус в верхней и нижней части. Сверху автоклав снабжен

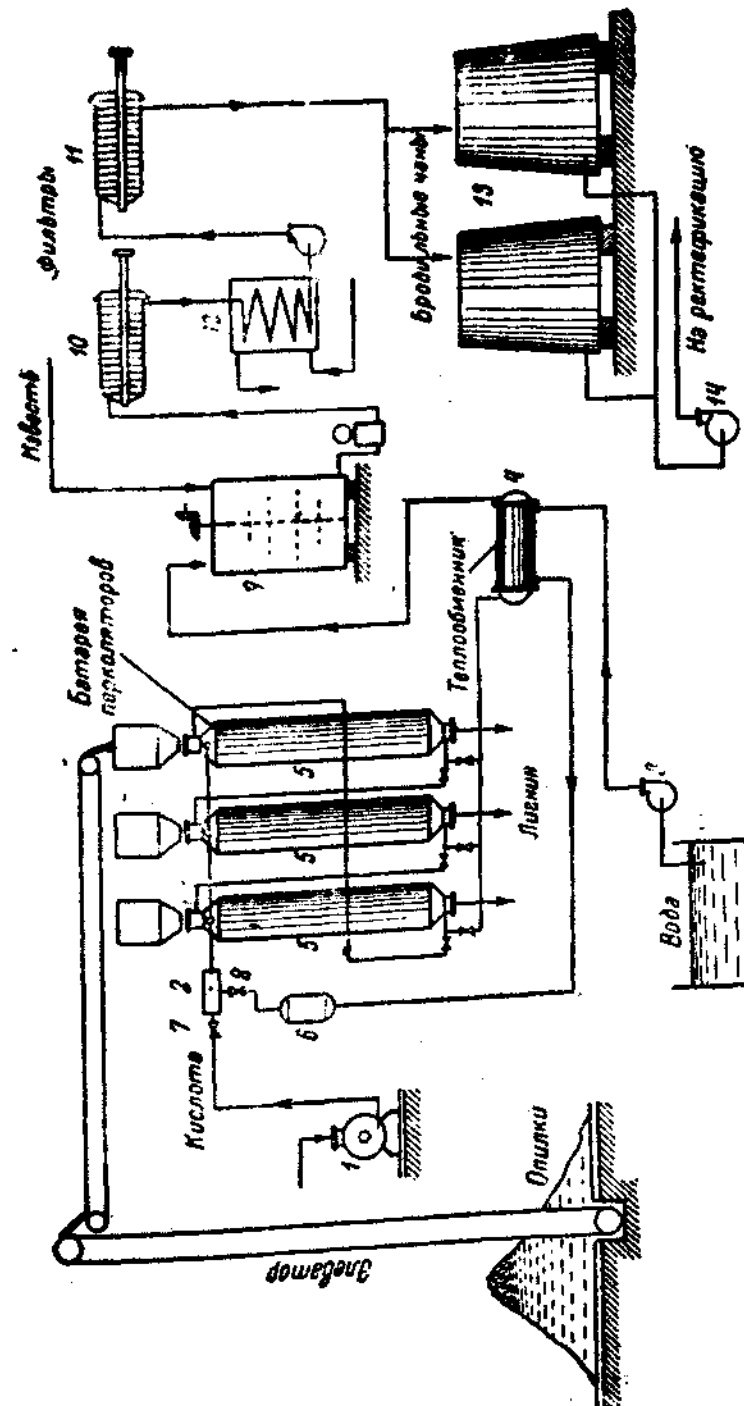


Рис. 210. Принципиальная схема гидролиза древесины, разбавленной кислотой.

горловиной, служащей для загрузки древесины. Горловина закрывается массивной крышкой, которая укрепляется болтами. Такая же горловина с крышкой имеется в нижней части автоклава, через нее производится разгрузка от оставшегося после гидролиза лигнина.

Автоклавы изготавливаются из листового котельного железа. В целях предупреждения коррозии, внутренняя поверхность выкладывается свинцом, или слоем кислотоупорной керамики. Обмуровка снижает полезный объем автоклава. При небольших размерах последнего это снижение достигает 20%. Несмотря на это, наиболее употребительным является именно этот способ изоляции, как более надежный. К горловинам автоклава подводятся все необходимые трубопроводы от коммуникационных линий: подача кислоты, сливная линия, подвод пара, отвод гидролизата. В целях предупреждения проникновения лигнина с гидролизатом, нижняя горловина снабжена бронзовой кольцеобразной решеткой, из под которой отводится гидролизат.

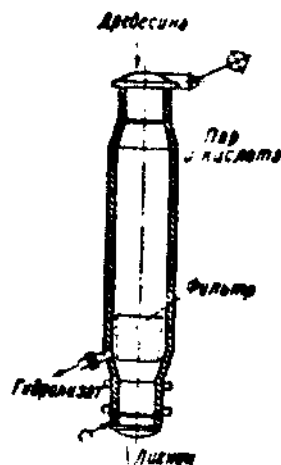


Рис. 211. Перколятор.

Количество его 25—30% от всей древесины. После гидролиза около 25% объема автоклава занято этим лигнином.

Выгрузка лигнина из автоклава зачастую создает большие трудности на заводе. Медленная выгрузка усиливает оборот автоклава, снижая полезное время его работы. По вопросу выгрузки имеется целый ряд предложений и на практике встречаются самые разнообразные методы. При небольших размерах автоклава пользуются ручной выгрузкой, применяют высверливание бормашинной (сверлом, вводимым внутрь автоклава через нижнюю горловину), размывают лигнин сильной струей воды, подводимой через гибкий шланг, под большим напором. Подобные методы мало рациональны и неэкономичны. Значительно превосходят их методы, предусматривающие выгрузку содержимого под давлением, а также разрыхление лигнина взрывным вскипанием содержащейся в нем воды, при внезапном падении давления, как это имеет место на заводе Шоллера.

В этих случаях при минимальной затрате труда опорожнение происходит быстрее.

В настоящее время лигнин является отбросом производства, что, конечно, нельзя признать рациональным и надо надеяться, что ближайшие исследования укажут путь его использования.

Процесс гидролиза древесины в автоклавах может быть осу-

ществлен различно. Перколяцию на одном автоклаве осуществить легче всего, но для полного гидролиза древесины потребуется относительно большое количество кислоты и раствор сахаров может оказаться сильно разбавленным. Повысить концентрацию сахаров можно работая на батарее перколяторов, передавливая гидролизат из одного автоклава в другой. Число автоклавов в батарее может быть два, три и больше. При батарейной работе свежая кислота подается в тот автоклав, в котором гидролиз уже заканчивается, т. е. древесины содержит меньше углеводов. Из этого автоклава гидролизат передавливается в автоклав с древесиной более богатой углеводами и так далее до последнего автоклава батареи, в котором содержится свежая древесина. Как только в первом автоклаве гидролиз закончится, его отключают для выгрузки лигнина, а кислоту начинают подавать в бывший второй автоклав, который ставится первым, и включают в батарею новый автоклав со свежей древесиной. Таким образом, часть автоклавов работает, а часть находится под разгрузкой и загрузкой. Кислота может передавливаться в автоклаве снизу вверх, или орошать древесину сверху, в виде дождя через соответствующий распылитель. Иногда перколяцию делают прерывистой, т. е. временно задерживают отвод гидролизата в одном автоклаве для меньшего разбавления сахаров. По окончании гидролиза, с целью извлечения сахаров и отмычки лигнина от кислоты, производится промывка горячей водой.

В зависимости от количества промывных вод, содержания в них сахаров и других условий, эти воды соединяют с гидролизатом, или направляют в канализацию. В виду недостаточного опыта гидролизных заводов, режим работы автоклавной батареи нельзя считать установленным. Число перколяторов в батарее будет зависеть от их высоты. При большой высоте, число перколяторов должно сократиться. Для перколяции применяется острый пар давлением 10—15 ат. Расход пара достаточно высок и с целью экономии работа в гидролизном цеху ведет ся с регенерацией тепла. Для регенерации тепла, выходящий из перколяторов гидролизат направляется в теплообменники или испарители, и теплота гидролизата используется для подогрева воды, поступающей на приготовление рабочей кислоты.

В случае применения теплообменников, нагрев воды производится непосредственно гидролизатом через поверхность теплообменников, как это показано в схеме на рис. 212. Испарители представляют собой аппараты, в которых давление поднимается выше того, под которым поступает гидролизат на автоклавы. Поступающий в испаритель гидролизат, из-за потери давления, снижает температуру,

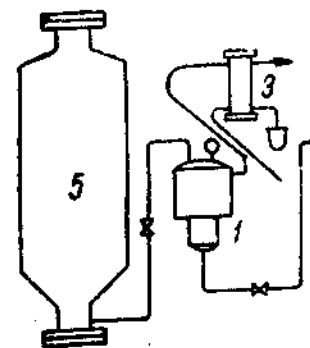


Рис. 212. Схема теплообменника при работе с испарителем.

1—испаритель высокого давления. 3—решетофер, 5—автоклав.

а образующийся, вследствие многократного испарения пар, отводится в рефтор, где и нагревает воду, идущую на разбавление кислоты.

Регенерация тепла составляет 50—70% затраченного в автоклаве. Расход пара на гидролиз при теплообменниках составляет 85—90 кг на декалитр спирта.

Частично охлажденный в теплообменниках, или испарителях, гидролизат сохраняет температуру около 90° и отводится в буферные (промежуточные) чаны, или непосредственно на нейтрализацию.

Подготовка гидролизата к брожению

Гидролизат, вытекающий из автоклава, содержит в себе целый ряд разнообразных растворенных и суспендированных веществ и имеет резко выраженную кислую реакцию. Кислотность его определяется наличием серной кислоты, взятой для процесса, и образовавшихся органических кислотами. Серная кислота не изменяется в процессе гидролиза, за исключением незначительного расхода, идущего на связывание золь древесины, но разбавляется конденсирующимся паром. Содержание ее в гидролизате около 0,5% при крепости рабочей кислоты — 1%. Органические кислоты, состоящие из леволиновой, муравьиной, уксусной, составляют примерно такое же количество, в пересчете на серную кислоту. Углеводная часть гидролизата состоит из перешедших в раствор: глюкозы, маннозы, галактозы, ксилозы. Определяются они обычно суммарно, по редуцирующей способности, и объединяются термином „редуцирующие вещества“ (Р. В.). Содержание их в гидролизате составляет 3,5—4,5%.

Кроме того, в растворе содержатся альдегиды: фурфурол и формальдегид, продукты превращения смол, мелковзвешенный лигнин и т. д.

Нормальный перколяционный гидролизат отвечает, примерно, следующему составу:

	В процентах
1. Сухого органического вещества	5,6—5,8
2. Общее количество Р. В.	4,25
3. Сбраживаемых сахаров по глюкозе	3,35
4. Пентоз	0,56—0,60
5. Маннозы	0,25—1,00
6. Галактозы	0,06
7. Глюкозы	2,3—2,4
8. Фурфурола	0,01—0,05
9. Формальдегида	0,02—0,04
10. Леволиновой кислоты	0,25
11. Муравьиной	0,26
12. Уксусной	0,04
13. Серной	0,50
14. Гуминовые вещества, денатурные смолы, белки, жиры и т. д.	1,0—1,3

Различные кислоты, содержащиеся в гидролизате, затрудняют выразить общую кислотность в весовых проц., или же все приходится условно пересчитывать на серную кислоту. Удобнее в таких случаях выражать кислотность по количеству расходуемой щелочи. На этом основано определение кислотности в градусах Дельбрюка, где за единицу ($A^\circ = 1$) принимается кислотность, при которой на нейтрализацию 20 см³ кислого раствора расходуется 1 см³ $\frac{N}{1}$ натриевой щелочи по лабелусу ($1 = 0,245\% \text{ H}_2\text{SO}_4$).

Для брожения кислотность не должна превышать 0,5°, лучше ниже 0,2—0,4°. Гидролизат не обладает кислотностью порядка 3,2°, что составляет производить его нейтрализацию.

Для связывания серной кислоты в виде гипса, применяют нейтрализующие средства, содержащие кальциевое основание — известь, или известняк.

Известь употребляется в виде известкового молока крепостью около 100 г л. мкл — в виде мелового молока, а чаще в сухом, тонко измельченным состоянии. Но так как при нейтрализации мелом получающийся гипс плохо фильтруется и гидролизат сбрасывается хуже, чем при нейтрализации известью, то поэтому (и по ряду других причин: вспенивание от выделяющегося CO_2 и т. д.) в производстве отдают предпочтение нейтрализации известковым молоком.

Расход нейтрализующих веществ зависит от общей кислотности гидролизата и той остаточной кислотности, которую сохраняют для брожения.

В пересчете на CaO , теоретический расход нейтрализующих средств может быть выражен формулой:

$$X = 1,4 (A_1^\circ - A_2^\circ)$$

где X — количество CaO , необходимое для нейтрализации 1 м³ гидролизата в кг.

A_1° — начальная общая кислотность гидролизата в градусах Дельбрюка,

A_2° — остаточная кислотность нейтрализованного гидролизата в тех же единицах. Практический расход будет корректироваться содержанием примесей и влаги.

Более правильно определять кислотность по концентрации водородных ионов, так как при этом получают точное количественное обозначение „истинной“ кислотности раствора. Концентрация водородных ионов обозначается символом pH, который представляет собою отрицательный логарифм ($-\lg$) соответствующей концентрации водородных ионов. Для нейтральных растворов $\text{pH} = 7$, для кислот — pH меньше 7, а для щелочных — больше 7.

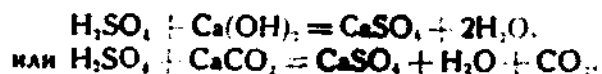
Для сбраживания гидролизата оптимальное значение $\text{pH} = 5,5 - 5,6$.

В настоящее время, наряду с определением кислотности по Дельбрюку, вводится определение pH.

Нейтрализация может осуществляться в деревянных чанах, снабженных вертикальными мешалками.

Работа нейтрализатора протекает периодически. После заливки гидролизатом определяется его кислотность, высчитывается количество нейтрализующих веществ, а затем они задаются в точно отмеренном количестве. Мел при этом отвешивается на весах, известковое молоко отмеривается с помощью объемных мерников. Непрерывная нейтрализация гидролизата пока еще не нашла промышленного осуществления, ввиду отсутствия достаточно точно разработанной дозировки нейтрализующих веществ, в зависимости от кислотности гидролизата.

При нейтрализации органические кислоты образуют растворимые соли, например, уксусно-кислый и муравьино-кислый кальций. Серная кислота связывается в гипс, который выпадает в осадок. Реакция идет по простой схеме.



Нейтрализация производится при температуре 95—60° Ц. Горячая нейтрализация способствует лучшему оседанию из раствора образующегося гипса.

Очистка гидролизата

Очистка гидролизата имеет целью отделить от раствора все нерастворимые примеси, главным образом, осадок гипса, а также мелко-взвешенный лигнин, уносимый гидролизатом из автоклава. Очистка производится фильтрацией, обычно в 2 степени. Первая фильтрация производится при повышенной температуре и предусматривает отделение гипса, который легче отфильтровывается в этих

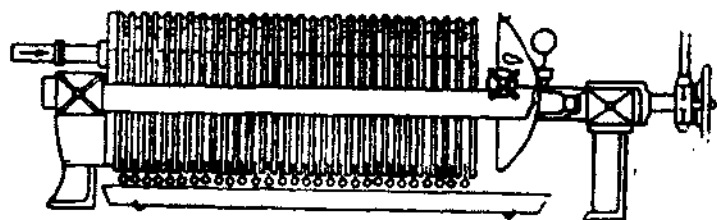


Рис. 213. Рамный фильтр-пресс.

условиях. Напротив, коллоидный лигнин может быть отфильтрован только из охлажденного раствора, поэтому вторичная фильтрация производится после охлаждения гидролизата до температуры брожения 30° Ц. Отфильтровать лигнин при высокой температуре весьма затруднительно. В первой степени отфильтровывается около 70% всего шлама, остальные 30% при вторичной фильтрации.

Фильтрация может производиться на любых фильтрующих аппаратах, рабочая поверхность которых способна удерживать гипсовый шлам. Большим распространением пользуются фильтрпрессы.

Фильтр-пресс (рис. 213) состоит из ряда рам и плит, попеременно расположенных на горизонтальной станине. На плиты надевается фильтрующая ткань. Рамы, зажатая между плитами, образует камеру, которая заполняется шлагом. Поступление жидкости в междуплитное пространство происходит через отверстия в плитах, расположение которых соответствует друг другу. Против такого напора устанавливается питательная труба фильтр-пресса, по которой гидролизат подается с помощью насоса. Под давлением гидролизат проходит через фильтрующую ткань и стекает вниз через соответствующие отверстия. Осадок соится в камере между плитами, откуда удаляется при раздвижении плит с помощью насоса.

Отфильтрованный в 1 степени гидролизат охлаждается с помощью поверхностных холодильников с 80—70° до 30° Ц. Схема нейтрализации, очистки и охлаждения гидролизата видна на рис. 214. Подготовленный таким образом гидролизат представляет прозрачный темно-коричневый раствор. В таком виде „древесное сусло“ направляется в биохимический цех, для сбраживания на спирт.

Подготовка сульфитного щелоча к брожению

Отбираемый из сусла целлюлозного завода сульфитный щелок имеет температуру 90°. После перекачки в запасные баки, рассчитанные, примерно, на 12-часовой запас, он подвергается нейтрализации.

В общем подготовка щелоча к брожению складывается из тех же операций, как и подготовка гидролизата, но в силу того, что в нем присутствует не серная, а сернистая кислота, ее частично удаляют с помощью продувки воздухом. Это позволяет снизить расход нейтрализующих средств и удалить из щелоча нежелательные примеси летучих веществ, как-то: фурфурол, метиловый спирт и т. д.

Нейтрализация сульфитных щелочов обычно производится в больших резервуарах, так называемых „нейтрализационных башнях“, имеющих емкость около 100—150 м³. Такие башни имеют цилиндрическую форму, с нижней конической частью, и изготовляются из листового железа. Для предохранения от коррозии, внутренняя поверхность башни футеруется кислотоупорными плитками. Сверху башня закрывается вытяжная труба для отвода газов и паров. В нижней конической части располагается барботер для подачи воздуха. Сырой щелок подается в нейтрализационную башню сверху. После заполнения башни, щелок продувается воздухом и сверху начинается подача известкового средства. Обычно нейтрализацию ведут смесью известкового средства. Обычно нейтрализацию ведут смесью известкового средства. Применение смеси вызывает опасность перещелачивания раствора при работе с одним известковым молоком, что влечет к разрушению сахаров. Однако, это может быть устранено и другими методами, и применение известняка необязательно. Подача воздуха в башню не прекращается после прибавления нейтрализующих средств, чем осуществляется хорошее перемешивание.

По окончании нейтрализации подачу воздуха прекращают и щелок оставляют в покое несколько часов, чтобы основная масса шлама осела в нижней конической части башни. После этого, для окончательного осветления, щелок сливают в отстойники через вентиль, расположенный выше конической части. Оставление шлама в башне вызывается тем, что в результате однократной нейтрализации не весь известняк может прореагировать. В целях экономии известняка, шлам используется для нейтрализации свежих порций сульфитного щелоча, что не исключает, конечно, подачи дополнительных нейтрализующих средств при каждой новой нейтрализации. Выгрузка шлама из нейтрализационной башни производится только

через 25—30 нейтрализаций. Полный оборот башни для одной нейтрализации составляет 6—8 час.

Осветление щелока производится отстаиванием, однако, здесь может для ускорения применяться и фильтрация. Осветленный щелок все еще имеет высокую температуру, около 70°, и перед сбраживанием охлаждается на градирнях до 30°.

Охлаждение на градирнях применяется для того, чтобы одновременно насытить щелок кислородом воздуха, который нужен для биохимического процесса. Сернистая кислота, присутствующая в щелоке, поглощает кислород, поэтому аэрация щелока совершенно

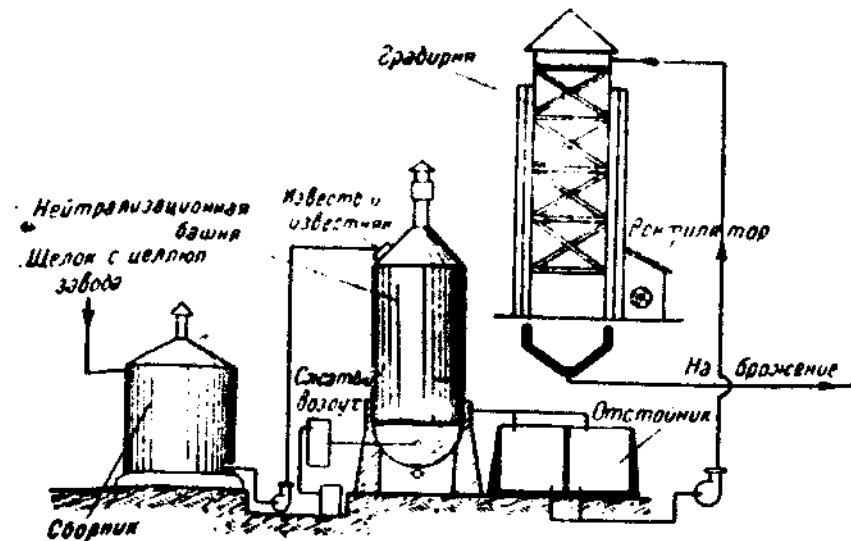


Рис. 214. Схема подготовки сульфитного щелока к сбраживанию.

необходима, в отличие от гидролизата, для которого эта операция необязательна. Схема подготовки щелоков к брожению представлена на рис. 214.

Биохимическая переработка древесного и сульфитного сусла

В основе процесса винокурения из хлебного, картофельного, или древесного сусла, лежит реакция брожения, которой подвергаться на спирт обладают только гексозы, в частности в гидролизате-глюкоза, манноза и галактоза, пентозы же остаются без изменения. В общем виде реакция спиртового брожения представляется уравнением:



однако, этот процесс в действительности значительно сложнее, образование спирта идет через ряд промежуточных продуктов, появляю-

щихся в результате окислительных и восстановительных реакций. Одновременно со спиртом при брожении образуются некоторые побочные продукты. Сахара сбраживаются под действием ферментов, или энзимов, выделяемых дрожжами в результате их жизнедеятельности.

Дрожжи широко распространены в природе и представляют собою одноклеточные микроорганизмы по величине значительно больше бактерий. Они встречаются повсеместно в воздухе, воде, на плодах и ягодах и в почве, вызывая всюду различные превращения углеводов (главным образом, спиртовое брожение). Настоящие дрожжи размножаются почкованием, а при определенных условиях дают споры. Описано около 20 разных родов дрожжей, но особого интереса заслуживает род *Saccharomyces*, представленный рядом видов, а также и роды так называемых диких дрожжей *Torula* и *Mycoderma*.

К роду *Saccharomyces* относится большинство технических важных дрожжей: пивные дрожжи *Sacch. cerevisiae*, винокуренные дрожжи (*Sacch. cerevisiae*, раса II), прессованные дрожжи для хлебопечения (раса XII) и многие другие.

Раса XII нашла широкое применение в спиртовом производстве и является наиболее подходящей для сбраживания древесных гидролизатов и сульфитных щелоков.

Для размножения дрожжей и сбраживания сахаров важно создавать и поддерживать определенные условия, отсутствие которых может или вовсе приостановить процесс, или направить его в сторону образования нежелательных продуктов. Оптимальные условия для брожения и размножения дрожжей не всегда совпадают.

Также ряд веществ, находящихся в гидролизате (частично в виде загрязняющих примесей как, например, следы растворенных некоторых металлов) оказывает парализующее влияние на биохимические процессы, происходящие в дрожевой клетке; причем влияние этих веществ на размножение и на брожение дрожжей не одинаковое. Практически подбирают такие условия, которые бы отвечали наилучшему сбраживанию сахаров, сохраняя возможность для размножения дрожжей. Такие условия в основном сводятся к следующему режиму:

1. Температура брожения поддерживается постоянной около 28°—30° Ц. При понижении температуры скорость брожения замедляется. С другой стороны, более высокая температура, подавляя жизнедеятельность дрожжей, создает благоприятные условия для размножения других микроорганизмов.

2. Растворы должны быть нейтрализованы, сохраняя слабую остаточную кислотность равную 0,2—0,4 градусам Дальбрюка или около pH=5,5. При такой кислотности лучше идет процесс брожения, кроме того, меньше опасности заражения раствора посторонними бактериями, так как малая кислотность среды (в особенности нейтральная, или слабо-щелочная среда) благоприятна для развития бактерий.

3. Для питания дрожжей требуется ряд веществ; наиболее важными из них являются азот и фосфор. В качестве азота для дрожжей могут служить азотосодержащие органические и минеральные соединения. Чаще всего для этой цели применяется сернокислый аммоний.

Сбраживаемых сахаров и гидролизата, полученных перколяцией, содержится около 80% от всех сахаров, а в сульфитном щелоке около 65—70%. Теоретически выход спирта, согласно приведенного уравнения, составляет 51,14% от сбраживаемого сахара, однако, в производственных условиях понижается до 80—90% от теоретического. Причиной этого является расходование части сахара на питание дрожжей и образование побочных продуктов брожения, а также потери сахара благодаря малочистой инфекции (заражение посторонними бактериями).

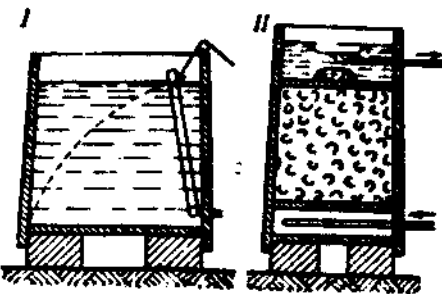


Рис. 215. I — периодически действующий бродильный чан, II — непрерывно действующий бродильный чан (активатор) с биологическим фильтром по Ромеру.

Дрожжи при декантации уносятся с бражкой, оставшая же масса их оседает на дно бродильного чана. Для того чтобы осталось в чане наибольшее количество дрожжей, бражка сливается только на $\frac{1}{2}$ своего объема. К оставшимся дрожжам приливается свежая бражка, и таким путем один и те же дрожжи многократно используются. Свежей бражкой чан заливается не сразу, а в несколько приемов на протяжении 12—24 час. Число отдельных заливочных порций, или, как их в производстве называют, «закладок», может быть от 3 до 6. Для пополнения дрожжей, уносимых бражкой, в чан подается свежее дрожжи, или создаются условия для их более сильного размножения в чане, добавкой недостающих питательных солей. При установившемся режиме в чане содержится от 150 до 400 кг дрожжей на 100 м³ древесного сусла. Производительность 1 кг дрожжей составляет 1,75 кг сахара в сутки (при нормальной концентрации сахара, т. е. около 3,5%). Время брожения зависит от количества и качества дрожжей и составляет от 2 до 3 суток. Периодически осадочные дрожжи в чану полностью обновляются свежими.

Брожение по непрерывному методу Ромера, осуществляется в бродильных чанах особой конструкции. В этих чанах, на высоте около 0,5 м от дна, устанавливается деревянная решетка, на которую укладывается слой стружки или щепы. Высота слоя берется около 4 м. Сверху слой покрывается деревянной решеткой, которая прижимается к стружке грузом. Последнее мероприятие исключает возможность всплывания стружки

В промышленности существуют различные методы брожения, все они в основном могут быть разбиты на периодические и непрерывные (рис. 215).

Наиболее употребительным периодическим методом брожения является «осадочно-складочный метод». Для работы по этому методу применяются большие деревянные бродильные чаны, емкостью до 100 м³ и более, снабженные декантационной трубой. В начале работы чан заливается древесным суслом, затем подается дрожжи в виде суспензии, и сусло начинает сбраживаться. перебродившее сусло декантируют с помощью подвижной трубы. Некоторая часть дрожжей при декантации уносится с бражкой,

во время заполнения чана жидкостью, а также уплотняет слой стружки. Под нижней ложным дном устанавливается кольцеобразная труба, по которой древесное сусло поступает в чан непрерывно.

Для отвода сбродившейся бражки в верхней части чана устанавливается сливная тарелка, соединенная с отводной трубой. Слой стружки или щепы, заполняющей чан, обладает весьма большой внутренней поверхностью, в которой закрепляются дрожжи, вводимые в чан перед работой. Дрожжи подаются в виде жидкой суспензии, приготовленной на древесном сусле. После закрепления дрожжей на стружке, снизу, по кольцевой трубе, равномерно подается свежее сусло, вытесняя сбродившуюся бражку через верхнюю сливную тарелку.

Время прохождения жидкости через «биологический фильтр» (слой стружки с закрепленными дрожжами) (рис. 215), должно быть достаточно для полного сбраживания всех углеводов, что регулируется скоростью подачи свежего сусла. Так как скорость сбраживания прямо пропорциональна количеству участвующих в брожении дрожжей, а при развитой поверхности биологического фильтра относительное количество дрожжей к сбраживаемому суслу весьма велико, то скорость сбраживания в таких чанах значительно увеличивается. За суточную работу такой чан дает количество перебродившего сусла, равное его объему, т. е. 1 оборот в сутки. Описанный бродильный аппарат обычно называют «активатором». Разновидностью такого метода является работа с «дображивающими чанами». В этом случае не ожидают полного сбраживания сусла в активаторе, перенося окончание процесса в обычные чаны. Это дображивание идет за счет частично уносимых дрожжей из активатора.

Метод работы с «дображивающими чанами» приближается к оригинальному методу Ромера, который в одном из своих патентов предусматривал брожение в активаторе с дображивающим чаном.

Дрожжи непрерывно работают в активаторе до 1 года, после чего производится новая закладка активаторов свежими дрожжами. Описанный метод имеет преимущества перед осадочным, так как сокращается объем дрожжевой аппаратуры, а деятельная служба дрожжей не требует специально дрожжевого отделения на заводе. Независимо от метода работы, сбродившее сусло, или бражка собирается в сборные чаны, откуда насосом перекачивается на брагоперегонные аппараты. При работе осадочным методом, дрожжи производятся на заводе непрерывно.

Процесс размножения дрожжей начинают в заводской лаборатории: здесь чистая культура вырабатывается на древесном сусле. Достаточно выращенная размножением культура переносится в дрожже-маточный чан (обычный резервуар) или специальный аппарат, например Андиара. Последний представляет закрытый медный сосуд, снабженный мешалкой, барботером для продувки воздуха и несколькими кранами (рис. 216).

После того, как в аппарат помещена культура, периодически прибавляется древесное сусло. Предварительно к подаваемому суслу добавляется в качестве питательных веществ для дрожжей суперфосфат, сернокислый аммоний и дрожже-

шой автоклав. Количества их соответственно берутся: 2 кг, 1,8 кг и около 20 л на 1 м³ сусла. В аппарат по специальному патрубку подводится воздух, способствующий размножению дрожжей. Температура регулируется с помощью установленного в аппарате змеевика, пропускающего через него воды. За сутки в аппарате Лидлера количество дрожжей увеличивается раза в 4—5, после этого, для дальнейшего разведения, дрожжи передаются в производственные дрожжевые чаши. Отсюда дрожжевая суспензия расходуется на брожение.

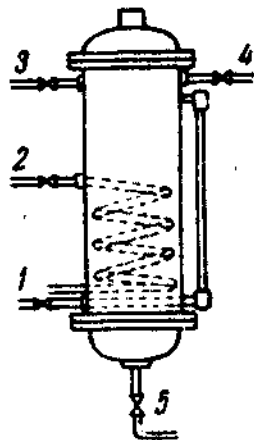


Рис. 216. Аппарат Лидлера

1—подача воздуха, 2—подача воды в змеевик, 3—подача пара для стерилизации, 4—подача сусла, 5—выход культуры.

Перегонка и ректификация спирта

Образовавшийся в результате брожения спирт содержится в бражке в количестве около 1°, и требует укрепления и очистки от примесей. Примеси, сопровождающие спирт, будут такие же, как и при винокурении из пищевого сырья: сивушные масла, состоящие из высших спиртов, и различные эфиры и альдегиды. В спирте, полученном из древесного или сульфитного сусла, содержится значительное количество уксусного альдегида и метилового спирта, но мало сивушного масла.

Из всех конструкций брагоперегонных аппаратов, для слабых бражек, наиболее хорошие результаты получаются на непрерывно действующих аппаратах системы Авенариуса (рис. 217).

Работа на аппарате Авенариуса происходит по следующей схеме: бражка из сборника насосом закачивается в напорный бак 1, проходя из которого через трубы дефлегматоров 10 и 4, а также теплообменника 2, нагревается и поступает в верхнюю часть брагоперегонной колонны 11. Устройство колонны обычное — из ряда тарелок. Пары спирта сверху бражной колонны отводятся в нижнюю часть ректификационной колонны 3. Горячая брада из бражной колонны, прежде чем выйти в канализацию, проходит через теплообменник 2, где нагревает поступающую в колонну бражку. Для нейтрализации органических кислот, образовавшихся в процессе брожения, в ректификационную колонну подается раствор соды из содового бачка 9. Сивушное масло отбирается с 3, 4 и 5 тарелок ректификационной колонны и стекает в отделитель сивушного масла. Так как вместе с сивушным маслом отбирается из колонны часть спирта, то для отделения его подается в отделитель вода. Благодаря этому сивушное масло всплывает на поверхность жидкости и отводится в промыватель, а вода со спиртом возвращается в колонну. Пары эфирно-альдегидной фракции, вместе со спиртовыми парами, из колонны 3 поступают в дефлегматор 4 и затем в калоризатор 10. В последних двух аппаратах пары спирта конденсируются и стекают обратно в колонну 3. Пары эфирно-альдегидной фракции из калоризатора поступают в холодильник-конденсатор 7, где конденсируются в жидкость, и через смотровой фонарь собираются в сборник 12.

Спиртовая фракция с верхней части колонны 3 отводится в дополнительную так называемую окончательную колонну 5. Здесь происходит отделение метилового спирта от этилового на том же принципе, как разделяется вода и спирт. Этиловый спирт, конденсируясь в дефлегматоре окончательной колонны, погловом стекает вниз и из нижней части колонны, пройдя холодильники 6, собирается в спирто-прямки. Пары метилового спирта проходят дефлегматор не конден-

сируясь и соединяются с парами эфирно-альдегидной фракции, идущими в калоризатор. Из колонны 3 свободная от спирта вода направляется в канализацию. Для экономии тепла, охлаждение труб дефлегматоров производится бражкой, для этой же цели используется тепло охлаждающей брады. Охлаждение труб холодильника и дефлегматора окончательной колонны происходит водой.

Производительность одного аппарата системы Авенариуса составляет 300—360 м³ перерабатываемой бражки в сутки. Для обогрева колонны применяется пар низкого давления около 2,5 ат. Расход пара на ректификацию составляет около 140 кг на 1 дкл

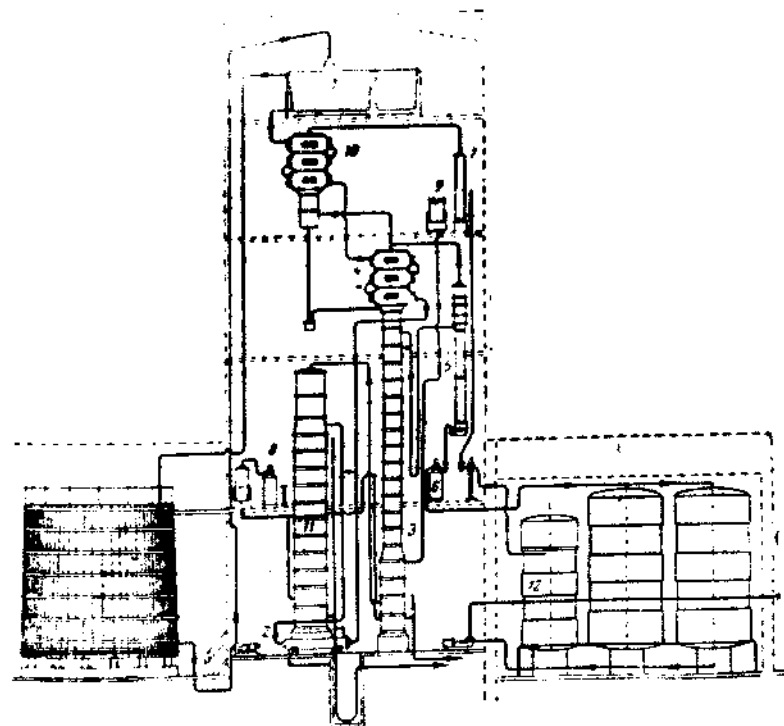


Рис. 217. Непрерывно действующий ректификационный аппарат системы Авенариуса.

спирта. Учитывая расход пара на гидролиз в автоклавах, общий расход пара на 1 дкл гидролизного спирта составляет около 230 кг. Это весьма высокий расход по сравнению с другими видами винокурения. Например, для производства спирта из картофеля, расход пара составляет только 80 кг на 1 дкл.

Этиловый спирт, полученный из сульфитного щелока и древесного сусла, находит широкое применение как технический продукт. Для пищевых целей, вследствие высокого содержания примесей метилового спирта, он не употребляется.

Технология гидротермической обработки древесины методом концентрированных кислот

Выше указывалось, что гидролиз древесины концентрированными кислотами имеет ряд преимуществ перед слабыми кислотами гидролизом. Здесь мы имеем более высокий выход сахара, осуществление процесса на холоду, отсутствие аппаратуры, работающей под давлением и т. д. Но промышленное осуществление этих методов упирается в вопрос высокого расхода кислоты, вызывающего необходимость ее регенерации. Именно с этой точки зрения заслуживает наибольшего внимания метод Хегглунда и Бергнуса, предусматривающий гидролиз соляной кислотой. Регенерировать соли-

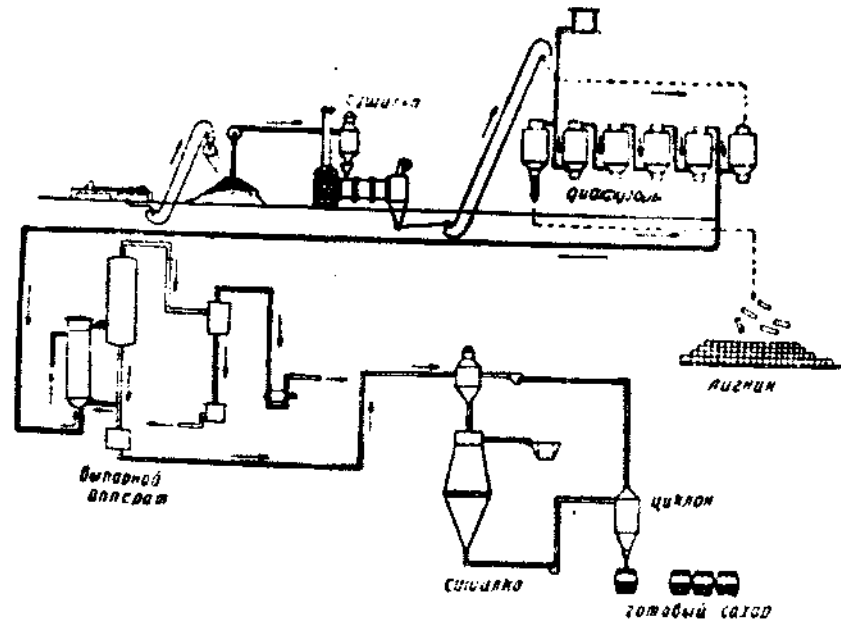


Рис. 218. Схема гидроэлектрического завода Бергнуса в Майнгейме-Рейнау.

ную кислоту, вследствие летучести хлористого водорода, значительно легче, нежели серную. Так как под действием крепких кислот целлюлоза и другие полисахариды гидролизуются не до конца, а переходят в раствор в виде декстринов, неспособных в таком виде к брожению, конечным продуктом при работе с крепкими кислотами является не спирт, а кормовой сахар. Закончить процесс на этой стадии можно потому, что углеводы типа декстринов вполне усваиваются организмом животных и могут служить для кормовых целей без дополнительной инверсии. Для сбраживания на спирт или иные продукты, инверсия необходима. Для осуществления инверсии потребовалось бы сильное разбавление кислоты, еще более затрудняющее ее регенерацию. Единственный,

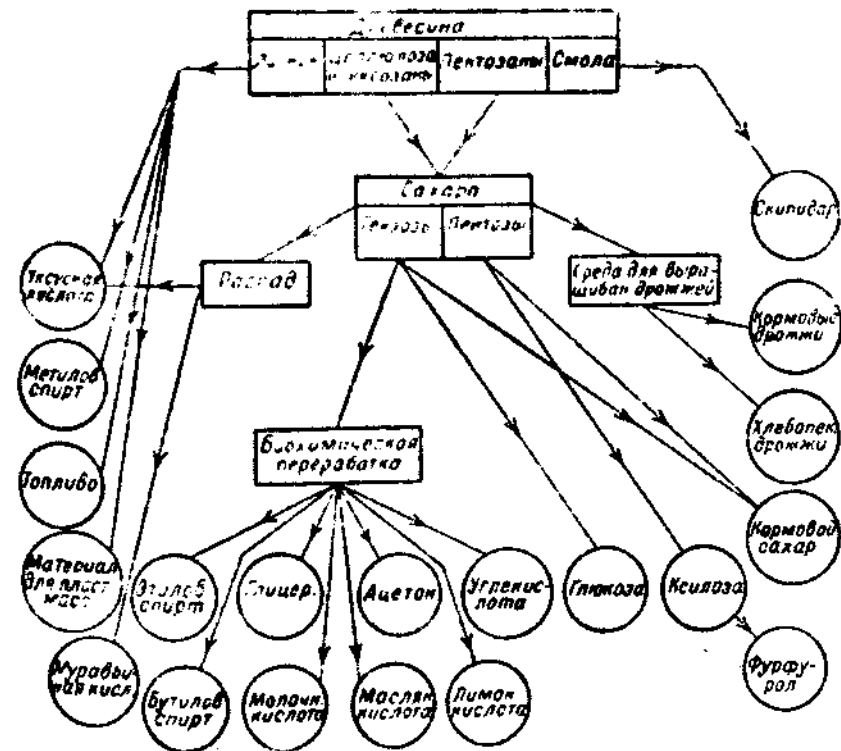


Рис. 219. Схема образования возможных продуктов при гидролизе древесины.

Во избежание разбавления концентрированной соляной кислоты влагой, содержащейся в древесине, последняя перед гидролизом подсушивается в барабанных сушилках в токе горячего воздуха. Подсушенная щепа имеет влажность около 1%. Гидролиз осуществляется в батарее, состоящей из 4—5 диффузоров, емкостью каждый около 24 м³. Растворяющая способность соляной кислоты значительно ниже серной. Если при отношении кислоты к древесине 1:1, серная кислота производит почти полное осахаривание, то соляная при том же отношении гидролизует только 21,6%. Для полного осахаривания древесины пришлось бы брать соляную кислоту в большом избытке, что должно привести к сильному разбавлению раствора сахаров. При полном гидролизе концентрация сахаров составит всего лишь 3%.

В основу гидролиза концентрированной соляной кислотой положен диффузионный способ, разработанный Хегтландом. Заключается он в том, что солянокислые растворы сахаров, не обнаруживаю-

щие больше растворяющего действия на древесину вследствие установившегося равновесия, способны действовать на свежую древесину и, гидролизуя ее, переводить в раствор углеводную часть. Это способствует повышению концентрации сахаров в растворе. После установившегося равновесия и прекращения растворения, этот раствор снова способен гидролизовать свежую древесину и т. д.

При диффузионной работе на батарее свежая кислота поступает в тот диффузор, который содержит древесину почти нацело прогидролизованную. Из этого диффузора кислота переходит в следующий, где древесина менее прогидролизована, т. е. с большим содержанием углеводов и т. д. до последнего диффузора батареи, загруженного свежей древесиной. Так как кислота по ходу движения соприкасается с древесиной все более богатой углеводами, последние, все время гидролизуясь, переходят в раствор, увеличивая тем самым концентрацию сахаров. Так, вытекающий сироп из последнего диффузора содержит около 30% углеводов (рис. 218).

Для гидролиза берется кислота крепостью 40–41%. К концу гидролиза кислота несколько ослабевает, примерно до 33% HCl. Сахарный сироп направляется на выпарку в вакуум-выпарные аппараты с керамиковыми трубками. Для изготовления последних применяется специальный вид теплопроводной керамики, получающийся обжигом глины в вакууме. Применение для выпарки солянокислых растворов аппаратуры из обычных материалов, вследствие сильного разъедающего действия кислоты, совершенно исключается. В вакуум-выпарном аппарате главная масса соляной кислоты отгоняется, но, вследствие низкого содержания хлористого водорода, она в дальнейшем направляется на укрепление.

Выходящий из вакуум-выпарного аппарата сахарный раствор содержит еще значительное количество хлористого водорода. Для окончательной сушки упаренного раствора и освобождения от остатков кислоты, применяется камерная сушка. Поступающий в сушилку кислый сироп высушивается в токе горячего воздуха при температуре 120–130°. Сироп успевает высохнуть до твердого вещества (твердый сахар) и падает на дно сушилки. Этот сахар на 89% состоит из углеводов и содержит 7% влаги, 2% соляной кислоты и 2% солей.

Состав сахаров, получающихся после гидролиза древесины концентрированной соляной кислотой, после их инверсии по Хоггсгауду, следующий:

Глюкозы	61,9%
Мальтозы	27,7%
Галактозы	4,0%
Фруктозы	1,4%
Кислоты	8,0%

100,0%

однако, в сухом виде, до инверсии, часть сахаров находится в виде полимеров незначительно прогидролизовавшихся. По внешнему виду такой сахар представляет собою темносерую массу, весьма гигроскопичную. Из сушилки сахар пневматически подается в диллон, где термической обработке подвергается в бочках в виде готового продукта.

Отгоняемая в вакуум-выпарном аппарате соляная кислота поступает на дальнейшее укрепление, так как ее концентрация около 37% HCl недостаточна для гидролиза.

Для укрепления кислоты ее охлаждают и пускают в поглотитель, где она течет навстречу газообразному хлористому водороду, постепенно им насыщаясь. Когда насыщение достигнет 40–41%, кислота направляется в диффузор для гидролиза.

Хлористый водород для насыщения регенерированной кислоты готовится на заводе с помощью хлористого натрия и серной кислоты. Приготовление происходит в специальной реторте, откуда хлористо-водородный газ направляется в холодильники очищается на консовом фильтре, проходит второй холодильник и попадает в систему поглотителей. Непоглощенный в поглотителях газ проходит в башни, где он задерживается водой.

Ранее регенерация хлористого водорода производилась другим методом, а именно: испарение осуществлялось с помощью горячего масла, подающегося в расплавленном состоянии в специальный испаритель навстречу кислому сиропу. Хлористый водород, испарившись, отводился на укрепление, а масло с сиропом разделилось на центрифуге. Масло снова использовалось для тех же целей, а сироп досушивался в сушилке.

Из других методов гидролиза древесины концентрированными кислотами известен метод Шмидта. По его патенту, взятому в 1919 г. гидролиз производится 72-процентной серной кислотой, которая затем регенерируется путем дилализы через пергамент. Сахара не проходят через полупроницаемую перегородку и подвергаются дальнейшей обработке, а кислота оказывается несколько разбавленной и концентрируется выпариванием. Регенерированная кислота снова используется для гидролиза, потери компенсируются добавкой свежей кислоты.

Другие возможные виды гидролизной продукции

Выше указывалось, что наибольшее практическое значение в настоящее время имеют два продукта, получающиеся в результате гидролиза древесины — собственно сахар и продукт биохимической переработки этого сахара — этиловый спирт. Эти виды гидролизного производства имеют уже некоторый промышленный опыт. Однако, пользуясь реакцией гидролиза древесины, можно выделить значительно большее количество различных химических веществ. Возможность их получения доказывается не только теоретическими соображениями, но и целым рядом научно-исследовательских работ и лабораторных опытов. Отсутствие действующих производств, вырабатывающих эти продукты, следует объяснить новизной вопроса, недостаточной разработкой технологических схем и аппаратуры. Сохраняя пока еще несколько проблемный интерес, вопрос получения различных продуктов гидролиза может иметь большое значение для нашего хозяйства. Это позволит нам дать хотя бы краткую их характеристику.

Схема, приведенная на рис. 219, указывает на то многообразие продуктов, которые получаются или могут быть получены при гидролизе древесины. Наиболее богата различными производными углеводная часть древесины. Получая в растворе после гидролиза простые сахара, можно соответствующей очисткой и кристаллизацией выделить в виде пищевых продуктов сахарозу и глюкозу. Меняя условия брожения и виды дрожжей в результате биохимической переработки гидролизатов, можно выделить целый ряд различных химических веществ. Гидролизат может быть использован

как среда для выращивания дрожжей кормовых и хлебопекарных. При соответствующих условиях гидролиз всю образующуюся кислоту можно перевести в фурфурол. За счет отщепления боковых групп лигнина, при гидролизе можно выделить метиловый спирт и уксусную кислоту. Сам лигнин, остаток после гидролиза, обладает высокой калорийностью и может быть использован как топливо. Имеется попытка его использовать для различных пластмасс.

Фурфурол. Эмпирическая формула фурфурола — $C_5H_4O_2$. Он имеет кольцевое строение и одну боковую альдегидную группу, которая, главным образом, и определяет его химические свойства. Фурфурол представляет собой маслянистую жидкость, в чистом виде бесцветную, с водой взаимно растворимую. При 121° фурфурол и вода смешиваются во всех отношениях, что весьма важно для техники его извлечения. Температура кипения его 161,7°, однако, он ведет себя в растворе как легкокипящая жидкость, т. е. концентрация его в парах всегда выше, чем в растворе. Это свойство также используется в технике для его отгонки от воды.

Применяется фурфурол как органический растворитель, как ароматическое средство для отдушки табака и в парфюмерии; альдегидные свойства его используются при производстве пластических масс. Фурфурол и его производные употребляются в качестве антисептика для протравливания семян и злаков. В нефтеперегонной промышленности служит катализатором при крекинг-процессе. Фурфурол может также применяться при консервировании древесины, для изготовления искусственных дубильных веществ, как ускоритель при вулканизации каучука и т. д. Источником получения фурфурола являются пентозаны, содержащиеся в различных растительном сырье. Древесина для получения фурфурола в промышленном масштабе пока не используется. Получают фурфурол переработкой мякоти, манса, подсолнечной лузги и т. п.

Получение фурфурола из древесины можно осуществить как самостоятельным процесс или одновременно со спирто-гидролизным производством улавливать его как побочный продукт в слувочных конденсатах.

Для получения фурфурола древесина нагревается в автоклавах с кислотой. Режим обработки может быть различный; изменяться могут: крепость кислоты, модуль, способ обогрева. Последний сильно сказывается на процессе и выходе фурфурола. По полуавтоматическим данным, оптимальной температурой является 158,1° и давление 6 ат. При нагреве исключительно острым паром: оптимальный модуль 1:1 и концентрация кислоты 5—10%, выход продукта 5%. При нагреве глухим паром: модуль 1:8 и кислота 0,5%, выход продукта 10%. При комбинированном способе нагрева—нагрев глухим и отгонка острым паром: оптимальный модуль 1:3 и кислота 2,33%, выход 8,1%. Эти данные получены с лиственной древесиной—березой и осинкой. Во всех случаях образующийся фурфурол отгоняется из автоклава вместе с водяными парами. Одновременно с фурфуролом отгоняется большое количество

уксусной кислоты, выход которой составляет до 6%, и выше от абс. сухой древесины. Для нейтрализации водно-фурфуроловых паров, их можно пропустить через известковое молоко, которое связывает уксусную кислоту, после чего пары поступают на ректификацию для укрепления фурфурола. В целях утилизации уксусной кислоты, образующийся уксусно-кислый кальций может быть выпарен до порошка.

При спирто-гидролизном производстве, в слувочных парах содержание фурфурола — 1,0—1,5%. При направлении гидролизата в испаритель, фурфурол уходит с водяными парами и может быть использован как побочный продукт. При этом методе выход фурфурола получается около 1—1,2 кг на 100 кг сухой древесины.

Кормовые дрожжи. Дрожжи являются одним из наиболее ценных питательных веществ, так как содержат в себе около 55% белковых веществ в легкоусвояемой форме. Питательность дрожжей определяется их составом. Обычный состав кормовых дрожжей следующий:

Воды	10,28%	Азотистых веществ	53,06%
Эласт	6,99	Углеводов	11,96
Жиры	1,28	Клетчатка	1,77

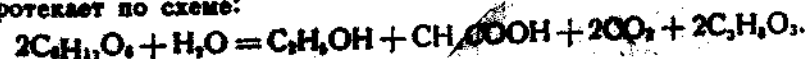
Производство дрожжей основано на выращивании их на растворах сбраживаемых углеводов. Скорость получения дрожжей необычайно велика, так как размножаются они очень быстро. Это дает возможность быстро получить концентрированные корма, легко транспортируемые, компактные, хорошо сохраняющиеся.

Широкому распространению дрожжей, как пищевого продукта, мешает исключительно их дороговизна, что выдвигает вопрос о выборе менее ценных видов исходного сырья. Таким сырьем могут служить сульфитный щелок, содержащий до 2,5% углеводов, и древесное сусло, полученное гидролизом древесины. Первые кормовые дрожжи на древесном гидролизате были получены в 1934 г. в Торне, на заводе Шоллера, в производственном масштабе.

Опыт по выращиванию дрожжей на сульфитных щелоках более длителен. В Финляндии с 1925 г. существует фабрика, открытая фирмой Rosenlöw и С°, которая выпускает ежегодно 400 000 кг дрожжей.

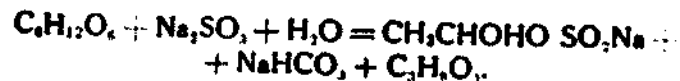
Глицерин. Как один из побочных продуктов спиртового брожения, глицерин известен давно, но только во время мировой войны в Германии был построен завод для получения глицерина из сахара. Являясь основой для приготовления взрывчатых веществ типа динамитов, глицерин имеет большое значение в военной технике. Раньше единственным источником для получения глицерина были жиры животного и растительного происхождения. В обычных условиях спиртового брожения получается не более 3% глицерина от сброженного сахара. Нейберг обнаружил особое влияние на дрожжевое брожение щелочи и сернистой кислоты натрия.

В присутствии щелочи (обычно употребляют соду), брожение протекает по схеме:



В результате получается глицерина до 20—25% от количества сахара.

В присутствии сернистокислого натрия реакция идет по следующей схеме:



Выход глицерина в этом случае увеличивается до 35—37% от количества исходного сахара.

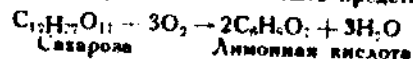
В настоящее время существуют заводы по получению глицерина из сахарного сусла, которое обычно готовится из мелассы. Подбирая соответствующие условия брожения и специально выращивая дрожжи, возможно получать глицерин и из древесного сахара.

Получение глицерина из сахара объясняется тем, что при брожении сахар не сразу превращается в спирт, а проходит через ряд промежуточных продуктов. Одним из этих продуктов является уксусный альдегид и производное глицерина — фосфорно-глицериновый альдегид.

При обычном спиртовом брожении уксусный альдегид, присоединяя кислород, дает этиловый или винный спирт, а фосфорноглицериновый альдегид вступает в дальнейший цикл превращений. Прибавляя сернистокислый натрий, связывают уксусный альдегид и последний выводится из сферы реакции, тогда вместо спирта конечным главным продуктом получается глицерин.

Органические кислоты. Сбраживанием сахаров можно выделить ряд кислот: лимонную, масляную, молочную. Лимонная кислота широко применяется в кондитерских изделиях и для приготовления напитков. На Западе широко пользуются для ее выделения лимоннокислыми брожениями сахаров при помощи гриба *Aspergillus niger*.

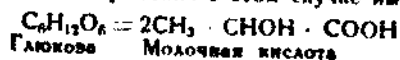
В общем виде уравнение брожения может быть представлено по схеме:



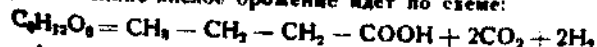
По уравнению, теоретический выход кислоты 123% от сахара, однако, на практике получается выход только около 50%, вероятно, за счет расхода сахара на рост гриба.

Замена сахаров древесным суслом в промышленном масштабе пока еще является проблемой, но лабораторными опытами доказана возможность получения этой кислоты из гидролизата.

Молочная кислота выделяется при сбраживании глюкозы особым видом бактерий. Общее уравнение брожения в этом случае имеет вид:



Точно так же масляно-кислота брожение идет по схеме:



Ацетон. Ацетон может быть получен также сбраживанием гексоз. Ацетоное брожение можно разделить на ацетоно-бутыловое и ацетоно-этиловое. В первом случае наряду с ацетоном образуется бутыловый спирт, во втором — этиловый. Различный вид брожения достигается применением определенных видов бактерий. Возбудитель ацетоно-бутылового брожения способен сбраживать крахмальные вещества без их предварительной гидролиза. Так, лабораторные опыты показывают пригодность для этого вида брожения сахаров, полученных методом Берггуса.

К пластическим массам в настоящее время относятся изделия, изготавливаемые из органических синтетических полуфабрикатов: 1) искусственных смол, например бакелита, карболита, глицталя и т. д., 2) эфиров, целлюлозы, например нитро-, ацетил- и бензил-целлюлозы и 3) из природного сырья: асфальто-пексовые пластики и т. д. Все упомянутые пластики объединяются одним общим термином — «химические пластические массы». Древесные пластические массы не входят в эту категорию, отличаясь от химпластических масс как по исходному сырью, так и по методам технологии и по назначению готовых фабрикатов. Классифицировать древесные пластические массы можно таким образом:

1) Из цельной, или слоистой древесины — получают лигностон и лигнофоль, 2) из древесноволокнистой массы — древесно-волоконистые материалы, изоляционные и строительные плиты, фасонные и литые изделия, 3) из мелких древесных отходов (опилки, мука), — собственно древесно-пластические массы. Из нашего рассмотрения вовсе исключается применение древесины в виде муки (как наполнителя) в промышленности химических пластических масс.

Лигностон

Лигностон в переводе на русский язык (с латинского lignum и английского stone) обозначает «каменное дерево». Он был получен впервые в 1915 г. в Австрии химиками, братьями Пфлеумер.

Лигностон представляет собой химически обработанную, а затем спрессованную в нагретом состоянии до высокого удельного веса древесину, обладающую по сравнению с природной древесиной повышенными механическими свойствами, которые можно регулировать в довольно широких пределах.

В Европе в настоящее время производство лигностона сосредоточено в Голландии, на одном из заводов. О размерах его — сведений нет. Имеется производство лигностона в США. В СССР производство лигностона существует на ряде текстильных фабрик (Костеревская фабрика и др.), где для нужд текстильной промышленности заготавливаются челноки и погоныяки. В 1936 г. вступила в строй опытный завод лигностона, недалеко от Москвы.

Дальнейшее развитие этого производства, по мере освоения его техники, обеспечивается значительной потребностью промышленности в твердой древесине. В СССР имеются большие сырьевые ресурсы мягких древесных пород и относительно малые запасы твердых, поэтому весьма целесообразно развитие собственного производства лигностона из мягких древесных пород в качестве заменителя дорогих стоящих импортных твердых пород.

и по упрощенному методу на горячих штамных прессах (без матриц); они подробно описываются ниже.

В Голландии производился лигностон по методу всестороннего сжатия, который частично воспроизведен у нас на полувальцовской установке ЦНИИМОД. Установка состоит из автоклава и нагревательного приспособления. Прессование древесины осуществляется следующим образом. Бруска, прогретые в жидком асфальте при t 80—90 °C в течение 1 часа, загружаются в автоклав, который после этого заполняется жидким асфальтом и нагревается крышкой. Затем при помощи одноосевого насоса производится нагревание асфальта до давления 75—100 ат. Потом жидкий асфальт нагревается мультипликатором при 75—400 ат и, наконец, через нагревательный клапан с разделяющим плунжером — до давления от 400 до 600 ат. Асфальт предварительно расплавляется путем подогрева в мапориных баках до 80—90 °C, при помощи паровых каленников. Эта же температура поддерживается в автоклаве во время сжатия древесины в течение 1 часа. Бруска оставляют охлаждаться в автоклаве до t помещения, а затем выгружают из автоклава.

Физико-механические свойства лигностона, полученного этим методом, по данным ЦНИИМОД, несколько выше, чем при обыкновенном методе прессования и прессформиза. Кроме того, при автоклавном методе отпадает необходимость иметь громоздкий парк стальных прессформ и при прессовании могут быть использованы края меньшего диаметра.

Способ передвижных матриц и нагревательных печей для изготовления лигностона заключается в следующем:

1. Древесина, поступающая на завод в виде краев или хлыстов, разделяется на бруски в распиловочном цехе.
 2. Бруска сушатся в сушилке до 20-процентного содержания влаги (воздушная сушка).
 3. Производится пропитка брусков химикатами.
 4. Пропитанная древесина вновь высушивается до 10-процентного содержания влаги в сушилке.
 5. Бруска проходят через строгальные станки, для придания им гладкой поверхности и точных размеров.
 6. Бруска подогреваются в стальных прессформах до t 80° C.
 7. Производится прессование древесины в закрытых замыкающихся прессформах под давлением 50—250 кг/см², в зависимости от назначения лигностона.
 8. Спрессованная древесина подвергается подогреву будучи зажатой в прессформе, до t 125—150 °C.
 9. Бруска охлаждаются в прессформах в зажатом состоянии.
 10. Готовый лигностон выгружается из прессформы при помощи разгрузочных устройств или вручную, сортируется и транспортируется на склад готовой продукции.
 11. Бруска после выгрузки из прессформ подвергаются механической обработке (эта операция необязательна).
- Разделка на бруски хлыстов и краев, поступающих в производство лигностона, осуществляется на обычно применяющихся для этой цели станках для продольной и поперечной распиловки. Разделка на лесопильных рамах дает, как известно, небольшой сравнительно процент брусков строго радиального или тангентального распила, что иногда для лигностона является необходимым. Продольной распиловки краев и хлыстов должны быть

в этих случаях применены ленточные пилы, или специальные круглопильные станки, например, шпалорезы. Для поперечной распиловки древесины применяются обычно круглопильные станки, а в редких случаях, когда употребляется древесина большого диаметра, пила «лисий хвост».

Кроме указанных факторов, при заготовке сырья значительное влияние на выход брусков — заготовок для прессования имеет рациональный раскрой краев на распиловочных станках, поэтому при разделке краев должны быть тщательно подобраны поставки в зависимости от диаметра распиливаемых краев и правильного сочетания выпиливаемых деталей по торцу. Сушка древесины в производстве лигностона производится два раза: первая перед пропиткой от исходной влажности древесины до 20% ее, и вторая — после ее пропитки химикатами от 70-процентной влажности до 10—12-процентной. Методы сушки древесины, идущей в производство лигностона, отличаются от обычно применяющихся в лесомеханических производствах лишь большей строгостью требований к качеству получаемой продукции в отношении трещин, коробления и т. д. При сушке применяются обмазка торцов для замедления испарения влаги и мягкие режимы, обеспечивающие минимальный брак. Режимы назначаются в зависимости от породы древесины и размеров брусков. Первая сушка ставит своей задачей облегчение процесса пропитки древесины, для чего необходимо удаление из нее капиллярной воды. Исходя из этого, достаточно было бы высушить древесину до 25—30%, т. е. до состояния полного насыщения гигроскопической влагой, но в виду наличия градиента влажности от центра к периферии древесины, берется некоторый запас сухости, и сушка производится до 20-процентной влажности. Задачей второй сушки является доведение древесины до воздушно-сухого состояния перед пьезотермической ее обработкой. Если удалять из нее капиллярной влаги, то механической обработке, не удаляя из нее капиллярной влаги, то последняя выжимается из древесины, разрывая при этом волокна. Кроме того, как показали опытные данные, наилучшие результаты получаются при проведении процесса пьезотермической обработки древесины при начальной ее влажности в 10—12%.

После первичной сушки, древесина подается в пропиточный цех. Задачей пропитки в производстве лигностона является придание древесине водоустойчивости. Водоустойчивость древесины имеет большое значение, так как лигностон, полученный без химической обработки, чисто механическим путем, постепенно поглощает влагу из воздуха. Он неустойчив к воде и при хранении разбухает. Особенно легко набухает такой лигностон при погружении его в воду. Причиной большой склонности древесины к водопоглощению являются, во-первых, ее пористость, а во-вторых, ее химический состав. Основными компонентами древесины являются, как известно, углеводы, имеющие по два и по три гидроксильные группы в каждом звене цепей молекул. Наличие этих гидроксильных групп обуславливает большое сродство древесины по отно-

шению к воде. Наилучшим способом устранения этой причины гидрофильности является замещение гидроксидов кислотными или спиртовыми радикалами, т. е. превращение углеводов в их сложные либо простые, эфиры. Как правило, большинство эфиров целлюлозы обладают меньшей способностью набухать в воде, по сравнению с исходной клетчаткой, являясь менее гигроскопичными. Но этерификация древесины в целых брусках практически невозможна.

На практике применяется пропитка древесины растворами глюкозы и хромовых квасцов. В некоторых случаях употребляется также пропитка маслом и парафином готовых брусков лигностона. Однако, эти последние вещества могут только замедлять, но не устранить вовсе поглощение воды древесиной, что для лигностона не во всех случаях является вполне достаточным. Проблема рационального подбора химических для пропитки древесины в производстве лигностона остается пока не разрешенной до конца. Пропитку древесины производят или методом, известным в литературе и практике под названием „способа полного поглощения“, или методом „горячих и холодных ванн“. Метод „горячих и холодных ванн“ заключается в выдерживании брусков в течение 4—8 час. в горячем пропитывающем растворе, а затем в течение такого же времени в холодном растворе. Выдерживание в горячем растворе способствует расширению и удалению воздуха из пор древесины, а следующее охлаждение сжимает оставшийся воздух, что создает в порах древесины вакуум, значительно облегчающий дальнейшую пропитку.

Метод „полного поглощения“ характеризуется тем, что сперва в пропиточном цилиндре, в который предварительно загружается на вагонетках древесина, создается при помощи вакуумного воздушного насоса-вакуум 620 мм, затем производится пуск пропитывающего раствора из маневрового цилиндра в пропиточный, при этом в пропиточном цилиндре вновь устанавливается атмосферное давление. После заполнения пропиточного цилиндра раствором, маневровый цилиндр отключается и начинается подача пропитывающего раствора из мерника при помощи насоса, либо давлением сжатого воздуха из аккумулятора давления. Давление в пропиточном цилиндре доводится при этом до 6—8 ат. По окончании пропитки, что определяется по показаниям водомерного стекла мерного цилиндра, подача раствора из последнего прекращается и он отключается от пропиточного цилиндра. Избыток раствора из последнего выжимается в маневровый цилиндр и древесина выгружается. Способ полного поглощения, в смысле равномерности пропитки, является наилучшим: количество поглощаемого раствора по сравнению с другими способами пропитки является максимальным и составляет в среднем около 70% от веса древесины. Хорошее качество пропитки достигается при этом способе благодаря тому, что предварительный вакуум удаляет из пор древесины содержащийся в них воздух, тем облегчается проникновение раствора в поры древесины. Аппаратура пропиточного цеха состоит:

из пропиточного цилиндра, маневрового цилиндра, мерника и вспомогательной аппаратуры: аккумуляторов, вакуум-насосов, компрессоров и т. д. Пропиточный цилиндр изготавливается из железа и рассчитывается на избыточное рабочее давление 6—8 ат. Снаружи (рис. 220) цилиндр обмуровывается тепловой изоляцией из асбеста, или кизельгура. В случае применения кислых растворов, цилиндр обмуровывается изнутри кислотоупорной обкладкой по способу Купка (см. сульфит-целлюлозное производство). Размеры и число пропиточных цилиндров рассчитываются в зависимости от произво-

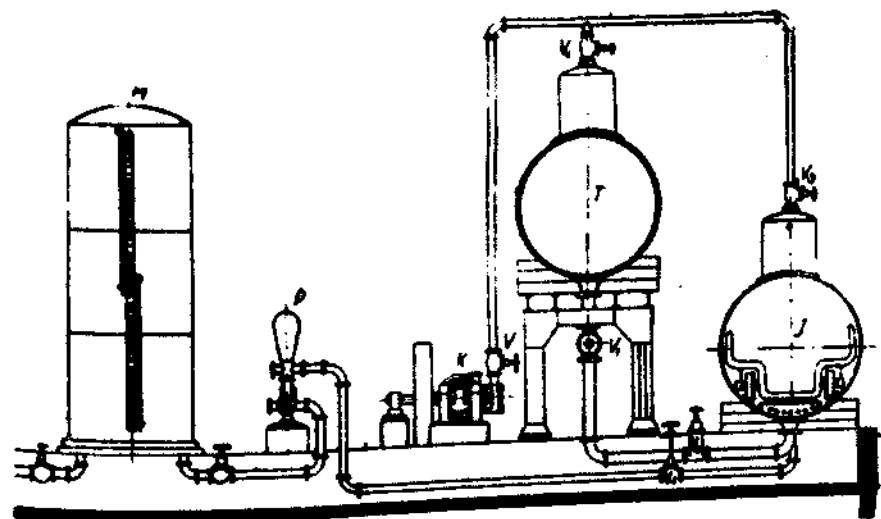


Рис. 220. Схема пропиточной установки.

дительности завода. Диаметр цилиндра обычно берется 1,5—2,0 м. Крышка его крепится на откидных болтах. Внутри пропиточного цилиндра прокладывается рельсовый путь, по которому вкатываются вагонетки, загруженные древесиной, подлежащей пропитке. Цилиндр снабжен смесивком, для глухого обогрева паром пропитывающего раствора. Температура обогрева поддерживается от 70° до 90° Ц, в зависимости от рода раствора. Подогрев раствора необходим для того, чтобы уменьшить его вязкость и облегчить тем самым впитывание его древесиной. Некоторые растворы без подогрева совсем не пропитывают древесину.

Маневровый цилиндр располагается над пропиточным и имеет объем около 1/4 от объема последнего. Назначение его — предварительный подогрев и хранение пропитывающего раствора, идущего на заполнение свободного от загруженной древесины пространства в пропиточном цилиндре, поэтому маневровый цилиндр и берется по объему меньше, чем пропиточный. Конструкция маневрового цилиндра в общем сходна с конструкцией пропиточного.

Мерник, в отличие от пропиточного и маневрового цилиндров, представляет собой не горизонтальный, а вертикальный железный цилиндр с водомерным стеклом. Все три цилиндра снабжены арматурой: термометрами, манометрами (пропиточный цилиндр имеет также вакуумметр), водомерными стеклами, пробными кранами и сообщаются системой трубопроводов.

Как видно из схемы технологического процесса (стр. 524) пропитанная древесина поступает во второй сушильный цех, где доводится до 10—12%-процентной влажности, а затем транспортируется в деревообделочный цех.

На брусках обычно делаются соответствующие припуски на усадку при сушке и на потери при механической обработке, но окончательная механическая обработка и пригонка их к матрицам прессформ производится в деревообделочной мастерской уже после второй сушки. Задачей деревообделочной мастерской, таким образом, является придание окончательных точных размеров брускам после второй сушки и получение гладкой поверхности их. Это производится на обычных фуговальных, а затем — рейсмусовочных станках, либо комбинированных станках, где обработка может быть произведена сразу с нескольких сторон.

Из деревообделочной мастерской воздушно-сухие бруски поступают на вагонетках в псевдотермический цех к зарядному столу. К последнему подаются матрицы от стола ручной или механической разгрузки лигностона. На зарядном столе производится зарядка матриц брусками и сборка всей прессформы (рис. 221). Опишем лишь весьма кратко устройство прессформы и дальнейший технологический процесс, окончательно у нас еще не оформленный.

Прессформа представляет стальную коробку, открытую сверху и с двух боковых сторон. Стенки ее скреплены между собой и с дном при помощи стальных болтов. Эта часть прессформы называется матрицей и служит для закладки брусков.

На брусок древесины накладывается сверху стальной брусок-пуансон, который после запрессовки зажимается между бруском спрессованного лигностона и двумя упорными болтами, при помощи стальных клиньев. При разгрузке прессформы сперва выколачиваются клинья, затем снимается пуансон и, наконец, выколачивается брусок готового лигностона.

Операция загрузки и сборки прессформы производится следующим образом: прессформа поступает на стол сборки в разобранном виде. Здесь в матрицу закладываются бруски древесины, вкладывается пуансон, затем — клинья, и прессформа готова к прессованию. Заряженные прессформы подаются к форпрессу. Форпресс представляет обычный гидравлический или механический пресс, мощность которого рассчитывается так, чтобы удельное давление на изделие было бы 15—20 кг/см². Задачей предварительного холодного обжима является сжатие древесины в запирающейся прессформе, предупреждая этим возможное при последующем нагреве древесины растрескивание брусков, что привело бы к браку. Бруски, зажатые в прессформах, подаются транспортером

к электрической нагревательной печи, представляющей собою кирпичную камеру, обогреваемую при помощи элементов сопротивления, расположенных сверху и по внутренним сторонам печи. Прессформы с древесиной поступают с одного конца камеры, проходят через нее и выходят с противоположной стороны. Температура

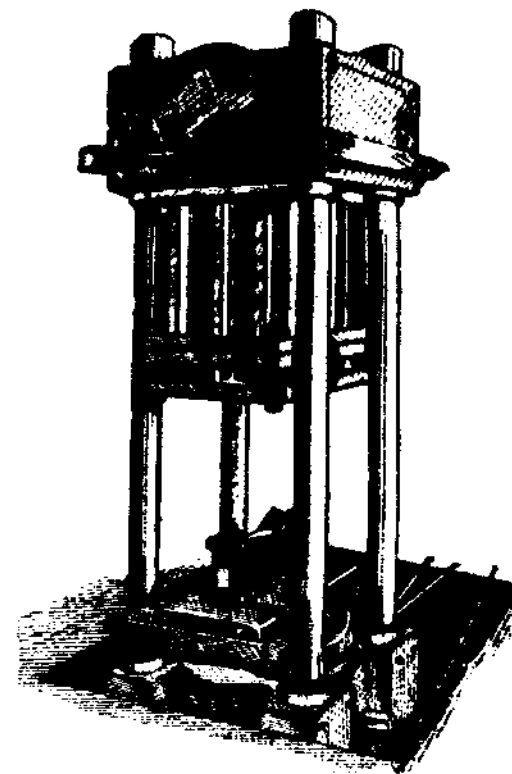


Рис. 221. Гидравлический пресс с запирающейся прессформой.

обогревающего воздуха составляет 170—180° Ц. Прессформы перемещаются вдоль камеры при помощи роликового транспортера или на вагонетках. Прессформа доводится до температуры 150—130° Ц, при этом температура древесины в центре бруска составит около 80°. За время пребывания в камере (в печи 1,5—2 часа), в зависимости от размеров брусков, древесина достигает указанной температуры, что придает ей необходимую при прессовании пластичность. Описанное устройство нагревательной камеры является одним из возможных вариантов. По выходе из нагревательной камеры, прессформа с древесиной поступает на главный пресса для проведения пластической посадки древесины. Главный пресса — гидравлический, обычно с штифами пуансоном. Пресса рассчиты-

ваются, исходя из рабочего удельного давления, на изделие при прессовании, составляющего от 50 до 350 кг см². Прессформа с древесиной подается на нижнюю плиту пресса, которая затем вместе с прессформой медленно поднимается вверх, уменьшая пространство между верхней и нижней плитами, и брусок постепенно спрессовывается в форму, благодаря давлению пуансона. В зажатом состоянии древесина запирается в прессформе при помощи клиньев, проходящих между пуансоном и упорными болтами матрицы. Величина усадки брусков по направлению прессования колеблется, в зависимости от исходного удельного веса древесины и удельного веса готового лигностона и доходит до 50%.

При прессовании происходит превращение механической энергии в тепловую и выделяется так называемое пьезо-тепло, что дает повышение температур древесины, в зависимости от размеров и формы брусков, на 10—12°С.

Запрессованная древесина вместе с прессформой переставляется с нижней плиты пресса на транспортер, подающий ее к томильным камерам.

Томильные камеры устроены аналогично нагревательным. В томильных камерах производится подогрев древесины до температуры 125—130°. Назначение процесса томления, который длится 2—2,5 часа, — перевести остаточные упругие напряжения, создавшиеся в древесине в результате спрессования ее, в пластические, с целью стабилизации полученного объема лигностона и вызвать в древесине физико-химические превращения, повышающие ее гидрофильность. Если этого не учесть и выгрузить лигностон из прессформы сразу после прессования, то древесина вернется в исходное состояние, т. е. распрессуется. Из томильной камеры древесина вместе с прессформой транспортируется в охлаждающую камеру. Задача охлаждения древесины в запрессованном состоянии та же, что и операции томления, т. е. придание лигностону стабильного объема.

Время пребывания прессформы в охлаждающей камере около 1,5—2 час. в зависимости от размера брусков. Охлаждающая камера, так же как и нагревательная, снабжается транспортными устройствами для передвижения прессформ в течение всего времени охлаждения. Охлаждение прессформ производится до 30—40°С путем пропускания через камеру холодного воздуха, нагнетаемого при помощи вентилятора. Охлажденные прессформы поступают на разгрузочный стол.

Выгруженный лигностон представляет полуфабрикат, который требует механической обработки, для получения окончательных размеров и формы готового изделия.

Способ изготовления лигностона в стационарных матрицах на горячих этажных прессах имеет применение за границей. Вкратце суть его заключается в следующем: подлежащие пьезотермической обработке бруски древесины закладываются в стационарные прессформы, находящиеся на обогреваемых плитах многоступенчатых прессов специальной конструкции. Сначала производится предвари-

тельная запрессовка под небольшим давлением и прогрев древесины аналогично тому, как это имеет место в нагревательной печи — нагревом плит и прессформ, после чего — окончательная двухсторонняя запрессовка древесины, с выдержкой под давлением, при продолжающемся подогреве древесины и, наконец, — охлаждение до 25—30°. После этого готовый к отделке лигностон выгружается из прессформ. Подогрев плит осуществляется обычно впускном греющим паром в каналы, расположенные внутри плит, а охлаждение — пропуском холодной воды через те же каналы.

Кроме вышеуказанных методов в СССР в последнее время принят способ прессования некоторых деталей (подкладок под рельсы) на горячем многоступенчатом прессе (типа Зимпелькампф), без прессформ, путем одновременной запрессовки большого числа брусков, уложенных непосредственно на обогреваемые паром стальные плиты.

Этот метод значительно проще и дешевле, чем оба вышеописанные и отличается большей производительностью, чем способ передвижных матриц и нагревательных печей.

Химические превращения древесины, подвергающейся одной только термической обработке, без пропитки химическими, в условиях производства лигностона — невелики и выражаются, главным образом, в частичном гидролизе гемицеллюлоз, с последующим распадом образовавшихся моносахаридов, что сопровождается уменьшением их количества на 0,5—2% с одной стороны, и переходом части пентозанов и гексозанов в пентозы и гексозы; последнее сказывается на повышении растворимости в воде прогретой древесины, по сравнению с исходной, на 0,5—1%. Количество лигнина и целлюлозы при этом не изменяется, падает лишь вязкость целлюлозы и увеличивается ее кислотное число, что говорит за то, что при термической обработке целлюлоза частично окисляется и гидролизуется, но в виду того, что имеют место лишь начальные стадии этих процессов, количество целлюлозы в процентах от веса древесины не изменяется.

Что касается химических процессов, протекающих в древесине, пропитанной хромовыми квасцами и глюкозой, то этот вопрос не изучался.

Есть предположения, что при пропитке древесины растворами глюкозы, с последующей термической обработкой, происходит карамелизация глюкозы, с переходом карамели в нерастворимое состояние в порах древесины, что защищает лигностон от действия воды; не исключена, однако, возможность, что между глюкозой и углеводами древесины протекают реакции в результате которых получается более гидрофобные соединения типа простых эфиров.

Для изготовления 1 т лигностона методом одностороннего сжатия в настоящее время¹ расходуется:

¹ Приведенные расходные показатели являются повышенными, ввиду того, что производство лигностона еще не имеет у нас крупных размеров.

Березовой дробески (в мешках)	11,5—12 м ³ ал.
Пара	10 т
Электроэнергия	3000 ватт-час (при электропечат)
Воды	15 м ³
Красцов	20—50 кг при изготовлении подкладок под рельсы
Антирадиационного масла	250 кг
Парафина	25 кг

Стоимость 1 т лигностона в брусках при мелком производстве составляет около 5400 руб.

Древесно-волокнистые материалы

К древесно-волокнистым материалам относятся два основных типа изделий: 1) изоляционные волокнистые плиты и 2) гибкие строительные доски. Обе группы объединяются одинаковым исход-



Рис. 222. Отделка изоляционными панелями под штукатурку.

ным сырьем, древесной щепой и сходством технологического процесса. Первый тип пластиков представляет относительно легкий волокнистый материал, имеющий объемный вес 0,15—0,30, применяемый, в виде плит прямоугольной формы, например, 12 × 1200 × 2400 мм, для тепловой и звуковой изоляции. Второй тип пластиков имеет обычно небольшую толщину—2—5 мм, и остальные размеры, примерно, те же, что и у изоплит. Объемный вес досок, однако, значительно выше и достигает 0,9—1,1. Применяются они в качестве строительного и облицовочного материала. Если лигностон и „Баркалант“ представляют собой новые пластики, технология которых еще окончательно не оформлена, то применение древесно-волокнистых материалов для строительных целей было известно уже давно. В Японии, например, еще до нашей эры применялся картон для постройки стен домов. Первый европейский

патент на древесно-волокнистые материалы относится к 1772 г. (английчина Clay), а к 1858 г. имелось уже до 150 патентов. Основная масса этих патентов была взята на применение для указанных целей папье-маше. Материалы такого рода, появились на рынке в 1901 г. В период 1910—1915 г. развитие производства древесно-волокнистых пластиков пошло с исключительной быстротой, в особенности в Америке. В 1926 г. в Америке был открыт „пушечный“ способ получения древесных волокнистых пластиков.

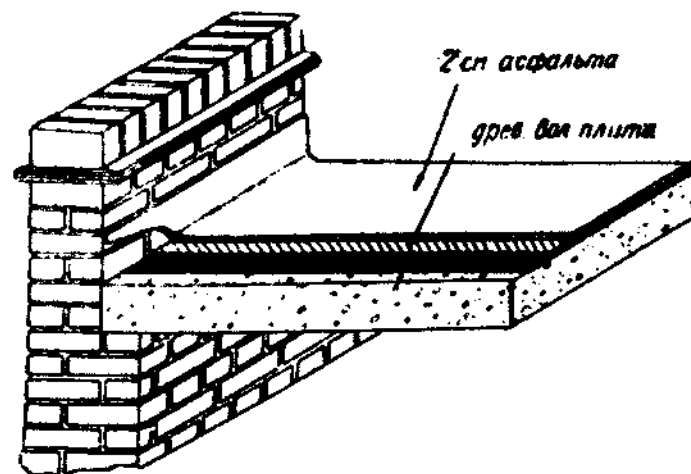


Рис. 223. Изоляция перекрытия посредством плит.

Материал, получаемый этим способом, известен под именем *мессонита*. Наконец, в 1936 г. был запатентован в Швеции метод фирмы „Дефибратор“.

В последние годы получила распространение американская схема размола щепы на быстроходных рафинерах. Производство древесно-волокнистых пластиков достигло к 1935 г. в Америке (США и Канаде) 450 000 т в год.¹

В СССР исследовательская работа по древесно-волокнистым пластикам ведется уже ряд лет. В 1938 г. пускается цех древесно-волокнистых пластиков на одном из заводов. В 1936 г. был пущен завод изоляционных плит в Гомеле.

В 1937 г. в Москве также построен завод изоплит. Проектная стоимость изоплит досок определяется при крупном производстве, примерно, в 250—300 руб. за 1 т.

¹ В предкризисный период производительность американских заводов была значительно выше, так как в действительности они обладают значительно более высокой производственной мощностью (до 700 000 т в год).

Производительность мощностей европейских заводов составляла в Швеции в 1931 г. 75 000 т, в Финляндии в 1931 г. 82 000 т, в Норвегии в 1933 г. 3 000 т.

О размерах производства в Германии сведений нет. Фактически разработка всех этих заводов была значительно выше.

Механические свойства древесно-волокнистых плит таковы: прочность на разрыв для изоплит 3—15 кг/см², для стройдосок 350—1200 кг/см². Прочность на статический изгиб: изоплит 10—20 кг/см², стройдосок 700—1500 кг/см². Теплоизоляционные свойства изоплит характеризуются коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,045 - 0,05$ (для пробки 0,04—0,06), который говорит о весьма высоких теплоизолирующих свойствах этого материала. Что касается механических свойств, то к изоляционным материалам с этой точки зрения не предъявляется особо строгих требований, так как они не предназначены к несению ответственных механических нагрузок. Что касается стройдосок, то характеристика их механической прочности говорит о высоком их качестве с этой точки зрения. По этим свойствам они стоят наравне с ценными, твердыми природными древесиными. Однако, искусственные доски имеют перед естественными то преимущество, что они равномерного во всех направлениях строения, так как волокна в них переплетены во всех направлениях, а не ориентированы, как в природной древесине. Это обстоятельство значительно уменьшает коробление при высушивании и увлажнении досок — один из больших дефектов природной древесины. Волокнистые пластики легко поддаются всевозможной механической обработке: распиловке, сверлению, строганию, обладают гнотимостью, легко окрашиваются и склеиваются обычными клеями, применяемыми для древесины. Одним из недостатков древесно-волокнистых пластиков является их сравнительно легкая набухаемость в воде, которая ухудшает все их свойства, как механические, так и изоляционные. Однако, путем обработки волокнистых пластиков парафиновой эмульсией, можно придать им водоустойчивость, не уступающую природной древесине. Имеются указания в литературе на весьма водоустойчивые волокнистые пластики типа стройдосок, пригодные даже для судостроения. Путем специальной обработки можно придать пластикам также свойства трудной загоряемости и стойкости к гниению.

Перечисленные физико-химические и механические свойства волокнистых пластиков определяют собой и области их применения. Изоляционные плиты применяются в строительном деле для внутренней и наружной изоляции домов, в автомобильной и авиационной промышленности — для изоляции кабин и кузовов автобусов, троллейбусов и аэропланов, в судостроении — для изоляции кают и в вагостроении — для изоляции пассажирских и изотермических вагонов. Одновременно с хорошими теплоизолирующими свойствами, изоплиты обладают прекрасной звукоизолирующей способностью. По американским данным, применение изоляционных плит в жилых домах сберегает 30—40% топлива. При постройке одно- и двухэтажных домов, например, где толщина стен берется не только по соображениям прочности, а для предупреждения промерзания стен в холодное время года, 1 см толщиной волокнистой изоплиты заменяет собой 15—17 см кирпича по теплоизолирующей способности. Что касается применения искусственных досок, то они идут в строительном деле для внутренней облицовки стен, потолков,

вариантов, для опалубки бетона, применяются в автомобильной и авиационной промышленности для внутренней отделки кабин и кузовов, для изготовления сидений и отдельных деталей, в сельскохозяйственном машиностроении — для платформ и боков тележек комбайнов, в судостроении — для внутренней отделки, изготовления сидений, столов, полов и т. д., в мебельной промышленности — в качестве стенок и сидений стульев и т. д.

Методы изготовления древесно-волокнистых пластиков, известные в настоящее время, разделяются на 3 группы:

1) чисто механический, 2) термо-механический, 3) химико-механический.

По чисто механическому методу, размола древесины на волокно производится либо сразу до тонкого волокна на обычных дефибрерах (Фойта, Ненцеля и т. д.), либо на строгальных станках (например 4-строгальных, в тонкую стружку (способ „Фибропласт“). Кроме того, применяют размол на стружку, с последующим доизмельчением ее на рафинерах (метод Винера, Америка). Исходным сырьем при этом служат балансы.

При термо-механических методах, балансы или древесные отходы сперва измельчаются в щепу на дисковых, или иных рубильных машинах, а затем отсортированная щепа проходит термо-механическую обработку по одному из следующих способов: а) способом Месона, б) способом „Дефибратор“ (шведская схема), в) способом размолом на „фибраторах“ (американская схема).

При химико-механическом методе древесина, измельченная в щепу на рубильных машинах, подвергается сперва химической обработке (варке с разбавленными растворами едкого натра под небольшим давлением), а затем уже размолу на фибраторах, молотковых дробилках и др. размалывающих аппаратах.

Последующая обработка волокна при всех методах может состоять в обработке его парафиновой эмульсией (для придания водостойкости), растворами антисептиков и антипиренов¹, отливке плит (или досок) на отливных машинах, сушке и отделке.

Сырьем для производства древесно-волокнистых пластиков, как уже указывалось выше, служат либо отходы лесомеханических производств, либо балансы. Предпочтительно применять хвойные древесные породы (сосну, ель, пихту) по тем же соображениям, что и в целлюлозно-бумажном производстве: большая длина волокон хвойных пород обеспечивает лучшее их свойлачивание при отливке, а следовательно, и более высокую прочность изделий. Древесный отдел завода волокнистых пластиков отличается от древесного отдела целлюлозных заводов отсутствием корообдирок и конструкцией патрона рубильной машины в случае, если исходным сырьем служат отходы. Очистка от коры в производстве древесно-волокнистых пластиков не применяется, так как с этой очисткой связаны большие потери ценной древесины. Отрицательное влияние присутствия коры может иметь на механические свойства изделий

(это начинает заметно сказываться лишь при 30—35-процентном содержании щепы), а также на расход щелочи при варке.

Рубильная машина для баласа ничем не отличается от рубильных машин, применяемых в целлюлозном производстве (см. выше). Для измельчения отходов в щепу применяются рубильные машины с приспособлением для подачи и прижима древесины к диску машины во время работы, так как горбыли и рейки (в особенности мелкие) не обладают достаточным весом, чтобы под влиянием его быть прижатыми с необходимой силой к диску рубильной машины. С рубильной машины щепа поступает на сортировку (см. главу „Производство сульфитной целлюлозы“).

В дальнейшем подготовленная щепа подвергается термомеханической обработке по одному из нижеописанных методов.

По способу Месона, исходным сырьем служит баласа, или крупные лесопильные отходы (горбыли, рейки) хвойных пород, превращенные в щепу нормальных размеров, отсортированную от мелочи и крупных кусков (см. Древесный отдел целлюлозного завода).

Эта щепа подвергается расщеплению на волокно в особых аппаратах, так называемых „пушках“, изображенных схематически на рис. 225.

Пушка Месона представляет собой стальной автоклав цилиндрической формы диаметром 50 см, высотой 1,5 м и емкостью 0,28 м³.

Пушка имеет сверху загрузочное отверстие, а снизу быстро действующий гидравлический клапан, который служит для выдувки щепы. После загрузки щепы, пушка закрывается крышкой и в нее пускается пар давлением 25 ат. Достигнув температуры около 190°, ее поддерживают в течение 30—40 сек., а затем пускают пар высокого давления (70 ат, которое поддерживается 5 сек.). Температура при этом достигается 280°С. Затем из гидравлического цилиндра, в котором находится поршень, запирающий дно пушки, выпускается вода, поршень при этом опускается и открывает нижнее разгрузочное отверстие пушки. Щепа выдувается в приемный широкий трубопровод, где она, попав в условия атмосферного давления, „взрывается“ под действием еще находящегося внутри щепы пара высокого давления. Полученная из пушки волокнистая масса проходит затем следующую ступень размола. На заводе Месона в США эту вторую ступень размола обслуживают прутковые мельницы, аналогичные применяемым в бумажной промышленности, а также рафинеры.

Волокнистая масса, размолотая на прутковых мельницах до 15—20° по Шоппер-Риглеру, поступает в мешальные чаны, или мешальные роалы для обработки парафиновой эмульсией, с целью придания ей водостойкости.

Количество парафина, вводимого в массу, составляет обычно от 1,8—2% от веса волокнистой массы. Парафин вводится в волокнистую массу в виде эмульсии, которая готовится следующим образом: сперва готовят эмульгатор, которым может служить канифольное, или стеариновое мыло. Канифольное мыло гото-

вится горячим способом, или по Дельтирну — холодным способом. Последний способ заключается в том, что раствор 0,5-процентного едкого натра медленно, последовательно пропускается через 3 вертикальных деревянных колонки, в которых на подосновках уложены

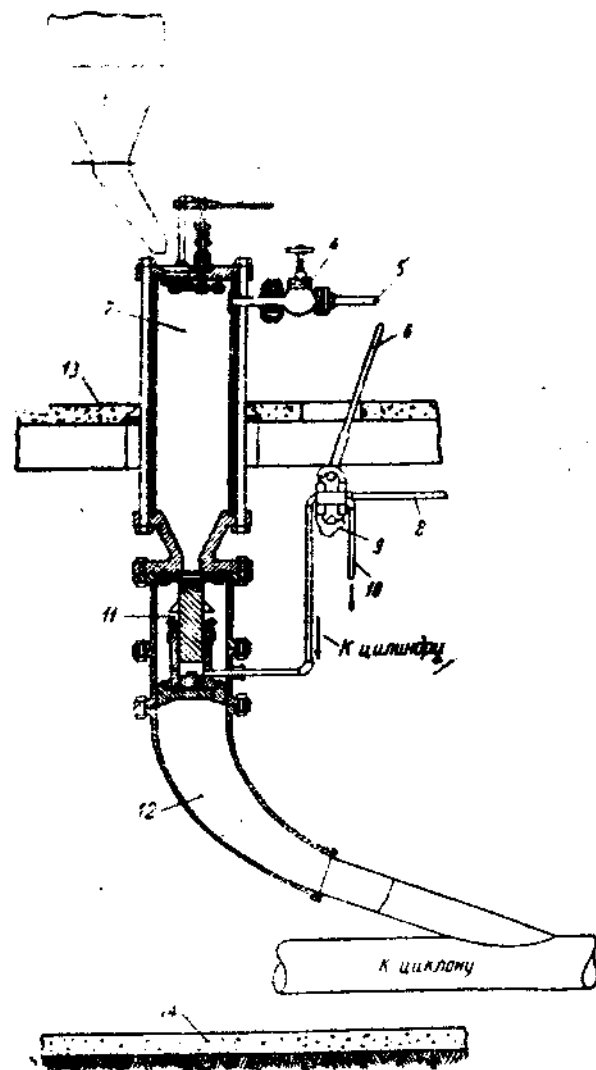
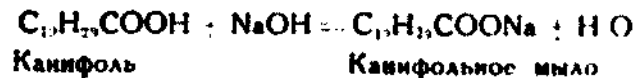


Рис. 224. Пушка Месона.

1—бункер, 2—скользящая заслонка бункера, 5—регулятор давления пара, 4—вентиль пара высокого давления, 3—вода пара от котла высокого давления—85 кг/см², 6—рукоятка гидравлического клапана, 7—камера паров, 8—труба от насоса, 9—гидравлический клапан, 10—шток, 11—гидравлический поршень, 12—разгрузочная труба, 13—шток верхнего этажа, 14—шток нижнего этажа.

куски канифоли. При прокачивании щелочи происходит нейтрализация щелочи, и канифоль переходит в раствор в виде смоляного мыла:



Этот клей и является эмульгатором для парафина. Сам процесс эмульгирования состоит в том, что приготовленное 4-процентное канифольное мыло заливается в сконструированный особым образом эмульсер-мешалку и подогревается там до 70—75 °C. Парафин расплавляется и выливается в эмульсер.

Туда же добавляется 0,3% едкого натра от веса волокна в виде 1-процентного NaOH.

После этого приводится во вращение быстроходная мешалка пропеллерного типа: вращение длится 20—30 мин. Затем берется проба, и если парафиновая эмульсия еще расслаивается, то добавив некоторое количество едкого натра, вращение продолжают еще 20—30 мин. Концентрация парафина поддерживается 6%. Расход щелочи на 1 кг светлой канифоли составляет 16—17%, а на 1 кг темной—13,5%. Расход канифоли на 1 кг парафина составляет 160 г. После добавки к размотому волокнистому материалу эмульсии, последняя разрушается и осаждается на волокнах путем добавки раствора глинозема, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, количество которого составляет 1½ кг на 1 кг канифоли. Эмульсия является устойчивой только в щелочной среде, поэтому при прибавке избытка глинозема, имеющего кислую реакцию, она осаждается на волокнах.

Это осаждение необходимо потому, что в противном случае, при отливке плит и досок, эмульсия уйдет под сетку вместе с подсеточной водой.

Осажденная же эмульсия при отливке прочно удерживается волокнами.

Добавка наполнителей в древесно-волокнистые пластики не практикуется, так как наполнители ухудшают изоляционные и механические их свойства.

В качестве антисептика применяется фтористый натрий в количестве 2—3% от веса древесного волокна. В качестве антипирена (вещества, придающего огнестойкость) кислый фосфорнокислый аммоний в количестве 6—7% от веса волокна, или двойная фосфорно-аммонийно-магниевая соль.

Антисептики применяются, главным образом, для пористых плит. Антипирены—как для пористых, так и для твердых плит.

Введение антисептиков и антипиренов целесообразнее производить в водном растворе, путем орошения им отлитых плит, прошедших через мокрую или прессовую часть отливочного агрегата, т. е. перед процессом сушки плит. При этом необходимо учитывать возможность взаимодействия этих всех веществ между собой, в результате чего будут иметь место потери их в виде,

например, нерастворимых фосфата алюминия и фтористого алюминия, которые в плитках являются балластом.¹

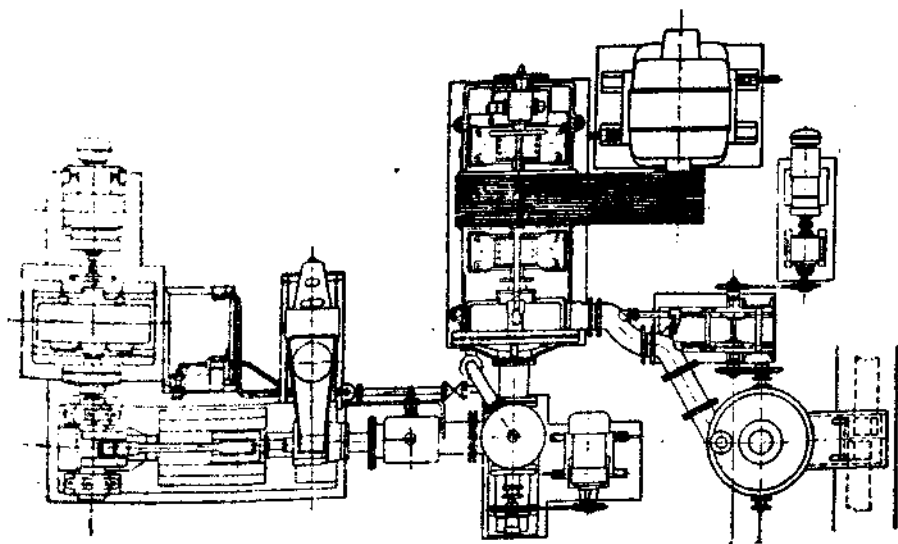
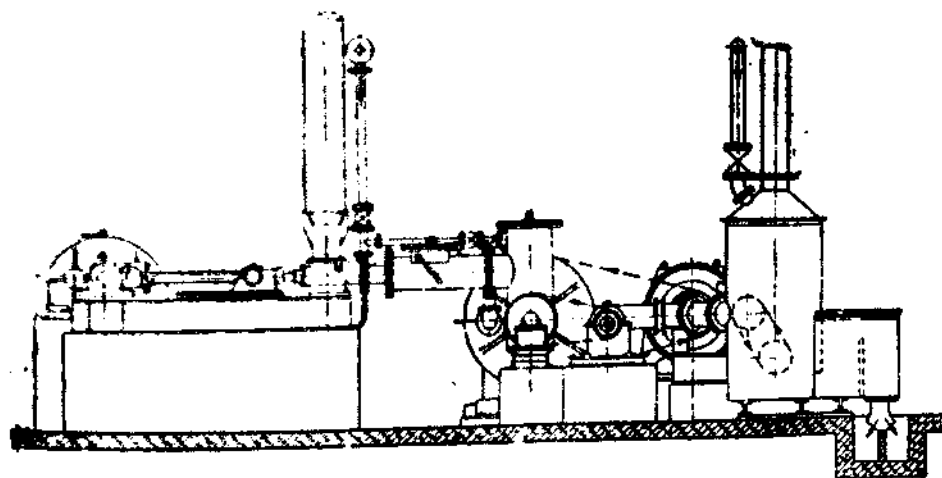


Рис. 225. Дефибратор.

¹ Приведенный способ комплексной пропитки плит, предложенный ЦНИАХИ в производстве, насколько нам известно, еще не проверен, и является первым приближением к разрешению вопроса комплексного облагораживания древесно-волокнистых плит.

После размола и обработки парафиновой эмульсией, волокнистая масса является готовой для отливки и поступает в мешальные бассейны отливочной машины. Дальнейшая схема технологического процесса по Месону не отличается от других ниже описываемых методов.

Схема „Дефибратор“ имеет в виду исходное сырье, так же как и схема Месона, в виде щепы нормального (для целлюлозного производства) размера, приготовляемой на обычных машинах древесного отдела. Оригинальной и характерной особенностью метода является наличие размалывающего аппарата „дефибратора“, совмещающего одновременно работу пропаривания щепы, размола и обработки волокнистой массы парафином. Дефибратор, изображенный на рис. 225, состоит из следующих частей:

1. Вибрационного питателя.
2. Поршневого питателя.
3. Подогревателя.
4. Размалывающих дисков, помещающихся в камере.
5. Выпускного приспособления.
6. Циклона, для приемыки готовой массы.

Из бункера для хранения, щепа подается распределительным транспортером к загрузочным воронкам дефибраторов. Из воронки по железной трубе щепа попадает на вибрационный жолоб, работающий от машины переменного тока, который действует на систему стальных пружин, приводя, соответственно частоте переменного тока (50 периодов), в сотрясение (100 раз в секунду) вибрационное сито. С последнего щепы сыпается в жолоб поршневого питателя. Последний представляет собой поршень, работающий через кривошип от коллекторного мотора, вталкивающий загрузаемую щепу из вибрационного устройства в подогреватель. Первая порция щепы спрессовывается в цилиндре поршневого питателя в пробку („пуж“), препятствующую выходу пара из подогревателя, где давление пара составляет 7—8 ат. При подаче следующей порции щепы, пробка проталкивается в подогреватель, где она разваливается, а в цилиндре питателя образуется новая „пробка“. Подогреватель, куда поступает щепа, представляет цилиндрический стальной автоклав, в который подается острый пар давлением 7—8 ат и накачивается отдельным насосом расплавленный парафин, в количестве 2% от веса волокна. Перемешивание парафина с волокном происходит уже на размалывающих дисках дефибратора. Таким образом, в дефибраторе, вместо парафиновой эмульсии, волокно обрабатывается непосредственно расплавленным парафином, что значительно упрощает и удешевляет процесс. Назначение парафина не только придать волокну устойчивость к воде, но также уменьшить прилипание волокнистых материалов к плитам и сеткам при сушке на прессах и, по мнению некоторых авторов, уменьшить износ дисков дефибратора („смазка“). Парафин при прессовании выступает на поверхность волокнистых досок и уменьшает их прилипимость к металлу. Из подогревателя щепы,

при помощи шнека, попадает к размалывающим дискам со сменными стальными кольцами с насечкой. Один из дисков неподвижен, а второй приводится во вращение от мотора в 100 л. с. и делает 350 об/мин. Размалывающие диски могут сближаться между собой, для регулирования степени помола волокна. Размол щепы, поступающей в центр между дисками, происходит при помощи стальных колец с насечкой, насаженных на диски. Благодаря центробежной силе, щепы, как и в обычном рафинере, проходят путь от центра к периферии дисков и выбрасываются в виде размолотого волокна в разгрузочное клапанное устройство. Последнее состоит из двух клапанов, перекрывающих на небольшом расстоянии друг от друга выпускной трубопровод, соединяющий циклон с размалывающим устройством дефибратора. При открытии одного из клапанов, второй остается закрытым и наоборот. Это дает возможность перегружать из дефибратора размолотую массу небольшими порциями, через клапаны, в циклон, с минимальными потерями пара.

Щепа проходит путь от вибрационного питателя до циклона в течение 2 минут. Производительность дефибратора 6,5—7 т (и 12 т для машины II величины) в сутки абс. сухого волокна, около 10° по Шоппер-Риглеру, при расходе энергии 200—250 квт/час. на 1 т волокна. Выход волокна составляет 98% от исходного веса щепы. Дефибратор работает со щепой, влажностью 30—50%. Размолотая на дефибраторе масса поступает в мешальные чаны отливочного отдела.

По американской схеме, исходным сырьем является щепа, приготовленная из балансов, или крупных древесных отходов, так же, как и при способе „Дефибратор“.

Размалывающим аппаратом в американской схеме служит быстроходный рафинер, типа, например, Бауер, Бросс, Монарх и др.

Размалывающая часть быстроходного рафинера состоит из стальных литых дисков, вращающихся в противоположные стороны со скоростью 900—1000 об/мин. на горизонтальных стальных валах. На стальных дисках расположены особые пластинки из кремнистой стали. Рабочая поверхность пластинок видоизменяется, в зависимости от характера желаемого помола. Работа этих пластинок аналогична работе планок некоторых дисковых рафинеров. Диски хорошо уравновешиваются, так как они подвержены быстрому вращению. Положение дисков по отношению друг к другу регулируется путем передвижения одного из них. Нажим одного диска на другой осуществляется при помощи рабочей пружины. Благодаря этому устройству, при попадании твердого тела в машину диски отодвигаются, что предупреждает аварию. Размалываемый материал загружается через загрузочную трубу при помощи барабанного лопастного питателя, снабженного регулятором, проходит к центру вращающихся дисков, откуда центробежной силой отбрасывается к периферии, проходя при этом между стальными планками и позволяясь развалу. Одновременно со щепой в рафинер по-

дается горячая вода и пар. Размалывающие диски заключены в раздвигающийся кожух, что обеспечивает легкую возможность осмотра аппарата. Размол можно производить при концентрации массы от 6 до 50%. Для каждого диска необходим мотор 100 л. с. Рафинер дает массу однородного качества и длинно-волокистую, что обеспечивает хорошую прочность изоплит. Быстроходный рафинер или, как его называют, фибратор работает в две ступени. Сперва вся щепка пропускается через 1 рафинер первой ступени размола, а затем она разделяется на два потока и проходит минимум через 2 параллельно работающих рафинера. Производительность рафинера первой ступени 20—24 т волокна в сутки, что даст при двухступенчатом агрегате из 3 машин около 8 т готовой массы на каждую машину в сутки.

Капиталовложения на рафинеры значительно меньше, чем на дефибраторы, расход энергии на 1 т продукции значительно выше, однако, за отсутствием практически данных в СССР нельзя еще окончательно высказаться в пользу той или другой машины. В Америке преимущественно распространены рафинеры, в Европе — дефибраторы.

Масса, выходящая из рафинера второй ступени размола, требует обработки парафиновой эмульсией, аналогично „месониту“.

По схеме „Фибропласт“ древесина, превращенная в щепу, поступает в бункера варочного отдела, из которых затем загружается в железные котлы и подвергается варке с разбавленной щелочью. В дальнейшем, сваренная щепка подвергается размолу на прутковых мельницах, или на иных размалывающих аппаратах. Масса затем обрабатывается парафиновой эмульсией, растворами антипиренов и антисептиков и после поступает на отливную машину и сушку.

Для отливки древесно-волокистых пластиков в настоящее время применяются, главным образом, отливные машины непрерывного действия: машины с плоской сеткой (шведская отливная машина „Свенска“) и цилиндрические обезвоживатели (американский вакуум-фильтр Оливера). Лишь на некоторых небольших европейских предприятиях применяются периодически-действующие отливные гидравлические прессы.

Шведская отливная машина, изображенная на рис. 226, в основных деталях имеет сходство с аналогичными машинами, применяемыми в целлюлозно-бумажной промышленности, но имеет и ряд отличий. Машина состоит из двух основных частей: 1) сеточной и 2) прессовой.

Сушильная часть на этой машине отсутствует, но пристраивается особо в конце машины, при этом конструкция сушильного устройства изменяется в зависимости от сорта плит (см. ниже).

На общей станине машины расположены 35 регистровых валков ($D = 63,5$ мм), на которые опирается движущаяся по направлению к прессовой части сетка машины. Сетка надевается в начале мокрой части машины на бронзовый грудной вал ($D = 400$ мм), а в конце сеточного стола на гауч-вал, диаметр которого $= 700$ мм. В движение сетку приводит гауч-вал, вращаемый от мотора

через зубчатую передачу. На машине имеется 6 натяжных валков ($D = 140$ мм) для натяжения сетки. Ввиду того, что вес 1 м² древесно-волокистых плит сравнительно велик и слой массы на сетке при отливе значителен, машина имеет особые резиновые декеля высотой 250 мм оригинальной конструкции. Декелей 2, начинаются они от головного вала и заканчиваются у 3-го сосуна. количество сосунов всего 4. В последнее время выяснилось, что работа сосунов на этой машине не играет большой роли, если сушильным агрегатом является гидравлический сушильный пресс, так как при выключении сосунов, остающийся в плитах избыток влаги отжимается гидро-прессом перед началом сушки плит, без дополнительных расходов тепла. При сушке плит в роликовой сушилке, работа сосунов необходима. Подсеточная вода стекает по лоткам в сборный бассейн и поступает в производство на разбавление массы, в размалывающие аппараты, мешальные чаны и т. д. в качестве „обратной“ воды. Длина сетки 18 100 мм, ширина 1480 мм. Скорость движения сетки от 1,5 до 4,4 м в мин. Максимальная производительность машины около 30 т возд. сухого волокна в сутки.

Масса подается на машину 1 процентной концентрации, а покидает машину (после прессовой части) с содержанием 30% сухого вещества.

Прессовая часть состоит из двух пар медных валов с диаметром 700 мм и 4 пар валов $D = 250$ мм. На крайний большой вал слева и крайний малый вал справа надевается вторая сетка, движущаяся в одном направлении с ниж-

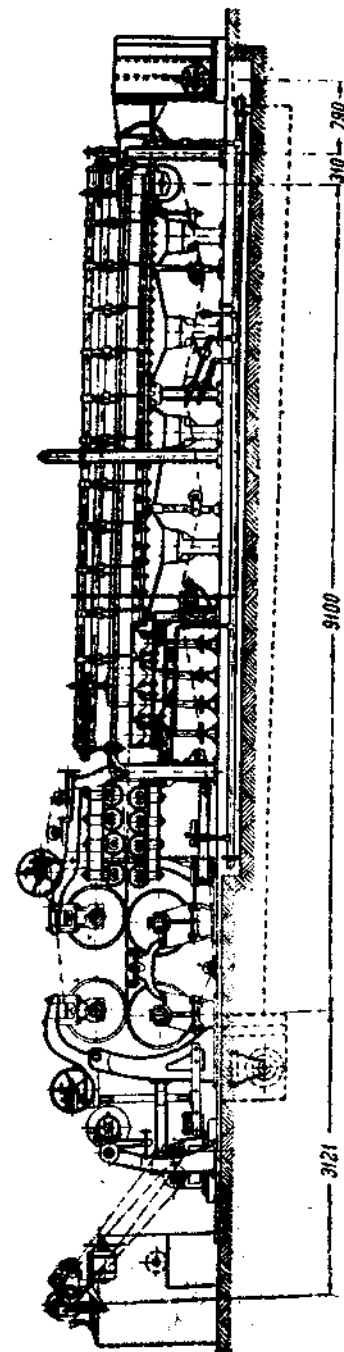


Рис. 226. Длинносеточная отливная машина.

ней сеткой, над ней. Полотно древесно-волокистой ленты проходит, таким образом, на прессовой части между двумя сетками. Все валы имеют подъемные приспособления, при помощи которых можно регулировать давление при прессовании.

После прессовой части лента подвергается поперечной резке автоматически действующим круглым ножом и затем, при помощи роликового транспортера и специального транспортера, так называемого „типпея“, подается на стационарную многоступенчатую (20-этажную) этажерку, если последующая сушка происходит на многоступенчатом прессе, или в многоступенчатой роликовой сушилке. Если сушилка одноэтажная, то полотно ленты можно без резки, в виде непрерывной ленты, направить в сушилку.

О работе непрерывно-действующего вакуум-фильтра Оливера, как отливочного агрегата для древесно-волокистых пластинок, в настоящее время (1937 г.) известно очень мало.

Фильтр Оливера представляет собой отливочную машину непрерывного действия цилиндрической формы. Диаметр цилиндра 8 футов, длина 13 футов вместе со стальным баком, в который погружен цилиндр. Бак заполняется массой на 70%. Производительность фильтра 50 т абс. сухого волокна в сутки. Барабан имеет открытые торцы, 3 чугунных спидера (борта барабана, к которым прикрепляется опалубка), 2 чугунных трубопровода, воздушных из 36 отдельных секций барабана и двух автоматически действующих фильтрационных клапанов, с диаметром = 28 дюймов, два вакуумных шланга, 4 железных прессовальных валика ($D=12$ дюймов, один 12-дюймовый валик, обитый войлоком, с подающим сушлом из прессованного войлока, лопатами для крепления и подвешивания. Барабан имеет кроме того гигрометр, направляющий стержень, обитый войлоком, направляющий вручную; покрытые бронзой тросы, латунная разбрызгивающая труба и водоотделитель с резиновой трубкой дополняют его арматуру. Фильтр снабжен сепаратором влаги, предохранительным вакуумным выпускным клапаном и вакуум-насосом.

Плиты, отлитые на фильтре Оливера, с содержанием воды около 80%, поступают на прессовую часть, при этом сьем плит с барабана и передача их на прессовую часть производится с помощью сдутия их с барабана сжатым воздухом, подаваемым внутрь барабана компрессором.

Со стационарной 20-этажной (или 8-10 этажной) этажерки, в зависимости от типа сушильного агрегата, плиты перегружаются на транспортную вагонетку, при помощи которой они перевозятся к сушильным прессам, или роликовым сушилкам. Для сушки твердых и полужестких плит применяются, главным образом, 20-этажные гидравлические пресса, так как при сушке этого сорта плит необходимо создать сравнительно большие удельные давления, достигающие до 25—45 кг/см². При сушке пористых плит целесообразнее пользоваться роликовыми сушилками, — они экономичнее с точки зрения капиталоуложений и расхода пара. Конструкции многоступенчатых прессов и роликовых сушилок описаны в курсах по сушке дерева.

Сушка древесно-волокистых плит производится до абс. сухого состояния. После сушки, твердые плиты должны быть, во избежание последующей деформации при их эксплуатации, увлажнены до 8%. Это достигается выдерживанием сухих плит в специальных

увлажнительных камерах, через которые вентилятором просасывается воздух, влажность которого автоматически регулируется. Эта операция называется „сезонировка“.

Для пористых плит сезонировка не требуется. Увлажненные плиты, для придания им стандартных размеров и удаления неровных

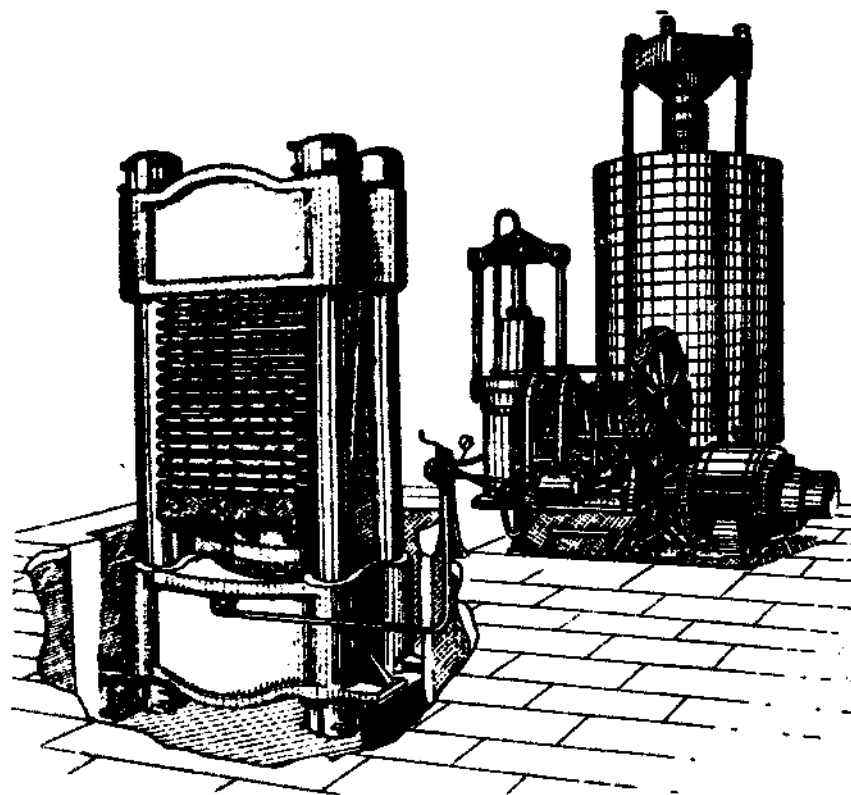


Рис. 227. Многоступенчатый сушильный пресс.

крайков, подвергаются обрезке на продольно- и поперечно-обрезных станках с круглыми ножами.

После обрезки плиты упаковываются в пачки и транспортируются на склад готовой продукции.

На изготовление 1 т древесно-волокистых плит расходуется (в случае комплексной пропитки плит на водостойкость, огнестойкость и биостойкость): 3,5—4 кл. м³ древесины (технологической), 18—20 кг парафина, 3 кг канифоли; 2,4 кг едкого натра, 0,6 кг соды; 4,5 кг глинозема, 30—50 м³ воды, 4,5—5 т пара, 400—650 квт-час электроэнергии, 30 кг хлористого магния, 30 кг фосфорно-кислого аммония, 25 кг фтористого натрия.

Древесно-пластические массы. К разделу собственно древесно-пластических масс относятся пластические массы из мелкоизмельченной древесины (опилок, муки), или из выделенных ее компонентов (лигнина). К этому разделу относятся:

а) эфиры древесины;

б) «пъезотермические» пластики, получаемые горячим прессованием необработанных или частично гидролизированных опилок, без добавок, или с применением некоторых связующих веществ;

в) искусственные смолы из древесины и лигнина.

Эфиры древесины (ацетила-древесина, бензала-древесина) получают по процессу, в целом аналогичному получению эфиров целлюлозы и дают продукты типа этролов, близкие по ряду показателей к эфирам целлюлозы этролам. Одним из важных отличий эфиров древесины является то обстоятельство, что они могут быть получены со значительно меньшим расходом этерифицирующих реагентов, чем эфиры целлюлозы, но зато они далеко не отличаются однородностью (гомогенностью) состава и представляют продукты низшего качества, по сравнению с эфирами целлюлозы. От последних они отличаются еще и худшей растворимостью, что ограничивает возможность широкого их применения. Тем не менее, возможно, что некоторые из подобных пластиков найдут известные применения в практике, напр. бензалированная древесина, получаемая действием хлористого бензила, в присутствии щелочи на измельченную древесину, при нагревании. Ввиду того, что получение эфиров древесины еще не вышло из лабораторной стадии, более подробно эти продукты нами не описываются.

Пластики пъезотермического типа, баркалант, плавленная древесина и др. пока еще не нашли промышленного применения, ввиду недостаточного качества получаемых изделий. Однако, они представляют интерес с точки зрения дешевизны исходного сырья и отсутствия необходимости применения дефицитных реагентов — в особенности фенола. Дальнейшая разработка этих методов, возможно, позволит получить более высокие показатели и даст этим возможность применения подобных продуктов для некоторого ассортимента изделий.

Баркалант

Баркалант представляет собой пластическую массу, изготавливаемую из древесных опилок путем их гидролиза, с последующим горячим прессованием высушенного гидролизата (называемого здесь «прессовочный порошок») под давлением 500—800 кг/см² и при температуре 200—250° Ц.

В литературе имеется ряд указаний на подобные продукты. Так, Петцгольд упоминает о «плавлении» древесины еще в 1845 г. Спринг в 1881 г. занимался плавлением торфа под давлением 6000 кг/см². В 1870 г. Френш получил опыты подобные продукты. В СССР эти опыты проводились, начиная с 1932—1933 г. проф. Флоренским, который производил прессование древесных сухих опилок при 200—228°, под давлением 800—2000 кг/см², в течение двух часов в запатентованной прессформе. В 1933 г. начались работы в лаборатории изобретателя Баркала, именем которого назван продукт, им полученный. По способу Нилос-Раддала из двух операций: 1) гидролиз опилок и получение прессовочного порошка и 2) прессование порошка в горячих прессформах и получение из него изделий. Баркалант представляет довольно желатинную массу черного цвета с блестя-

щей поверхностью. Его можно шлифовать, полировать, сверлить, строгать, склеивать столярными клеями, однако, он не обладает твердостью (при выделении газов рассыхается). Физико-химические свойства баркалаита, характеризуются следующей таблицей 56.

Таблица 56

1. Удельный вес	1,35—1,40
2. Теплостойкость по Мартенсу	130—150
3. Твердость по Бриннелю	40—45 кг/мм ²
4. Временное сопротивление сжатию	1000—1500 кг/см ²
5. Временное сопротивление статическому изгибу	350—400
6. Прочность на разрыв	100—130
7. Прочность на динамический изгиб	2,5—4
8. Поверхностное электросопротивление, при 60% влажн. (относит.)	10 ¹⁴ ом/см ²
9. Объемное сопротивление при 60% отн. влажн.	10 ¹¹
10. Средний пробивной градиент	4,65—11,67 мм
11. Тангенс угла диэлектр. потерь	0,01—0,03
12. Диэлектрический коэффициент	2,42—4,03
13. Водопоглощение в течение 1 суток	0,1—0,5
14. Стойкость к керосину, бензину, трансформаторному маслу	отоек
15. Стойкость к 10% минеральным кислотам (серная, соляная, азотная)	отоек

По нашим наблюдениям, баркалант не обладает стойкостью к щелочам. Свойства эти изменяются в зависимости от рода сырья и режима работы. В соответствии с указанными в таблице механическими и физико-химическими свойствами, находят в области применения баркалаита. Насколько можно судить, он может быть применен, как электроустановочный материал в слаботочной промышленности, для деталей аппаратов связи и электроаппаратуры, для деталей контрольных и измерительных приборов, для тары различных аппаратов, для шурупов, шестерен и подшипников, несущих мелкие нагрузки, для массовых художественных изделий и изделий широкого потребления, и в качестве изоляционного и облицовочного материала. В настоящее время производство баркалаита имеет у нас опытные масштабы, почему о нем еще нельзя вполне определенно высказываться. Как уже было указано выше, производство пластической массы по этому способу состоит из 2-х основных операций: 1) подготовки порошка и 2) прессования.

Цех подготовки порошка

Задачей цеха подготовки порошка является приготовление его из исходного сырья — древесных опилок, либо из другого растительного материала. Порошок является полуфабрикатом и перерабатывается в цехе прессования на изделия.

Сырьем для баркалаита служат опилки, или мелкие отходы лесомеханических производств. Преимущество здесь, как и при лигностоне, имеют лиственные породы, как более богатые пентозанами, которые играют большую положительную роль при пъезотермической обработке древесины. Кроме пентозанов, по некоторым данным, имеют значение также растительные белки, поэтому, кроме древесных опилок, с успехом сырьем могут служить: опруби, кукурузная коферишка, подсолнечная шелуха и другие растительные материалы, содержащие пентозаны и растительные белки. Размеры частиц сырья здесь желательны от 5 мм и меньше, для получения однородного материала.

Сырье в цех подготовки порошка поступает со складов, нонематизируясь вблизи. Первая операция, которой подвергаются опилки — это сортировка их. Целью сортировки является отделение крупных частиц, дабы избежать неравномерного качества готового порошка. Сортировка производится на тех же машинах, которые применяются в целлюлозной промышленности. Здесь, однако, удобнее применять не плоские, а цилиндрические сортировки, во избежание частого за-

бывали отверстий сортировки опилок. Отверстия у сит сортировки здесь должны быть 3 мм, более крупная щель отбрасывается и идет в топию, или на дополнительный развал. Отсортированные опилки попадают в бункер над автоклавами.

Следующая операция в цепи подготовки порошка—это гидролиз опилок в автоклаве. Последние здесь применяются стальные, небольшой емкости, цилиндрические, горизонтальные, либо вертикальные с металлическими мешалками. Все это диктуется необходимостью получить равномерный материал, без перегревов. Автоклавы снабжены рубашкой для глухого обогрева и имеют внутри тонкую металлическую обшивку, защищающую стенки автоклава от разъедания выделяющимися летучими кислотами при водном гидролизе древесины. Опилки загружаются из запасного бункера в мерник, взвешиваются и перемешиваются через загрузочный люк в автоклаве. Затем заливается отмеренное количество воды из расчета: на 1 часть сухой древесины 1—2 части воды, в зависимости от рода сырья. Крышка автоклава закрывается, мешалка приводится во вращение и через паровую рубашку начинается прогрев автоклава. Для автоклава, емкостью 10 м³, подъем температуры ведется до давления 7—8 ат в течение 3—3,5 час. Водный гидролиз сосновых опилок при этом давлении длится 3 часа, затем производится сдвиги выделяющихся при гидролизе кислот и паров воды, содержащейся в автоклаве. При сдвиге происходит подсушивание гидролизованых опилок. Подсушенный порошок выгружается из автоклава в бункер. Из бункера порошок подается транспортером в вакуум сушилку. Сушка в вакууме, при температуре не выше 60° Ц, должна производиться до 0,5—1% содержания влаги в порошке. Вакуум дает возможность вести сушку порошка при температуре не выше 60° Ц, что необходимо во избежание преждевременной полимеризации („закалки“) порошка. Высушенный порошок лучше хранить и применять не в виде порошка, а превратив предварительно в таблетки.

Это даст возможность устранив пыль из помещения, где происходит отмеривание порошка, значительно ускорит и упростит операцию загрузки прессформы прессовочным порошком. Таблетирование производится особыми металлическими автоматическими прессом.

Цепь прессования

Прессование порошка производится в запирающихся прессформах, которые предварительно подогреваются в нагревательных камерах, подобных вышеописанным, до температуры 250° Ц. Горячие прессформы подаются к гидравлическому прессу, где в них закладываются заранее изготовленные из пресспорошка таблетки. На гидравлическом прессе производится выпрессовка таблетки до удельного давления 500—800 ат после 2—4-минутной выдержки давление снимается, для выпуска образовавшихся в прессформе газов. Эту операцию, в зависимости от прессформы и качества порошка, повторяют 2—3 раза. После удаления газов, прессформа закрывается и в таком виде отправляется в охлаждающую камеру. Охлаждение прессформы производится от 250 до 100° Ц в течение 1—1,5 час. Из охлаждающей камеры прессформы подаются для разгрузки и производятся выемки из них готовые изделия. Освобожденные от изделий прессформы транспортируются опять в нагревательную камеру, а изделия, после отбраковки, — на склад готовой продукции.

Как видно из описания хода работы в цепи подготовки порошка в автоклаве ведется водный частичный гидролиз древесины, т. е. гидролиз без добавления внешних сильных минеральных кислот. Катализатором в данном случае служат органические кислоты (уксусная и муравьиная), выделяющиеся при высокой температуре из самой древесины, т. е. гидролиз идет автокаталитически. Количество этих кислот, улавливаемых, например, в виде уксусно-кальциевой соли, составляет 70—80 кг на 1 т готовых изделий. В отношении самого процесса гидролиза можно сказать, что здесь имеет место аналогия с реакциями, идущими при обычном кислотном гидролизе (см. главу „Гидролиз древесины“), только частичное окисление гемицеллюлозы в отсутствие минеральных кислот идет медленнее и требует более высокой температуры. В вышеописанном цепи подготовленный частичным гидролизом порошок подвергается прессованию под давлением 500—800 кг/см², при температуре прессформы 250° Ц. В этих условиях, после пла-

вления и карамелизации образовавшихся в гидролизованной древесине моносахаридов, они начинают оседать, претерпевая при этом дегидратацию, т. е. отщепления воды. Вследствие одновременно происходящей конденсации сахаров с лигнином и другими составными частями древесины, спрессованный порошок превращается в довольно однородную массу, чем и заканчивается процесс.

На изготовление 1 т порошка типа „Баркалант“ расходуется (по лабораторным данным):¹ древесины—2,58 т, пара—1,2 т, воды—48 м³, электроэнергии—300 квт/час, рабочей силы—9 чел./дней.

На 1 т готовых изделий из „баркаланта“ расходуется: воды—60 м³, электроэнергии—900 квт/час, топлива (мазута)—2 т, рабочей силы—46 чел./дней.

Стоимость 1 т изделий из „баркаланта“ исчисляется около 1800 руб.

Производство искусственных смол и пресспорошков из древесины и лигнина

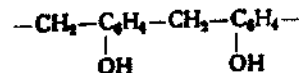
Теоретическим обоснованием для возникновения производства искусственных смол типа фенол-древесина (сокращенно называемых ФД) и типа фенол-лигнин (ФЛ) послужила давно известная из литературы способность углеводов древесины, а также древесного лигнина растворяться в феноле (в присутствии небольшого количества кислоты катализатором), и в дальнейшем вступать с ними в реакцию конденсации. По данным Гильмера, эта конденсация идет по месту гидроксильных, лигнина и водорода фенольного ядра, по данным других авторов, например Веленкинда, Эйгеля, Штарка и др. — по месту карбоксильных групп лигнина и водорода фенола. По нашим наблюдениям в этой реакции основная роль принадлежит гидроксильным лигнина, так как лигнин, лишенный гидроксильных (например путем дегидратации его концентрированной серной кислотой), теряет способность вступать в реакцию с фенолом. Так же как и при конденсировании и не дает искусственных смол с фенолом. Так же как и при получении фенольно-альдегидных смол, при конденсации углеводов и лигнина древесины с фенолом могут быть получены плавкие и хорошо растворимые в органических растворителях смолы (например растворимые в спирте) типа новолачных (бакелит А). При увеличении в реагенте количества углеводов, или лигнина (т. е. альдегидной составляющей), смолы получают плавкие, но нерастворимые в органических растворителях—типа резольных (бакелит Б). Эти смолы, по аналогии с бакелитом, в присутствии уротропина при нагревании полимеризуются, переходя при этом в неплавкое и нерастворимое состояние.² На этом свойстве смол ФД и ФЛ и основывается их применение в прессовочных порошках, идущих для получения пластических масс, путем их горячего прессования. При этом окончательная полимеризация и переход смолы в неплавкое и нерастворимое состояние происходит в прессформе, на горячем прессе.

Технологическая схема получения смол и пресспорошков типа ФД и ФЛ имеет следующий вид:

- 1) брикетирование сырого лигнина для достижения 50-процентной влажности;
- 2) плавление фенола;
- 3) подача лигнина (для древесины), фенола и катализатора в варочный котел и варка смолы;
- 4) нейтрализация, сушка и выгрузка смолы;

¹ По данным В. А. Пургасова. „Баркалант“ как новый вид пластмассы. ОНТИ. 1937 г., стр. 150.

² Новолачные и резольные смолы получают нагреванием фенола с формальдегидом, при котором сахара образуют продукты с линейными молекулами типа:



при дальнейшем не прибавлении формальдегида (CH₂O) образовавшиеся линейные молекулы новолачной смолы, путем поперечных связей, превращаются в менее растворимые трехмерные пространственные образования. Эти процессы происходят с отщеплением воды от формальдегида и фенола.

- 5) охлаждение и размола смолы и приготовление композиции пресспорошка;
- 6) горячая вальцовка пресспорошка;
- 7) окончательный размола и смешивание;
- 8) таблетирование порошка.

Предварительное брикетирование и обезвоживание ангидрида ставит своей целью облегчить его транспорт и ускорить реакцию конденсации с фенолом; конденсация более вязкого материала идет очень медленно. Оставшаяся вода из этих материалов удаляется в процессе конденсации из с фенолом, так как нагревание ведется с прямым теплообменом. При этом содержащаяся в исходном сырье вода, вместе с водой, образовавшейся во время реакции конденсации, отгоняется через холодильники и приемники.

Ангидрид или опилки хранятся в бункерах, откуда они подаются транспортерами через весовые мерники в автоклавы. Фенол поступает на завод в железных барабанах, из которых он выгружается в особые выплавители. Выплавитель представляет собой медный котел, окруженный железной паровой или водяной рубашкой, через которую производится обогрев его до $t = 50$. Выплавитель имеет лоповое дно и крышку септи, на которую укладывается фенол перед его выплавлением. Септи задерживает механические загрязнения, содержащиеся в техническом промышленном феноле. Фенол, предварительно взвешенный в весовом мернике, засыпается из выплавителя в автоклав при помощи вакуум-насоса. Туда же подается и кислый катализатор для реакции конденсации — серная кислота, а также краситель — нигрозин.

Варка смолы производится в котлах из хромированной стали, небольшой емкости (около 2—3 м³), обогреваемых газовой паром через паровую рубашку до 130—135°.

Котел снабжен мешалкой, вращающейся со скоростью 30 об/мин. Сверху загружаются в котел фенол и катализатор, а затем и несколько приемов (2—3) дается ангидрид или древесные опилки. Последнее необходимо из-за большой вязкости смеси фенола и древесины. При постепенной загрузке древесина успевает прореагировать с фенолом с образованием смолы, обладающей относительно меньшей вязкостью, что значительно облегчает перемешивание. Варка смолы ведется до полной растворимости ее в спирте, т. е. смола получается новолачного типа. Температура ее плавления 60—70°. Длительность варки колеблется в зависимости от вязкости сырья, количества катализатора и т. реакции. Обычно котел делает 2 оборота в сутки, с учетом всех операций загрузки материалов и выгрузки смолы. По окончании варки смолы, кислый катализатор нейтрализуется в котле, путем добавки известия и затем смола подсушивается в котле при $t = 140—150^\circ$, для удаления воды, выделившейся в результате реакции конденсации. Горячая смола выливается на противни, на которых она после охлаждения (в специальных камерах охлаждения) затвердевает. Затвердевшая смола измельчается на молотковой дробилке, а затем перегружается в шаровую мельницу, где она сперва размалывается в течение 2 часов, а затем смешивается в течение 1 часа с остальными ингредиентами пресспорошка. Состав композиции пресспорошка следующий:

- 47,5% смолы типа ФД или ФЛ
- 6,7% уротропина,
- 1,5% стеарина,
- 3,8% мумии,
- 40,5% древесной муки.

После смешивания и размола в шаровой мельнице, пресспорошок выгружается 2 минуты на горячую вальцовку при $t = 110^\circ \text{C}$, а затем (после охлаждения) окончательно размалывается на зубчатой вальцовой дробилке и ударной мельнице (например типа Перилекс) и смешивается в горизонтальной цилиндрической мельнице.

В приведенной выше композиции пресспорошка, смола типа ФД или ФЛ является связующей основой, древесная мука является наполнителем, удешевляющим стоимость пластмассы и одновременно уменьшающим их механическую прочность (в особенности на динамический изгиб). Уротропин является ускорителем дальнейшего уплотнения, так как он при горячей прессовке пресспорошка разлагается на ангидриды и формальдегид, реагирующий со смолой и перерабатывая ее

в стадию С (неплавленное и неразрушимое состояние). Мумия является красителем, а стеарин при прессовании изделий выплавляется на их поверхность и уменьшает их прилипания к стенкам прессформы. Пресспорошки перед прессованием целесообразно превратить в таблетки, особенно при мелких изделиях, так как таблетирование, осуществляемое обычно особым механическим прессом, упрощает и ускоряет дозировку пресспорошка в формы. Прессование изделий из пресспорошков должно производиться при $t = 160^\circ$ и удельном давлении 300 кг/см² в течение 1 мин. на каждый 1 мм толщины изготовляемого изделия. Физико-механические свойства пластмасс, полученных на основе смол ФД и ФЛ сравнительно с химическими пластмассами, иллюстрируются следующей таблицей 57.

Таблица 57

Свойства	Единица или метод измерения	Порошки на основе смолы из фенола и формальдегида („Монолит“)	Порошки на основе феноло-крезоло-формальдегидных смол (193 К)	Порошки на основе смолы из ФД	Порошки на основе смолы из ФЛ
Теплостойкость	Мартемс	110—130	100—130	115—130	130—140
Твердость	Брюинель	45—50	35—45	40—45	35—45
Врем. сопротивление статич. изгибу	кг/см ²	600—800	500—700	450—600	450—600
Врем. сопротивл. динамич. изгибу	кг/см ²	6,0—8,0	5,0—6,0	4,0—5,5	4,0—4,5
Прочность на электропробой	кв/мм	10—11	12—20	12—16	13—15
Поверхн. электросопротивление	см ²	10^{11} — 10^{12}	10^{12} — 10^{13}	10^{11} — 10^{13}	10^{11} — 10^{12}
Объемное электросопротивление	см ³	10^{10} — 10^{12}	10^{11} — 10^{12}	10^{10} — 10^{13}	10^{10} — 10^{13}

Из таблицы видно, что пластмассы из смол ФД и ФЛ уступают химпластмассам, главным образом, по механической прочности, в особенности на динамический изгиб. По электроизоляционным свойствам они несколько не уступают химпластмассам. Поэтому в целом ряде деталей электро- и радиоаппаратуры они могут заменить пластмассы, изготовляемые на основе дорогих химических смол, будучи значительно их дешевле.

Количество материалов, необходимое для изготовления 1 т пресспорошка:

Фенола	339 кг
Опилки или ангидрида	272 „
Серной кислоты	13 „
Красителя (нигрозина)	17 „
Известия	17 „
Уротропина	67 „
Стеарина	15 „
Муки	38 „
Древесной муки	405 „

Проектная стоимость 1 т пресспорошка составляет около 3200 руб., что дает значительную экономию по сравнению с пресспорошком из фенола и формальдегида, так как в последнем дефицитный и дорогой формальдегид вцело заменяется дешевой или древесной.

	Стр.
Введение	3
Глава 1. Краткий очерк физических и химических свойств древесины (проф. Н. И. Никитин)	4
Глава 2. Производство древесной массы (инж. Г. И. Богоняевский)	40
Глава 3. Производство сульфитной целлюлозы (инж. Г. И. Богоняевский)	73
Глава 4. Производство натронной и сульфитной целлюлозы (доц. В. В. Якимовский)	154
Глава 5. Производство бумаги (инж. А. В. Грабовский)	217
Глава 6. Теоретические основы сухой перегонки древесины (доц. Ф. П. Комаров)	264
Глава 7. Аппараты для сухой перегонки дерева (доц. А. К. Славянский)	279
Глава 8. Переработка подсмольной воды (доц. А. К. Славянский)	295
Глава 9. Углекисление (доц. А. К. Славянский и доц. Ф. П. Комаров)	329
Глава 10. Переработка порошка, смолы, производство формалина и сложных эфиров уксусной кислоты (доц. А. К. Славянский)	345
Глава 11. Газификация древесины (доц. А. А. Анверовский)	365
Глава 12. Смолокисление (доц. Ф. П. Комаров)	390
Глава 13. Подготовка осмола для экстрагирования и выщелачивания (доц. Д. Н. Смирнов)	399
Глава 14. Каширьно-экстракционное производство (доц. Д. Н. Смирнов)	421
Глава 15. Производство каширьного шлама (доц. Д. Н. Смирнов)	457
Глава 16. Гидролиз древесины (инж. А. В. Буевской)	492
Глава 17. Технология облагораживания древесины древесными пластическими массами (доц. Н. Я. Солсевич)	521

Ответственный редактор Н. В. Лебедев. Технический редактор Г. И. Власова.
 Стр. 552. Рис. 227. А/О ГЛТИ № 31. Издание 1100. Тираж 3000.
 Аккредитация № 3565. Объем : 17 1/2 бум. листов. 41,6 авт. учетн. листов.
 Бумага 62×94. Заглавие № 3215. Сдано в набор 3/VIII 1938 года.
 Подписано к печати 29/VIII 1938 г. Цена 10 р. 40 к. Переплет 1 р. 75 к.