

676
M98

Ф. МЮЛЛЕР

ПРОИЗВОДСТВО
БУМАГИ
И ЕГО
ОБОРУДОВАНИЕ

ОБЩЕСТВО

676

M O S
E J O P O

Д Е П

BCHX

БЮРО ПЕЧАТИ ВСЁСОЮЗНОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
БУМАЖНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ „СОЮЗБУМАГА“

Ф. МЮЛЛЕР

ПРОИЗВОДСТВО БУМАГИ И ЕГО ОБОРУДОВАНИЕ

TOM I

ЧАСТЬ I

Перевод с немецкого под редакцией
А. А. ТЕСНЕРА и И. И. КОВАЛЕВСКОГО

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА

1931

ЛЕНИНГРАД

Техническое оформление Р. Н. Черевачкого
и Е. Н. Михалева. Эскиз переплета худ.
К. М. Нахоткина. Бумага Каменской фабрики.
Отпечатано в 8-й типографии ОГИЗ'а РСФСР
„Красный Печатник“, Ленинград, Междуна-
родный пр., 75а.

Главлит № Б—1830. ОГИЗ № 335 м. НС 1.
Зак. № 1391. 1931 г. Кв. I. Тир. 5100, 14 $\frac{1}{2}$ п. л.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Технология бумаги требует от работников, специализирующихся в этой области, основательного знакомства с двумя различными сферами научного знания — химией и механикой.

Основные процессы бумажного, а тем более целлюлозного производства не могут быть освоены без глубокого изучения различных отделов химии. Справедливость этого положения особенно стала ясной в последние годы, когда в связи с прогрессом в области химии целлюлозы и ее производных намечается и вводится изменение многих основных технологических приемов целлюлозно-бумажного производства, именно со стороны их химизма.

Однако, на ряду с этим при современном состоянии бумажной промышленности с ее весьма высокой степенью механизации большинства процессов, а также большим потреблением воды, пара и энергии — правильное обслуживание и рациональное использование существующих предприятий и проектирование новых не может быть осуществлено без основательного ознакомления с производственной аппаратурой, теплотехникой, водоснабжением и оборудованием, обслуживающим внутриводской транспорт, в особенности в связи с колоссальными успехами в области специального машиностроения для бумажного производства, достигнутыми в последнее время.

Труд проф. Ф. Мюллера — „Die Papierfabrikation und deren Maschinen“ появившийся в Германии в период с 1926 по 1930 год обладает одной основной и характерной особенностью, отличающей его от обычных руководств по бумажному производству: в нем отведено относительно весьма мало места технологической стороне процессов и химизму отдельных операций, и главное внимание обращено на описание и характеристику конструкций и работы машинного оборудования различных отделов полуфабрикатных заводов и бумажных фабрик.

В этом отношении содержащийся в книге богатый материал, иллюстрированный многочисленными механическими и теплотехническими расчетами, чертежами и схемами, должен представить большой интерес для нашего читателя, в особенности при общей бедности в специальной литературе, освещающей именно эту сторону бумажного производства.

Нельзя не отметить однако, что для полного охвата круга знаний, входящих в область технологии бумаги и полуфабрикатов, на ряду с этой книгой необходимо пользоваться трудами и другого характера, в которых уделено большее внимание химической стороне процессов.

Настоящий первый полумтом перевода книги Ф. Мюллера включает три основные части — производство тряпичной полумассы, соломенной целлюлозы и древесной массы.

Будучи связаны общим объемом и характером подлинника, а также весьма ограниченным временем, предоставленным для редактирования, редакторы настоящего полутома не имели возможности сделать какие-либо существенные изменения или дополнения к переводному тексту, хотя и в этой части издания так же, как и во всей книге, автор химизму процессов уделяет небольшое место и, кроме того, базируясь преимущественно на опыте германского машиностроения и германской бумажной промышленности, весьма мало использует данные других стран.

Редактирование отделов — „Производство тряпичной полумассы“ и „Соломенной целлюлозы“ выполнено А. А. Теснер, а редактирование отдела — „Производство древесной массы“ выполнено И. И. Ковалевским.

А. Теснер, И. Ковалевский.

Москва.

ГЛАВА I

Сырые материалы и способы превращения их в полуфабрикаты

Помещаем сначала обзор сырых волокнистых материалов, идущих для производства бумаги, а также способов превращения сырья в полуфабрикаты.

А. Сырые волокнистые материалы для производства бумаги

1) Волокна из семянных коробочек растения: хлопок.

2) Волокна из луба растения:

а) из стеблей растения: льняные волокна (лен), пеньковые волокна, соломенные волокна, эспарто, волокна джута, волокна сахарного тростника, волокна бамбука;

б) из листьев растений: манильская пенька, пальмовые листья и т. п.

3) Волокна плодов: волокна кокосового ореха.

4) Волокна из древесины:

а) хвойные деревья: ель, сосна, пихта, лиственница;

б) несмолистые лиственные деревья: береза, бук, тополь и т. п.

Б. Способы приготовления полуфабрикатов из названных сырых материалов

1) Чисто механический способ: белая древесная масса, полученная истиранием древесины.

2) Обработка паром и дальнейшая механическая обработка:

а) бурая древесная масса, полученная обработкой паром и истиранием;

б) полумассы из льна, пеньки, хлопка, из лоскутков ткани, полученные обработкой паром и последующим механическим размолом.

3) Способ химический (целлюлозы):

а) обработкой щелочными варочными растворами: целлюлозы из всех видов трав и соломы, а также натронная и сульфатная древесная целлюлоза;

б) обработкой кислотными варочными растворами: сульфитная древесная целлюлоза (бисульфит кальция, бисульфит магния);

в) обработкой щелочами и хлором: солома, эспарто и т. п.

ГЛАВА II

Приготовление тряпичной полумассы

Несмотря на то, что китайцы и египтяне еще в далекой древности применяли для изготовления бумаги в качестве сырья растительные волокна, все же этот способ производства долго не получал распространения в Европе, и до 1860—70 гг. бумажное производство пользовалось исключительно тряпьем.

Прежде, при малых размерах бумажного производства и при большем применении льна для одежды и белья, получение прекрасного по качеству тряпья было значительно легче, чем теперь: впоследствии специализация промышленности, а в том числе и специализация торговли тряпьем, привела к возможности покупать у больших торговых фирм и специальных сортировочных учреждений отдельные сорта тряпья; тряпье подбиралось по роду и качеству. Несмотря на такую специализацию в поставке тряпья, для бумажника все же необходима долголетняя практика, чтобы правильно и наиболее рационально использовать различные сорта тряпья. За исключением новых обрезков, качество ношеного тряпья очень сильно колеблется и зависит в особенности от местности, в которой производилась сборка его.

Что касается отдельных сортов тряпья, то в этом отношении Обществом немецких бумажных фабрикантов была установлена 8/XI 1873 г. наглядная спецификация различных сортов тряпья; эта спецификация—таблица включает весьма значительное количество различных отсортированных видов; в настоящее время почти повсюду эта спецификация положена в основу сортировки тряпья. Таблица сортировки содержит следующие номера и наименования от № 1 до № 30:

I. Льняное тряпье:

а) Лучшее льняное.

α) Лучшее белое льняное:

- № 1. Крепкое, чистое, белое льняное тонкое (рубашки).
- № 2. " " " " среднее.
- № 3. Грязное, белое, льняное; среднее и поглубже.
- № 4. Мягкое, грязное, белое льняное и обтирочное тряпье.

β) Тик: штанина, обтирочное тряпье, серый тик, паковочный тик:

- № 5. Крепкий светлосерый тик и тонкая штанина.
- № 6. " " " " средняя штанина.
- № 7. Грубый тик.
- № 8. Суровый льняной тик мешечный и паковочный.
- № 9. Льняные ткацкие отбросы и пряжа.
- № 10. Простой паковочный и мешечный тик. Обтирочное.

б) Более простое обыкновенное льняное.

- № 11. Луб или джут.
 № 12. Батист.
 № 13. Хорошие веревки, сети и несмоленный канат.
 № 14. Обыкновенные веревки, сети и смоленный канат.
 № 15. Светло-синее льняное.
 № 16. Чистое, крепкое синее льняное—поглубе.
 № 17. Темносинее льняное и чулки.
 № 18. Темносинее индигоцветное льняное.

II. Хлопчатобумажное:

- № 19. Тонкий белый батист.
 № 20. Ситец белый средний.
 № 21. " полубелый и серый.
 № 22. " светлый.
 № 23. " темный.
 № 24. " темно-синий } для мра-
 № 25. " ярко-красный } мора.

III. Отбросы:

- № 26. Полушерстяное тряпье.
 № 27. Масляное обтирочное тряпье.
 № 28. Пригодный отброс.
 № 29. Негодный отброс.
 № 30. Бумага и т. п.

Поставщики тряпья зачастую соединяют по несколько сортов из этой таблицы и в таком виде доставляют на фабрики для окончательной сортировки, вследствие чего, например, под наименованием „белое льняное“ продаются сорта №№ 1, 2 и 3, или под названием „пестрое хлопчатобумажное“—№№ 22 и 23¹⁾.

Во всяком случае для полумасного отдела весьма важно, чтобы переработке тряпья предшествовала хорошая предварительная сортировка, соответствующая цели того или иного производства. Тряпье в Германии доставляется на фабрику уже в дезинфицированном виде и запаковано в кипы. Для хранения запасов тряпья необходимы большие, хорошо закрытые и безопасные от огня складочные помещения. Хотя принято считать, что поставляющее тряпье сортировочное учреждение уже производило у себя грубую очистку тряпья отбиванием пыли в дрешере, все же на самой фабрике без этой работы нельзя обходиться, так как иначе при сортировке получилось бы слишком много сору.

На рис. 1 приведена общая схема современного производства тряпичной полумассы.

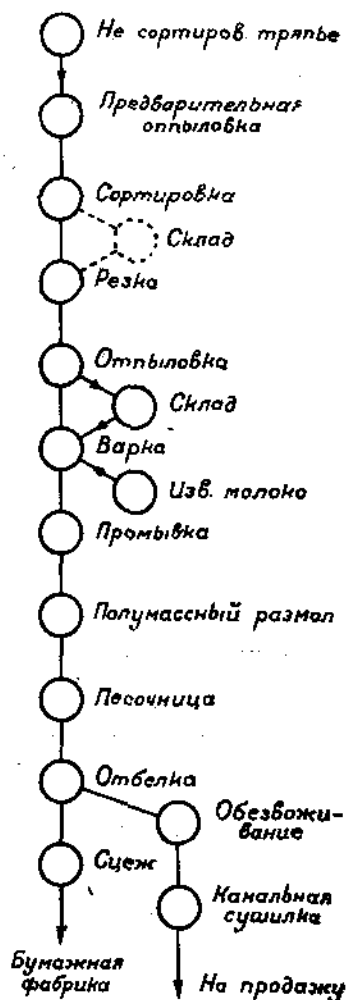


Рис. 1.

¹⁾ См. „Производство полуфабрикатов и бумаги“, т. II, ч. I, стр. 17.

А. Сухая очистка тряпья

1. Дрешер

Первой стадией в обработке тряпья по доставке его из склада является отбивание сора на дрешере. Уже в течение многих лет для этой цели служат аппараты, в которых зубчатые железные барабаны взбивают тряпье, для чего длинные зубья одного или нескольких барабанов проходят между зубьями, укрепленными на прочных и неподвижных планках.

Дрешер с одним зубчатым барабаном

Этот аппарат (рис. 2), сконструированный фирмой Г. Д. Браккер (G. D. Bracker), Ганау, представляет собой большую пыльную камеру длиной 2800 мм, шириной 1600 мм и высотой 2200 мм, которая состоит из чугунной рамы со съемным кожухом из листового железа. Внутри этой камеры вращается со скоростью ~ 140 об/мин. чугунный барабан с двумя

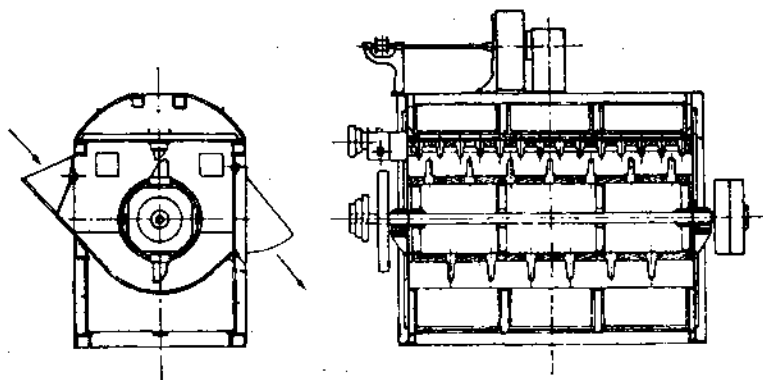


Рис. 2.

рядами крепких железных зубьев для выколачивания тряпья; размеры барабана—2450 мм по длине и 660 мм в диаметре. Над барабаном находится продырявленная крышка из листового железа с отверстием в 15 мм диаметром, к которой прикреплена чугунная рейка с рядом зубьев, в промежутках между которыми проходят зубья барабана.

Внизу барабан окружен концентрически выгнутым, грубо продырявленным днищем из листового железа с отверстиями в 15 мм, вследствие чего под барабаном получается пространство для собирания отбиваемой от тряпья пыли, из которого от времени до времени, через дверцы, удаляются волокнистая пыль и сор. Легкая пыль, образующаяся в барабанном пространстве, вытягивается вентилятором через отверстия верхней крышки и гонится через циклон в пыльную камеру. На каждой продольной стенке камеры дрешера устроены дверцы—загрузочная и разгрузочная,—автоматически открывающиеся и закрывающиеся от движения оси барабана. Время между открыванием и закрыванием дверец может быть устанавливаемо в зависимости от потребности, вследствие чего тряпье может оставаться в машине большее или меньшее время. В аппарат загружается ~ 10 кг тряпья, и тотчас же загрузочная дверца автоматически закрывается; через установленное время открывается выкидная дверца и выбрасывается очищенное тряпье.

Производительность дрешера такова:

При продолжительности выколачивания	Количество тряпья в кг/ч
в 23 сек.	~ 1500
" 38 "	~ 900
" 60 "	~ 600

Расход энергии ~ 6 л. с.

Центробежные отделители пыли {циклоны} изготавливаются ф. Шильде (Schilde), в Герсфельде, по рис. 3 следующих размеров:

Диаметр циклона в мм	Максимальное количество воздуха в м³/мин
1000	70
1200	115
1600	170
2000	270

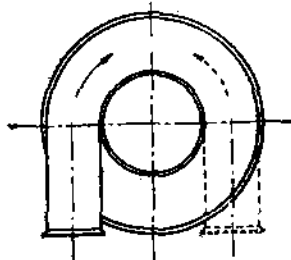
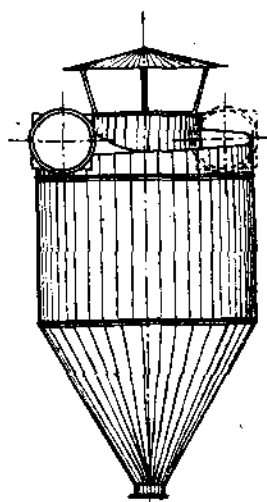


Рис. 3.

Дрешер с несколькими зубчатыми барабанами, работающими последовательно, друг за другом

Между длинными боковыми железными рамами (рис. 4) помещается — в зависимости от требуемой производительности — от 2 до 4 зубчатых чугунных барабанов диаметром 950 мм и длиной 1000 мм, вращающихся с различными скоростями: первый со скоростью $n = 100$ об/мин., второй со скоростью $n = 130$ об/мин., третий опять со скоростью $n = 100$ об/мин. и т. д. Барабаны закрыты кожухом из листового железа, с дверцами для чистки. Над каждым барабаном укреплена планка с чугунными зубьями, которые приходятся в промежутки между зубьями барабана, благодаря чему загруженное в аппарат тряпье сильно выколачивается. Над каждым барабаном и под ним находятся продырявленные крышки из листового железа с отверстиями в 15 мм. Зубья расположены по ширине барабанов попеременно в 3 и 4 ряда, а в каждом ряду по окружности барабана на равном расстоянии имеется по 4 зуба. Грубый сор проваливается через нижнюю решетку в яму, откуда он по мере надобности выбирается. Мелкая пыль через верхний продырявленный кожух отсасывается сильным вентилятором и проводится по трубам через циклон в пыльную камеру (рис. 5).

Тряпье подается помощью периодически движущейся ленты в 2 м длиной и при помощи подающих валиков в аппарат, другой конец которого в это время закрыт периодически открывающейся дверцей. По прошествии определенного времени, достаточного для отпыловки, выходная дверца автоматически открывается, и тряпье выбрасывается из аппарата. Собранный пыль находит применение в картонном производстве. Работа дрешера весьма производительна и интенсивна. Производительность его в зависимости от степени загрязненности тряпья может быть выражена следующими цифрами:

Величина	Число барабанов	кг/ч	Расход энергии в л. с. ¹⁾
I	2	300 — 500	5 — 8
II	3	500 — 800	8 — 11
III	4	800 — 1000	9 — 15

¹⁾ Вместе с вентилятором.

Потеря волокна в этом дрешере составляет в зависимости от сорта тряпья от 3 до 10%. Существует мнение, что железные зубья барабанов

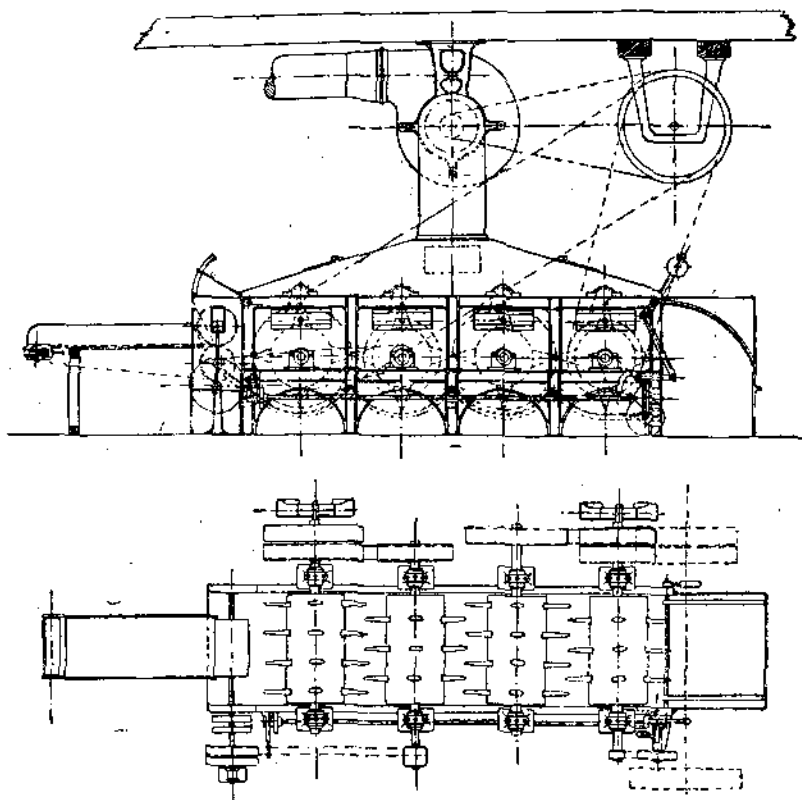


Рис. 4.

слишком сильно воздействуют на тряпье, увеличивая потерю волокна. Для избежания этого при менее загрязненном тряпье в настоящее время применяют — в отличие от описанной выше машины — деревянные отпыловоч-

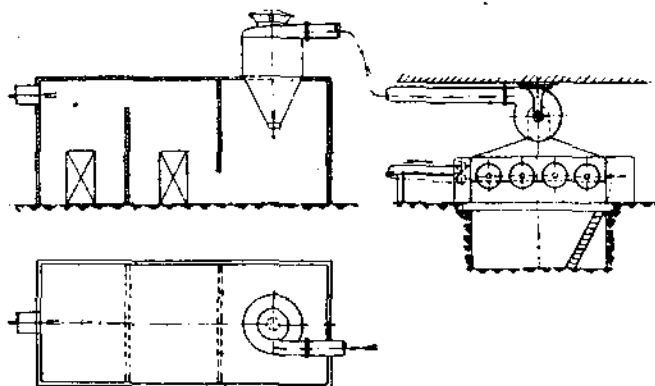


Рис. 5.

ные барабаны, в которых тряпье обрабатывается более осторожно и, несмотря на это, все же хорошо отпыливается.

2. Отпыловочные барабаны

Большой восьмиугольный деревянный барабан (рис. 6) диаметром от 3,5 до 4 м, боковая поверхность которого составлена из деревянных реек длиной в 1,8 м, вращается на крепком валу, делая 12 об/мин. Барабан имеет загрузочное отверстие с дверцей; внутри его укреплены рейки для разбрасывания тряпья; сам он включен в деревянный кожух, на верху которого помещается сильный вентилятор. Под барабаном устроено в фундаменте скошенное с боков углубление, в самой глубокой части которого помещен винтовой транспортер диаметром в 300 мм. Через отверстие в кожухе и загрузочную дверцу в барабан загружается от 180 до 200 кг тряпья, после чего дверцы закрываются, и аппарат приводится во вращение. Находящиеся внутри барабана выступающие внутрь рейки поднимают тряпье вверх, потом оно падает вниз, энергично перемешивается и перетирается (благодаря взаимному трению и трению о выступающие внутрь боковые рейки барабана). Вентилятор отсасывает мелкую пыль из кожуха

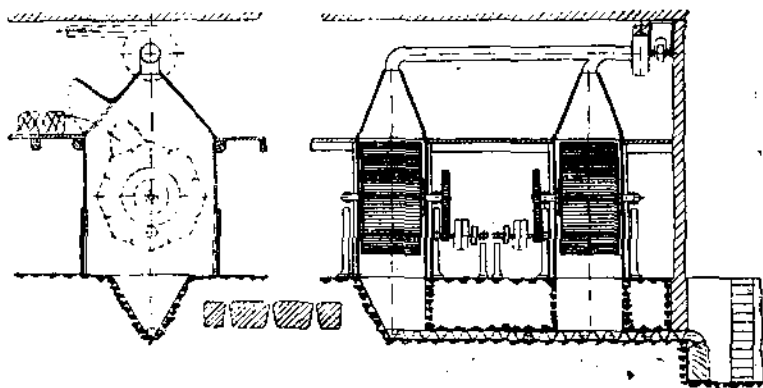


Рис. 6.

наверх и гонит ее через циклон в смежную пыльную камеру. Более тяжелая пыль с большим содержанием волокна проваливается вниз в углубление под барабаном и передается автоматически транспортером в привязанный к концу его мешок. Барабаны приводятся во вращение при помощи крепких зубчатых шестерен, а также рабочего и холостого шкивов; при помощи ручного стального тормоза устанавливается положение барабана для загрузки или выгрузки его. Рядом могут быть поставлены два или более барабанов (рис. 6). По истечении приблизительно получаса вращения барабана, в зависимости от сорта тряпья, отпыловка заканчивается, и через нижние дверцы производится опоражнивание барабана. Производительность каждого барабана составляет от 300 до 400 кг в 1 ч. при расходе энергии 4 л. с. Потери тряпья в этих барабанах не превышают 2—3%, так как тряпье в них не так страдает от перемешивания, а также от трения друг о друга и о деревянные рейки барабана, как в описанных выше дрешерах. В единичных случаях тряпье забрасывается в большой барабан прямо с полу, но гораздо практичнее грязное тряпье доставлять подъемной машиной (или иными средствами) в кипах, на площадку над барабаном, откуда производить загрузку и удобнее и быстрее. Общая потеря при сухой предварительной очистке тряпья, в зависимости от сорта и качества его, достигает 3—10%, т.е. выход после дрешера — $\eta_D = 0,90$ до 0,97 от количества поступающего в дрешер грязного тряпья.

Б. Сортировка тряпья

Незадолго до мировой войны некоторые поставщики начали производить у себя (для известной категории покупателей) сортировку тряпья; сортировка производилась таким образом, что бумажные фабрики могли получать тряпье уже предварительно очищенное и рассортированное, согласно специальным их предписаниям. Такое предварительно рассортированное тряпье носит название „готового к резке“, так как перед варкой оно подвергается лишь резке и отпыловке; в этом случае имеют место, разумеется,

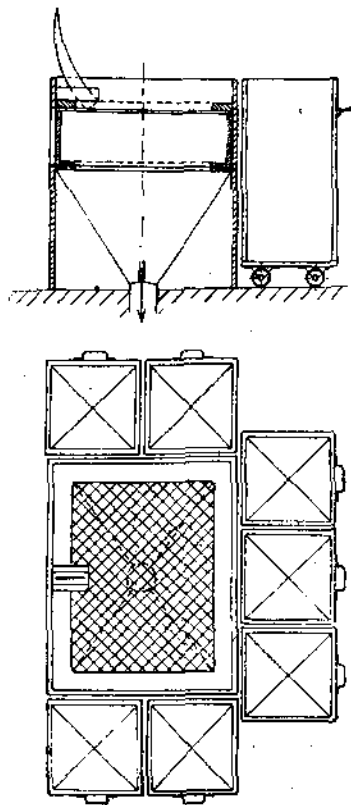


Рис. 7.

лишь потери от резки и отпыловки. Там, где имеется возможность приобретать такое тряпье, — если только оно не очень дорого, — отпадает необходимость в установке дрешера и в устройстве сортировочного помещения; приобретенное и готовое к резке тряпье можно сейчас же передавать на тряпкорубки, отпылители и на варку. Фабрики, изготавливающие высшие сорта тряпичных бумаг, так называемые, бессуррогатные бумаги, т.е. бумаги из чистого тряпья (без всякой примеси), такого порядка работ не придерживаются; они закупают несортированное тряпье и проводят у себя как дрешерную очистку, так и сортировку. Бумажные фабрики получают от поставщиков тряпье и без того уже известным образом предварительно рассортированное, т.е. в поставляемом товаре преобладает предписанное данной фабрикой тряпье, например: белое льняное, серое льняное, светлый ситец, темный ситец, веревки и сети и т. д. Каждый из этих сортов поставляемого тряпья разбивается при последующей сортировке на фабрике еще на 5 или 6 сортов (например: льняное, ситец, шерсть, брак: железо, бумага и т. д.).

Несмотря на то, что в сортировочном отделении нет машинных установок, кроме отпылителей, сортировочных столов и вентиляции, все же необходимо дать несколько хотя бы самых общих сведений относительно работы в нем.

Пропущенное через дрешер и отпыленное тряпье раздается сортировщицам. Перед каждой сортировщицей стоит похожий на ящик сортировочный стол размером $\sim 80 \times 100$ см, покрытый грубой сеткой с отверстиями в 8—10 мм, на котором раскидана часть сортируемого тряпья (рис. 7). Под сеткой стола имеются выдвижные ящики для пыли. Сбоку и вокруг стола помещаются — в соответствии и в зависимости от рода тряпья — до 7 пустых ящиков или корзин, иногда на роликах и гладких изнутри, в которые бросаются отсортированные сорта тряпья. На столе прямо перед работницей укреплен короткий, крепкий, косообразный нож, длиной ~ 35 см, лезвие которого отвернуто от сортировщицы. Для быстрого снятия и обратной установки на случай отточки, нож укрепляется в столе при помощи деревянных клиньев или чего-либо подобного. На этой косе сортировщица распарывает лоскутки тряпья по швам и удаляет пуговицы, металлические части и т. д. При некотором навыке и в зависимости от сорта тряпья,

сортировщица дает в 1 ч. до 10 кг сортированного тряпья. При тонких сортах производительность соответственно уменьшается. Работу обыкновенных сортировщиц проверяют особые опытные сортировщицы, для чего они на столах (до 2 м длиной) просматривают тряпье. На 10—15 сортировщиц приходится одна контрольная сортировщица.

Для ограждения здоровья работающих, сортировочные столы обязательно должны быть снабжены хорошо действующей, т.е. регулируемой, вентиляцией и устройством для отсасывания пыли. Потери при сортировке в зависимости от сорта тряпья колеблются от 4 до 10% или, другими словами, выход при сортировке $\eta_s = 0,9$ до 0,96 от количества пропущенного через дрешер несортированного тряпья.

На фабриках изготовляющих высшие сорта бумаги, существуют два способа дальнейшей обработки тряпья:

1) или строят большое количество отдельных запасных закромов с точными надписями для различных сортов сортированного тряпья и берут из этих запасов необходимые в каждом случае для производства сорта для резки и варки и т. д., или же

2) режут и отпыливают все сортированное тряпье и предусматривают для него соответствующие хранилища.

В. Резка тряпья

Отсортированное тряпье для дальнейшей обработки должно быть соответствующим образом измельчено; лучшие сорта, идущие в сравнительно небольших количествах, измельчаются иногда уже сортировщицами на столах; для этой цели они пользуются прикрепленными к столам ножами и разрезают тряпье вручную, с наименьшей потерей волокна. При большом количестве среднего и низшего тряпья ручная резка была бы неэкономична, и тряпье принято измельчать или разрезать на тряпкорубках.

Имеются следующие системы этих машин:

1) тряпкорубки барабанной системы, у которых на вращающемся барабане установлено 2—3 ножа, которыми тряпье как бы отрубается;

2) тряпкорубки с движущимися вверх и вниз ножами, так называемые гильотинные тряпкорубки, по имени изобретателя называемые также донкинскими;двигающиеся вверх и вниз ножи разрубают тряпье;

3) тряпкорубки с круглыми ножами, называемые по имени изобретателя Питцлера (Pitzler) в Дюрене питцлеровскими; тряпье разрезается круглыми зазубренными ножами, насаженными на 2 вала, подобно тому как режется бумага в продольной резке на бумагоделательной машине.

1. Тряпкорубка барабанной системы

На вращающемся прочном барабане, диаметром 350 мм и длиной от 300 до 400 мм, по окружности укреплены 2 поставленных косо стальных ножа [рис. 8—фирмы С. Иоахим и сын (C. Joachim & Sohn) в Швейнфурте]. Эти ножи проходят мимо неподвижного ножа, прочно привинченного к балке. На стальной оси барабана с ножами, вращающейся в трех подшипниках, помещается тяжелый маховик и рабочий и холостой шкивы. Тряпье к машине подается вращающимся рифленным валиком, имеющим, благодаря скользящим в пазах подшипникам, движение в вертикальном направлении и регулируемым рычагом с грузом (рис. 8). Подающему валику при посредстве ступенчатого шкива можно придавать различное число оборотов, и соответственно этому тряпье может разрезаться движущимся с постоянной скоростью режущим аппаратом на лоскутки различной длины. При работе барабанная тряпкорубка дает много пыли, ко-

торую необходимо удалять эксгаустером; кроме того, в ней тряпье настолько сильно рубится, что увеличиваются потери в волокне. Для грубых сортов тряпья, например канатов и веревок, эта тряпкорубка более пригодна, чем для лучшего тряпья. Кроме того, при однократном пропуске на этой машине получаются куски неравномерной длины, благодаря чему при повышенных требованиях тряпье приходится пропускать еще раз — вторично — через машину.

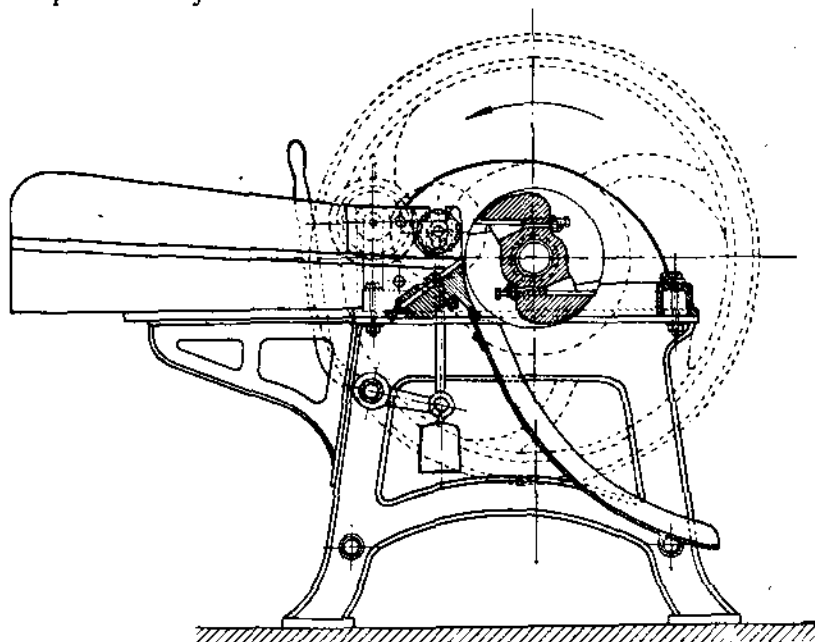


Рис. 8.

Описанная тряпкорубка при длине ножа в 270 мм дает от 450 кг тряпья в час и требует от 3 до 5 л. с. при длине ножа в 370 мм — 650 — 750 кг в 1 час при расходе от 4 до 6 л. с.

2. Тряпкорубка с движущимися вверх и вниз ножами

Еще много лет тому назад английская фирма Донкина разработала конструкцию таких тряпкорубок. Процесс резки в них должен был производиться с возможно меньшей потерей волокна и наименьшим образованием пыли; вместе с тем было желательно, чтобы тряпье разрезалось на довольно мелкие доскутки уже при однократном пропуске через машину. Этим требованиям и отвечает донкинская, или гильотинная, тряпкорубка (рис. 9 — фирмы Браккер в Ганау), так как она своими острыми ножами начисто пробивает тряпье. Прочная рама, подобно крейцкофу, помощью кривошипа и шатунов движется вверх и вниз. В раме укреплен нож длиной от 200 до 300 мм, а перпендикулярно к его плоскости — от 3 до 5 малых ножей, шириною ~60 мм. Эти ножи в своем нижнем положении садятся на свинцовую или твердую деревянную площадку, по которой подающим приспособлением тряпье выдвигается из подводящего канала. Большой нож, стоящий поперек канала, отделяет от тряпья, соответственно установленной длине подачи, полосу, которую малые ножи в то же время разделяют на части; длина подачи устанавливается по желанию — от 25 до 50 мм (рис. 10). После подъема рамы тряпье

подается машиной дальше. Если ножи остры, то разрез тряпья ровный, без бахромы, благодаря чему потеря волокна сводится к минимуму. Благодаря тому, что рама совершает движение то вверх, то вниз (попеременно),

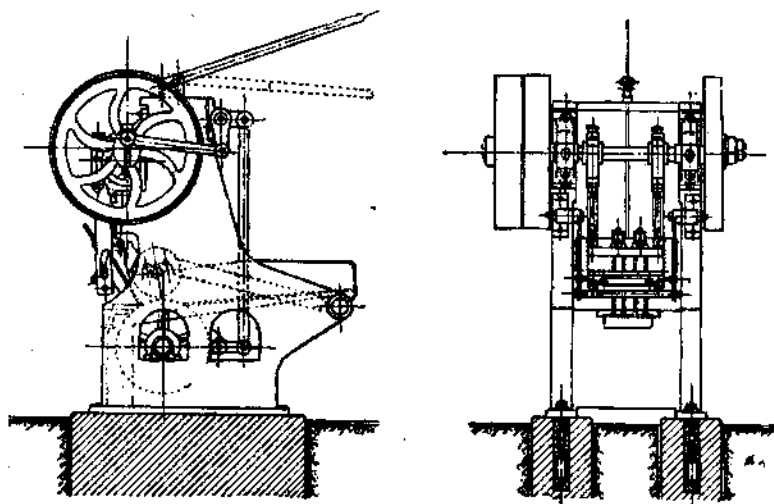


Рис. 9.

машина подвергается сильным ударам и потому требует очень прочной конструкции. Очень важно, чтобы канал, подводящий тряпье к ножам, был хорошо огражден для устранения возможности попадания рабочего рукой под ножи машины. Ножи могут устанавливаться выше и ниже, в соответствии с изношенностью свинцовой подкладки или самих ножей. Подача тряпья производится посредством бесконечного ремня, при чем

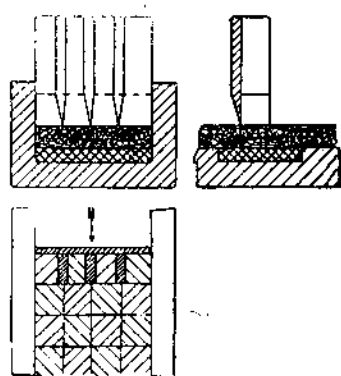


Рис. 10.

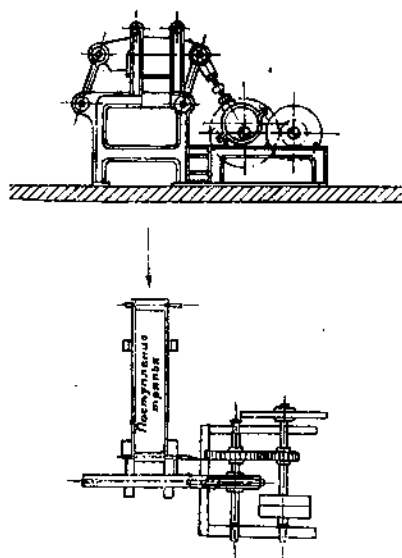


Рис. 11.

передача движения его совершается при помощи собачки, вследствие чего движение ремня идет толчками и прекращается во время разреза тряпья. Длина подачи может изменяться. На главном приводе имеются рабочий и холостой шкивы, при чем рабочий шкив вместе с тем служит и маховиком. Число оборотов приводного вала, а следовательно и число

разрезов, доходит до 60—80 в минуту. Производительность машины при 200 мм ширины загрузочного канала и трех продольных ножах—250—300 кг тряпья в 1 ч.; расход энергии—3 л. с.; при 240 мм ширины загрузочного канала и четырех продольных ножах—400 кг тряпья в 1 ч., а расход энергии—5 л. с. и, наконец, при 300 мм ширины загрузочного канала и пяти продольных ножах—500—600 кг тряпья в 1 ч. и от 7 до 9 л. с.

Для резки особо толстых канатов, крупного тряпья и т. п. фирма В. Питцлер (W. Pitzler), в Биркесдорфе около Дюрена, строит особые, очень целесообразно сконструированные, машины (рис. 11); после них тряпье передается на нормальные тряпкорубки. Нож этой машины получает наклонно направленное движение и производит спокойный, абсолютно гладкий разрез толстых канатов. Для подачи тряпья и канатов к машине прикрепляется длинный стол; привод машины посредством прочной шестеренной передачи с маховиком. Производительность—60 разрезов в минуту.

3. Тряпкорубки с круглыми ножами

Такие тряпкорубки уже строились в Америке, примерно, около 1890 г., но в несколько ином виде, чем описанная здесь. Фирма Питцлер переконструировала тряпкорубку с круглыми ножами, и этот тип машины

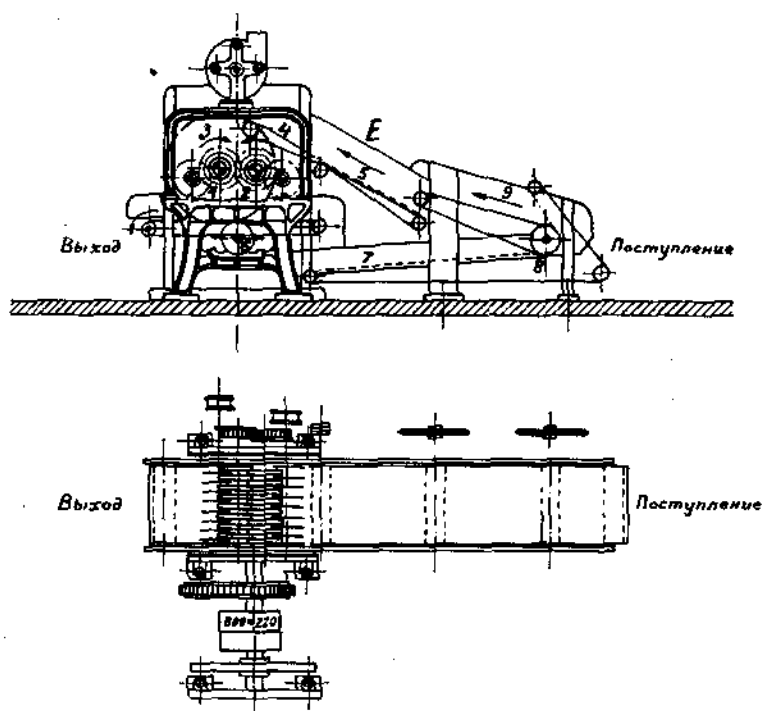


Рис. 12.

известен под названием питцлеровской тряпкорезки. Принцип аппарата ясен из рис. 12. Находящиеся на двух осях 1 и 2 круглые ножи 3 и 4 разрезают положенное у *E* на подающее полотно 5 тряпье на полоски, которые после этого сваливаются на проходящее под резательным аппаратом транспортное полотно 6. Помощью переводной передачи полотно 6 можно

сообщать движение вправо или влево. В последнем случае однократно разрезанное тряпье выходит из резки и передается далее, на загрузочное полотно стоящего рядом отпылителя. Но так как тряпье при однократном пропуске через круглые ножи получается в виде более или менее длинных полосок, слишком крупных для дальнейшей обработки, то транспортеру 6 придать движение вправо, и тряпье падает затем на следующее полотно 7; последнее обхватывает у валика 8 другое полотно 9 и таким образом полотнами 7 и 9 тряпье передается опять на первое полотно 5 и снова подводится к круглым ножам. Разрезанное на полоски тряпье перед вторичной резкой переворачивается, т.-е. располагается по возможности перпендикулярно ножам. Тряпье можно пропускать через круглые ножи два, три и более раз. За небольшими исключениями, тряпье разрезается при трехкратном пропуске достаточно мелко. Канаты и веревки разрубаются сначала на описанной выше канаторубке (на куски от 300 до 500 мм длиной), затем раскручиваются и только после этого передаются на эту тряпкорезку.

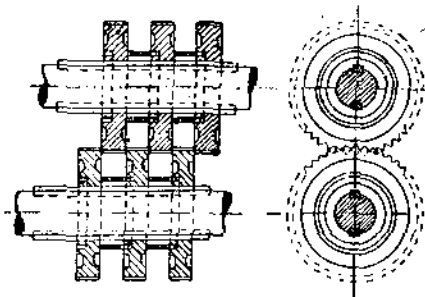


Рис. 13.

В зависимости от величины машины, ножи, изготовленные из самой твердой стали имеют в диаметре от 280 до 330 мм и от 40 до 50 мм в ширину; на окружности они зазубрены (рис. 13) для лучшего захватывания тряпья при резке. Узкие шайбы с зубьями вращаются между ножами и захватывают тряпье, не давая ему забиваться между ножами. Над режущим аппаратом установлен колпак из листового железа с вентилятором для отсасывания образующейся при резке пыли и направления ее в пыльную камеру. Число оборотов вала круглых ножей достигает 50—60 в минуту. Производительность и расход силы при разных величинах машины следующие:

Рабочая ширина в мм	кг тряпья в 1 час	Расход силы в л. с.
300	300	5
400	500	6
600	1 000	7—8
800	1 600/2 000	10—12

Этот аппарат пригоден также и для резки бумажного брака.

Тряпкорубка с круглыми ножами и автоматической двукратной резкой тряпья

На двух осях режущего аппарата (рис. 14) насажены ряды соприкасающихся зубчатых круглых ножей, разделенных стенкой на два отделения, т.-е. на два резательных аппарата. Тряпье кладется на подающее полотно 1 первой режущей партии ножей I, которой оно разрезается на полоски и затем направляется через наклонную стенку W на лежащее ниже полотно 2. Это полотно 2 обхватывает вертикально поднимающееся полотно 3, заканчивающееся над режущим аппаратом II, вследствие чего предварительно разрезанное тряпье автоматически передается полотнами 2 и 3 в режущую группу II. Зубчатые колеса между ножами препятствуют тряпью закручиваться около валов ножей и забивать машину.

После двукратной резки тряпья оно передается полотном 4 к отпылителю. Вентилятор, установленный над машиной, служит для удаления пыли. Машина эта является конструкцией машиностроительного завода упомянутой фирмы В. Питцлер.

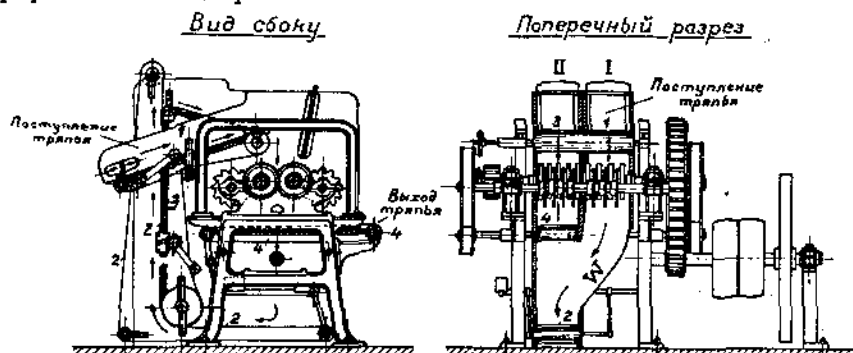


Рис. 14.

Г. Отпыловка тряпья

Хотя дрешер основательно очищает нерезанное тряпье, все же в ткани тряпичных лоскутов еще остается достаточно грязи, сильно разрыхленной в процессе резки; в виду этого продолжают дальнейшую сухую очистку резаного тряпья, обрабатывая его в особых очистных машинах, называемых отпылителями; в них измельченные лоскуточки тряпья лишь слегка выкачиваются, чтобы свести таким образом до минимума потерю волокна.

1. Отпылитель с сетчатым барабаном

Отпыловка тряпья сетчатым барабаном уже давно получила широкое распространение. Барабаны из продырявленного листового железа применялись большей частью цилиндрические, диаметром от 1,0 до 1,2 м и от

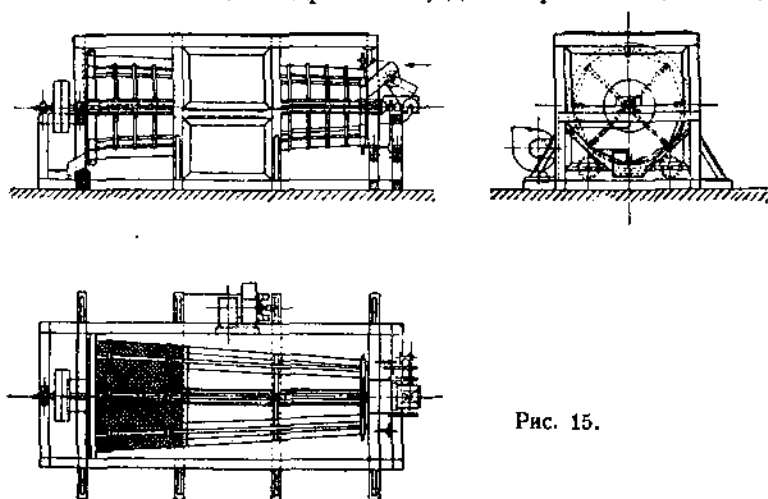


Рис. 15.

3,5 до 4,5 м в длину; располагались они наклонно, и скорость вращения их составляла около 30 об/мин.; тряпье при этом поступало в поднятую часть барабана и выходило очищенным из расположенного ниже конца. Внутри барабана находился вал со штифтами для увеличения производи-

тельности барабана, или же цилиндр снабжался внутри только угольниками для захвата тряпья. Такой аппарат требовал 2—3 л. с. и отпыливал 400 кг тряпья в 1 ч. Подобный аппарат (рис. 15) строится машиностроительным заводом Браккер в Ганау с коническим отпыловочным барабаном диаметром в 1250—1750 мм и длиной в 4350 мм. Барабан расположен в деревянном закрытом со всех сторон ящике с отверстиями: для поступающего тряпья—в узком конце и для выходящего—в широком конце. Он обтянут толстой проволочной сеткой и имеет внутри рейки для подымания тряпья вверх; вращается он со скоростью 15—20 об/мин. Внутри барабана в направлении противоположном его вращению вращается вал с крепкими билами, делая 60 об/мин. Приводной шкив насажен на этот вал с билами и от него уже получают движение сеточный барабан и эксгаустер, отсасывающий пыль от машины. Такой аппарат отпыливает тряпье очень осторожно и дает минимальную потерю волокна. Производительность аппарата—приблизительно 600 кг тряпья в час при расходе силы 5 л. с. в час.

2. Отпылитель с барабанами, снабженными билами

Чаще всего для отпыловки резаного тряпья применяется так называемый железнодорожный отпылитель (рис. 16), устанавливаемый непосредственно за тряпкорезкой. Подающее полотно принимает от тряпкорезки резаное тряпье и передает его непрерывным потоком к барабанам с билами. Железнодорожный отпылитель состоит из 4—8 лежащих друг за другом и вращающихся валов с билами, которые, как у дрешера, работают между верхним и нижним продырявленными днащами из листового железа, с отверстиями диаметром в 8 мм.

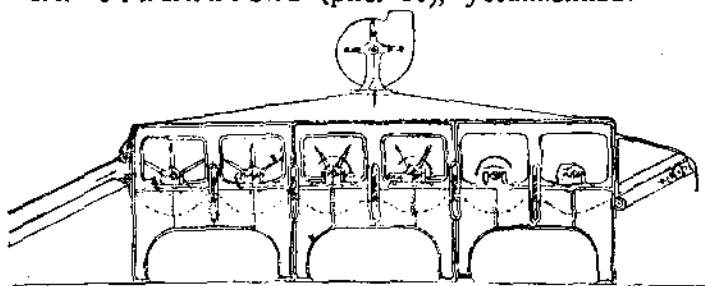


Рис. 16.

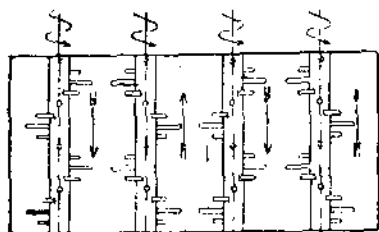


Рис. 17.

Била валов тонкие, цилиндрической формы, и не входят в промежутки бил соседних валов, как у дрешера, так как барабаны находятся на большем расстоянии друг от друга. Била расположены на барабанах по спирали, — на расстоянии 70 мм одно от другого, при чем спирали двух соседних барабанов (рис. 17) имеют противоположное направление, чтобы тряпье при продольном движении получало также и боковое пере-

движение. Смотря по требованию и в целях получения желаемой степени очистки и производительности, устанавливается один за другим до 8 таких барабанов с билами диаметром до 600 мм при рабочей ширине от 600 до 1000 мм. Барабаны делают 200—215 об/мин. Здесь также необходима установка хорошего вентилятора. Так как при отпыловке отделяется сравнительно мало сора, то нет надобности в устройстве под отпылителем большой ямы. Эксгаустер гонит, как и в дрешере, пыль через циклон, в пыльную камеру. Увеличением числа барабанов достигается более интенсивная очистка, которая может быть еще увеличена передвижением в вертикальном направлении заслонок 1 (рис. 16), чем достигается более или

менее долгое пребывание тряпья в аппарате. В тех случаях, когда требуется особенно большая производительность, барабаны делаются большой ширины. Аппарат работает непрерывно, и при выходе из него тряпье готово для дальнейшей обработки, т.е. „готово к варке“. Для удовлетворительной очистки отпылитель должен иметь минимум 6 барабанов.

В таблице, помещаемой ниже, наглядно представлена производительность и размеры различных аппаратов.

Число барабанов	Ширина барабана в мм	Прибл. производ. в кг/ч.	Расход силы в л. с.
4	600	700	2
6	600	800	2,5
6	1 000	1 000	3,0
8	600	900	4,0
8	1 000	1 300	5,0

Потери при резке и отпыловке достигают от 5 до 7 %, смотря по роду тряпья, т.е. выход при резке и отпыловке $\eta = 0,93$ до 0,95 от количества сортированного тряпья.

Д. Варка тряпья

За исключением тряпья, идущего для некоторых сортов упаковочных, простейших оберточных бумаг, для толевого картона и т. п., резаное и отпыленное тряпье подвергается процессу варки, большей частью в шаровых котлах, при давлении пара в 3,5—4 атм. Варка не преследует цели разложить ткани тряпья на отдельные волокна, но лишь предварительно разрушить их окраску, уничтожить шерстяные волокна, подвергнуть жирные вещества такому превращению — обмыливанию, — чтобы они при следующем процессе промывки легко удалялись. Все перечисленные работы можно совершать, применяя при процессе варки химические реагенты и температуру $\sim 145^\circ \text{C}$ ¹⁾.

На практике применяются:

1) Растворы соды (Na_2CO_3), а зачастую и растворы едкого натра (NaOH).

2) Известковое молоко, т.е. едкая известь (CaO), гашенная и обращенная водой в Ca(OH)_2 .

3) Растворы едкого натра вместе с известковым молоком.

Едкий натр и сода применяются, главным образом, для разрушения прочных красок, шерсти и волоса, на которые едкая известь не действует; сода не должна применяться вместе с известковым молоком, так как в этом случае образуется углекислая известь; прибавление NaOH должно производиться осторожно, так как NaOH сильно ослабляет волокно. Варка производится с раствором соды (~ 3 —4% кальцинированной соды от веса тряпья) или с 2—3% едкого натра, смотря по сорту тряпья, а также и с 10—20% едкой извести, в зависимости от качества тряпья. На одной из фабрик поступают, например, следующим образом:

Варочный щелок содержит 1,5—1,8% едкого натра в виде 10-процентного раствора и кроме того:

а) при белом тряпье, льняном и хлопчатобумажном прибавляется $\sim 10\%$ извести в виде 4-процентного раствора;

б) при цветном тряпье (льняном и хлопчатобумажном) $\sim 20\%$ извести в виде 12,5-процентного раствора;

в) при сером льняном $\sim 20\%$ извести в виде 12,5-процентного раствора.

¹⁾ В дальнейшем температура везде дается в градусах Цельсия.

Количество и род химикалий, давление пара и продолжительность варки изменяются в зависимости от качеств перерабатываемого тряпья. В среднем считается достаточным 1—2% едкого натра и 10% едкой извести для белого тряпья и 1—2% едкого натра с 15—18% едкой извести для серого льняного. Едкий натр, как и едкая известь, применяются в виде 10-процентных растворов. В шаровой котел диаметром ~2700 мм и полезной емкостью ~10000 л загружают ~1500 кг тряпья (серое льняное) и (в среднем) в виде варочного щелока:

- 1) 22 кг NaOH в растворе ~ 220 л
- 2) 250 „ CaO „ „ „ 2500 „

Всего раствора ~ 2720 л

Это соответствует примерно 1,8 и максимально 2 л на 1 кг тряпья. Время варки в котле при 3,5 атм:

- 1) для белого льняного и ситцевого тряпья ок. 6 часов
- 2) „ цветного ситца 8 „
- 3) „ серого и пестрого льняного 12 „

Так как на процессы загрузки и выгрузки идет примерно по 1½ часа, то общее время варки:

- 1) ~ 9 час.
- 2) ~ 11 „
- 3) ~ 15 „

Если в котле же должна совершаться и промывка, требующая ~ 2 час., то для каждого случая время оборота котла соответственно увеличивается, и таким образом время оборота котла складывается из следующих компонентов (в часах):

Случаи	Загрузка	Варка	Промывка	Выгрузка	Всего
1	1,5	6	2	1,5	11
2	1,5	8	2	1,5	13
3	1,5	12	2	1,5	17

Давление пара при этом принято в 3,5 до 4 атм. изб. Варка ведется большей частью таким образом, что давление доводится до 3,5 атм. изб. в течение часа от начала варки и затем сохраняется постоянным во все время варки.

Приготовление известкового молока

Хорошая жженая известь хранится обычно вблизи варочной, в сухом складочном помещении. Само приготовление известкового молока целесообразно производить в том же помещении, откуда загружаются котлы, т.-е. в щелочной, для чего известь гасится в неглубокой ванне, затем разбавляется водой в мешальном чану и хорошо перемешивается. Полученное таким образом известковое молоко перепускается через небольшую песочницу и далее через мелкие сита — примерно № 70 — или же через промывной барабан с мелкой сетчатой рубашкой, благодаря чему раствор освобождается от нерастворившихся частиц извести. Растворы соды точно так же должны (до вливания в котел) очищаться при помощи мелких сит. В щелочной всегда хранится сравнительно большой запас названных варочных щелоков в соответствующих чанах, от которых проведен трубопровод к загрузочным отверстиям варочных котлов.

1. Котлы

В качестве варочных котлов применяются:

- 1) шаровые варочные котлы;
- 2) горизонтальные цилиндрические котлы.

Чаще всего применяются шаровые котлы, так как они более, чем цилиндрические, отвечают всем требованиям относительно прочности, экономии материала и занимаемого места, а также и в отношении сбережения тепла, благодаря относительно малым потерям через лучеиспускание.

Шаровой котел

Шаровой котел (рис. 18), предназначенный для варки тряпья, изготовляется из котельного железа, диаметром от 2200 до 3000 мм по большей части для рабочего давления в 6 атм. изб. и испытывается на 11 атм. изб. При мелких размерах достаточен один ряд заклепок; для котлов же выше 2700 мм в диаметре необходимы двухрядные швы.

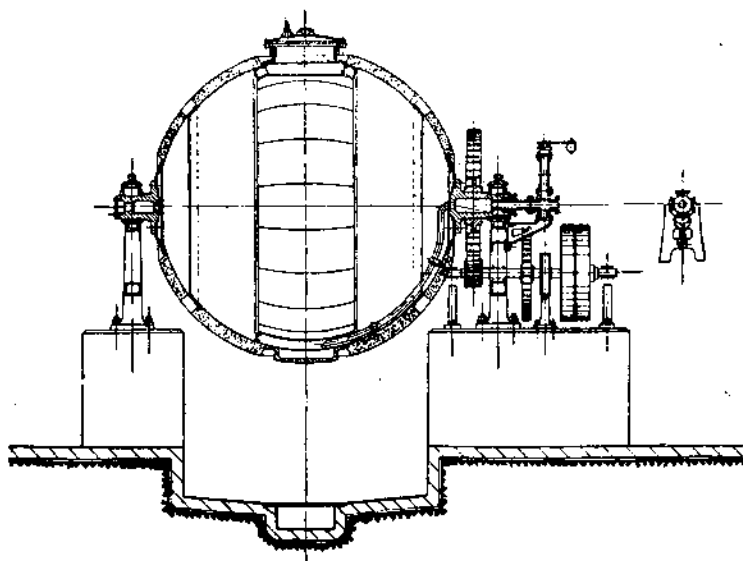


Рис. 18.

Расчет прочности стенок котла в Германии производится по общим административным постановлениям, касающимся устройства котлов для сельскохозяйственной промышленности—лист № 2 государственных узаконений, изданный в Берлине 9 января 1909 г.

Введем обозначения:

- s — толщина котельного железа в мм,
- p — наибольшее рабочее давление в атм. изб.,
- r — внутренний радиус шара в мм,
- k — допустимая нагрузка в $\text{кг/мм}^2 = 6,5 \text{ кг/мм}^2$ для железа.

Пример. Для шарового котла диаметром в 3000 мм при 6 атм. рабочего давления и двухрядном шве имеем:

$$s = \frac{p \cdot r}{200 \cdot k \cdot 0,7} + 2 = \frac{6 \cdot 1500}{200 \cdot 6,5 \cdot 0,7} + 2 = 12 \text{ мм.}$$

Опасность образования ржавчины заставляет увеличивать расчетные данные по крайней мере на 10%, так что фактическая толщина стенок s будет колебаться от 13 до 14 мм.

Чугунные цапфы и лазы недопустимы; полые цапфы изготавливаются из литой стали, лазы почти исключительно из ковкого железа. Диаметр лаза—550—650 мм в свету. Крышки лазов имеют выгнутую форму и на них заклепками укрепляется прочная скоба для поднимания их. Большое внимание необходимо уделять устройству плотного затвора крышек и болтовых креплений. Так как крышки после каждой варки снимаются, то очень важно иметь такое устройство затвора, при котором можно было бы пользоваться кольцами для уплотнения продолжительное время.

Хорошо испытанное уплотнение было введено автором, для сравнительно большого количества котлов (рис. 19). Во фланце крышечного кольца выбран прочный кольцевой паз, имеющий внизу коническое расширение. В этот паз кладут набивку, состоящую из асбестового кольца с металлическими прокладками, которое, вследствие давления крышки, так сильно впрессовывается в конически расширенный паз, что после снятия крышки

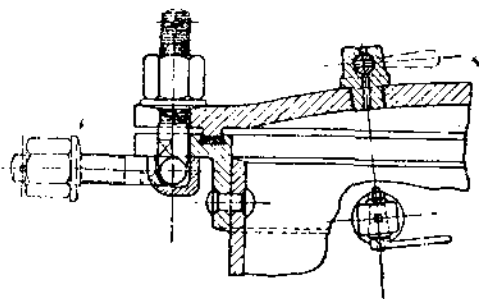


Рис. 19.

не выпадает и служит несколько недель. Болты крышек изготавливаются в виде прочных откидных болтов, и целесообразно — с ленточной резьбой; необходимо предотвратить их скольжение вбок. Прочный и надежный способ установки болтов дан на рис. 19; этот способ отличается тем, что имеются выгнутые подкладочные шайбы и соответствующие им шарообразные углубления, выбранные на закраине крышки.

После варки всегда может случиться, что внутри котла еще будет давление даже тогда, когда пар, как полагается, уже выпущен через выпускной кран (увлекаемые частицы тряпья могут засорить этот кран). Если в этом случае крышка котла все же будет открываться, то остаточным давлением ее может подбросить вверх и ударить рабочего, а вырывающийся пар может во всяком случае ошпарить его. Для предотвращения этой возможности автор снабжал крышки котлов короткими прочными кранами (рис. 19) с диаметром проходного отверстия в 10—12 мм в свету. Этот кран открывается перед снятием крышки и прочищается проволокой, и таким образом удаляется весь остаток пара. Прочные цапфы котла покоятся в solidных металлических подшипниках на высоких стойках.

Так как котлы вращаются сравнительно медленно, делая $\frac{1}{2}$ —1 об/мин., то, как правило, применяется двойная шестеренная передача или, реже, большие червячные передачи, и весь привод дополняется рабочим и холостым шкивами. Необходимо наличие прочного ленточного тормоза на первом передаточном валу, чтобы затормозить котел при остановке, т. е. когда необходимо быстро и точно поставить лаз котла или под загрузочное отверстие в потолок, или над сточной ямой.

Шайба тормоза имеет в диаметре 500 мм, а ширина стальной ленты достигает 45—50 мм. Торможение производится удобнее всего двойной рычажной тягой. Через одну из полых цапф котла при помощи пропущенной через сальник трубы вводится в котел пар, щелочь и вода (рис. 18). Конец этой трубы целесообразно помещать под сеткой внутри котла, чтобы

она при выпуске пара не засорялась. Посредством тройников к этой трубе присоединены снаружи: паровпускной кран с обратным клапаном, имеющим в диаметре ~ 50 мм, кран для впуска воды диаметром ~ 50 мм, кран для впуска щелочи и выдувки пара диаметром ~ 50 мм, предохранительный клапан и манометр. Кроме того, нормально в самом котле поставлены в местах, противоположных лазам, 2 крана для спуска щелоков или так называемые моечные краны диаметром ~ 60 мм, за которыми внутри котла помещаются замыкающие их сетки.

Для энергичной промывки эти спускные краны часто слишком малы, вследствие чего полезно поставить внутри котла так называемую поясную сетку с отверстиями размером ~ 4 мм; благодаря им тряпье после варки можно подвергать основательной промывке.

Поясная сетка имеет в ширину ~ 1000 мм и проходит внутри котла, начиная от лаза по всей окружности котла на расстоянии ~ 60 мм от стенки котла. Этот сетчатый кожух устанавливается на винтах и периодически снимается для чистки, так как он покрывается известковыми осадками и засоряется.

Необходимо обратить внимание на наружную изоляцию котлов, так как потери пара, вследствие излучения теплоты, получаются сравнительно большие (см. далее теоретический расчет расхода пара на варку). Для этой цели наносят на поверхность котла слой кизельгура толщиной ~ 30 мм, защищают его сеточной тканью, сверх которой накладывают пропитанные жидким стеклом бандажи из бумажной материи и, наконец, все это покрывают жидким стеклом. Применяются и другие изоляционные материалы, например, пробковые плиты и т. п.; однако, они все должны быть съемными, так

как котел для испытания должен быть открыт; изоляцией служат, наконец, и защитные кожухи из тонкого железа, отстоящие от поверхности котла, примерно, на 80 мм, при чем промежуток между ними и котлом заполняется какой-либо изолирующей массой.

В помещаемой ниже таблице приведены главнейшие размеры и основные показатели обычных конструкций шаровых тряпковарочных котлов.

Размеры и данные для тряпковарочных шаровых котлов

Диаметр котла в свету мм	2 200	2 400	2 700	3 000
Толщина стенок (8 атм.) в мм	10	12	13	14
Емкость л	5 400	7 000	10 000	13 700
Загрузка тряпья кг	800/850	1 050/1 100	1 500/1 600	2 050/2 200
Загрузка щелочи (приблиз.) л	1 600/1 700	2 000/2 200	3 000/3 200	4 000/4 400
Число оборотов котла в мин.	$\frac{3}{4}$ —1	$\frac{3}{6}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{2}$
Расход силы, л. с.	1,0	1,25	1,5	2,0

Загрузка на 1 м³ емкости котла составляет по этим данным от 150 до 160 кг мелко нарезанного тряпья—в зависимости от того, загружается ли тяжелое льняное или более легкое ситцевое тряпье.

Работа котла протекает таким образом, что из помещения над котлами или из так называемой щелочной загружают в котел через воронку ре-

заное и очищенное тряпье (рис. 20) и одновременно с этим приливают через лаз определенное количество известкового молока или содового раствора. Затем котел закрывается и варят паром — в зависимости от сорта тряпья — при давлении от $3\frac{1}{2}$ до $4\frac{1}{2}$ атм. в течение 6—12 ч. По окончании варки пар выпускают (им увлекается и часть щелока), а остаток щелока стекает через один из промывных кранов.

Промывка тряпья в котле

Хорошая промывка тряпья в котле горячей водой весьма целесообразна и поэтому внутри котла устанавливается описанное выше приспособление для промывки (сетчатый пояс); необходимо также предусматривать в отделах производства тряпичной полумассы установку аппаратуры для получения горячей воды. После промывки вареное тряпье выгружается через открытый лаз котла; поэтому под котлом должно быть достаточное помещение, в котором оставляется тряпье для стекания с него лишней воды и до передачи его в дальнейшую обработку. Пол этого помещения сделан с уклоном. Сточная вода стекает по каналу, покрытому во избежание потери волокна решеткой или сеткой. Потери волокна при варке составляют — смотря по сорту тряпья — от 8 до 11%, т.е. выход после варки $\eta_k = 0,89—0,92$ от количества не вареного, отпыленного тряпья.

Цилиндрический котел

Сравнительно редко применяются тряпковарочные котлы цилиндрической формы (рис. 21), не имеющие, однако, никаких преимуществ перед шаровыми, и даже наоборот — при одинаковой емкости отдающая тепло поверхность этого котла значительно больше, как это ясно из следующего примера. Пусть у нас имеется котел емкостью $\sim 10 \text{ м}^3$. Тогда для обоих видов котлов будем иметь следующие конструктивные данные:

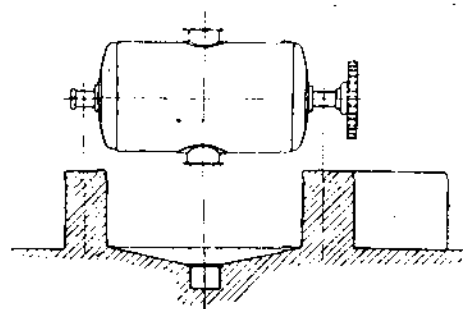


Рис. 21.

а) Шаровой котел:

Емкость	10 м ³
Диаметр	2,7 м
Толщина стенки	$s = 13 \text{ мм}$
Поверхность $F = \pi \cdot d^2 = 3,14 \cdot 2,7^2 =$	22,7 м ²

б) Цилиндрический котел:

Емкость	10 м ³
Диаметр	1,8 м
Длина	4,0 м
Поверхность $F = 1,8 \cdot 3,14 \cdot 4 + 2 \cdot 1,8^2 \cdot \frac{3,14}{4} =$	27,7 м ²

Поверхность цилиндрического котла, следовательно, на 5 м², т.е. на 22,5%, больше поверхности шарового котла при одинаковой емкости их. На практике применяются следующие размеры котлов:

Емкость $\sim 7000 \text{ л}$ при диаметре 1600 мм и длине 4000 мм

„ $\sim 10000 \text{ „ „ „ „ „ 1800 „ „ „ 4000 „$

а) Расчет для неизолированного котла (по рис. 23).

Количество тепла, необходимое для варки, складывается:

1) Из количества теплоты Q_1 , необходимого для нагревания воздушно-сухого тряпья до максимальной t° варки, в данном случае до 147° , соответственно давлению пара $\sim 4,5$ атм. абс.

2) Из количества тепла Q_2 , необходимого для нагревания варочной щелочи — едкого натра, известкового молока и воды — также до t° варки.

3) Из количества тепла Q_3 , необходимого для нагрева самого котла, охлаждающегося во время выгрузки и загрузки, до постоянной t° во время самой варки.

4) Из количества тепла Q_4 , идущего на лучеиспускание котла во время варки, т.е. из того количества тепла, которое необходимо сообщать котлу для поддержания в нем постоянного давления, которое иначе вследствие лучеиспускания тепла стало бы понижаться.

5) Из количества тепла, необходимого для покрытия потерь в паропроводах и арматуре.

1. Количество тепла для нагревания абсолютно-сухого тряпья и содержащейся в нем воды.

Загрузка тряпья: ~ 1500 кг воздушно-сухого ~ 1380 кг абсолютно-сухого тряпья и 120 кг воды.

Максимальная t° варки 147° .

Температура тряпья до загрузки $\sim 15^\circ$.

Теплоемкость тряпья (ситца) абсолютно-сухого $0,32$ л).

Необходимое количество тепла может быть вычислено по формуле:

$$Q_1 = G_1 \cdot c_1 \cdot (t_2 - t_1) + G_w \cdot c_w \cdot (t_2 - t_1),$$

где

Q_1 — количество тепла, необходимое для нагрева тряпья,)

G_1 — вес абсолютно-сухого тряпья,

G_w — количество воды, содержащееся в тряпье,

c_1 — теплоемкость абсолютно-сухого тряпья,

c_w — теплоемкость воды,

t_2 — максимальная температура варки,

t_1 — температура тряпья до загрузки.

Количество тепла, необходимое для нагрева тряпья, следовательно, равно

$$Q_1 = 1380 \cdot 0,32 \cdot (147 - 15) + 120 \cdot 1 \cdot (147 - 15) \approx 74130 \text{ кал.}$$

2. Количество тепла, необходимое для нагрева варочного щелока, от 15° до 147° .

Варочный щелок содержит:

Едкого натра: 18 кг в 10-процентном растворе = 180 кг

Известкового молока: 100 кг CaO в 4-процентном растворе = 2500 „

Теплоемкость:

Для 10-процентного раствора NaOH: . . . $0,89$ кал./кг $^\circ$ C

„ CaO $0,18$ „

¹⁾ Di e z. Spezifische Wärme von Faserstoffen. Dissertation, Dresden, 1911.

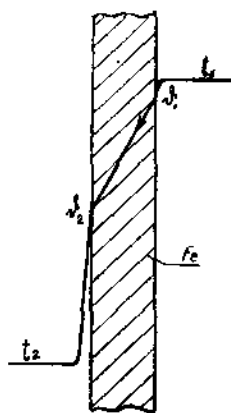


Рис. 23.

а) Количество тепла, необходимое для нагрева раствора едкого натра:

$$Q_{\text{NaOH}} = 180 \cdot 0,89 \cdot (147 - 15) \cong 21\,150 \text{ кал.}$$

б) Количество тепла для нагрева известкового молока:

Известковое молоко состоит из:

2 400 кг воды и 100 кг CaO.

Нагрев воды:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 2\,400 \cdot 1 \cdot (147 - 15) \cong 316\,800 \text{ кал.}$$

Нагрев CaO:

$$Q_{\text{CaO}} = 100 \cdot 0,18 \cdot (147 - 15) \cong 2\,400 \text{ кал.}$$

Общее количество тепла для нагрева варочной щелочи:

а) Раствора едкого натра: ~ 21 150 кал.

б) Раствора известкового молока: . ~ 316 800 „
2 400 „

Всего ~ 340 350 кал.

3. Количество тепла, необходимое для нагрева самого котла.

Полагая, что стенки котла охлаждаются во время выгрузки и загрузки приблизительно до 30° и нагреваются к концу варки до $143,5^\circ$, количество теплоты можно определить (при теплоемкости железа в 0,115) следующим образом:

$$Q_3 = 3\,000 \cdot 0,115 \cdot (143,5 - 30) \cong 39\,160 \text{ кал.}$$

4. Количество тепла для покрытия потерь через лучеиспускание.

Количество тепла, необходимое для возмещения тепла, теряемого через лучеиспускание, определяется формулой:

$$Q_4 = F \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \cdot z \text{ кал.,}$$

где:

Q_4 — потеря тепла через лучеиспускание.

F — поверхность, отдающая тепло, в м^2 .

k — коэффициент прохождения тепла через стенку котла $\text{кал./м}^2/\text{ч.}^\circ\text{C}$.

t_1 — температура материала варки.

t_2 — температура помещения.

z — время отдачи тепла в часах.

В то время, как величины для F , t_1 , t_2 и z известны по величине котла, давлению при варке, t° помещения и по сорту тряпья, по которому определяется время варки, — величину k необходимо вычислить. За время отдачи тепла принимается все время варки, хотя потеря тепла во время заварки значительно ниже.

Вычисление коэффициента прохождения тепла k .

На рис. 23 показано прохождение тепла у неизолированного котла. Отсюда вычисляется k :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

В этой формуле введены следующие обозначения:

k — коэффициент прохождения тепла, кал./м²/ч. °Ц.

α_1 — коэффициент передачи тепла материалом варки стенкам котла. так как речь идет о вращающихся котлах, то необходимо принять $\alpha_1 = 5000$.

δ — толщина стенок котла в метрах.

α_2 — коэффициент передачи тепла наружной стенкой котла окружающему воздуху.

λ — теплопроводность железа ~ 50 кал./м²/ч. °Ц.

Коэффициент передачи тепла α_2 вычисляется следующим образом:

$$\alpha_2 = \alpha_0 + \alpha_k + c \cdot C.$$

где

α_0 — коэффициент передачи тепла для теплопроводности.

α_k — " " " для движения воздуха.

$c \cdot C$ — " " " для лучеиспускания.

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt{\vartheta_2 - t_2}.$$

где

ϑ_2 — наружная температура стенок котла.

t_2 — температура помещения.

Температура стенок котла снаружи принята равной 140°, так как при вращении котла поверхность котла более остывает, чем у котла, находящегося в покое.

Передача тепла через лучеиспускание вычисляется следующим образом:

$$c = \frac{\left(\frac{T + \vartheta_2}{100}\right)^4 - \left(\frac{T + t_3}{100}\right)^4}{\vartheta_2 - t_3},$$

где

T — абсолютная температура.

ϑ_2 — температура стенок котла снаружи = 140°.

t_2 — температура помещения = 20°.

t_3 — температура окружающего воздуха = температуре помещения.

Отсюда, следовательно:

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 140}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{140 - 20} \cong 1,81.$$

Постоянная величина лучеиспускания C определяется по формуле:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0},$$

где

C_1 — величина лучеиспускания для ковального железа = 4,4

C_2 — " " " кирпичной кладки = 4,3

C_0 — " " " абсолютно черного тела = 4,7

Отсюда, следовательно:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{4,4} + \frac{1}{4,3} - \frac{1}{4,7} = 0,248.$$

$C \cong 4,03$ и поэтому $c \cdot C = 1,81 \cdot 4,3 = 7,294$.

Таким образом, для α_2 находим:

$$\alpha_2 = 7,282 + 7,294 = 14,576 \text{ кал./м}^2/\text{ч. °Ц.}$$

Таким образом, для k имеем:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,014}{50} + \frac{1}{14,578}} = \frac{1}{0,0002 + 0,00028 + 0,068606};$$

$$k = 14,474 \text{ кал./м}^2/\text{ч.}^\circ\text{Ц.}$$

Количество тепла, необходимое для лучеиспускания через стенки котла, исчисляется, следовательно, величиной:

$$Q_4 = 23 \cdot 14,474 \cdot (147 - 20) \cdot 6 = 253\,680 \text{ кал.}$$

Складывая отдельные величины расхода тепла во время варки, получаем следующее:

1) Нагревание тряпья	74 130 кал.
2) " щелочи	340 350 "
3) " котла	39 160 "
4) Потери от лучеиспускания	253 680 "

Теоретический расход тепла (всего) 707 320 кал.

5. К этому необходимо прибавить потери тепла в паропроводах, которые составляют максимум 10%; принимая, следовательно, расход тепла на покрытие потери в трубопроводах в 10%, в этом случае получаем:

$$Q_6 = 70\,730 \text{ кал.}$$

Общий расход тепла, включая сюда и потери в паропроводах, составляет 778 050 кал.

Расход пара на варку 1 500 кг светлого тряпья исчисляется при применении насыщенного пара в 4,5 атм. абс. с теплотой испарения $r=507$ кал./кг.

1) Исключая потери в трубопроводах:

$$d = \frac{707\,320}{507} \approx 1\,395 \text{ кг пара на } 1\,500 \text{ кг тряпья} \\ \approx 0,93 \text{ кг пара на кг светлого тряпья.}$$

2) Включая потери в трубопроводах:

$$d' = \frac{778\,050}{507} \approx 1\,535 \text{ кг пара на } 1\,500 \text{ кг тряпья} \\ \approx 1,02 \text{ кг пара на кг светлого тряпья.}$$

Интересно и особенно важно для паросилового хозяйства знать, как распределяется пар во время всего процесса варки. Время варки состоит из:

1) Времени заварки до того момента, когда в котле будут достигнуты наивысшее давление и его температура; для нашего случая, следовательно, $\sim 4,5$ атм. абс.

2) Времени самой варки.

Время заварки составляет $\sim \frac{3}{4}$ —1 ч.; в течение этого времени потребуются приблизительно следующие количества тепла:

1) Нагревание тряпья	74 130 кал.
2) " щелочи	340 350 "
3) " котла	39 160 "
4) Часть потерь в паропроводах	$\sim 45\,000$ "

Всего $\sim 498\,640$ кал.

Или, перечисляя на пар, ~ 984 кг пара, или в процентах от общего расхода пара $\sim 64\%$.

На самую варку приходится тепла:

1) Потери через лучеиспускание $\sim 253\,680$ кал.

2) Остаток потерь в паропроводах $\sim 25\,730$ „

Всего $\sim 279\,410$ кал.

Или, перечисляя на пар, ~ 551 кг пара или в процентах от общего расхода пара: $\sim 36\%$.

Для упрощения расчетов, потери тепла от лучеиспускания отнесены целиком на самую варку, между тем как часть этой потери падает и на время заварки. Все же из расчетов следует, что приблизительно $\frac{2}{3}$ всего расхода пара падает на сравнительно небольшое время заварки в течение ~ 1 ч., что следует иметь в виду при расчетах паропроводов и всей установки.

Для сравнения приводим те же расчеты для котла, изолированного слоем кизельгура толщиной ~ 30 мм, чтобы показать достигаемую изоляцией экономию пара.

б) Расчет для изолированного котла (по рис. 24).

Для расчетов возьмем тот же котел, но изолированный слоем кизельгура толщиной в 30 мм. Расход тепла для варки исчисляется так же, как и для неизолированного котла, и составляется в данном случае из:

- 1) Расхода тепла на нагрев тряпья—аналогично тому как при (а),
- 2) „ „ „ „ щелока „ „ „ „
- 3) „ „ „ „ самого котла,
- 4) „ „ „ „ изоляционной массы,
- 5) „ „ „ покрытие потерь от лучеиспускания,
- 6) „ „ „ „ в паропроводах.

1. Расход тепла на нагрев тряпья вычисляется точно так же, как и в случае (а) и, следовательно, составляет

$$Q_1 = 74\,130 \text{ кал.}$$

2. Расход тепла на нагрев щелока ведется точно так же, как и в случае (а):

$$Q_2 = 340\,350 \text{ кал.}$$

3. Расход тепла на нагрев самого котла.

Расчеты изменяются в виду того, что стенки котла в этом случае получают более высокую температуру, так как изоляционная масса хорошо защищает их от потери тепла через лучеиспускание. С другой стороны, котел значительно охлаждается во время промывки в нем тряпья и во время загрузки. Начальную и конечную t° примем в 45 и 147°; тогда расход тепла

$$Q_3 = 3\,000 \cdot 0,115 \cdot (147 - 15) \approx 35\,190 \text{ кал.}$$

4. Расход тепла на нагрев изоляционной массы.

Вес изоляционной массы составляет ~ 270 кг.

При средней t° изоляционной массы приблизительно в 103° и при начальной $t^\circ \sim 42,5^\circ$, расход тепла

$$Q_4 = 270 \cdot 0,18 \cdot (103 - 42,5) \approx 2\,940 \text{ кал.}$$

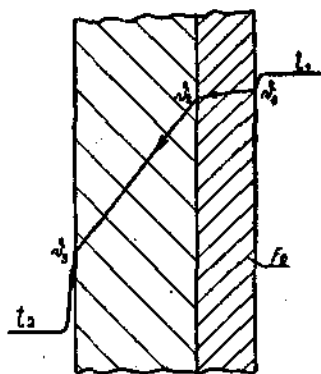


Рис. 24.

5. Расход тепла на покрытие потерь через лучеиспускание.

Рис. 24 дает представление о прохождении тепла у изолированного котла. Потеря тепла через лучеиспускание вычисляется в этом случае таким образом:

$$Q_5 = F \cdot k \cdot (t_1 - t_2),$$

т.е. аналогично случаю (а); только здесь k будет иметь другое значение.

Для вычисления коэффициента k прохождения тепла для изолированного котла имеем такую формулу:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}},$$

где

δ_1 — толщина стенки котла = 0,014 м,

δ_2 — " изоляционного слоя = 0,03 м,

λ_1 — коэффициент теплопроводности железа = 50,

λ_2 — " " кизельгура = 0,15,

α_1 — остается и в этом случае = 5000, между тем как

α_2 — изменяется в зависимости от t° наружной поверхности котла, в данном случае от t° наружного слоя изоляции θ_3 .

При t° наружного слоя изоляции, примерно, в 60° будем иметь:

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt{60 - 20} = 2,2 \sqrt{40} = 6,533 \text{ кал./м}^2/\text{ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 60}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{60 - 20} = 1,23.$$

$C = 4,03$ без изменения (см. стр. 29),

$$\alpha_2 = 5,533 + 1,23 \cdot 4,03 = 10,49 \text{ кал./м}^2/\text{ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Отсюда определяется k :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,014}{50} + \frac{0,030}{0,15} + \frac{1}{10,49}} = 3,38 \text{ кал./м}^2/\text{ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Потери тепла через лучеиспускание

$$Q_5 = 23 \cdot 3,38 \cdot (147 - 20) \cdot 6 \approx 59\,200 \text{ кал.}$$

Сводка всех расходов тепла дает следующее:

1) Для нагрева тряпья	74 130 кал.
2) " " щелока	340 350 "
3) " " стенок котла	35 190 "
4) " " изоляционного слоя	2 940 "
5) На покрытие потерь от лучеиспускания	59 200 "

Теоретически всего . . . ~ 511 810 кал.

6) Потери тепла в паропроводах 51 180 "

Общий расход тепла, включая сюда и потери в паропроводах, достигает ~ 562 990 кал.

Перечисляя на килограммы пара при тех же условиях, как и при (а) для неизолированного котла, получаем для всей варки:

1) За исключением потерь в паропроводах:

$$d = \frac{511\,810}{507} \approx 1\,010 \text{ кг пара/1 500 кг тряпья,}$$

$$\approx 0,673 \text{ кг пара/1 кг тряпья.}$$

2) Включая потери в паропроводах:

$$d' = \frac{562\,990}{507} \approx 1\,110 \text{ кг пара/1 500 кг тряпья,}$$

$$\approx 0,74 \text{ кг пара/1 кг тряпья.}$$

На 1 кг светлого тряпья при условии хорошо изолированного котла и при давлении пара во время варки в 3,5 изб. атм. приходится, следовательно, $\sim 0,74$ кг пара.

Распределение расхода пара на заварку и на самую варку дает еще более резкую разницу, так как потери тепла через лучеиспускание значительно уменьшаются. Произведя это распределение, получаем:

Расход пара на заварку:

Нагревание тряпья	74 130 кал.
„ щелока	340 350 „
„ стенок котла	35 190 „
„ изоляционной массы	2 940 „
Потери в паропроводах	40 000 „
Всего	492 610 кал.

Перечислив на кг пара, для периода заварки имеем:

$$\frac{492\,610}{507} \approx 972 \text{ кг пара} = 87,5\% \text{ от общего расхода пара.}$$

Расход пара на самую варку:

Потери через лучеиспускание	59 200 кал.
„ в паропроводах	11 180 „
Всего	$\sim 70\,380$ кал.

что соответствует ~ 138 кг пара $\approx 12,5\%$ от общего расхода пара.

Благодаря изоляции получается против котла без изоляции экономия пара $\sim 0,28$ кг на 1 кг тряпья, или в процентном отношении: $\sim 27,5\%$.

II. Варка сурового холщового тряпья:

Рис. 22, диаграмма III.

Размеры котла те же, как выше (п. I).

Время варки, всего = 12 ч. $\left\{ \begin{array}{l} \text{время заварки 1 ч.} \\ \text{время самой варки 11 ч.} \end{array} \right.$

Давление пара в котле—4 атм. изб. = 5,0 атм. абс. (151°).

Загрузка котла:

Суровое льняное тряпье 1 600 кг ($\sim 92\%$ абс.-сух.) $\approx 1\,472$ кг абс.-сух. и ~ 128 кг воды.

Варочный щелок:

а) едкий натр: 18 кг NaOH в 10-процентном растворе = 180 кг,

б) известковое молоко: 280 кг CaO в 10-процентном растворе = 2 800 кг.

а) Расчеты для неизолированного котла

1. Количество тепла на нагревание тряпья:

$$Q_1 = 1472 \cdot 0,32 \cdot (151 - 15) + 128 \cdot 1 \cdot (151 - 15) \approx 81470 \text{ кал.}$$

2. Количество тепла на нагревание щелока Q_2 .

$$Q_{\text{NaOH}} = 180 \cdot 0,89 \cdot (151 - 15) = 21790 \text{ кал.}$$

$$Q_{\text{CaO}} = 280 \cdot 0,18 \cdot (151 - 15) = 6850 \text{ „}$$

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 2520 \cdot 1 \cdot (151 - 15) = 342720 \text{ „}$$

$$Q_2 = \text{всего} \dots 371360 \text{ кал.}$$

3. Тепло, необходимое для нагрева самого котла.

При условии, что стенки котла во время выгрузки и загрузки охлаждаются, примерно, до 30° и к концу варки нагреваются до $147,5^\circ$, количество тепла

$$Q_3 = 3000 \cdot 0,115 \cdot (147,5 - 30) \approx 40540 \text{ кал.}$$

4. Тепло на лучеиспускание котла

$$Q_4 = F \cdot k \cdot (t_1 - t_2) \cdot z,$$

где

F — лучеиспускающая поверхность = 23 м^2 ,

k — коэффициент прохождения тепла через стенки котла кал./ $\text{м}^2/\text{ч.}^\circ\text{C}$,

t_1 — температура материала при варке = 151° ,

t_2 — „ помещения = 20° ,

z — время лучеиспускания = время варки = 12 ч.

Коэффициент k — необходимо определить следующим образом (рис. 23):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}.$$

Обозначения здесь те же, как и выше в случае (I).

Коэффициент передачи тепла α_2 определяется следующим образом:

$$\alpha_2 = \alpha_0 + \alpha_k + c \cdot C,$$

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt{\theta_2 - t_2}$$

Температура наружной поверхности стенок котла здесь $\approx 144^\circ$.

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt{144 - 20} \approx 7,34.$$

Передача тепла через лучеиспускание может быть определена из следующего соотношения:

$$c = \frac{\left(\frac{T + \theta_2}{100}\right)^4 - \left(\frac{T + t_2}{100}\right)^4}{\theta_2 - t_2},$$

где

T — абсолютная температура.

θ_2 — температура наружной поверхности стенок котла $\approx 144^\circ \text{C}$.

t_2 — „ „ помещения,

t_2 — „ „ окружающего воздуха $\approx$ температуре помещения,

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 144}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{144 - 20} = 1,8444.$$

Постоянная лучеиспускания C определяется из соотношения:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{4,4} + \frac{1}{4,03} - \frac{1}{4,7}; \quad C = 4,03.$$

Таким образом α_2 может быть определено из формулы:

$$\alpha_2 = 7,34 + 1,8444 \cdot 4,03, \\ \alpha_2 \approx 14,77 \text{ кал./м}^2\text{/ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Отсюда для k имеем:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,014}{50} + \frac{1}{14,77}}, \\ k \approx 14,67 \text{ кал./м}^2\text{/ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Следовательно, количество тепла на лучеиспускание стенок котла

$$Q_4 = 23 \cdot 14,67 \cdot (151 - 20) \cdot 12, \\ Q_4 \approx 530\,500 \text{ кал.}$$

Сводка отдельных данных расхода тепла на варку дает следующие результаты:

1) Нагрев тряпья	81 470 кал.
2) „ щелока	371 360 „
3) „ котла	40 540 „
4) Потери через лучеиспускание	530 500 „
Теоретически всего	1 023 870 кал.
5) Потери тепла в паропроводах $\sim 10\%$	102 390 „

Общий расход тепла, включая и потери в паропроводах: 1 126 260 кал.

Для варки ~ 1600 кг сурового тряпья поэтому требуется $\sim 1\,023\,870$ или 1 126 260 кал. При применении пара с давлением ~ 5 атм., теплота испарения которого $r = 504$ кал. на 1 кг пара, всего потребуется для одной варки:

1) Исключая потери в паропроводах:

$$d = \frac{1\,023\,870}{504} \approx 2\,032 \text{ кг пара на } 1\,600 \text{ кг тряпья,} \\ \approx 1,27 \text{ кг пара на } 1 \text{ кг сурового тряпья.}$$

2) Включая потери в паропроводах:

$$d' = \frac{1\,126\,260}{504} \approx 2\,235 \text{ кг пара на } 1\,600 \text{ кг тряпья,} \\ \approx 1,40 \text{ кг пара на } 1 \text{ кг сурового тряпья.}$$

На время заварки потребуются приблизительно следующие количества тепла:

1) Нагрев тряпья	81 470 кал.
2) „ щелока	371 360 „
3) „ самого котла	40 540 „
4) Часть потерь в паропроводах	$\sim 50\,000$ „
Всего	$\sim 543\,370$ кал.

Перечисляя на кг пара, ~ 1078 кг пара, или по исчислению в процентах, всего $\sim 48\%$ общего расхода пара.

На время самой варки приходится тепла:

1) Потери через лучеиспускание	530 500 кал.
2) Остаток потерь в паропроводах	~ 52 390 "
Всего	~ 582 890 кал.

Перечисляя на кг пара, ~ 1157 кг пара, или по исчислению в процентах, всего ~ 52% общего расхода пара.

в) Расчет для изолированных котлов

Размеры котла и изоляция такие же, как выше.

1) Нагрев тряпья, как при (а)	81 470 кал.
2) " щелока " " "	371 360 "
3) " самого котла	—

Начальная и конечные t° пусть будут 45° и 151° ; тогда расход тепла

$$Q_3 = 3000 \cdot 0,115 \cdot (151 - 45) = 36570 \text{ кал.}$$

4) Нагрев изоляционной массы:

При средней t° изоляционной массы ~ 105° и при начальной t° в 42° , расход тепла

$$Q_4 = 270 \cdot 0,18 \cdot (105 - 42) \cong 3060 \text{ кал.}$$

5) Количество тепла на покрытие потерь от лучеиспускания:

Здесь k получает другое значение, чем у неизолированного котла.

Для k в случае изолированного котла (рис. 24) имеем:

$$k = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}$$

Для данного случая α_1 остается равным 5000, между тем как α_2 изменяется в зависимости от t° наружной поверхности, в данном случае температуры ϑ_3 наружного слоя изоляции.

При t° наружного слоя изоляции ~ 60° имеем:

$$\alpha_0 + \alpha_2 = 2,2 \sqrt{60 - 20} = 2,2 \sqrt{40} = 5,533 \text{ кал./м}^2\text{/ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 60}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{60 - 20} = 1,23,$$

$C = 4,03$ без изменения (см. стр. 29),

$$\alpha_2 = 5,533 + 1,23 \cdot 4,03 = 10,49 \text{ кал./м}^2\text{/ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Отсюда может быть определено k :

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,014}{50} + \frac{0,030}{0,15} + \frac{1}{10,49}},$$

$$k = 3,38 \text{ кал./м}^2\text{/ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Таким образом, потери тепла через лучеиспускание

$$Q_5 = 23 \cdot 3,38 \cdot (151 - 20) \cdot 12 = 122200 \text{ кал.}$$

Сводка общего расхода тепла дает:

1) Для нагрева тряпья	81 470	кал.
2) " " щелока	371 360	"
3) " " самого котла	36 570	"
4) " " слоя изоляции	3 060	"
5) " покрытия потерь через лучеиспускание.	122 200	"

Всего 614 660 кал.

6) Потери в паропроводах ~ 10% 61 470 "

Расход тепла, включая потери в паропроводах . . 676 130 "

Перечисляя на пар при тех же условиях, как и при (а), получаем для всей варки:

1) Исключая потери в паропроводах:

$$d = \frac{614\,660}{504} = 1\,220 \text{ кг пара на } 1\,600 \text{ кг тряпья,}$$

$$d \cong 0,76 \text{ кг пара на кг сурового тряпья.}$$

2) Включая потери в паропроводах:

$$d' = \frac{676\,130}{504} \cong 1\,342 \text{ кг пара на } 1\,600 \text{ кг тряпья,}$$

$$d' \cong 0,84 \text{ кг пара на кг сурового тряпья.}$$

На 1 кг сурового тряпья приходится поэтому ~ 0,84 кг пара при условии хорошей изоляции котла и при давлении пара ~ 4 атм. изб.

Распределение пара на заварку и самую варку будет таково:

Пар на заварку:

1) Нагрев тряпья	81 470	кал.
2) " щелока	371 360	"
3) " самого котла	36 570	"
4) " слоя изоляции	3 060	"
5) Потери в паропроводах	49 000	"

Всего 541 460 кал.

По перечислении на пар имеем для периода заварки:

$$\frac{541\,460}{504} \cong 1\,074 \text{ кг пара, т.е. } \sim 80\% \text{ всего потребного количества пара.}$$

Пар, расходуемый на самую варку:

Потери через лучеиспускание	122 200	кал.
Потери в паропроводах	12 470	"

Всего 134 670 кал.

соответствующие ~ 268 кг пара или ~ 20% всего потребного количества пара.

Благодаря изоляции котла получается по сравнению с котлом без изоляции экономия ~ 0,56 кг пара на 1 кг тряпья или ~ 40%.

Расход пара, включая 10% потери в паропроводах.

Род котла и тряпья, загружаемого в котлы		Время варки в часах изб.	Давление пара в атм. изб.	Расход пара на 1 кг за- груженного тряпья в кг
Светлое ситцевое тряпье	неизолированный . . .	6	3,5	~ 1,02
	изолированный . . .	6	3,5	~ 0,74
Суровое льняное тряпье	неизолированный . . .	12	4,0	~ 1,40
	изолированный . . .	12	4,0	~ 0,84

Е. Промывка тряпья

Хотя тряпье предварительно и промывается в котлах, все же в рационально поставленном производстве неизбежно более интенсивное продолжение этой промывки до передачи тряпья в размол. Вблизи варочных

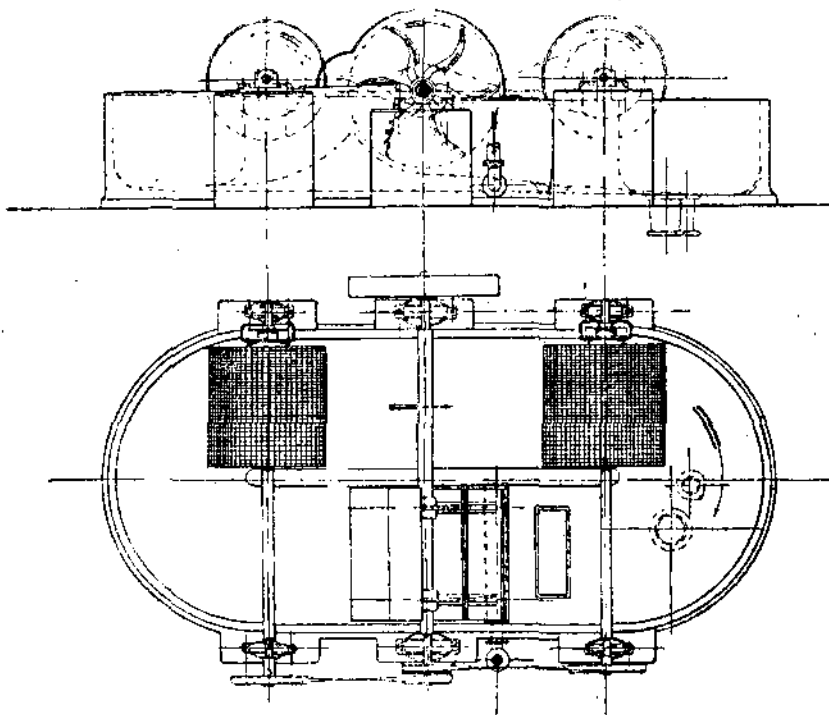


Рис. 25.

котлов устанавливается, в зависимости от потребности один или несколько моечных или промывных роллов. Этот аппарат (рис. 25) построен по образцу описываемого в дальнейшем размалывающего ролла и имеет

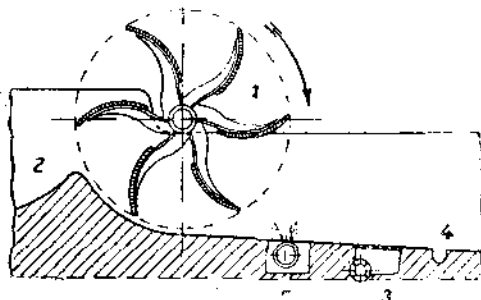


Рис. 26.

овальную ванну со средней стенкой. Ванна делается по большей части из железобетона и имеет внутри сильно закругленные углы, а для лучших сортов тряпья выкладывается изразцами. На дне ролла, в восходящей части его, перед лопастным барабаном, имеются следующие приспособления (рис. 26): покрытая грубой сеткой песочница 3 и жолоб 4, для улавливания железных частиц и т. п. Большой лопастный барабан, имеющий, в зависимости от емкости ролла, до 1500 мм в диаметре и до 1300 мм

ширины, приводит сильно разбавленное водой тряпье в круговое движение, поднимает его через небольшое возвышение 2, называемое „горкой“, откуда оно по уклону, через задний канал ванны, снова возвращается к лопа-

ному барабану. Над последним имеется колпак. Лопастной барабан вращается со скоростью 15—16 об/мин.

Очистка производится при помощи двух промывных барабанов, имеющих в диаметре около 1200 мм и ширину в 1200 мм. Барабаны расположены в боковом канале ванны для обратного движения тряпья; задача их состоит в том, чтобы обезвоживать промываемый материал. Необходимая свежая вода, которую в первой части промывки следует по возможности подогревать, подводится в ролл трубой 5—лучше всего перед лопастным барабаном и со дна (рис. 26), чтобы чистая вода энергично поступала в массу тряпья. Промывные барабаны (рис. 27) состоят из сплошной

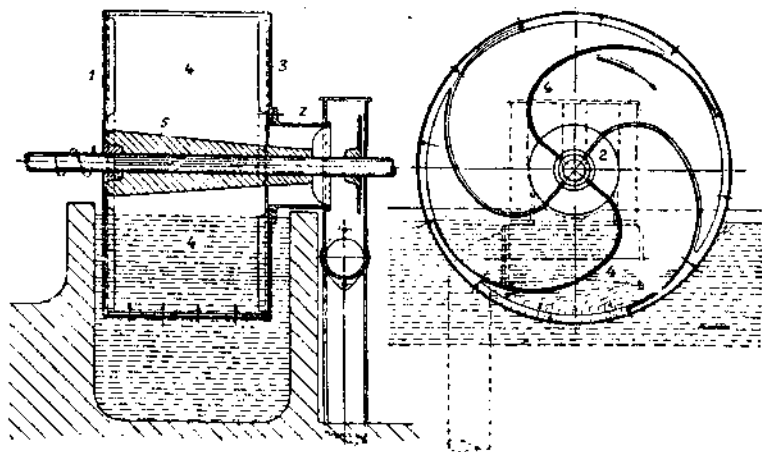


Рис. 27.

боковой стенки 1, обращенной к средней стенке ролла, и другой боковой стенки 3, снабженной сливным отверстием 2. Между стенками устроены черпаки, которые лучше всего делать из листовой меди; им придается такая форма, чтобы они вмещали и поднимали возможно большее количество воды. Для того, чтобы поднятая вода быстро направлялась к сливному

отверстию, на валу имеется коническая деревянная насадка 5, благодаря которой для уходящей воды получается некоторый уклон по направлению от боковой стенки к выходному отверстию. Промывные барабаны вращаются с окружной скоростью $V = 0,65 - 0,7$ м/сек.; они состоят из грубой основной сетки, из продырявленной листовой меди, сверх которой натянута мелкая сетка, обычно сетка бумагоделательных машин. Движение они получают при помощи промежуточной передачи от вала лопастного барабана. Для полной промывки тряпья обычно достаточно 2—3 ч. времени при условии энергичного обмена воды.оборот ролла, включая загрузку и выгрузку, составляет максимум 4 ч., так что за сутки можно иметь до 6 оборотов. Концентрация около 3½%. Ролл емкостью в 14000 л вмещает поэтому 500 кг тряпья и дает за сутки 3000 кг промытого тряпья; расход силы—от 5 до 7 л. с.

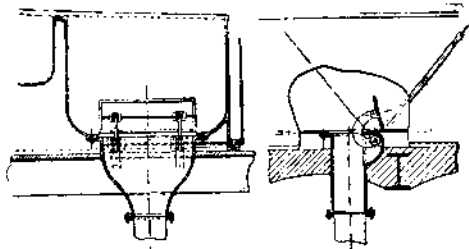


Рис. 28.

На дне ролла имеются большой спускной и грязевой клапаны. Вместо применяемых до настоящего времени круглых клапанов, фирма И. М. Фойт ставит изображенный на рис. 28 клапан, который приводится в действие ручной тягой, выходящей за ванну ролла. Когда клапан открыт,

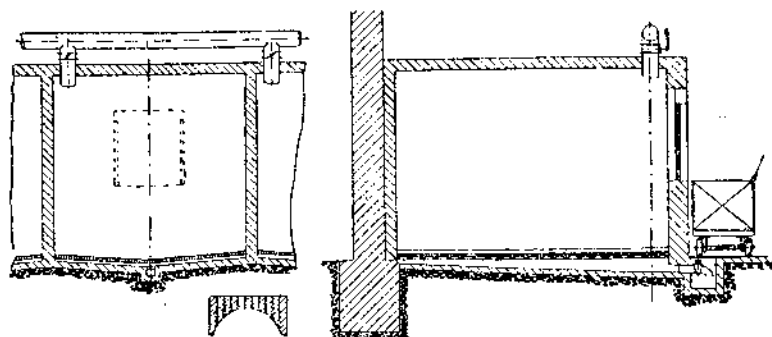


Рис. 29.

он преграждает движение и заставляет материал выходить в широкое, четырехугольное выходное отверстие, благодаря чему достигается быстрое опорожнение ролла.

Из промывных роллов тряпье спускается в расположенные под ними сцези (рис. 29), изготовленные также из железобетона или кирпича и выложенные — в целях быстрого стока воды — фильтрующими плитками.

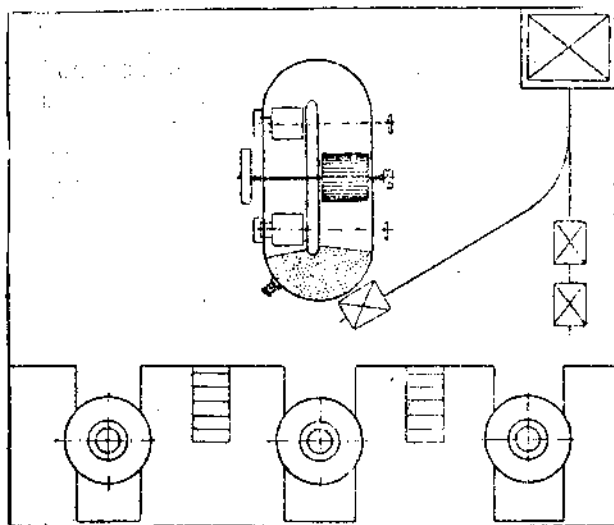


Рис. 30.

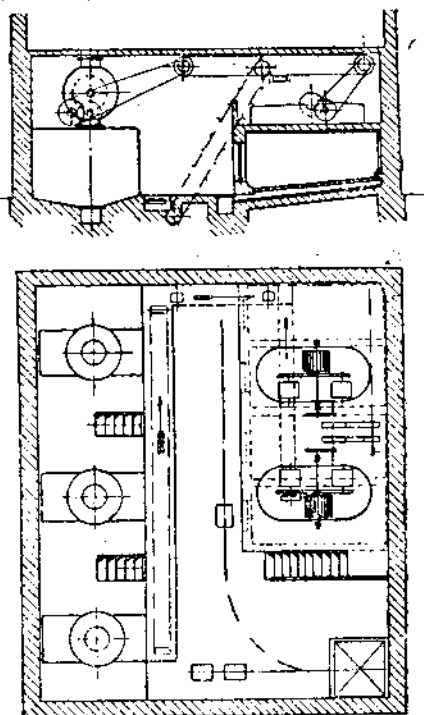


Рис. 31.

В тех случаях, когда устройство сцез под промывными роллами невозможно, спускать материал из ролла нельзя. В этих случаях дно ролла (а иногда и боковые стенки его) покрываются продырявленными металлическими листами (рис. 30).

После промывки вода из ролла спускается через большой кран, расположенный под решетчатым дном. Остающееся в ролле тряпье, после стекания воды, выбирается вилами и загружается вручную в тележки, которые затем отводятся к полумассным роллам. Такой способ имеет тот недостаток, что нельзя сделать запаса промытого тряпья.

Варочное отделение с промойкой тряпья можно устраивать следующим образом:

1) Котлы и промывные роллы размещаются в подвальном этаже (рис. 30).

Это устройство уже потому не особенно практично, что тряпье должно выгружаться из промывных роллов вилами, благодаря чему роллы долгое время не выполняют своего прямого назначения.

2) На рис. 31 приведено более целесообразное устройство. Промывные роллы подняты и стоят над сцезами; они загружаются тряпьем при помощи ленточных транспортеров, затем тряпье выгружается в сцези, откуда оно доставляется в тележках, а если нужно, то и подъемником, к полумассным роллам.

Ж. Размол тряпья в полумассу

За очисткой и варкой следует процесс размола тряпья в полумассу и отбелка. Совершенно новое белое тряпье зачастую совсем не варится, а передается сейчас же после сортировки и резки на полумассные роллы. Почти до середины XVIII в. вареное тряпье разбивалось и измельчалось в так называемых толчеях. Эти толчеи состояли из довольно большого числа расположенных рядом и движущихся в вертикальной плоскости молотков, с насаженными на них железными башмаками. При помощи таких молотков находящаяся в корыте тряпичная масса разбивалась и раздавливалась (довольно продолжительное время). Производительность такой толчеи по сравнению с современными механизмами очень мала, при чем расход энергии был довольно значителен. Однако, в начале XVIII в. была изобретена машина для размола ¹⁾ — ролл — или так называемый голландер, которая и до настоящего времени имеет в бумажной промышленности огромное и повсеместное применение; вскоре после изобретения эта важная подсобная машина была введена и в Германии. Хотя прошло уже более 200 лет с тех пор, как стало известно это изобретение, тем не менее ролл остался по своей конструктивной сущности, т.е. по овальной ванне и размалывающему агрегату, очень похожим на старый аппарат; внесенные технические усовершенствования лишь подняли его производительность, приспособляя размеры и устройство ролла к более высоким требованиям современного фабричного производства.

Необходимо отметить, что в настоящее время различают два рода этих машин, а именно:

1) полумассный ролл, служащий теперь для размола тряпья в полумассу;

2) массный ролл, применяемый исключительно для изготовления так называемой бумажной массы (см. ниже).

【Полумассный ролл】

Полумассный ролл (рис. 32) для размола вареного и промытого тряпья представляет соединение размалывающего и промывного роллов. Полумассный ролл состоит (как и промывной) из удлиненной овальной

¹⁾ Из данных, приведенных французом M. de la Lande, в его книге „Art de faire le Papier“ (1761 г.) усматривается, что в Амстердаме уже в 1734 г. имелись чертежи „голландера“.

ванны шириной примерно в 1,9—2,8 м в свету и длиной от 4,25 до 6 м, в зависимости от объема и конструкции. Серединная стенка образует в ванне два канала. В более широкой части ванны расположен так называемый размалывающий барабан (шар), диаметром от 1 100 до 1 700 мм, на который

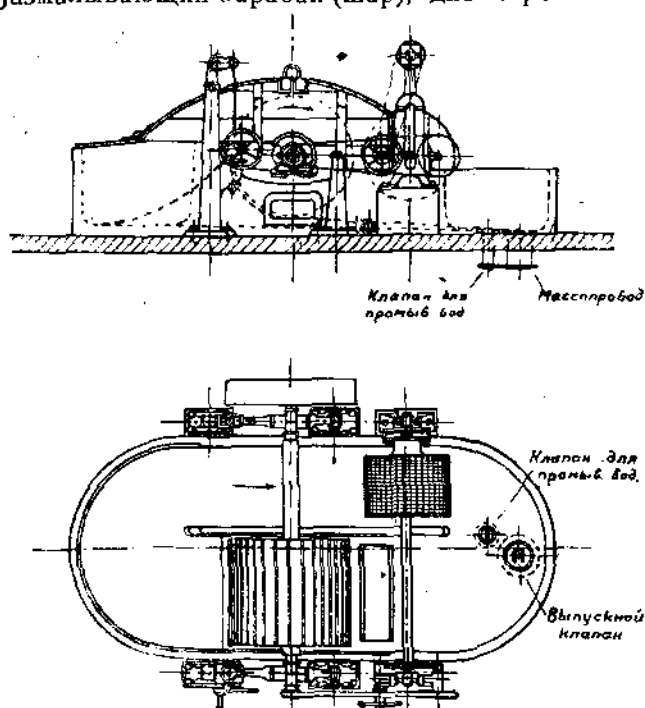


Рис. 32.

насажены стальные, реже бронзовые, ножи. Барабан с ножами сидит на прочной стальной оси и вращается с окружной скоростью 8—8,5 м/сек. По своей ширине — 1 000 до 1 500 мм — барабан заполняет почти всю ширину канала. и между стенками ванны и боковыми стенками барабана остается лишь узкий промежуток в 25—30 мм. В более узком обратном канале ванны располагают промывной барабан, служащий для промывки тряпичной полумассы.

Ниже приведены основные данные для построения полумассного ролла, так как эта машина является одной из важнейших в производстве полумассы, и каждый бумажник должен обла-

дать основательным знанием ее сущности, и предъявляемых к ней требований.

На рис. 33 изображен один из новейших полумассных роллов, который и будет описан ниже.

Размеры размалывающих барабанов в новейших и хорошо работающих полумассных роллах таковы (W_d — диаметр и W_b — ширина барабана):

$W_d = 1\ 200$ мм,	$W_b = 1\ 000$ мм	при загрузке 150 кг	(5% абс. сух.)
" = 1 350 "	" = 1 250 "	" "	225 " " "
" = 1 500 "	" = 1 400 "	" "	300 " " "
" = 1 650 "	" = 1 500 "	" "	400 " " "

Отсюда (в среднем) $W_b = \frac{W_d}{1,10}$.

По емкости полумассные роллы очень редко строятся и применяются для загрузки более, чем 400 кг вареного и промытого тряпья; на фабриках для высоких сортов чаще ставятся роллы меньшей емкости, так как здесь не имеется массового производства тряпичной полумассы, и маленький ролл, кроме того, работает экономичнее. Размеры размалывающего барабана — этого основного элемента машины — являются основными для конструкции ролла (рис. 33). Под серединой размалывающего барабана помещается так называемая планка O , представляющая собой колоду, составленную из стальных ножей и деревянных клиньев между ними. Для полумассного ролла редко применяются две планки; в последнем случае первая ста-

вится под вертикалью через ось барабана, а вторая примыкает к ней сбоку и лежит в так называемой горке.

Ширина рольного барабана W_b составляет примерно $\sim \frac{W_d}{1,10}$ с небольшими колебаниями для отдельных конструкций.

Отсюда определяется ширина канала для размалывающего барабана; она равна, примерно, $B_1 = W_b + 50$ мм. Обратный ка-

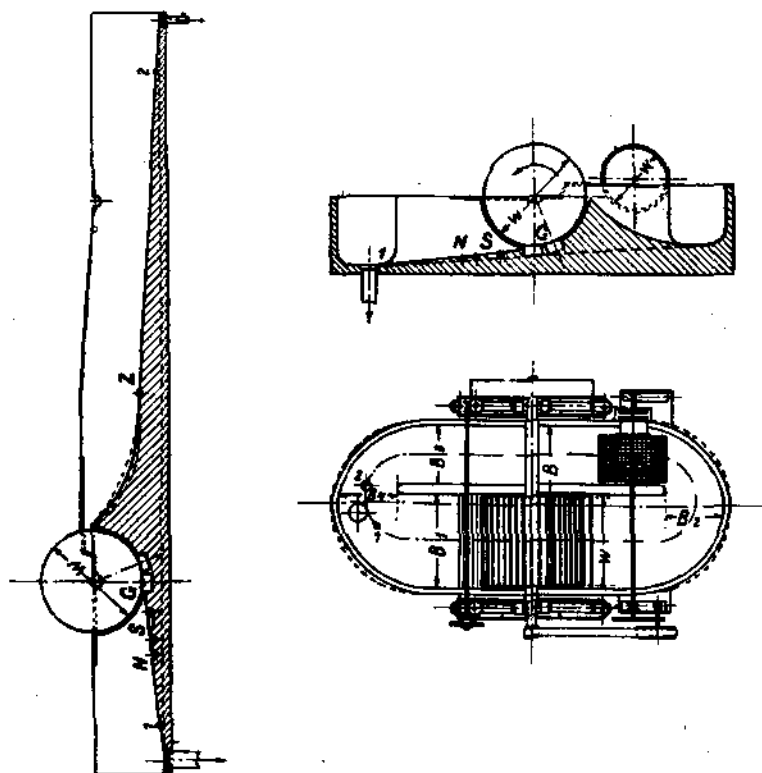


Рис. 33.

нал B_3 делается у новейших роллов значительно уже, чем канал для барабана B_1 , для того чтобы ускорить в нем движение материала.

$B_3 = B_1 - 300$ мм у малых и до $B_1 - 450$ мм для больших роллов.

Вся ширина ванны вычисляется по сумме ширины обоих каналов и толщины средней стенки, обычно составляющей ~ 100 мм:

$$B = B_1 + t + B_3.$$

Вся длина ванны $L = 2,2$ до $2,3 \cdot B$ (в среднем $2,25 \cdot B$). Размалывающий барабан расположен—в отличие от старых конструкций—не в середине длины ванны, а выдвинут настолько, что он вместе с горкой занимает меньшую часть длины, между тем как часть ванны до поступления материала под барабан занимает большую часть всей длины. Таким образом

$$L = L_1 + L_2 \text{ и}$$

$L_1 = L_2 + 500$ мм у небольших до $L_2 + 800$ мм у больших роллов

$$L_1 = \frac{L + 500}{2} \quad \text{до} \quad L_1 = \frac{L + 800}{2}$$

$$L_2 = \frac{L - 500}{2} \quad \text{до} \quad L_2 = \frac{L - 800}{2}.$$

Ширина прохода для полумассы B_2 за горкой делается равной ширине оборотного канала B_3 , т.е. уже канала для барабана. Делается это с той целью, чтобы стекающая с горки полумасса проходила со сравнительно большой скоростью через это поперечное сечение:

$$B_2 = B_3.$$

Проход полумассы B_4 снова расширяется по сравнению с шириной оборотного канала и составляет, примерно, среднюю между величинами оборотного канала и канала для барабана, т.е.

$$B_4 = \frac{B_2 + B_3}{2}.$$

Оба конца ванны не имеют в плане полукруглой формы, так как боковым стенкам придается несколько эллиптическая форма, чтобы масса, протекала вдоль стенок с большей скоростью и не осаждалась так легко.

Кроме размеров каналов самой ванны в плане особое значение имеет и форма дна ролла. Выступающие ножи быстро вращающегося размалывающего барабана поднимают тряпичную массу вверх, переливают ее через возвышение в дне ролла, называемое горкой, откуда она по уклону проходит через оборотный канал и направляется снова к барабану с ножами. Форма дна ролла и горки должны быть так рассчитаны и построены, чтобы обеспечить наибольшую скорость движения массы и наилучшее перемешивание ее во время передвижения в ванне. Исходя из этого, необходимо диаметру барабана дать сравнительно большие размеры, чтобы горка не оказалась слишком низкой, а, с другой стороны, ось должна лежать довольно высоко над дном ролла, не только для того, чтобы у растянутой в длину ванны получилось необходимое падение дна, но и чтобы дать достаточно места для планки под барабаном.

Нижняя кромка барабана должна лежать на высоте $h = 350$ мм над горизонталью, для того чтобы под барабаном удобно располагались планки ролла. Ось барабана поэтому приходится над горизонталью на высоте:

$$h_{\text{в}} = h + \frac{W_d}{2}.$$

Высота горки h_1 доходит у полумассных роллов самое большое до высоты оси барабана, т.е. $h_1 = h_{\text{в}}$. Форма горки за барабаном (т.е. от планки до горки) определяется тем, что внизу у планки горка начинается на расстоянии 25 мм от барабана и что это расстояние между барабаном и горкой расширяется кверху до 45—50 мм. Верхушка горки должна быть тщательно закруглена.

Дно ролла начинается перед барабаном у прохода B_4 горизонтальной площадкой, лежащей между сторонами угла α , равного, примерно, 90° ; в этом самом низком месте дна ванны расположены грязевые и выпускные клапаны; начиная от места под I , дно ванны постепенно повышается вплоть до планки.

В этой части два расположены сначала 1 или 2 канавки, каждая шириной 50—80 мм и глубиной 80 мм, в которых и задерживаются более грубые и тяжелые загрязнения тряпья (металлические частицы и т. п.); близко к планке (от 300 до 350 мм до нее) находится так называемая песочница S , шириной в 300—350 мм, покрытая грубо продырявленной медной решеткой. Песочница имеет в самом низком месте патрубок с краном, позволяющие производить по мере надобности ее промывку. Дно ванны (см. выше) поднимается за барабаном до высоты горки и отсюда опускается с сильным падением по направлению к оборотному каналу B_2 до точки z . Этому сильному уклону дна за горкой придают форму косой винтовой поверхности, т.е. дно вдоль наружной стенки, начиная от a через b до c на 80—100 мм выше протяжения его по средней стенке от d до e . Этим достигается движение массы к средней стенке и лучшее ее размешивание. Линия от c до e снова горизонтальная, и от нее начинается уклон оборотного канала, падение которого составляет 4—5%, до горизонтальной площади между углом a , где расположены клапаны. Глубина ванны определяется по высоте положения барабана, т.е.

$$H_1 = h_w - 100 \text{ мм глубины ванны перед барабаном,}$$

$H_2 = h_1 + 150 \text{ мм у небольших и } h_1 + 300 \text{ мм за барабаном у больших роллов.}$

В оборотном канале B_2 расположен необходимый для каждого полумассного рола промывной барабан W_p , ось которого обращена к барабану (иногда бывает 2 промывных барабана). Этот барабан имеет такую же конструкцию, какая была описана ранее для промывного барабана (рис. 27), и приводится в движение от вала рольного барабана. Работу промывного барабана приходится временно, по окончании промывки, прекращать, вследствие чего он покоем в подъемной приспособлении, благодаря которому его можно поднимать вверх из ролевой ванны. Величина диаметра промывного барабана — в зависимости от величины рола — колеблется от 1 000 до 1 250 мм, а ширина приблизительно на 150—200 мм меньше B_2 — ширины оборотного канала; следовательно, ширина его 600—900 мм. Окружная скорость промывного барабана 0,5—0,6 м/сек.

Приведем главные размеры полумассного рола емкостью в 150 кг.

Емкость 3 000 л.

$$W_d = 1100 \text{ мм (диаметр барабана)}$$

$$W_b = \frac{1100}{1,10} = 1000 \text{ мм}$$

$$B_1 = 1000 + 50 = 1050 \text{ мм}$$

$$B_2 = 1050 - 300 = 750 \text{ мм}$$

$$m = 100 \text{ мм}$$

$$B = 1050 + 100 + 750 = 1900 \text{ мм}$$

$$L = 2,25 \cdot 1900 = 4250 \text{ мм}$$

$$L_1 = \frac{4250 + 500}{2} = 2375 \text{ мм} \approx 2400 \text{ мм}$$

$$L_2 = \frac{4250 - 500}{2} = 1875 \text{ мм} \approx 1850 \text{ мм}$$

$$B_3 = B_2 = 750 \text{ мм}$$

$$B_4 = \frac{1050 + 750}{2} = 900 \text{ мм}$$

$$h = 350 \text{ мм}$$

$$h_w = h_1 = 350 + \frac{1100}{2} = 900 \text{ мм}$$

$$h_2 = 0,05(4250 - 750 - \frac{900}{2}) = 150 \text{ мм}$$

$$H_1 = 900 - 100 = 800 \text{ мм}$$

$$H_2 = 900 + 150 = 1050 \text{ мм}$$

$$u = 8,5 \text{ м/сек. — окружная скорость барабана}$$

$$n = \frac{u}{D \cdot \pi} \cdot 60 = \text{ок. } 148 \text{ об/мин.}$$

Применявшиеся в полумассных роллах старой конструкции для промывки тряпья так называемые моечные щиты (моечные сетки), расположенные поперек рола перед барабаном, в настоящее время редко где работают, так как они оказались менее производительными, чем промывные барабаны. Дно рола должно соединяться со стенками ванны посредством сильно закругленных углов, чтобы частицы массы не застывали и не затрудняли бы основательной чистки рола.

Сводка основных размеров для построения полумассного ролла

$W_d = 1\ 100$ мм при разгрузке 150 кг до
 $W_d = 1\ 650 - 1\ 700$ мм при загрузке

400 кг

$$W_b = \frac{W_d}{1,10}$$

$$B_1 = W_d + 550 \text{ мм}$$

$$B_3 = B_1 - 300 \text{ мм (до 450 мм),}$$

$$m = 100 \text{ мм,}$$

$$B = B_1 + m + B_3,$$

$$L = 2,25 \cdot B,$$

$$L_1 = L_2 + 500 \text{ до } 800 \text{ мм, или}$$

$$L_1 = \frac{L + 500}{2} \text{ до } \frac{L + 800}{2},$$

$$L_2 = \frac{L - 500}{2} \text{ до } \frac{L - 800}{2},$$

$$B_2 = B_3,$$

$$B_4 = \frac{B_1 + B_3}{2},$$

$$h = 350 \text{ мм над горизонтальной } H,$$

$$h_w = h_1 = h + \frac{W_d}{2} = \text{высота горки,}$$

$$h_2 = 0,05 \cdot (L - B_2 - \frac{B_4}{2}),$$

$$H_1 = h_1 - 100 \text{ мм,}$$

$$H_2 = h_1 + 150 \text{ мм (до 300 мм).}$$

Форма ванны в концах овальная и никоим образом не должна быть закруглена по окружности.

Дно — внутри угла α горизонтальное ($\alpha = 90^\circ$).

u — средняя окружная скорость барабана примерно 8—8,5 м/сек.

n — среднее число оборотов барабана в минуту $= \frac{u}{D \cdot \pi} \cdot 60$.

Конструктивные детали полумассного ролла

Ванна ролла в настоящее время часто строится из железобетона, и работа эта по необходимости производится на месте, в самой ролевой; само собой разумеется, что ролл в дальнейшем уже нельзя будет переставлять, если он не сделан (по специальному способу) переносным. При изготовлении ванны из железобетона весьма важно, чтобы внутренняя поверхность ванны была очень гладкой, чтобы движение массы вдоль стенок ванны совершалось легко и без лишнего трения: лучше всего остановиться на облицовке стенок изразцами.

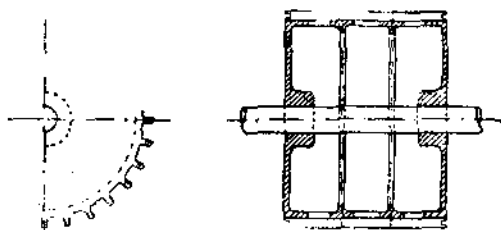


Рис. 34.

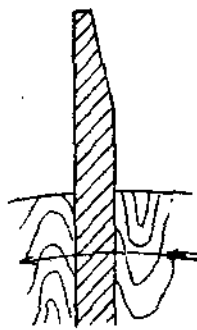


Рис. 35.

При железобетонных ваннах необходимо в целях удобной перемены планок заделать коробку, прочность которой усилена ребрами (рис. 38). Другой способ изготовления ванны ролла заключается в том, что она отливается или целиком из чугуна или же составляется из двух или нескольких чугунных частей.

Кроме правильного построения ванны, для ролла особенно важны конструкции размалывающего барабана и планки. В настоящее время остов барабана отливается обычно в виде полого тела с крепкими приливками для оси барабана и с ребрами внутри для усиления его прочности (рис. 34). По окружности барабана имеются продольные чугунные ребра, расстояние между

которыми таково, что между ними можно поставить несколько—до четырех штук—рольных ножей. У полумассных роллов ножи располагаются по поверхности барабана, обычно группами по четыре ножа (реже по три), при чем всегда такая группа располагается между прочными чугунными ребрами барабана. Эти чугунные ребра имеют от 50 до 60 мм в высоту и от 30 до 35 мм толщиной; заделаны они вверху деревом, ножи размалывающего барабана и планки изготовлены из стали; ширина их 120—130 мм; толщина 8—10 мм; они имеют строганую фаску, так что ширина режущей поверхности составляет 4 мм (рис. 35).

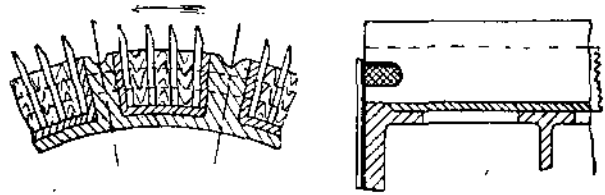


Рис. 36.

Благодаря малой ширине режущей поверхности достигается более интенсивная разработка тряпья барабаном, так как при этом ткань легче разбивается, чем тупыми ножами. Собранные группами ножи с проклад-

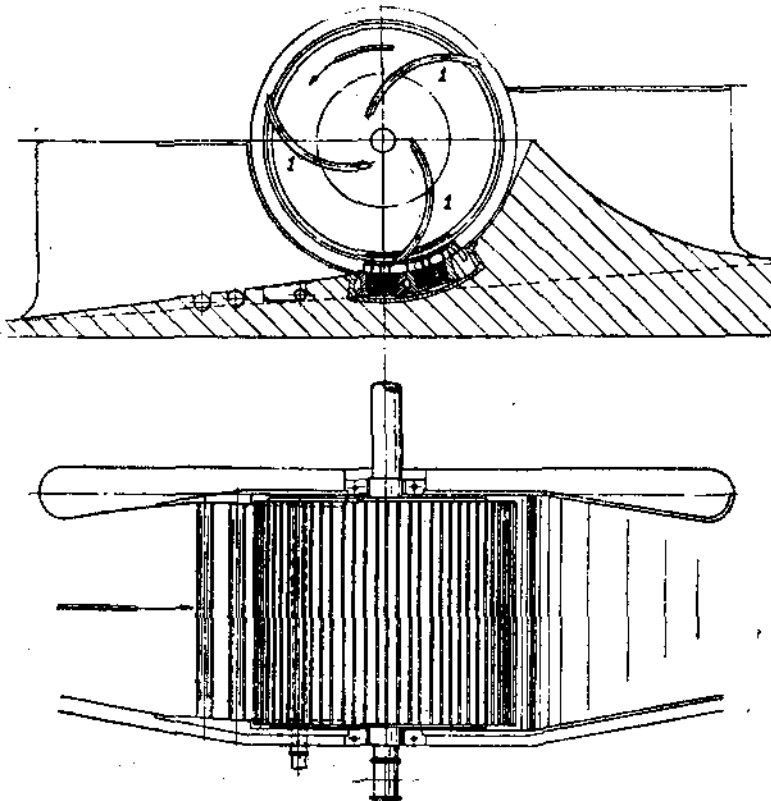


Рис. 37.

ками из букового дерева укрепляются на чугунном остоле параллельно его оси—при помощи железных колец, насаженных на остов в горячем состоянии и сжимающих ножи при остывании. Ножи выступают над деревянными прокладками примерно на 45 мм, и расстояние между ними равно ~50—60 мм; расстояние между группами ножей несколько больше (рис. 36). Благодаря такому расположению ножей образуется

известное количество сравнительно больших ячеек, и это существенно облегчает неразмолотым частицам тряпья поступление в эти ячейки и дальнейшее передвижение их размалывающим барабаном — в отличие от массного ролла, где сравнительно большее количество ножей — обычно, как правило, — распределяется совершенно равномерно по окружности барабана.

Во избежание образования ржавчины необходимо, чтобы торцы барабана были обязательно покрыты шайбами из листовой меди и притом таким образом, чтобы ими закрывались и затяжные кольца. Размалывающий барабан на 50—60 мм уже канала ванны. Чтобы в промежутки между ними не попадало и не заклинивалось тряпье, на торцах барабана укрепляются так называемые, гребля из полосового железа или меди ок. 25 мм в ширину и 15 мм толщиной (рис. 37). Другие меры для предупреждения поступления массы между барабаном и стенками ванны заключаются в следующем. Сужают ширину канала поблизости от рольного барабана до ширины этого последнего W , уменьшенной на 5—10 мм (рис. 37). Этим способом заставляют массу поступать прямо в ячейки барабана; благодаря этому облегчается удаление воздуха в бок из ячеек, чем ускоряется движение массы в ванне ролла.

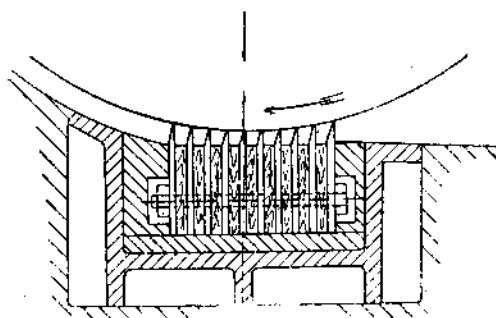


Рис. 38.

Размалывающий барабан насажен на крепкий стальной вал; в том случае, когда ролл назначается для высших сортов бумаги, свободная часть вала, лежащая над ванной ролла покрывается листовой медью для защиты его от ржавчины. Вал барабана вращается в солидно сконструированных подшипниках с кольцевой смазкой (рис. 32), установленных на рычагах, которые при помощи винтов и маховичков могут быть подняты или опущены; кроме того, необходимо предусмотреть такое приспособление, чтобы

во время размала можно было при помощи рычагов и гирь установить требуемое удельное давление барабана. На один из концов вала насажен большой приводной шкив; от другого конца работает привод промывного барабана. Рольный барабан покрыт так называемым рольным колпаком с регулируемым шабером.

Перпендикулярно к оси (под осью) рольного барабана находится у полумассного ролла планка, состоящая из 15—20 стальных ножей, заклиненных в ящике (рис. 38). При применении двух планок, первая лежит непосредственно под осью барабана, а вторая отодвинута по направлению к горке. Ножи планки образуют с ножами барабана угол в 6—7°. Косина эта составляет ок. 50 мм на 1000 мм ширины барабана и необходима для того, чтобы между ножами устанавливалось режущее действие, а также и для того, чтобы ножи барабана не западали между ножами планки. Сама планка состоит из стальных ножей с деревянными прокладками. Высота ножей в середине достигает ~ 120 мм. Толщина деревянных прокладок 7 мм, средних ножей — от 7 до 8 мм, а толщина первого и последнего ножей, снабженных фасками, — 10 мм. Ножи выступают на 15 мм над деревянными прокладками; связка ножей стянута крепкими болтами. Снаружи планка закрыта чугунной крышкой, а для того, чтобы воспрепятствовать возникновению щелей, способствующих накоплению грязи, щель между планкой и крышкой заделывается деревом.

О принятых в настоящее время на практике размерах полумассных роллов дает представление таблица 1.

Таблица 1

Выполненные конструкции полумассных роулон

	Нормальный открытый рола (Фойт)				Рола системы Бессера (Банниг и Зейбольд)			
	3 000	4 500	6 000	8 000	3 000	5 000	6 000	8 000
Емкость ванны, л	3 000	4 500	6 000	8 000	3 000	5 000	6 000	8 000
Загрузка при 5%-ной зарядке кг	150	225	300	400	150	250	300	400
Длина ванны, мм	4 250	5 300	5 600	6 000	4 700	5 300	5 850	6 550
Ширина ванны, мм	1 800	2 300	2 550	2 750	1 970	2 380	2 530	2 860
Высота ванны перед бараб., мм	750	750	900	950	975	1 075	1 125	1 250
Диаметр барабана, мм	1 100	1 350	1 500	1 650	1 200	1 400	1 500	1 700
Ширина барабана, мм	1 000	1 250	1 400	1 500	1 000	1 200	1 300	1 500
Число ножей на барабанах и их толщина, мм	54/10	72/10	80/10	88/10	57/10	63/10	66/10	72/10
Число ножей в планке и их толщина, мм	15/8	15/8	15/8	15/8	16/8	16/8	16/8	20/8
Диаметр промывного барабана и ширина его, мм	1 000/600	1 000/700	1 245/800	1 245/900	1 030/500	1 100/600	1 100/650	1 200/750
Диаметр спускного клапана, мм	250	250	250	250	200	250	250	300
Диаметр грязевого клапана, мм	100	100	100	100	100	100	100	100
Диаметр приводного шкива и ширина его, мм	1 250/200	1 500/300	1 800/300	2 000/300	1 600/150	1 900/200	2 100/250	2 500/350
Число оборотов барабана в мин.	148	120	108	98	135	116	108	96
Окружная скорость барабана, м/сек.	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Потребная энергия, л. с.	15/25	25/35	35/50	40/60	15/25	30/40	35/50	40/60
Длина срезов в м/мин. на 1 м ² емкости рола	40 000	36 200	30 300	24 400	41 000	28 000	24 700	25 800
L — относительная производительность (емкость рола в 8 м ³ принята за 1)	1,84	1,48	1,24	1,0	1,64	1,1	1,0	1,0

За меру производительности ролла можно принять взаимную работу ножей, т.е. число срезов в единицу времени, учитывая при этом длину среза — или, иначе, ширину барабана — и относя эту длину срезов к 1 м³ емкости данного ролла.

Для примера остановимся на указанном в таблице ролле емкостью в 3 м³.

54 ножа барабана × на 15 ножей ланки × 148 об/мин. = 119 880, или
кругло: 120 000 срезов в минуту;

при длине ножей в 1,0 м имеем 120 000 м длины срезов в минуту или
при перечислении на 1 м³ емкости ролла

$L = 120\,000 : 3 = 40\,000$ м длины срезов в минуту на 1 м³ емкости ролла.

Произведя аналогичные вычисления для роллов различной величины получаем следующие данные:

Емкость ролла, л	3 000	4 500	6 000	8 000
Количество метров длины срезов в 1 мин. на 1 м ³ емкости	40 000	36 200	30 300	24 400
относительная производительность, от- несенная к 8 000 л емкости . . .	1,64	1,48	1,24	1,0

Скорость движения массы и размешивание ее в современных полумасных роллах с большими размалывающими барабанами и с сильным падением дна у горки и в обратном канале в настоящее время не оставляют желать лучшего, и мы в праве принять длину срезов в единицу времени на 1 м³ емкости для прямого сравнения производительности роллов, т.е. вышеприведенные данные таблицы дают сравнительно большую производительность для средних и малых роллов, чем для роллов больших объемов. Этот принцип подтверждается и на практике. Там, где волокно должно подвергаться более интенсивной обработке и очень равномерному и очень тонкому размолу, т.е. при обработке тряпья для бумаж высшего качества, всегда отдают предпочтение малому или среднему по емкости роллу, и именно роллам с загрузкой, примерно, от 150 до максимально 250 кг тряпья.

Еще в самом начале было упомянуто, что в полумасных роллах помимо операции размала продолжается и более интенсивная промывка тряпья, так как при разрыхлении ткани и при раздирании проваренных и промытых лоскутков тряпья снова освобождается много сора, осевшего между волокнами, который, конечно, должен основательно отмываться и удаляться. В виду этого необходимо, чтобы промывной барабан был при притоке свежей и чистой воды — если возможно теплой — до тех пор в работе, пока вытекающая из промывного барабана вода не окажется совершенно чистой. Только после такой основательной промывки может начинаться настоящий полумасный размол, иначе никогда не получить чистой массы. Для хорошей полумассы необходимо, чтобы ткани и узелки были абсолютно разбиты на отдельные волокна; кроме того, в зависимости от рода тряпья и от цели применения полумассы, уже в полумасных роллах изготовляют садку и короткую или жирно размолотую и длинную полумассу. По средним данным практики так называемая торговая полумасса требует для ситца приблизительно ~ 5—6 ч. и для холщевого тряпья ~ 8—10 и более часов для размала при роллах с загрузкой ~ 250 кг тряпья. Густота зарядки не должна быть очень большой и для обеспечения хорошего размала не должна превышать 4—5% абсолютно-сухого тряпья (4—5 кг промытого тряпья на 100 л емкости ролла).

3. Мокрая очистка тряпья после размола

В большинстве случаев полумассные роллы 1 стоят в первом этаже (рис. 39); размолотая полумасса спускается в мешальный чан 2, находящийся в подвальном этаже, и разбавляется в нем до 2,5—3% содержания волокна. Размеры чана рассчитываются на емкость 3—4 полумассных роллов. Плунжерный насос с шаровыми клапанами поднимает массу на песочницу в верхнем этаже, на ту же высоту или же несколько выше, на которой стоят полумассные роллы. Перекачанную полумассу с 2,5—3-процентным содержанием волокна необходимо разводить в достаточно большом мешальном ящике 4 до 0,4—0,5-процентного содержания массы и затем уже направлять ее в самый канал песочницы. Песочница представляет собой деревянный желоб, примерно, от 0,7 до 0,8 м в ши-

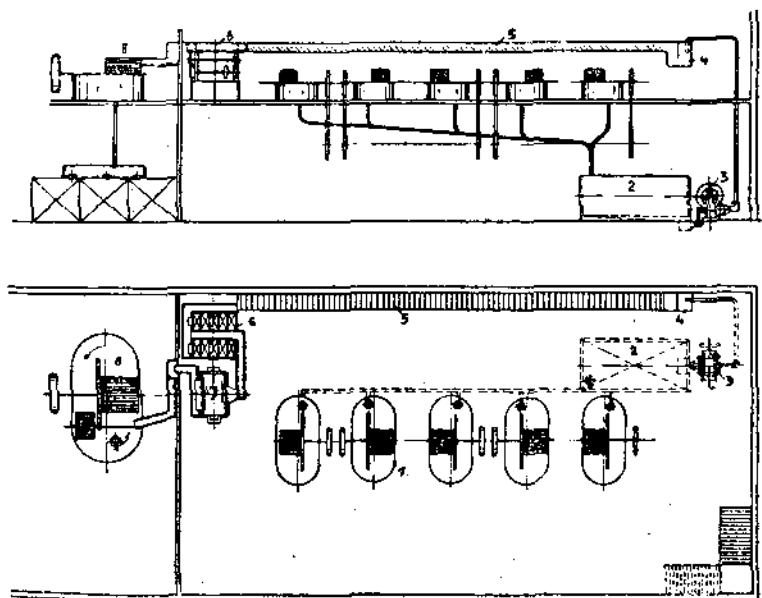


Рис. 39.

рину и от 15 до 35 м в длину с рейками высотой в 6—7 см, при чем глубина канала составляет от 0,2 до 0,25 м, вследствие чего разбавленная масса протекает над рейками слоем ~100 мм. Скорость движения массы не должна превышать 10—12 м/мин. Такой песочницы вполне достаточно для производства (максимально) 3000 кг воздушно-сухой полумассы в сутки. В конце песочницы устанавливаются еще 1—2 обыкновенных плоских узлоловителя с широкими прорезами для задержания неразбитых узелков массы.

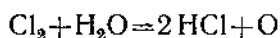
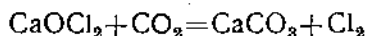
Очищенную массу отводят в белильные роллы 8. Для того чтобы сильно разведенная полумасса попала в белильные роллы более густой, целесообразно устанавливать в конце песочницы, за узлоловителями, обезвоживающие или промывные барабаны 7. Таким сгущением полумассы достигается сокращение времени заполнения белильного ролла, и таким образом выигрывается время для удлинения самого процесса отбелки.

Потери полумассы при промывке и размоле можно принять в пределах от 8 до 11%, т.е. выход после размола $\eta_{\text{м}}$ составляет от 0,89 до 0,92 от количества вареного тряпья.

И. Отбелка.

Общие замечания относительно отбелки и белящих средств

Под отбелкой тряпичной полумассы и целлюлозы подразумевается процесс химического характера, во время которого волокнистый материал подвергается окисляющему воздействию таким образом, чтобы клетчатка волокна сохранялась, а содержащиеся в нем лигнин и загрязнения отчасти совершенно разрушались, отчасти же уничтожались бы присущая этим веществам окраска. Разрушение частиц волокна влечет за собой некоторую неизбежную для всякого процесса белиения потерю волокна. Окисляющим средством в нашей промышленности является почти исключительно хлор. При применении, например, растворов белильной извести, процесс окисления выражается следующими формулами:



Углекислота воздуха освобождает кислород, вследствие чего энергичное движение массы в белильных роллах имеет такое громадное значение.

Применение хлора возможно по одному из следующих методов:

1) Хлорным газом, полученным из перекиси марганца и соляной кислоты.

2) Растворами белильной извести (гипохлорит кальция), полученными из покупной белильной извести.

3) Жидким хлором, который доставляется в бомбах или цистернах:

а) способом непосредственного введения жидкого хлора из бомб в белящую массу;

б) способом косвенного применения жидкого хлора, когда последний из бомб или из цистерн вводится в известковое молоко и таким образом готовится раствор гипохлорита кальция.

4) Хлором, полученным электролитическим путем:

а) непосредственным методом получения гипохлорита натрия при разложении соляного раствора электрическим током;

б) косвенным методом, когда электролизом в диафрагмовых аппаратах получается, с одной стороны, хлор, с другой — едкий натр: полученный хлорный газ идет на образование растворов гипохлорита кальция или натрия.

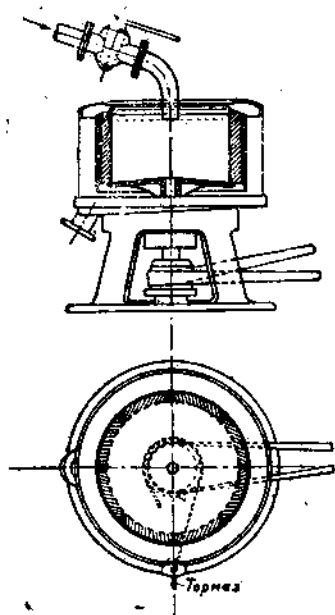


Рис. 40.

1. Отбелка газообразным хлором

Газовая отбелка была известна и применялась уже давно. Она была оставлена, вследствие ее неудобства и ненадежности. Кроме того, эта газовая отбелка требовала еще дополнительной „мокрой“ доделки, так как отбелку хлорным газом нельзя было доводить до конца из-за опасения „перебелки“ и разрушения волокна.

В реторты загружались перекись марганца и соляная кислота, и образующийся от взаимодействия этих веществ хлорный газ проводился в обложенные свинцом камеры, где помещалась полученная в виде отпрессованных плит подлежащая отбелке полумасса.

Такие плиты получались при спускании 3-процентной полумассы из чана в центрофуги, в которых она обезвоживалась (рис. 40).

2. Отбелка растворами белильной извести

(Гипохлоритом кальция)

Большое распространение получила отбелка растворами хлорной извести. При переработке калийных и натриевых солей хлорный газ получается в виде побочного продукта; его вводят в порошкообразную известь, и полученный продукт поступает в продажу под названием хлорной извести. В продаже имеется хлорная известь частично как 110-процентная по Гей-Люссаку с содержанием $\sim 34,95$ (в круглых числах 35%) активного хлора, частично же как 100-процентная с содержанием $\sim 31,78\%$ активного хлора; пересылается она в деревянных бочках. Для производства хлорную известь сильно растирают с водой в особо устроенных аппаратах и переводят ее в раствор, который при разбавлении водой отводится в большие цементные бассейны. Таким образом получают слабые растворы, содержащие ~ 30 г хлорной извести в 1 л или ~ 10 г активного хлора. Крепость белильных растворов колеблется на разных фабриках приблизительно в пределах от 6 до 10 г и более активного хлора в 1 л. В зависимости от величины отбельной необходимо иметь достаточное количество отстойных баков, чтобы хлорная известь могла хорошо осесть и в производство поступали прозрачные растворы. Во избежание потерь хлора необходимо расположить бассейны, вмещающие запасы белильного раствора на несколько дней, в холодных и темных помещениях. Остатки хлорной извести в отстойных бассейнах должны выщелачиваться свежей водой. Вода после выщелачивания, получив известное содержание хлора, идет снова на растворение белильной извести. При применении хлорной извести известные потери неизбежны, так как уже временное хранение бочек на солнце или в сырой атмосфере вызывает значительные потери хлора. Рядом исследований относительно потерь в хлоре при применении хлорной извести можно было установить, что потери активного хлора доходят до 9%.

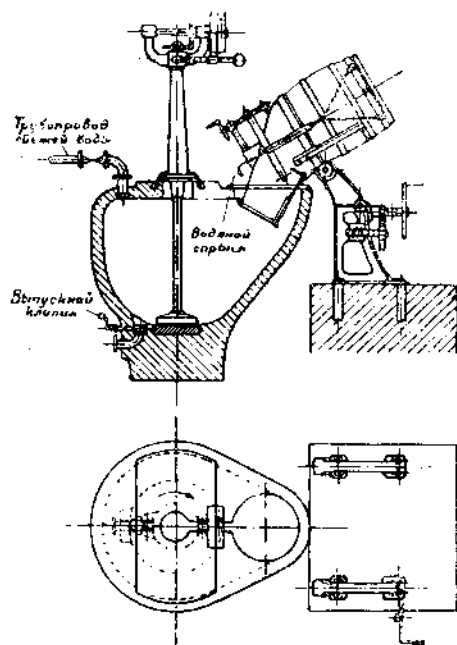


Рис. 41.

При переработке сравнительно больших количеств хлорной извести необходимо, чтобы приспособления для изготовления белищих растворов отвечали требованиям охраны труда и наивыгоднейшему использованию хлора.

Особенно важно производить выщелачивание пылеобразной хлорной извести из бочек таким образом, чтобы не пострадало здоровье обслужи-

вающего персонала. Приняты были все меры, чтобы конструкция аппаратов для растворения хлорной извести отвечала указанной цели. Аппарат для растворения и опораживания бочек (рис. 41) машиностроительного завода И. М. Фойт состоит из закрытого со всех сторон бетонного чана и мешалки, вал которой получает движение сверху ($n=120$ мин) с маленьким крыльчатым колесом внутри чана. Во время опрокидывания бочки пыль сбивается вниз водой из особой брызгалки. Аппарат строится для бочек диаметром от 550 до 800 мм и емкостью в 2000—3000 л.

Другой очень хороший растворитель хлорной извести (рис. 42) фирмы С. Д. Бракер по сист. Цельль, состоит из железной ванны длиной 2000 мм, шириной 1500 мм и глубиной 1300 мм; емкость его—2000 л. В ванне вращается со скоростью 15 об/мин. закрытый со всех сторон железный, продырявленный барабан с опрокидывающейся крышкой; внутри барабана имеются ударные планки.

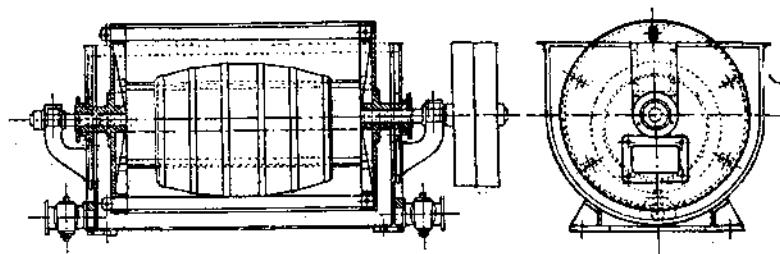


Рис. 42.

Одна из деревянных крышек бочки с хлорной известью открывается приблизительно на $\frac{1}{4}$, бочка опускается при помощи тали в барабан, крышка последнего закрывается, ванна заполняется водой и барабан приводится в движение. Бочка ударяется о планки внутри продырявленного цилиндра и в кратчайший срок совершается полное растворение хлорной извести. Деревянные и прочие нерастворимые части легко вынимаются из аппарата. Раствор спускается через кран. Расход силы ~ 3 л. с.; при этом способе растворения распыливание хлорной извести не может иметь места.

Приводим описание устройства для приготовления растворов белильной извести (рис. 43) для белины 20 000 кг целлюлозы в 24 ч., выполненного фирмой бр. Бельмер в Ниферне.

В особом помещении шириной $\sim 12,5$ м и длиной ~ 16 м установлен на некотором возвышении растворитель хлорной извести с опрокидывающим приспособлением для бочек, при помощи которого подаваемые подъемником бочки опоражниваются, по возможности, без образования пыли, в мешальный чан, емкостью ~ 4000 л, в котором хлорная известь растворяется водой. Под мешальным чаном поставлен рафинер с базальтовыми камнями диаметром ~ 800 мм и вертикальным валом, в котором нерастворившиеся в мешальном чану частицы хлорной извести энергично размалываются. Несколько ниже рафинера и сбоку от него расположен чан емкостью ~ 13 м³ нетто; здесь раствор хлорной извести сильно разбавляется. Из этого чана белильный раствор перекачивается бронзовым насосом в так называемые маятниковые чаны длиной ~ 4 м, шириной $\sim 3,8$ м и высотой ~ 2 м; емкость их ~ 32 м³. Таких чанов имеется четыре, и одного из них достаточно для отбели 5000 кг полумассы. На небольших предприятиях устанавливается по крайней мере два таких маятниковых

чана; этим обеспечивается возможность очистки их поочередно. Разбавленные до желаемой степени содержания хлора, хорошо размешанные и отстоявшиеся светлые растворы спускаются затем при помощи опрокидных труб с медными поплавками в расположенные ниже запасные чаны. Остатки хлорной извести в маятниковых чанах выщелачивают как можно полнее свежей водой, идущей затем на растворение новых партий извести. Нерастворимый остаток вывозится на свалку.

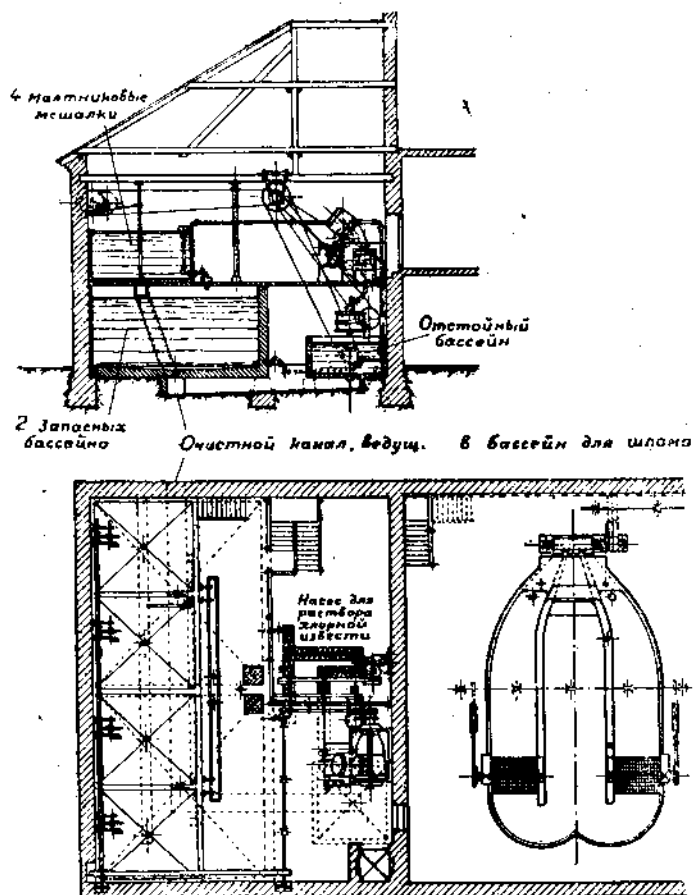


Рис. 43.

Готовые белильные растворы сохраняются под маятниковыми чанами в запасных чанах. Последние должны быть расположены в холодном помещении и совершенно закрыты. Емкость их рассчитана, исходя из 3—3½-дневной потребности. Для описываемой установки достаточно двух запасных чанов по $7,6 \times 7,0 \times 3,3 \text{ м} = 175 \text{ м}^3$ брутто $= 170 \text{ м}^3$ нетто емкости, всего 340 м^3 . Для отбелки 20 000 кг целлюлозы требуется в среднем $\sim 3000 \text{ кг}$ хлорной извести в сутки; при содержании 30 г хлорной извести в 1 л, это количество соответствует (в круглых числах) 100 м^3 раствора в сутки; 340 м^3 раствора хватит, следовательно, на 3½ дня.

Отделение для изготовления растворов белильной извести, идущей исключительно для тряпичной полумассы, конечно, не бывает таких размеров, как для сульфитной целлюлозы. Полумассное отделение, перерабаты-

вающее в сутки $\sim 3\,000\text{--}5\,000$ кг с выходом полумассы в $2\,000\text{--}3\,500$ кг, считается уже большим. Для таких отделений соответственно уменьшается и вся аппаратура.

Патрубок, к которому присоединяется бронзовый насос, для подачи белильных растворов из железобетонных запасных чанов в мерники над роллами, лежит на высоте, примерно, 200 мм от дна бассейна, чтобы насосом забирались для производства совершенно чистые растворы. Кроме этого патрубка, в каждом чану имеется еще отдельный патрубок для чистки его. Мерники для белильных роллов изготавливаются из железобетона иногда из дерева, выложенного свинцом; мерники имеют сравнительно большую высоту, т. е. маленькое основание, чтобы, таким образом, получить на измерительной шкале большие деления; от движения поплавка в мернике по этой шкале передвигается стрелка.

Пример. Пусть емкость белильного ролла 5 000 кг массы и для отбелики требуется 5% активного хлора на 1 кг массы, а белильный раствор содержит 15 г активного хлора в 1 л, то

$$Q = \frac{5\,000 \cdot 5}{15} = 1\,666,6 = 1\,670 \text{ л}$$

белильного раствора для одного белильного ролла.

Мерник строится емкостью по крайней мере в 4 м^3 с основанием, примерно, в 2 м^2 и полезной высотой в 2 м; 1 см деления шкалы соответствует в этом случае 20 л жидкости.

При отбелике хлорной известью к концу отбелики прибавляют в ролл, в целях лучшего использования хлора, немного кислоты — серной или угольной. В среднем достаточно 1% и максимально 1,5% серной кислоты; серная кислота прибавляется к белящейся массе очень медленно и после сильного разведения водой. При разбавлении кислоты водой — кислота вливается в воду, а не наоборот. Белильный раствор должен приливаться в полумассу медленно и очень равномерно. Для этой цели поперек ванны ролла кладут узкий, выложенный свинцом деревянный жолоб, из которого раствор медленно и равномерно сливается в массу.

Во избежание потерь в полумассе следует прибавлять разбавленную кислоту крайне медленно, пуская ее только по каплям из второго узкого, выложенного свинцом жолоба, на дне которого для медленного стекания кислоты по каплям имеется ряд соответствующих отверстий.

Процесс отбелики чаще всего протекает при подогреве содержимого ролла до 40° ; для такого подогрева требуется от 0,8 до 1 кг чистого, без содержания масла, пара от 0,5 до 1 атм. изб. на каждый килограмм отбеливаемой массы при густоте зарядки ролла в 7—8%. Чем выше густота зарядки, тем ниже расход пара для нагрева, так как теплоемкость массы составляет лишь $\frac{1}{3}$ удельной теплоемкости воды.

Расход хлорной извести составляет в зависимости от сорта массы и от желаемой степени белизны 12—15% от веса белевой тряпичной полумассы.

Расчет пара на отбелику

Пример. Производительность 10 000 кг воздушно-сухой целлюлозы за один оборот.

Один оборот 10 ч.

Нагревание белящейся массы от 15 до 40°

Густота зарядки ролла 6 и 8%.

Теплоемкость абсолютно-сухой целлюлозы 0,34

10 000 кг воздушно-сухой целлюлозы $= 10\,000 \cdot 0,88 = 8\,800$ кг
абсолютно-сухой целлюлозы.

При 6-процентной зарядке		При 8-процентной зарядке	
Общее содержимое рола	148 700 кг	110 000 кг	
Абсолютно-сухой массы	8 800 "	8 800 "	
Количество воды в роле	137 900 кг	101 200 кг	
На нагревание абсолютно сухой целлюлозы:			
$Q_1 = 8\,800 \cdot 0,34 \cdot (40 - 15) = 74\,800$ кал.		74 800 кал.	
Нагрев воды требует:			
$Q_2 = 137\,900 \cdot 1 \cdot (40 - 15) = 3\,447\,500$ кал.		$101\,200 \cdot 1 \cdot (40 - 15) = 2\,530\,000$ кал.	
Нагревание всего содержимого рола требует:			
$Q_1 + Q_2 = 3\,522\,300$ кал.		2 604 800 кал.	
Теоретическое количество пара (при применении пара 0,5 атм. изб. давления имеем в распоряжении $644,5 - 40 = 604,5$ кал/кг)		0,43 кг на 1 кг воздушно-сухой целлюлозы	
При потере 10% на лучеиспускание и нагрев самого рола, на 1 кг воздушно-сухой целлюлозы		0,48 кг на 1 кг воздушно-сухой целлюлозы	
Практический расход при 10% потери в паропроводах		0,55 — 0,6 кг на 1 кг воздушно-сухой целлюлозы.	

3. Отбелка жидким хлором

а) Непосредственная отбелка жидким хлором

Только в небольших полумассных отделах пользуются методом непосредственного применения жидкого хлора, доставляемого химическими заводами в бомбах при сравнительно высоком давлении содержимого в них —

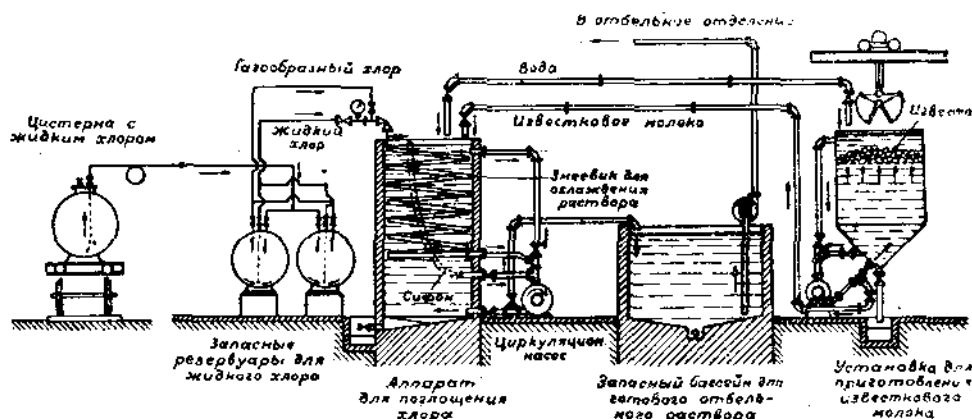


Рис. 44.

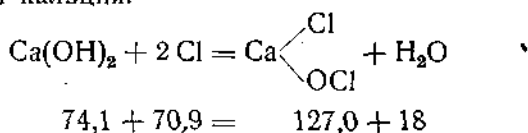
от 4 до 10 атм. изб. Хлор из бомб следует вводить в белящуюся массу с большой осторожностью. Такой метод работы, однако, не следует рекомендовать, так как потери хлора неизбежны, и клетчатка волокна слишком страдает от образующейся в сравнительно большом количестве соляной кислоты.

б) Косвенная отбелка жидким хлором

При изготовлении гипохлорита кальция при помощи жидкого хлора на практике вполне оправдало себя следующее устройство Баденской анилиновой и содовой фабрики в Людвигсгафене на Рейне (рис. 44).

Жидкий хлор переводится из вагонных цистерн в хлорохранилище, откуда его берут для хлорирования известкового молока. Последнее перекачивается из чана для гашения извести в чан для хлорирования, где при помощи центробежного насоса поддерживают циркуляцию раствора. Само хлорирование производится следующим образом. Жидкий хлор доводится до регулирующего крана, расположенного у верхней кромки чана для хлорирования. Отсюда хлор поступает в виде тонкой струи в расположенный внутри этого чана змеевик; при прохождении через змеевик хлор теряет давление и постепенно переходит при охлаждении в газообразное состояние. Это понижение температуры используется впоследствии для компенсации той теплоты, которая развивается во время реакции при введении хлорного газа в известковое молоко. Такое охлаждение необходимо, так как при температуре выше, примерно, 35° гипохлорит переходит в хлорноватокислую соль и, таким образом, теряет свое значение для белиenia. Хлор выходит из змеевика в газообразном виде и поступает в засасывающую трубу насоса, где поглощается циркулирующим известковым молоком. Как только содержание активного хлора в растворе достигнет желательной степени, приток хлора и действие насоса останавливаются. Полученная жидкость молочного цвета осаждается, после чего совершенно прозрачный раствор отводится сифонной трубой в запасные чаны, для чего может быть использован центробежный насос. Осадки из известкового молока очень незначительны, так как оно может быть хлорировано почти до насыщения; осадки остаются в чану для хлорирования и могут быть хлорированы дальше при следующей заготовке раствора.

Теоретически на 70,9 частей хлора требуется для насыщения 74,1 части водной окиси кальция:



или 74,1 Ca(OH)_2 требует 56,1 CaO (едкой извести) или 100 кг CaO соответственно = 126,4 кг хлора.

Но так как техническая жженая известь не бывает 100-процентной, то практически хлорное число ниже; так, например, 100 кг имеющейся обычно в продаже 85-процентной едкой извести требуют лишь 107,4 кг хлора. Кроме того, всегда оставляют незначительный процент едкой извести ненасыщенным, чтобы растворы имели щелочную реакцию. Таким образом, в общем можно принять, что практически в реакцию вступают одинаковые количества хлора и едкой извести.

Концентрация подлежащего хлорированию известкового молока, зависит от количества активного хлора, которое должно будет содержаться в белильном растворе. Если, например, желательно получить белильный раствор, содержащий 50 г активного хлора в 1 л, то практически известковое молоко должно при указанных выше условиях содержать также 50 г едкой извести (85-процентный товар) или же теоретически иметь в 1 л 39,5 г CaO (100-процентный товар).

Величина чанов для хлорирования зависит от потребного количества белильных растворов и содержания активного хлора в последних. Нормально приготавливаются растворы, содержащие ~50 г активного хлора в 1 л. Продолжительность хлорирования (~6—8 ч.) зависит от условий производства. Отсюда можно определить, например, величину чана для хлорирования, предназначенного для приготовления белильных растворов на 10 000 кг целлюлозы в сутки.

Пример. Принимая нормальный расход хлора в 5%, определим потребность для 10 000 кг целлюлозы в 500 кг активного хлора; это соответствует 10 000 л белильного раствора с содержанием 50 г активного хлора в 1 л. Полезная емкость чана для хлорирования должна, следовательно, составлять 10 м³, если он ежедневно делает лишь один оборот.

4. Приготовление хлора электролитическим путем

В начале нынешнего столетия в бумажном производстве успешно вводилось применение белильных растворов, полученных при помощи электролиза; в настоящее время имеются уже испытанные методы электролитического получения растворов, которые в практическом и экономическом отношении вполне себя оправдали.

Различают (в принципиальном отношении) две системы электролиза:

а) разложение электролитическим путем поваренной соли и получение раствора гипохлорита натрия, который при белинии так же активен, как и раствор белильной извести, т.е. гипохлорита кальция;

б) разложение поваренной соли в аппарате с диафрагмой и получение едкого натра, газообразного хлора и водорода. Содержащий соль раствор едкого натра можно выпаривать, освобождать от соли и применять в целлюлозном производстве или же продавать; кроме того, получается еще газообразный хлор, который на наших фабриках или отводится в известковое молоко для приготовления гипохлорита кальция, или же перерабатывается вместе с соляным раствором едкого натра в гипохлорит натрия. Освобождающийся водород находит применение только на химических заводах.

Необходимыми предпосылками для введения электролитического белиния, для которого обязательно наличие постоянного тока, являются: или очень дешевая энергия, или очень дешевая соль.

а) Приготовление гипохлорита натрия путем электролиза

Еще в 1903 г. автор этой книги имел возможность ознакомиться с бывшим тогда в ходу подобным производством в Гернсбахе. Почерпнутый опыт дал возможность основательно разработать проект изготовления белильных растворов при помощи электролиза для крупной бумажной фабрики. Выполнению проекта, однако, помешало выгодное положение этой фабрики по отношению к тогдашнему центру выработки хлорной извести в Биттерфельде. Время доказало, что изготовление белильных растворов электролитическим путем относится к тем производствам, которым необходимо уделить достаточное внимание. Вот некоторые преимущества так называемого электролитического белиния.

Значительно лучшее использование хлора, чем при применении хлорной извести. Значительная простота производства, так как не требуется никаких складов для хлорной извести, нет вредной для здоровья пыли, нет остатков извести, содержащих хлор, и на ряду с этим — получение очень чистых белильных растворов.

Приготовление растворов гипохлорита натрия основано на разложении обыкновенной соли, т.е. 11—15-процентного соляного раствора посредством аппаратов постоянного тока (ячеек), изготовляемых из песчаниковых или глазированных каменных плит. В эти так называемые „электролизеры“ (продолговатые или квадратные) наливают холодный, прозрачный соляной раствор, где он соприкасается с электродами и где происходит разложение

соли электрическим током. На катоде выделяется натрий, образующий водную окись (NaOH), а на аноде получается хлор, соединяющийся с водной окисью натрия, образуя „гипохлорит натрия“ (NaOCl), т.е. искомый белильный раствор. Применяемые электроды в различных системах электролизеров различны; кроме того, отдельные электролизеры отличаются крепостью получаемых в них белильных растворов, т.е. содержанием

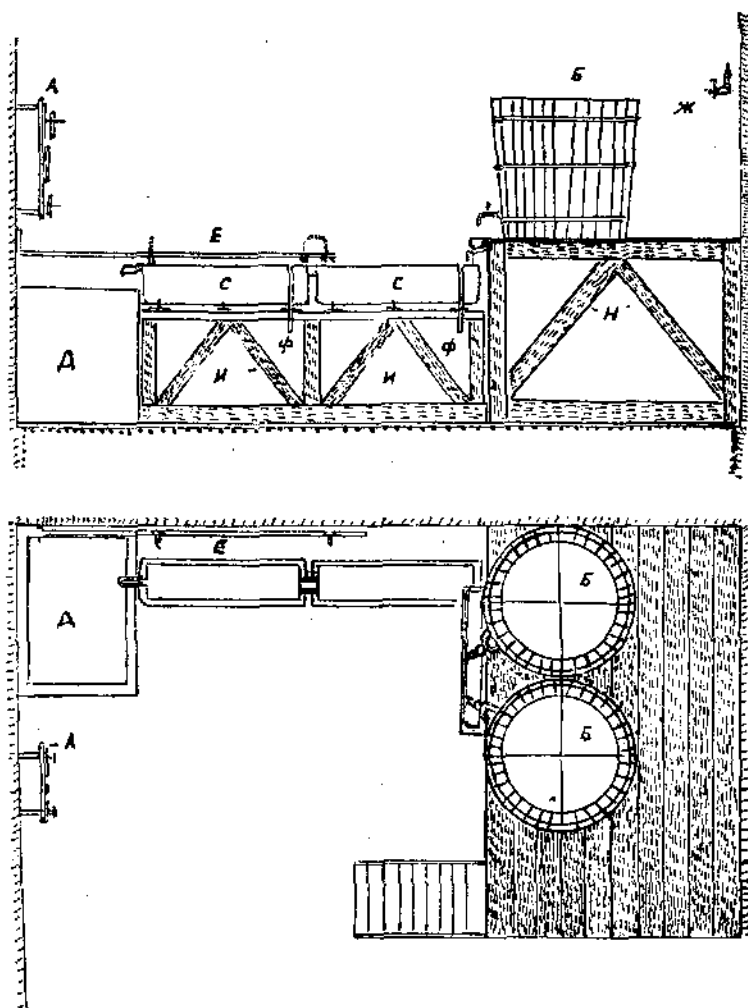


Рис. 45.

активного хлора в литре раствора. Из аппаратов, обращавшихся до настоящего времени в производстве, для наших целей особенно пригодны:

- 1) система Сименс и Гальске с платиновыми электродами (по д-ру Кельнеру);
- 2) система Шуккерт и К° с платиново-угольными электродами (т.е. платина для анодов, а уголь для катодов).

Обе системы дают возможность приготовления растворов с содержанием от 18 до 20 г активного хлора в 1 л.

Вся установка для электролиза заключается, примерно, в следующем. Прохладное помещение, допускающее хорошее проветривание, аппараты для приготовления прозрачного соляного раствора, перепускной бак, электролизеры с охлаждением водой для поддержания температуры растворов в 23—25°; у аппаратов, построенных по сист. д-ра Кельнера, имеются еще циркуляционные насосы для растворов, распределительный щит с измерительными приборами, электрическая проводка, запасные чаны для готового белильного раствора. На рис. 45 приведено простейшее устройство для получения белильных растворов по сист. Сименс и Гальске.

Прибавлением в ванну электролизеров особых веществ достигается образование у отрицательного электрода известного осадка, действующего наподобие диафрагмы и имеющего для производительности аппаратов существенное значение.

У электролизеров сист. Сименс и Гальске прибавляют для указанной цели ализариновое масло и хлористый кальций; для электролизеров сист. Шуккерт применяются особые смоляные палочки и хлористый кальций.

Производительность отдельных электролизеров при включении их на постоянный ток в 110 V указана в таблице.

1. Система Сименс и Гальске

Тип	Расход энергии		Производительность за 22 ч.		Расход соли кг	Активный хлор, г/л
	A	kW	щелока, л	активного хлора, кг		
20/9	30	3,3	600	12	90	20
30/9	45	4,95	900	18	135	20
40/9	60	6,6	1 200	24	180	20
50/9	75	8,25	1 500	30	225	20
60/9	90	9,9	1 800	36	270	20
70/9	105	11,55	2 100	42	315	20
80/9	120	13,20	2 400	48	360	20

Для белильного раствора с содержанием 20 г активного хлора в 1 л требуется для получения 1 кг активного хлора 6,00 kWh и 7,5 кг соли.

2. Система Сименс-Шуккерта

Тип	Расход энергии		Производительность за 20 ч.		Расход соли кг	Активный хлор, г/л
	A	kW	щелока, л	активного хлора, кг		
C/20	20	2,2	320	5,8	36	18
C/30	30	3,3	490	8,8	55	18
C/40	40	4,4	680	12,2	76	18
C/50	50	5,5	840	15,2	94	18
C/70	70	7,7	1 200	21,6	132	18
C/90	90	9,9	1 520	27,4	170	18
C/110	110	12,1	1 800	33,5	205	18
C/130	130	14,3	2 200	39,6	240	18
C/150	150	16,5	2 540	45,7	280	18

Для белильного раствора, содержащего 18 г активного хлора в 1 л требуется для получения 1 кг активного хлора 6,2 кг соли и 7,25 kWh.

В настоящее время электролизеры для непосредственного приготовления растворов гипохлорита натрия едва ли могут иметь какое-либо значение для бумажных фабрик, так как расход хлора у них обычно довольно значителен, и вся установка для непосредственного получения гипохлорита

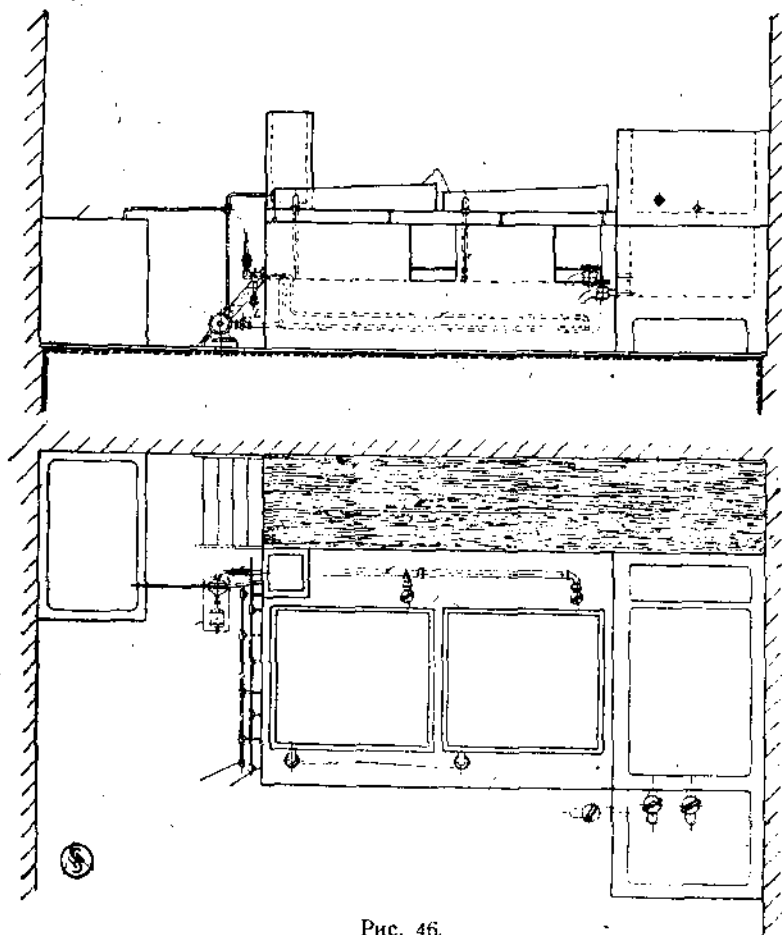


Рис. 46.

становится относительно дорогой, не говоря уже о том, что расход энергии и соли на 1 кг активного хлора значительно выше, чем у описанной ниже сист. Сименс-Билдигер. Первоначальные затраты на большую установку для обеих систем приблизительно одинаковы.

Получение хлора и едкого натра посредством электролиза

Этот чрезвычайно выгодный способ был введен в конце прошлого столетия сначала в химическую промышленность, а отсюда — в целлюлозное и бумажное производство. По данным фирмы Сименс и Гальске, общий расход энергии для электролитического разложения поваренной соли на едкий натр и хлор достигал в 1890 г. ~400 л. с.; в настоящее же время он выше 100 000 л. с. Крупные фабрики бумажной промышлен-

ности ныне работают именно по этому способу; он же является и основой де Веновского (de Vains) способа получения целлюлозы из соломы. Усовершенствованием этого метода мы обязаны д-ру Жану Биллитеру (Jean Billiter) в Вене при содействии Акц. Об-ва Сименс и Гальске в Берлине; теперь он носит название „способа Сименс-Биллитера“.

Способ Сименс-Биллитера

В закрытый электролизер (рис. 47) непрерывно поступает сверху свежий и прозрачный соляной раствор; у анодов ванны (графит) образуется свободный газообразный хлор, удаляемый по трубе 5; у катодов (проволочная сетка, покрытая асбестовым полотном) получается едкий натр,

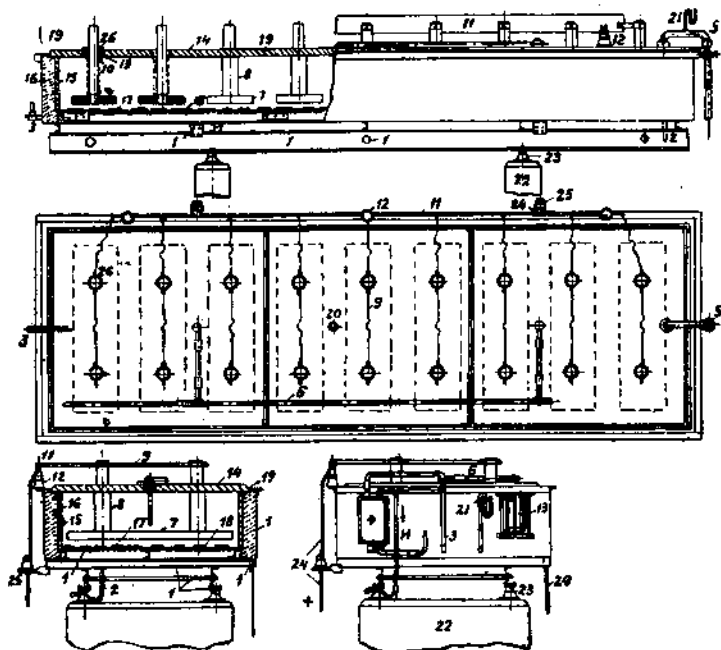


Рис. 47.

вытекающий по трубе 2; одновременно освобождается водород, уходящий через трубу 3. Положительный полюс постоянного тока подводится сверху к анодам (графит), а отрицательный полюс соединяется с днищами камер ящиков, являющимися катодами. Конструкция аппарата совершенно ясна из рис. 47.

Аппарат состоит из следующих частей. Плоский ящик 1 из железа, длиной 5 700 мм, шириной 1 500 мм, внутри выложен слоем бетона, а сверху покрыт крышкой 14 из каменной плиты, плотно заделанной при помощи глино-асфальтовой замазки 19. В крышке имеются: трубопровод для соляного раствора 6, гончарный трубопровод для хлора 5 и закрепы для графитовых анодов 7 и 8. На расстоянии нескольких сантиметров над днищем ящика натянута (горизонтально) сетка из железной проволоки, соединенная при помощи проводника с ящиком. Сетка покрыта асбестовым полотном 17 и служит катодом. На асбестовое полотно наносят тонким слоем пасту из сульфата бария и асбеста 18, и этот слой образует собой диафрагму. Между проволочной сеткой и дном ящика лежит отвод для водорода через трубу 3. Едкая щелочь вытекает из электролизера через трубу

2, снабженную сифоном. Вся ванна лежит на балках, опирающихся на изоляторы 23 и на каменные устои 22.

Нормальное напряжение тока в аппарате составляет 4 V. Число электролизеров выбирается по нормальному напряжению постоянного тока т.-е. 110 или 220 V; включается последовательно 26 или 27 ванн, т.-е. от 104 до 108 V, или 54 ванны по 4 V, т.-е. 216 V. В отношении потребления тока величина ванны колеблется до 2000 A на ванну; выгоднее выбирать ванны больших размеров, так как они сравнительно дешевле чем маленькие; но в каждом отдельном случае необходимо определить правильный размер ванны.

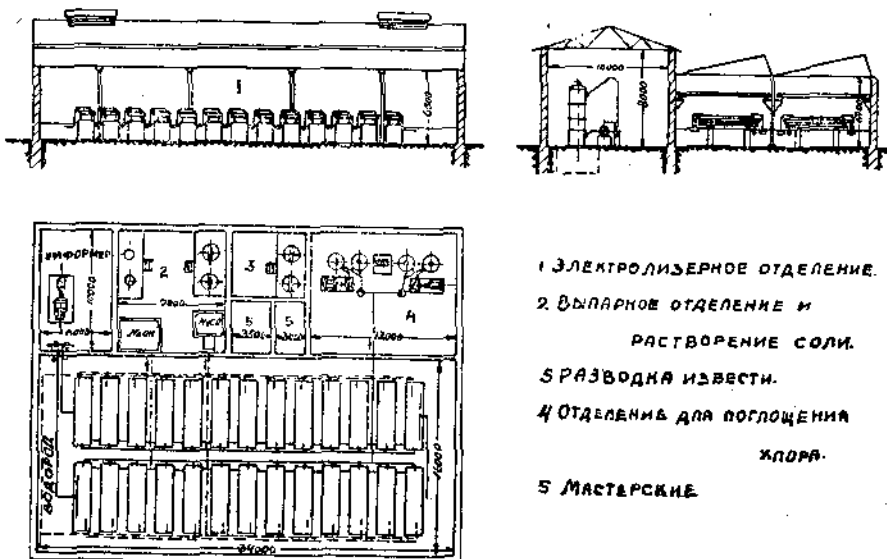


Рис. 48.

Полученная едкая щелочь содержит кроме 125 г NaOH еще ~140 г NaCl в 1 л. В виду этого для полного использования установки можно поступать различно:

1. Хлорный газ перерабатывается при помощи известкового молока в гипохлорит кальция, а раствор едкого натра выпаривается в выпарных аппаратах примерно до 45° Be, причем удастся получить обратно соль и уменьшить таким образом расход соли.

2. Хлорный газ перерабатывается с едкой щелочью в гипохлорит натрия; хотя при этом и повышается расход соли, но зато не требуется выпарных аппаратов.

Образующийся водород большей частью не утилизируется на бумажных и целлюлозных фабриках.

Установка аппаратуры для получения хлора и едкого натра (рис. 48) для отбелки на целлюлозном заводе производительностью 10 000 кг воздушно-сухой целлюлозы за сутки может быть рассчитана по системе Сименс-Биллитера на следующих основаниях: 10 000 кг целлюлозы требуют от 400 до 500 кг активного хлора в сутки.

Устанавливается 26 ванн системы Сименс и Гальске нормально на 650 A, которые включаются при $26 \times 4 \text{ V} = 104 \text{ V}$ на постоянный ток в 110 V. Динамо для питания электролизеров вместе с вспомогательной аппаратурой выбирается, по крайней мере, на длительную нагрузку 750 A с регулировкой напряжения от 100 до 120 V.

А. Производительность ¹⁾.

Все 26 ванн, каждая на 650 А и 4 V, дают за сутки (24 ч.)
 ~ 480 кг хлорного газа,
 ~ 4,4 м³ соляного раствора едкого натра, содержащего
 ~ 125 г NaOH и 140 г NaCl в 1 л, в круглых числах—550 кг NaOH.
 ~ 160 м³ водорода.

Б. Расход энергии

Средний расход энергии составляет:

на электролизеры 650 А при 110 V	71,5 kW
на потерю энергии, насосы, вентиляторы и т. д.	13,5 „
Всего	85 kW

Метод I. Переработка хлорного газа на гипохлорит кальция и выпаривание соляного раствора едкой щелочи (т.е. приготовление чистого NaOH и регенерация NaCl).

а) Расход соли. Для указанного (А) дневного производства необходимо ~ 4800 л соляного раствора, содержащего от 280 до 290 г NaCl в 1 л, всего, следовательно, 1400 кг соли. Из этого количества при электролизе разлагается электрохимически только 800 кг. Неразложившийся остаток в 600 кг остается в вытекающей едкой щелочи в растворе и при выпаривании получается почти целиком обратно. Имея в виду 10% потерь при транспорте, растворении и выпаривании, потребность соли определяется в 900 кг в сутки.

б) Пар. Полученные 4,4 м³ (24 ч.) соляного раствора едкой щелочи, содержащего 125 г NaOH и 140 г NaCl в 1 л [всего, следовательно, 550 кг NaOH (24 час.)], сгущаются в выпарных аппаратах до 45° Вё. Для выпаривания щелочи ежедневно требуется ~ 5000 кг пара, давлением в 2—3 изб. атм. Едкий натр при этом упаривается и получается довольно чистым (с содержанием 1—2% NaCl) в виде щелока, содержащего ~ 45% NaOH.

в) Известь. Из 480 кг хлорного газа (24 ч.) получается при технически правильном обслуживании аппаратов ~ 440 кг активного хлора в виде гипохлорита кальция, при чем потеря при этом составляет 5—8%. Раствор гипохлорита обычно готовится с содержанием 40 г активного хлора в 1 л, т.е. за 24 ч. получают 11 м³ белильного раствора. Для этого необходимы 11 м³ известкового молока, содержащего 50 г в 1 л хорошей извести [всего, следовательно, 550 кг извести (24 ч.)].

Метод II. Хлорный газ перерабатывается с соляным раствором едкой щелочи в гипохлорит натрия (следовательно, без приготовления NaOH).

а) Расход соли. Так как при приготовлении гипохлорита нет речи о выпаривании, то соль обратно не регенерируется, и ежедневный расход составляет 1400 кг соли (см. Ia).

б) Поглощение. Полученные 480 кг хлорного газа перерабатываются с образовавшимся одновременно с ним едким натрием в гипохлорит натрия. Для этого необходима добавка ~ 5% NaOH или же соответствующего количества известкового молока. Концентрация хлора составляет 60 г активного хлора в 1 л, вследствие чего указанные 4,4 м³ раствора необходимо разбавить до 7,5 м³. Здесь также получается ~ 440 кг активного хлора (24 ч.) в виде раствора гипохлорита натрия.

¹⁾ Производительность по системе Сименс-Биллигер в настоящее время может быть повышена против приведенных данных: для едкого натра, примерно, на 8%, для хлора, примерно, на 20% и для водорода приблизительно на 5,5%. (Прим. автора).

На одном из химических заводов имеется установка для получения хлора и едкого натра, состоящая из 80 ванн, каждая на 2000 А и 4 V, всего 2000 А и 320 V. Производительность установки в сутки 4000 кг хлорного газа, 4500 кг NaOH и 1500 м³ водорода при приблизительном расходе соли в 8000 кг (24 ч.) при условии сгущения раствора едкого натра, т.е. обратного получения соли.

На основании всего сказанного выше получим для различных систем электролиза следующие данные.

При затрате 100 kW постоянного тока (измеренного у клемм электролизеров) можно за сутки (24 ч.) получить:

А. Непосредственное получение гипохлорита натрия

I. Система Сименс и Гальске.

400 кг активного хлора в виде 20000 л белильного раствора с содержанием 20 г активного хлора в 1 л.

Расход соли: 3000 кг.

II. Система Сименс-Шуккерт.

330 кг активного хлора в виде 18300 л белильного раствора с содержанием 18 г активного хлора в 1 л.

Расход соли: 2050 кг.

Б. Косвенное получение гипохлорита (Сименс-Биллитер)

I. При сгущении раствора NaOH и получении гипохлорита кальция.

640 кг активного хлора в виде 16 м³ белильного раствора, содержащего 40 г активного хлора в 1 л.

800 кг NaOH (100-процентного, в виде щелока).

250 м³ водорода.

Расход соли: ~1200 кг

Расход пара: ~5000—6000 кг при 2-3 атм. изб.

II. Получение гипохлорита натрия из хлора и едкого натра:

640 кг активного хлора в виде ~11 м³ белильного раствора, содержащего 60 г активного хлора в 1 л.

250 м³ водорода.

Расход соли: 2000 кг.

Из приведенных выше данных следует, что на 1 кг активного хлора потребуется энергии и соли:

А-I	6	kW	и	7,5	кг	соли
А-II	7,25	"	и	6,2	"	"
Б-I	3,75	"	и	1,9	"	"
Б-II	3,75	"	и	3,1	"	"

Аппараты для отбелики полумассы

Операция отбелики представляет собой, как было упомянуто выше, окислительный процесс, совершающийся при содействии углекислоты воздуха. Поэтому отбелка волокнистых веществ обычно производится в аппаратах, главная задача которых состоит в том, чтобы привести белящую массу в возможно интенсивное соприкосновение с белильным раствором и воздухом. В применяющихся для указанной цели аппаратах

можно отбеливать волокна всякого рода, и они пригодны в одинаковой мере как для тряпичной полумассы, так и для целлюлозы из соломы и дерева. Аппараты для отбелики представляют собой особого типа роллы, отличающиеся от обычных лишь устройством тех частей, при помощи которых масса приводится в движение, или же формой ванны. Применяются:

- 1) известные издавна роллы с лопастными барабанами (описание см. выше, рис. 25);
- 2) так называемые пропеллерные роллы,
- 3) непрерывно действующие отбельные установки, так называемое, башенное беление.

1. Для отбелики тряпичной полумассы наибольшее значение имеет описанный уже раньше ролл с лопастным барабаном (рис. 25) емкостью от 14

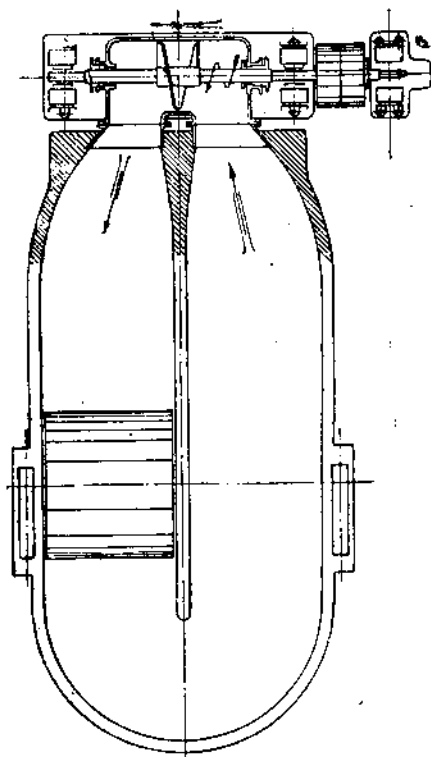


Рис. 49.

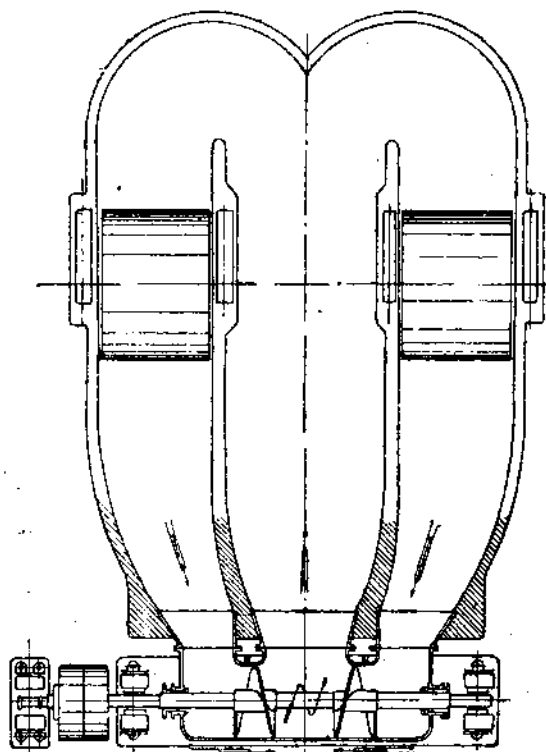


Рис. 50.

до 20 м³. Ванна изнутри обязательно выкладывается фарфоровыми плитками; крестовины лопастного барабана изготавливаются из бронзы, и весь вал покрывается медью. Промывные барабаны, с обязательными подъемными приспособлениями также изготавливаются из меди, и вал их также покрывается медью. Загруженная в отбельный ролл масса сначала сгущается настолько, что едва движется в ванне, а затем уже к ней прибавляют необходимое количество гипохлорита кальция или натрия. Концентрация массы в отбельном ролле после прибавления белильного раствора должна составлять 7—8%. В зависимости от рода массы и желаемой степени белизны, а также от крепости применяемых белильных растворов, оборот для одной отбелики длится ~8 часов.

2. **Пропеллерный ролл.** Уже в 1896 г. применялись пропеллеры для передвижения массы. Отбельный ролл, снабженный пропеллером, весьма прост в своей конструкции. Роллы малого объема снабжаются простым пропеллером, большие же — двойным, который вращается со скоростью $\sim 350 - 400$ об/мин.

Отбельный ролл с простым пропеллером. Если в коробку цилиндрической формы (рис. 49) поставить винт с правым ходом и дать ему указанное на рис. 49 вращение, то при правильном числе оборотов вала масса направляется во второй канал. Для отбельного ролла требуется только, чтобы масса двигалась, т.е. чтобы она оставалась в соприкосновении с воздухом; для этой цели простая конструкция винта вполне достаточна; необходимо лишь оба канала ванны ролла присоединить к винтовой коробке и установить на соответствующем месте промывной барабан, чтобы получить пропеллерный ролл.

При применении двух винтов на одном валу, один изготавливается с правым, другой с левым ходом (рис. 50). Таким образом получается ролл с тремя каналами, обычно применяемый для больших объемов.

Необходимо иметь в виду, что при отбелке тряпичной полумассы в пропеллерных роллах, вследствие быстрого вращения винтов, тряпичные волокна имеют склонность легко свойлачиваться и образовывать маленькие узелки.

Вследствие этого стенки ролла делаются очень гладкими, и лучше всего их выложить фарфоровыми плитками, чтобы по возможности препятствовать образованию этих узелков. Для соломенной и древесной целлюлозы эта опасность свойлачивания волокон в узелки не столь велика, как для тряпичных волокон, вследствие чего для отбелки

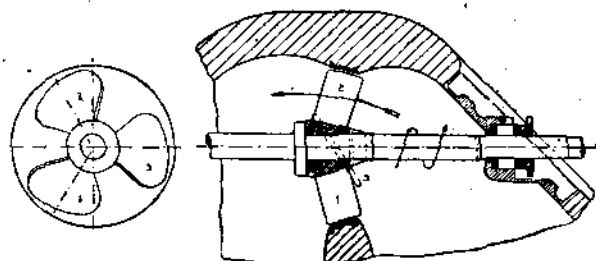


Рис. 51.

целлюлозы в настоящее время служит исключительно пропеллерный ролл; для отбелки же тряпичной полумассы он применяется значительно реже.

Однако за последнее время и здесь достигнуты усовершенствования, благодаря изменению конструкции пропеллера. Новой форме пропеллера завода И. М. Фойта в Гейдельгейме приписывают следующие преимущества:

- 1) масса не свойлачивается в узелки;
- 2) пропеллер требует меньшего расхода энергии, так как число оборотов его значительно меньше.

Поддающий винт не делается больше одноходовым, а конструируется в виде парового винта с 3—4 лопастями (рис. 51). Эти многолопастные винты короче одноходовых.

Число оборотов этих пропеллеров диаметром 600×700 мм достигает 160 в мин., а пропеллеров с диаметром 950×1100 мм 120—130 в мин.

Избежание образования узелков при применении этих пропеллеров можно объяснить тем, что при такой конструкции их масса не соприкасается с большой плоскостью винтов. Эта новая конструкция с успехом применяется также для больших, так называемых двойных роллов для всякого рода целлюлозы.

Пропеллер и коробка отбельных роллов всегда бронзовые. Величина ванны колеблется от 15 до 400 м³. Для тряпичной полумассы достаточны небольшие размеры роллов; объем их редко превышает 20 м³, так как отдельные партии тряпичной полумассы никогда не бывают так велики, как

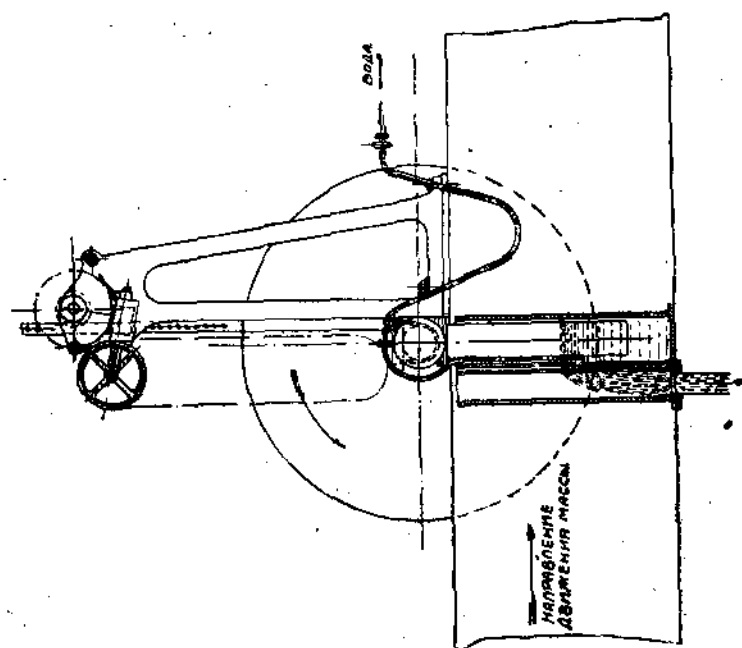
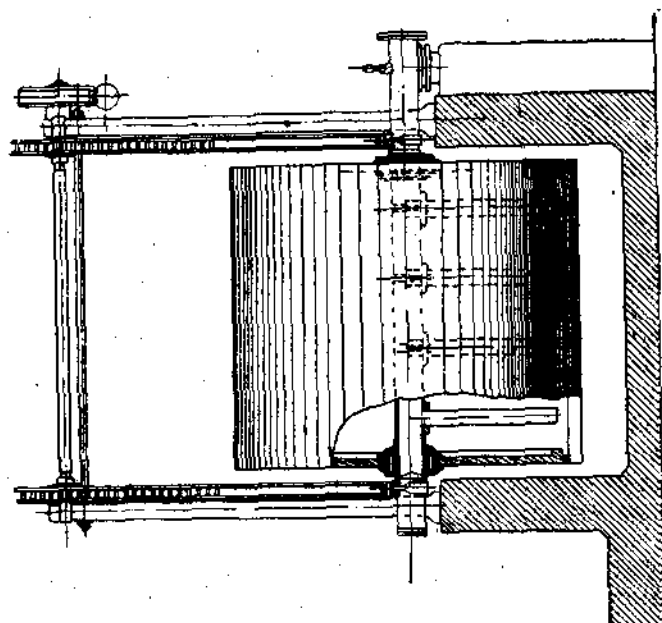


Рис. 52.

при выработке целлюлозы. Для целлюлозы применяются отбельные роллы емкостью до 400 м³. При таких больших размерах, в целях лучшего перемешивания массы, устанавливаются всегда два двойных пропеллера и два промывных барабана. Роллы емкостью в 400 м³ имеют на каждом конце двойную пропеллерную коробку, и расстояние между ними составляет около 26 м. В каждом из каналов ванны устанавливается по два больших промывных барабана, диаметром 2¹/₂ м и шириной 2 м. Для привода пропеллеров и промывных барабанов можно применять отдельные моторы.

Высокие стенки ванны отбельных роллов большой емкости требуют применения больших промывных барабанов. Вместо обычной конструкции промывного барабана с небольшим количеством черпаков для больших отбельных роллов применяется непрерывно работающий отсасывающий промывной барабан системы Накке (Nacke) (рис. 52).

Промывной барабан покоится в особом подъемном приспособлении, при помощи которого его можно опускать до любой глубины в массу или же поднимать из нее. Вода удаляется через отсасывающие трубы, постоянно погруженные в воду, при помощи автоматически работающего сифона. Маленький водяной инжектор перед началом работы барабана создает необходимое разрежение в отсасывающей трубе. Степень отсасывания регулируется изменением высоты отсасывания, что достигается выниманием досок из ящика для отвода отмытой воды.

Дальнейшие преимущества этой конструкции заключаются в отсутствии приводов и, следовательно, в отсутствии трансмиссии и ремней, так как барабан вращается в роликовых подшипниках, посаженных на отсасывающую трубу.

Спускные и грязевые клапаны пропеллерных роллов расположены непосредственно под коробкой винтов, т.е. на самом низком месте ванны ролла.

Густота зарядки отбельных роллов должна составлять, как было упомянуто, по крайней мере от 7 до 8% сухого волокна; на основании этих данных можно определить в каждом случае величину роллов. Целесообразно для образования достаточного запаса устанавливать 2, а еще лучше 3 отбельных ролла.

Размеры пропеллерных отбельных роллов (сист. Фойта)

Емкость, м ³	Конструкция	L мм	B мм	H мм	Загрузка при 8% конденса- ции, кг	Диаметр пропеллера, мм	Число обо- ротов про- пеллера в мин.	Расход энергии, л. с.
рис. 53								
20	черт. I	7 000	3 600	1 750	1 800	600/700	160	8
35	" I	8 000	3 600	2 300	2 800	600/700	160	14
50	" I	9 000	4 400	2 550	4 000	600/700	160	20
80	" II	10 000	5 300	3 000	6 400	600/700	160	32
110	" II	12 000	5 700	3 000	8 800	600/700	160	44
Рис. 54								
120	Черт. I	12 000	6 700	2 800	9 600	950/1 100	130	45
150	" I	14 000	6 700	2 900	12 000	950/1 100	130	50
180	" I	17 000	7 650	2 800	14 400	950/1 100	130	58 до 60
250	" I	18 000	8 300	3 400	20 000	950/1 110	130	80
400	" II	28 000	8 300	3 400	32 000	950/1 100	130	130 до 14

В Америке в настоящее время применяются — особенно для периодической отбелки целлюлозы — стоячие чаны диаметром ~ 3 м и высотой ~ 6 м, у которых установлена концентрически, открытая внизу и наверху небольшая цилиндрическая коробка с вертикальным подающим шнеком, получающим движение сверху при помощи конических шестерен. При содействии сжатого воздуха в них можно отбеливать 4000 кг воздушно-сухой целлюлозы при концентрации $\sim 18\%$ абсолютно-сухого волокна в течение 4 ч. при расходе энергии примерно в 50 л. с. (см. отд. целлюлозы).

Потери при отбелке тряпичной полумассы составляют 5—11%, и, таким образом, выход готовой беленой полумассы колеблется в пределах от 0,89 до 0,95 от количества небеленой полумассы.

3. Установки для отбелки в турмах (башнях). Несмотря на то, что современные установки для отбелки в роллах вследствие устройства больших запасных чанов, из которых загрузка небеленой полумассы совершается быстро, и обеспечивают безостановочное производство, все же самый процесс отбелки в этих роллах остается периодическим.

Отбелка в установленных друг за другом турмах фирмы Мезонс-Скотт (Masons Scott Limited) в Лондоне имеет целью проведение совершенно непрерывного производства. Вместо пропеллеров устанавливаются центробежные насосы, а вместо плоских ванн отбельных роллов, облегчающих доступ углекислоты воздуха в массу, применяют чаны цилиндрической формы с высоким слоем массы и сравнительно малыми наружными поверхностями. Турмы для отбелки представляют собой группу из восьми стоящих рядом цилиндрических ящиков с остроконечными днищами. Размеры их: диаметр $\sim 1,5$ м, высота — 3 м, емкость ~ 50 м³. Турмы работают двумя группами. В первый ящик накачивается сгущенная примерно до 6—8% сухого вещества масса, откуда она (из остроконечного днища) при помощи насоса и вертикального трубопровода, после перестановки клапана, может перекачиваться в тот же или во второй ящик. Таким образом, масса доводится до четвертой турмы, после которой она снова промывается (остатки хлора используются в первой турме); затем масса перекачивается в пятую, в шестую, седьмую и, наконец, в восьмую турму. Отсюда беленая готовая масса передается при помощи насоса или в счежи или в мешальный чан обезвоживающей машины.

Каждая турма имеет трубопровод для подачи белильного раствора, а также опущенный глубоко в массу паропровод, служащий для подогрева полумассы.

Производительность восьмибашенной установки составляет, примерно ~ 1000 кг беленой целлюлозы в 1 час. Расход энергии на работу насосов значителен. Вытеснит ли эта установка отбельный ролл — покажет будущее.

К. Окончательные операции заготовки тряпичной полумассы

Готовая беленая полумасса подвергается различным операциям в зависимости от того, расходуется ли она в собственном производстве или же поступает в продажу.

1. Применение тряпичной полумассы для нужд собственного [производства]

1. В большинстве случаев содержимое отбельных роллов спускается непосредственно в счежи. Обилие сортов беленой полумассы вызывает необходимость устройства большого числа счеж. Для беленой полумассы рекомендуется — для сохранения чистоты — облицовка счеж изразцовыми плитками и снабжение спускной трубы бронзовым краном (рис. 29), чтобы

иметь возможность сырую полумассу добеливать остатками хлора в течение известного времени — до 12 час. Благодаря этому беленое волокно сохраняет полученную в отбельном роле белизну.

Приливая в сжежи большое количество воды, можно удалить последние остатки хлора. После стекания воды в сжежах получается полумасса с содержанием, примерно, до 20% сухого волокна.

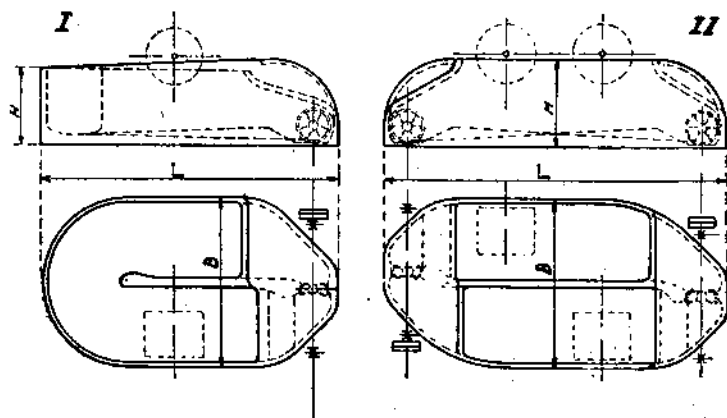


Рис. 53.

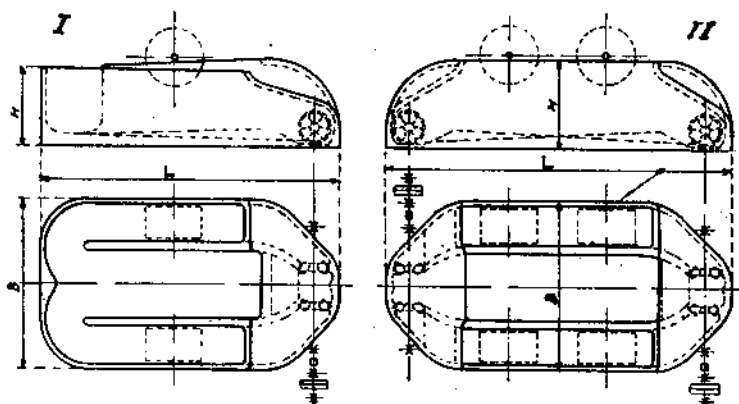


Рис. 54.

2. Другой способ хранения полумассы для целей собственного производства состоит в том, что на обезвоживающей машине, состоящей из сеточной части, гауч-пресса, первого и второго мокрого прессов, ее обезвоживают и накатывают в сыром виде, с содержанием от 35 до 38% абсолютно-сухого волокна, в рулоны, которые подаются в склады полумассы. Размеры обезвоживающей машины зависят от производительности полумассного отделения.

Работа установки для обезвоживания, примерно, 10 000 кг воздушно-сухой полумассы в сутки (24 ч.) протекает так.

Беленая полумасса спускается в мешальный чан, разводится, примерно, до 3 $\frac{1}{2}$ -процентного содержания волокна и поступает отсюда непосредственно в ящик перед сеткой обезвоживающей машины, в котором разводится до 1—1 $\frac{1}{2}$ -процентного содержания волокна. Сеточная часть

построена просто, без тряски. Длина сетки от 14 до 16 м достаточна; сеточная часть получает 2—3 сосуна и иногда большой равнитель — до 400 мм диаметром. Далее следует гауч-пресс и 2—3 мокрых пресса; для вышеуказанной производительности достаточна рабочая ширина машины в 1500 мм.

Над сеткой имеется отбойный кран, струя воды которого в случае надобности разделяет слой полумассы на две половины, вследствие чего в конце машины получается два узких рулона. Содержание сухого волокна в полученных таким образом рулонах составляет от 35 до 38%. Для указанной цели пригодна также обыкновенная цилиндрическая папочная машина.

2. Изготовление полумассы для продажи

Если полумасса изготавливается для продажи, то в случае дальнего транспорта необходимо ее сушить. Для этой цели не следует применять сушку на чугунных цилиндрах с их высокой температурой, так как полумасса при этом легко желтеет, приобретает неприятный вид, коробится и становится жесткой. Лучше всего сушить полумассу теплым воздухом, для чего в конце обезвоживающей машины она не наматывается в рулоны, а режется простой, вращающейся поперечной саморезкой на листы в виде папки. Эта папка обезвоживается при помощи гидравлического пресса, примерно, до 50% сухого волокна и затем сушится медленно теплым воздухом в так называемой канальной сушилке. Для сушки в сутки (24 ч.) ~ 10 000 кг полумассы с начальным содержанием сухого волокна ~ 50% и конечным ~ 88% достаточен канал в один ход, длиной 36 м, шириной 5 м и высотой 3,6 м при расходе энергии ~ 22 л. с. Сушильный канал снабжается специальным транспортным приспособлением с движущимися цепями, при помощи которого подвешенная папка медленно проводится через весь канал. Через канал протекает нагретый воздух, который по принципу встречного движения вступает в канал в том месте, откуда выходит из него высушенная папка. Для нагрева воздуха служат калориферы, нагреваемые паром, конечно, отработанным, — от какой-нибудь паровой машины.

Расход пара на сушку папки с начальной сухости в 50% до 88% сухого волокна составляет на 1 кг воздушно-сухой полумассы максимум 1,5 кг пара с давлением от 0,5 до 1 атм. изб.

Сводка данных по выходу и потерям при производстве тряпичной полумассы. Выход полумассы на фабриках обычно определяется по отношению к весу отсортированного, т.е. готового к резке тряпья и составляет в среднем:

для среднего холщового	70 — 74%
„ сурового старого, изношенного холщового	55 — 60 „
„ светлого, лучшего ситца	70 „
„ темного старого ситца	60 — 65 „

Выход этот относится к готовой беленой полумассе в воздушно-сухом состоянии. Для определения количества и стоимости готового сортированного тряпья необходимо учесть все отходы при отбивании пыли в дрешере и при сортировке. Отходы эти различны — в зависимости от качества и рода тряпичного сырья. Потери в весе для светлого и темного ситца, прошедшего через дрешер, доходят по окончании сортировки, включая сюда резку и отпыливание, примерно, до 7 и максимально до 14%. Потери эти отчасти возмещаются продажей отходов, т.е. брака и шерстяного лоскута, однако, стоимость и вес-нетто готового сортированного тряпья необходимо устанавливать точно, на основании данных отдельных опытов.

Величина потерь и выхода, начиная от дрешировки и кончая отбелкой размолотой полумассы, приведена в следующей таблице.

Потери при	Потери в %		В ы х о д	
	Худшее тряпье	Лучшее тряпье	Худшее тряпье	Лучшее тряпье
1. Отбивании пыли в дрешере	10	3	$\eta_D = 0,90$	0,97
2. Сортировке	10	4	$\eta_S = 0,90$	0,96
3. Резке и отпыловке	7	5	$\eta_{Sn} = 0,93$	0,95
4. Варке	11	8	$\eta_K = 0,89$	0,92
5. Промывке и размолу	11	8	$\eta_M = 0,89$	0,92
6. Отбелке	11	5	$\eta_B = 0,89$	0,95

Общий выход: $= \eta_D \cdot \eta_S \cdot \eta_{Sn} \cdot \eta_K \cdot \eta_M \cdot \eta_B = 0,53$ до 0,71.

Пример: на 1000 кг белой тряпичной полумассы требуется:

а) для худшего тряпья:	б) для лучшего тряпья:
$\frac{1000}{0,53} = 1890$ кг основного тряпья	$\frac{1000}{0,71} = 1400$ кг основного тряпья
1. Перед отбелкой $\frac{1000}{0,89} = 1125$ кг	$\frac{1000}{0,95} = 1050$ кг небеленого
2. Перед размолот и про- $\frac{1125}{0,89} = 1265$ „	$\frac{1050}{0,92} = 1140$ „ вареного
3. Перед варкой $\frac{1265}{0,89} = 1420$ „	$\frac{1140}{0,92} = 1240$ „ резаного
4. Перед резкой $\frac{1420}{0,93} = 1525$ „	$\frac{1240}{0,95} = 1305$ „ сортированного
5. Перед сортировкой $\frac{1525}{0,90} = 1700$ „	$\frac{1305}{0,96} = 1360$ „ пропущенн. через дрешер
6. Перед отпыловкой в $\frac{1700}{0,90} = 1890$ „	$\frac{1360}{0,97} = 1400$ „ основного

Сводка важнейших производственных данных для тряпичной полумассы

Расход воды: $\sim 600 - 700$ л на 1 кг белой тряпичной полумассы.

Вода должна быть чистая и мягкая; необходимо также иметь в распоряжении теплую воду.

2. Расход энергии: $\sim 6,5 - 7$ л. с. на 100 кг белой тряпичной полумассы (24 ч.).

3. Расход пара:

а) пара для варки; $\sim 1,4 - 1,5$ кг пара 3,5 до 4 атм. изб. на 1 кг тряпья в котле.

б) $\sim 0,8$ кг пара 0,5—1 атм. для отбелки 1 кг воздушно-сухой тряпичной полумассы.

в) $\sim 1,5$ кг пара 0,5—1 атм. для сушки 1 кг тряпичной полумассы с содержанием 50% абсолютно-сухого волокна до 88%.

4. Химические материалы:

$\sim 10 - 20\%$ извести для варки, считая по весу готового к варке тряпья.

$\sim 5 - 6\%$ активного хлора, считая по весу белой воздушно-сухой полумассы.

$\sim 1 - 1,5\%$ серной кислоты для отбелки, считая по весу воздушно-сухой полумассы.

~ 100 кг едкой извести на 100 кг жидкого хлора.

ГЛАВА III

Оборудование заводов для выработки соломенной полумассы и целлюлозы

А. Варка соломы с известью для выработки желтой соломенной обертки и соломенного картона

Как на одну из первых удачных попыток по выработке бумаги в фабрично-заводском масштабе не из тряпки, а из другого материала, можно указать на получение ее из соломы.

Бумага работалась из соломы, повидимому, еще в XVIII веке.

Мы не будем подробно останавливаться на старых методах, сводящихся к бучению соломы известковым молоком в больших ямах; в настоящее время она почти исключительно обрабатывается в круглых варочных котлах, нагреваемых паром.

Последовательность производственного процесса при выработке желтой соломенной обертки видна из схемы рис. 55.

В качестве сырья идет главным образом ржаная и пшеничная солома. Солома поступает на фабрику спрессованной в кипы, обвязанные проволокой. В ней содержится от 85 до 88% абсолютно сухого вещества. Соломы надо всегда иметь значительный запас; она хранится либо под открытым небом в так называемых соломенных скирдах, перекрытых немятой соломой, либо под навесом, либо, еще лучше, в огнестойких сараях.

(Более подробные данные о размерах соломенных кип и т. п. см. ниже, в разделе, посвященном соломенной целлюлозе).

а) Измельчение соломы

Солома прежде всего сечется в соломорезке на куски длиной от 25 до 30 мм.

Самые распространенные в настоящее время соломорезки снабжены 4 или 5 острыми, изогнутыми стальными ножами, укрепленными на маховом колесе, диаметром, примерно, от 1800 до 2000 мм.

Под ножи солома поступает через прямоугольное отверстие (рис. 56 и 57), к которому она подается ленточными транспортерами из углового железа. Стебли должны располагаться по возможности в продольном положении.

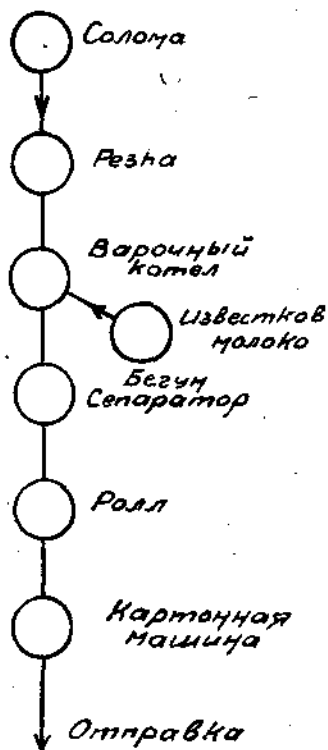


Рис. 55.

Передний направляющий валик верхней ведущей цепи может перемещаться в вертикальном направлении: к нему подвешены грузы, либо прикреплены пружины, отчего солома плотно спрессовывается перед резкой. Вал, на котором укреплены ножи, делает, примерно, от 180 до 200 об/мин.

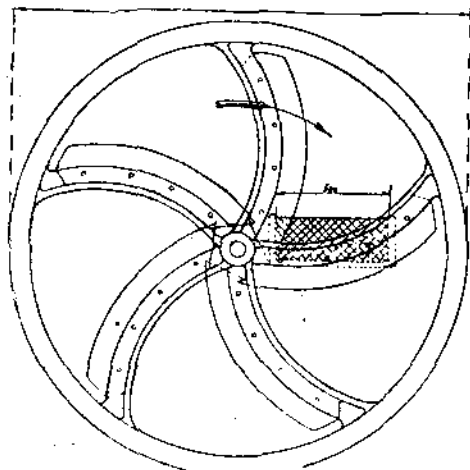


Рис. 56.

Соломорежущие машины, в соответствии с предъявляемыми к ним высокими требованиями, должны быть прочными. Их делают на производительность примерно от 3 000 до 8 000 кг сеченой соломы в час, при расходе силы от 12 до 30 л. с.

В случае необходимости соломенная сечка пропускается через большую, несколько наклонную, тряску, сетка которой имеет в длину, примерно, от 3 500 до 4 500 мм, а в ширину от 2 000 до 2 500 мм. Тут отсеиваются зерна и сор, при чем количество зерна составляет, в пересчете на вес соломы, около 0,5—1%.

Для быстрой зарядки котлов соломенная сечка подается при помощи транспортеров и элеваторов, или же, что несколько дороже, пневматически, посредством вентилятора, по трубопроводу через циклон в большие

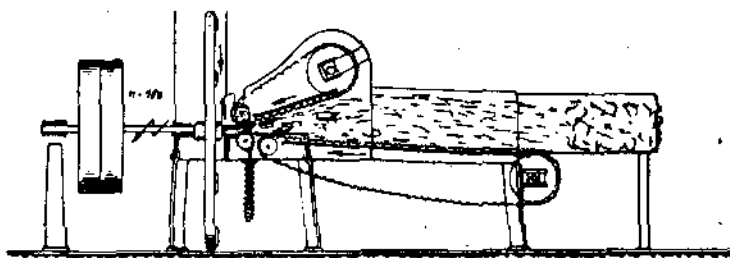


Рис. 57.

силосы, расположенные над загрузочными отверстиями. В 1 м³ таких бункеров помещается около 60 кг соломенной сечки.

б) Варка соломенной сечки с известковым молоком

Для разрушения нецеллюлозных элементов соломенная сечка варится паром в 3—5 атм. ~ 3—4 час. в больших круглых котлах диаметром от 2,8 до 4 м, с добавлением известкового молока (15—18-процентный раствор в количестве 10% извести от веса соломы), т.е., примерно, 0,6 л известкового молока на 1 кг соломы.

Оборот варки (рис. 58) длится, включая заполнение и выгрузку ~ 6 час., т.е. в 24 часа можно произвести 4 варки на котел.

В общем, котлы для варки соломы сконструированы внутри точно так же, как и для тряпичной полумассы; не нужна лишь большая промывная сетка в котле. Кроме того, котлы для варки соломы делаются часто больших размеров, чем для тряпья, а именно диаметром до 4 м. Варочные котлы,

диаметр которых больше 3,15 м, приходится склепывать на месте, в виду затруднений при перевозке их по железной дороге.

В зависимости от степени измельчения соломы, на 1 м³ внутреннего объема котла можно загрузить, при зарядке вручную, примерно, от 130 до 140 кг соломенной сечки; при механическом же уплотнении, а также при дополнительной зарядке, до 150—160 кг. На маленьких фабриках загрузка идет в большинстве случаев вручную, а на больших предприятиях котлы заполняются при механическом уплотнении, при чем одновременно добавляется известковое молоко и пускается небольшое количество пара.

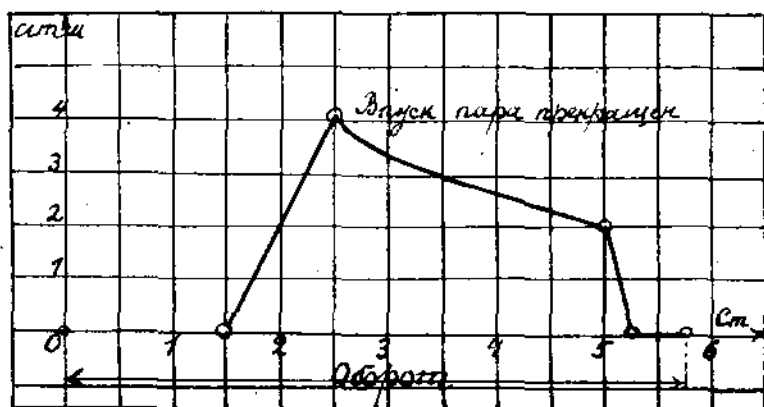


Рис. 58.

Известковое молоко готовится в помещении над котлами в чанах, снабженных мешалками.

Как видно из приведенной выше кривой (рис. 58) одной из варок, оборот котла складывается из:

заполнения	~ 1 1/2 часа
повышения давления	~ 1 "
варки под давлением	~ 2 1/2 "
выпуска пара	~ 1/4 "
опораживания	~ 1/2 "

Оборот . . . ~ 5 3/4 до 6 час.

Когда—примерно через час—в котле установится максимальное давление, приток пара прекращается и в этом состоянии котел оставляется на 2 1/2 часа.

В виду потери тепла на лучеиспускание, давление за это время падает до 2 атм., затем пар перепускается в другой только что заряженный котел а этот котел опораживается.

Поэтому расход пара зависит от его давления, объема зарядки, величины и конструкции котла.

Расход этот можно подсчитать для котлов, без изоляции следующим образом:

1. Расход тепла на нагревание абсолютно-сухой соломенной сечки.
2. " " " " заключенной в соломе воды.
3. " " " " щелока.
4. " " " " котла.
5. " " " покрытие потерь от лучеиспускания.
6. " " " " в трубопроводах.

Для расчета принят котел без изоляции, характеризующийся следующими данными:

Диаметр, мм	3 200
Емкость, л	17 200
Толщина стенок, мм	0,014
Зарядка соломенной сечки, кг	~ 2 700
Влажность сечки, %	12% (т.е. воздушно-сухая)
Варочный щелок	270 кг извести на 1 050 кг раствора
Температура варочного щелока	20°
Температура соломенной сечки	15°
Количество полумассы при выходе в 70%	~ 1 900 кг воздушно-сухой (88% абсол. сух. волокна)
Время заварки в часах	~ 1
Максимум давления по манометру, атм. изб.	4
Поверхность котла, м ²	32,2
Удельная теплота извести	~ 0,18
Удельная теплота абсолютно-сухой соломенной сечки	~ 0,34

(Удельная теплота соломы принята такой же, как и для древесины, так как по этому вопросу нет проверенных опытных данных, а в то же время, как показывает практика, сравнительно низкий расход пара на варку говорит за то, что едва ли эта цифра может быть выше).

1. Расход тепла на нагревание абсолютно-сухой соломенной сечки

В котел загружено 2 700 кг воздушно-сухой сечки.

Если принять влажность в 12%, то количество абсолютно-сухой сечки определится в

$$2700 \cdot 0,88 \approx 2380 \text{ кг.}$$

В период варки максимальное давление достигает 4 атм, чему соответствует максимальная температура в 151°.

Первоначальная температура соломы равна 15°. Таким образом, расход тепла:

$$Q_1 = 2380 \cdot 0,34 \cdot (151 - 15) = 110\,000 \text{ кал.}$$

2. Расход тепла на нагревание воды, содержащейся во влажной соломе

Количество воды:

$$2700 - 2380 = 320 \text{ кг.}$$

Расход тепла:

$$Q_2 = 320 \cdot 1 \cdot (151 - 15) = 43\,500 \text{ кал.}$$

3. Расход тепла на нагревание варочного щелока

Расход тепла в этом случае подсчитывается отдельно для извести и отдельно для воды.

а) Расход тепла на подогревание извести

$$Q_{\text{CaO}} = 270 \cdot 0,18 \cdot (151 - 20) = 6\,400 \text{ кал.}$$

Удельная теплота жженой извести = 0,18,

б) Расход тепла на подогревание воды

Количество воды в варочном щелоке:

$$1650 - 270 = 1380 \text{ кг.}$$

$$Q_{H_2O} = 1380 \cdot 1 \cdot (151 - 20) = 180800 \text{ кал.}$$

Общий расход тепла на варочный щелок:

$$Q_3 = 6400 + 180800 = 187200 \text{ кал.}$$

4. Расход тепла на нагревание самого котла.

Вес котла определяется, примерно, в 4000 кг.

Неизолированный котел нагревается за 1 час заварки, примерно, до 100° и охлаждается во время опоражнивания и зарядки, примерно, до 45°. Таким образом, расход тепла

$$Q_4 = 4000 \cdot 0,115 \cdot (100 - 45) = 25200 \text{ кал.}$$

5. Расход тепла на покрытие потерь от лучеиспускания (см. рис. 23).

При средней температуре внешней поверхности стенки котла, в 72°, температуре помещения в 20° (в течение 1 часа заварки) и при величине $k = 12 \text{ кал./м}^2 \text{ ч. } ^\circ\text{C}$ потери на лучеиспускание составят:

$$Q_5 = 32,2 \cdot 12 \cdot (72 - 20) \cdot 1 = 20100 \text{ кал.}$$

Общая картина варки видна из следующей сводки:

1) Нагревание абсолютно-сухой соломенной сечки . . .	110 000 кал.
2) " воды, заключенной в соломе	43 500 "
3) " щелока	187 200 "
4) " котла	25 200 "
5) Потери от лучеиспускания	20 100 "

Общая теоретическая потребность в тепле . . 386 000 кал.

Сюда следует еще прибавить потери в трубопроводах,
которые можно принять, примерно, в 10% . . . ~ 39 000 "

Суммарный расход тепла ~ 425 000 кал.

Пользуясь насыщенным паром в 4 атм., теплота парообразования которого 504 кал. на 1 кг пара, найдем для общего расхода его:

$$\frac{425000}{504} \approx 845 \text{ кг.}$$

Если выход желтой соломенной массы принять в 1900 кг, то расход пара в 4 атм. составит:

$$\frac{845}{1900} = 0,445 \approx 0,45 \text{ кг на 1 кг соломенной массы}$$

в) Дальнейшая переработка вареной соломы

На фабриках с устаревшим и упрощенным оборудованием масса из котла, расположенного в нижнем этаже, выгружается непосредственно на пол (рис. 59). Отсюда она лопатами загружается в стоящие рядом бегуны, где и подвергается, примерно, в течение 1 часа предварительному размолу.

На том же нижнем этаже располагаются и роллы, куда загружается подмолотая масса. Здесь она быстро домалывается и смешивается с клеем, квасцами, коялином и другими материалами. Из ролла готовая масса спускается в массный чан, обычно располагаемый ниже пола, откуда она подается черпаками на сеточный стол. В отношении движения массы новые

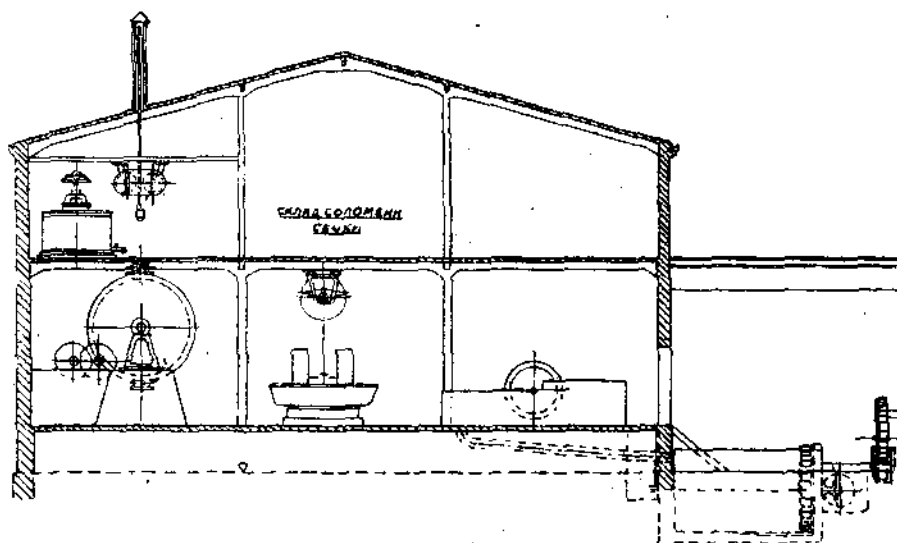


Рис. 59.

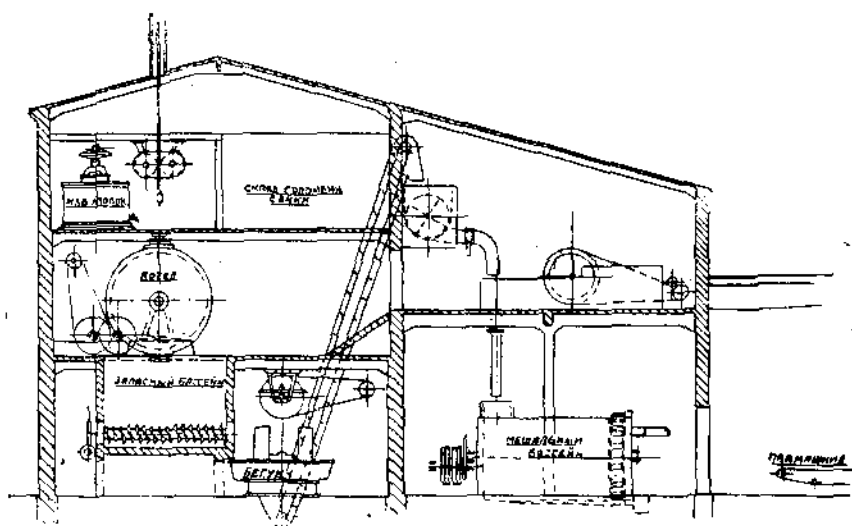


Рис. 60.

установки (рис. 60) работают экономичнее, так как в них подача массы от котлов до массного чана происходит при помощи механических приспособлений.

Из расположенных наверху котлов масса выгружается в находящиеся под ними бетонные конические чаны. Отсюда она непрерывно подается шнеком на бегуны или на разрыватели сист. Вурстера (Wurster).

Подмолотая в бегунах масса, содержащая $\sim 25\%$ абсолютно-сухого вещества, выбрасывается в яму, из которой она подается в занасной бассейн при помощи ковшевого элеватора. Здесь она разбавляется, примерно.

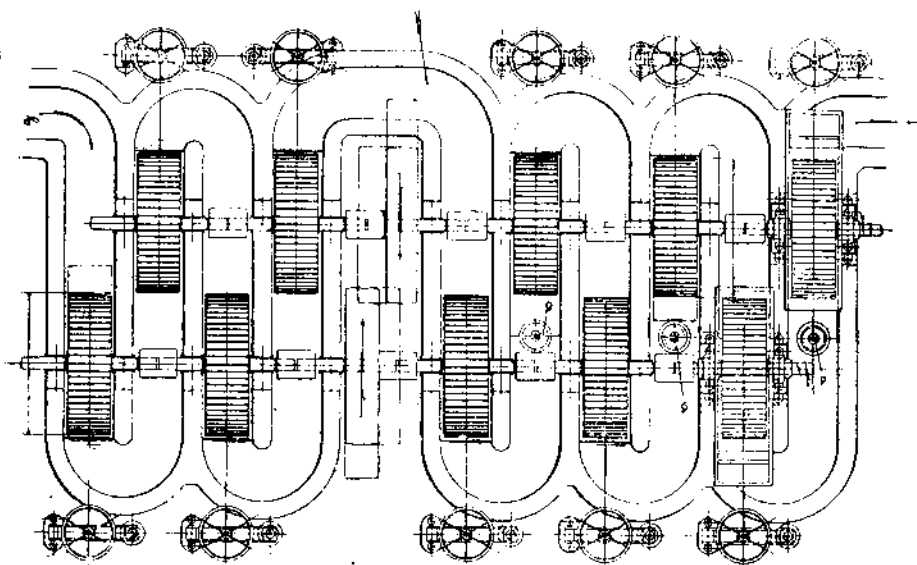


Рис. 61.

до $6-7\%$ абсолютно-сухого волокна и при этой концентрации, отвечающей концентрации в роллах, периодически задается в роллы, а затем спускается в массные чаны.

Хорошие результаты достигнуты также при работе с роллом Дризенса (Driesens).

Вареная солома размалывается и непрерывно подается в мешалку. Здесь она разжижается до концентрации ролла и подается черпачками, в отмеренных количествах, в непрерывно работающий ролл Дризенса. В этих своеобразных роллах (рис. 61 и 62), в извилинах общего канала, расположено до 12 размалывающих барабанов, каждый, примерно, в 1200 мм диаметром и 400 мм шириной. Между этими барабанами и планками, устанавливаемыми снизу (рис. 62) масса размалывается до желательной степени. На одной фабрике, вырабатывающей соломенный картон, для размола 30 000 кг воздушно-сухой массы в 24 часа обходятся только 6 размалывающими барабанами.

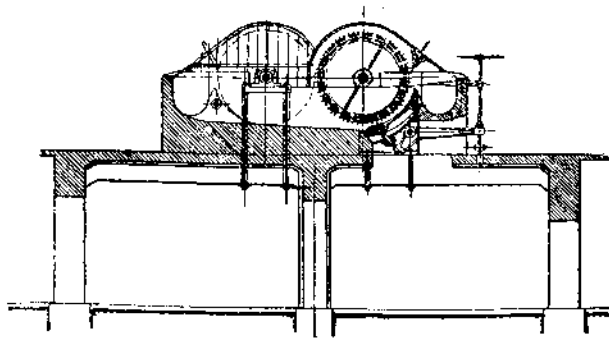


Рис. 62.

Размалывающие барабаны, имеющие в диаметре 1200 мм и в ширину 400 мм снабжены, примерно, 60 ножами толщиной в 9 мм, а планки — 9 ножами толщиной в 8 мм.

Ролл Дризенса непрерывно подает готовую массу в массные чаны.

г) Окончательная выработка желтой соломенной обертки и картона

Тонкая соломенная обертка всегда работает на так называемой самосъемочной машине (Yankeemaschine) в виде бумаги односторонней гладкости (описание машины помещено в части II).

Более толстая желтая соломенная бумага получается на обыкновенной длинносеточной машине и обычно получает так же одностороннюю гладкость.

В чрезвычайно больших количествах вареная с известью солома перерабатывается на желтый соломенный картон. Особенно это производство распространено в Северной Германии, Прирейнской области и Голландии.

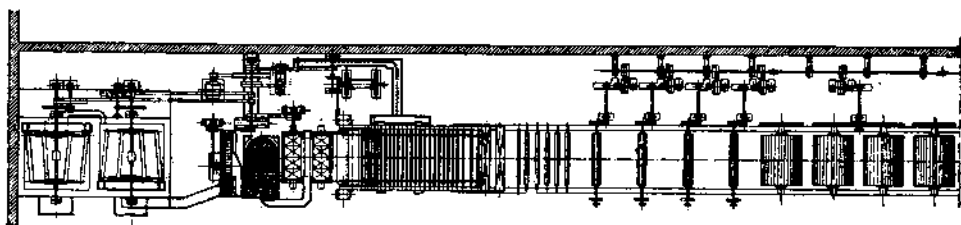


Рис. 63.

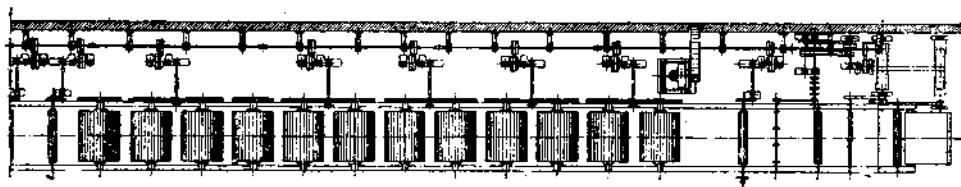


Рис. 64.

Оборудование, относящееся к машине, вырабатывающей желтый соломенный картон (рис. 63 и 64) фирмы Ф. Г. Баннинг и Зейбольд (F. H. Banning und Seybold) в Дюрене, работает следующим образом.

Масса, имеющая концентрацию, примерно, в $3\frac{1}{2}$ —4%, из 2 горизонтальных массных чанов через регулировочный ящик при разжижении 1:100, поступает на песочницу. Далее она очищается на обыкновенных плоских чистителях от узелков и засорений и, наконец, идет на сеточный стол большой длинносеточной машины.

Желтая соломенная масса очень трудно отдает воду, а поэтому длина сетки должна быть 18—20 м, а сам сеточный стол снабжен 3 или

4 сосунами, особой верхней сеткой, 4—6 прессами для предварительного отжима и гауч-прессом. За ним устанавливается 3 или 4 лежащих мокрых прессы, снабженных верхним и нижним сукном, которые отжимают картон, примерно, до 40% абсолютно-сухого вещества.

Примыкающая к мокрой части сушильная часть, в зависимости от намеченной производительности, состоит из 16—24 сушильных цилиндров диаметром от 1,5 до 2 м. Каждый цилиндр имеет массивный прижимной вал.

В конце располагается охлаждающий цилиндр, многовальный глезер с большими валами, продольнорезальный станок с круглыми ножами и, наконец, накат для тонкого картона, а также саморезка сист. Ниблада (Nyblad) для двух продольных форматов или же вместо нее—ротационная саморезка.

В последнее время для выработки двойного картона между гауч-прессом и 1 прессом, устанавливается цилиндр диаметром около 1200 мм, на котором образуется бумажное полотно для верхнего слоя.

Обычный размер картона—70×100 см. Соответственно этому определяется и ширина машины в 3×70=2,10 м, либо в 2×70 и 1×100=2,40 или, наконец, 3×1=3 м, вырабатывающей от 20 000 до 30 000 кг картона в 24 ч. Суточная производительность, отнесенная к 1 м² общей сушильной поверхности, $k_p \approx 85—90$ кг воздушно-сухого готового картона.

Вес вырабатываемого на таких машинах картона колеблется от 400 до 1 000 г/м², и соответственно скорость составляет от 18 до 5 м/мин.

На фабриках, вырабатывающих соломенный картон, обыкновенно оборудуется еще специальное клейное отделение, в котором картон склеивается в два листа, либо оклеивается с одной стороны белой или цветной бумагой. Зачастую оклейка производится в самой картонной машине. Работать желтый соломенный картон на круглой самочерпке, особенно, если она имеет несколько сеточных цилиндров (до 6), безусловно возможно, но в таком случае сваренную массу необходимо промывать, что делается очень редко¹⁾.

Выход из соломы массы, идущей на производство желтого картона, колеблется в зависимости от того, какая солома перерабатывается: ржаная или пшеничная, озимая или яровая. Кроме того, он зависит от влажности соломы. В среднем можно принять, что количество полученной желтой соломенной обертки или картона равно 65—75% от затраченной соломы и именно: 70—75% при работе из ржаной соломы и 65—70% при работе из пшеничной соломы.

Расход энергии на фабрике, производящей желтую соломенную обертку или картон, определяется, примерно, в 0,8 до 1 л. с. на 100 кг воздушно-сухой и готовой выработки за 24 ч. (т.е. фабрика, дающая ~30 000 кг воздушно-сухой соломенной обертки в 24 ч., потребляет, примерно, 240—300 л. с.).

Б. Оборудование заводов для выработки соломенной целлюлозы

Общие сведения

Соломенная целлюлоза, получаемая из обыкновенной соломы, играет весьма существенную роль при производстве бумаг средних и высших сортов. Она делает их приятными на ощупь и придает им большую звонкость. Бумага теряет дряблость и мягкость, а качество ее проклейки значительно повышается.

¹⁾ См. „Wochenblatt für Papierfabrikation“, 1929, № 20, стр. 562.

Работать бумагу только из одной соломенной целлюлозы до сих пор не удавалось, в виду ее слишком короткого волокна. Еще в 1854 г. француз Мелье (Meillier) был выдан патент на получение целлюлозы из соломы, при варке паром, с едким натром в круглых котлах.

В принципе этот метод применяется еще и теперь, так как содовое производство соломенной целлюлозы протекает по указаниям Мелье, изложенным в его патенте.

Однако, получение соломенной целлюлозы в заводском масштабе началось позже. Прежде надо было, как это нередко бывает, создать надлежащее оборудование, чтобы производственный процесс был экономически выгоден. В 1868—1872 гг. фабрично-заводское производство целлюлозы, начавшееся в Крельвице, велось по способу Ляхуза и Ремера (Lahouse, Römer).

В то время солома последовательно обрабатывалась в 2 котлах, при чем в первом шаровом котле ее только пропаривали, а во втором — цилиндрическом — варили с раствором едкого натра.

Впоследствии этот способ был упрощен в том смысле, что вся обработка соломы протекает в одном шаровом котле. Благодаря большому содержанию в соломе кремневой кислоты, до сих пор ее удавалось обрабатывать только по щелочному методу — в отличие от получения целлюлозы из дерева, где для выделения волокна, наряду со щелочью, применяется и кислота, вернее двусернистоокислый кальций.

На методе Де Вэна получения целлюлозы из соломы, эспарто, травы „альфа“ и т. п. посредством едкого натра и хлора мы остановимся ниже.

На рис. 65 дана производственная схема по выработке соломенной целлюлозы.

В техническом отношении в Германии, в зависимости от хими-

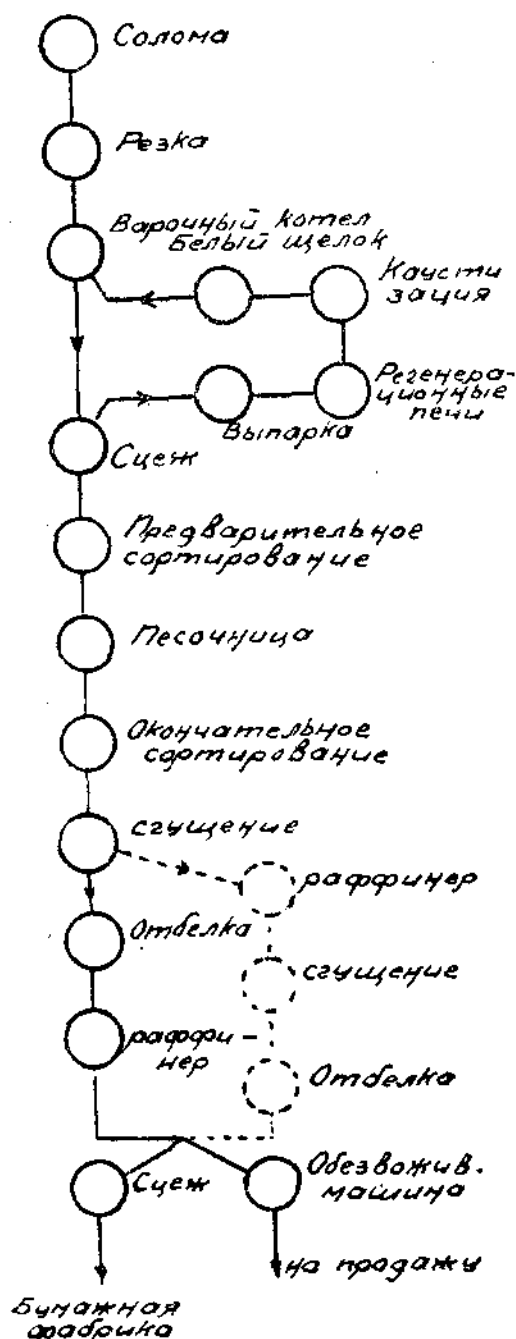


Рис. 65.

ческого продукта, которым пользуются при варке, существует 2 способа выработки соломенной целлюлозы.

а) Чисто натронный способ, когда варочный щелок получают из соды, каустифицируя ее и переводя таким образом в едкий натр (способ Мелье).

б) Очень важный, так называемый, сульфатный способ, т.е. варка с едким натром и сернистым натрием, получающимся при плавлении сгущенного щелока с сернистым натрием [способ инж. Даля (Dahl), запатентованный в 1884 г.].

Хорошую целлюлозу можно получить, пользуясь обоими методами: различие — в выходе и характере волокна.

Применение сернистого натрия дает больший выход, при чем волокно не так сильно разрушается, как при обработке чистым едким натром. Машинное оборудование в обоих случаях почти тождественно.

а) Солома

Перерабатывать на соломенную целлюлозу целесообразнее всего озимую ржаную солому, незасоренную травами, так как она дает наибольший выход.

Второе место по качеству занимает солома озимой пшеницы и лишь затем идут весенние посевы — яровая рожь и яровая пшеница. На соломенно-целлюлозном заводе с хорошо налаженным производством, при переработке ржаной и пшеничной соломы, средний выход можно принять равным 42%.

Для понижения фрахта на солому целесообразно строить соломенно-целлюлозные заводы в сельскохозяйственных районах. В Германии с 1 га засеянной площади снимается в среднем ~ 5000 кг озимой пшеничной соломы.

Солома, содержащая от 85 до 88% абсолютно-сухого вещества, прессуется в кипы (на месте). Вес кип ~ 50 кг воздушно-сухой соломы: размер — $1,2 \times 0,66 \times 0,5$ м $\cong$ 0,4 м³. Таким образом, 1 м³ воздушно-сухой прессованной соломы весит ~ 125 кг.

Так как солома в большинстве случаев заготавливается тотчас же после жатвы, возникает серьезный вопрос о ее хранении. Кипы соломы складываются либо под открытым небом в скирдах, покрываемых нематой соломой, емкостью от 8000 до 10000 ц либо под навесами вместимостью от 10000 до 15000 ц, которые должны быть удалены от фабрики минимум на 200 м. Но целесообразнее всего постройка огнестойких и снабженных хорошей вентиляцией сараев, вмещающих до 30000 ц соломы. Их можно строить и вблизи фабрики. Стоимость таких сараев почти не ложится бременем на цену соломы, так как эксплуатация их может вестись непрерывно, в отличие от скирд, которые приходится все время складывать и разбирать. Кроме того, хранение соломы в скирдах связано со значительными потерями, которые доходят до 8%, не считая загрязнения в них наружного слоя соломы землей, песком и т. п.

б) Резка соломы и ее предварительная сухая очистка

Соломорезочное отделение и сарай, представляя большую опасность в пожарном отношении, чрезвычайно повышают страховые взносы по фабрике, а потому лучше всего располагать эти постройки по возможности отдельно, т.е., примерно, в расстоянии 150—200 м от фабрики.

В таком случае соломенную сечку приходится пневматически подавать в складочное помещение над варочными котлами, что, конечно, требует много энергии, но зато еще тщательнее ее обеспыливает.

Сечку надо очищать от всех засорений, как-то: узлы, зерно, пыль, кусочки железа и проволоки — по возможности еще в сухом состоянии, так

как мокрая очистка вареной массы значительно труднее. Поэтому соломорезочное отделение на соломенно-целлюлозном заводе должно быть лучше оборудовано, чем на фабрике, вырабатывающей обыкновенную желтую соломенную массу.

Главное, мощность этого отделения должна быть такова, чтобы суточная потребность в сечке покрывалась им в течение одной смены.

В качестве соломорезок допустимы лишь машины, снабженные прочным ножовым диском и надежными ограждениями.

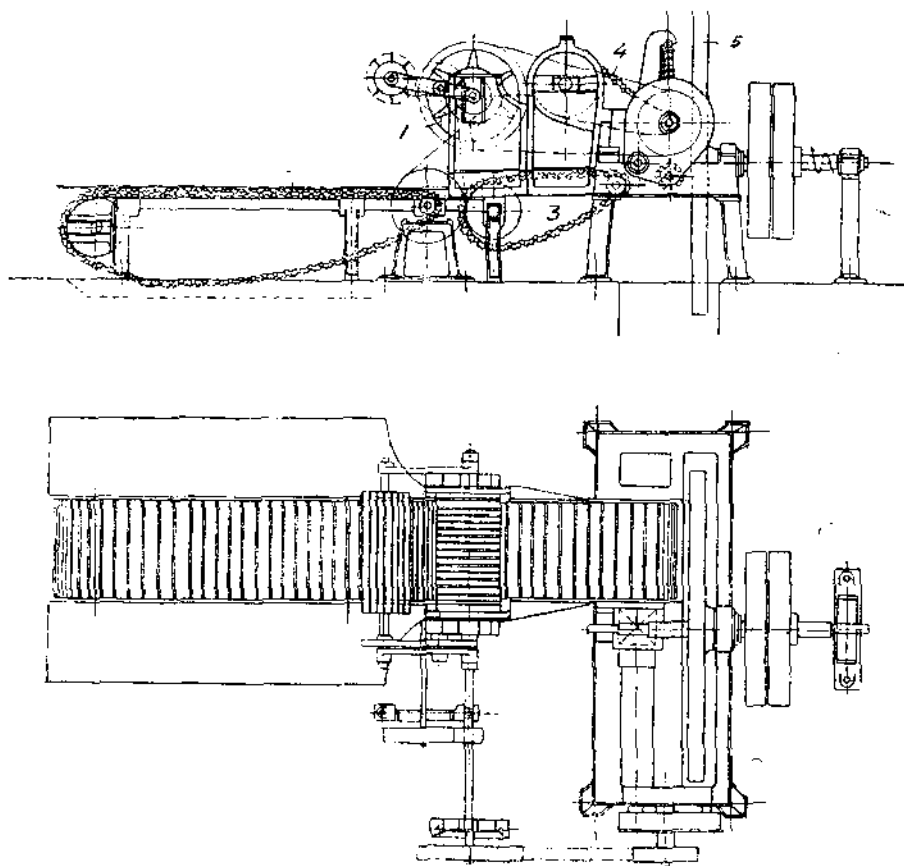


Рис. 66.

Соломорезки бывают различных размеров.

Средний размер: часовая производительность при затрате 12 л. с. ~ 3000 кг (рис. 57).

Большая соломорезка: часовая производительность ~ 8000 кг; расход силы от 25 до 30 л. с. Такая соломорезка сконструирована для загрузки и измельчения целых кип Ниблад (Nyblad) в Папенбурге (рис. 66).

На этой мощной машине кипа соломы разбивается насаженными на вал шипами 1, а затем подводится транспортерами из углового железа 2, 3 и 4 под ножовый диск. В запасе всегда должно находиться достаточное количество острых ножей. Для точки изогнутых стальных ножей необходимо иметь специальный шлифовальный станок. Хорошо ставить соломорезку на верхнем этаже, чтобы сечка через люк прямо падала на установленную

под ней сортировку. Ее можно поставить и в нижнем этаже, но тогда для очистки сечки приходится подымать вверх.

1. Соломорезочное отделение производительностью от 4000 до 5000 кг сечки в час, с обыкновенной очисткой.

Ножовый диск расположенной в верхнем этаже соломорезки перекрывается съемным кожухом, чтобы сечка не разлеталась во все стороны, а падала в отводящий люк. Сама соломорезка установлена на возвышении, с которого сечка поступает на наклонную широкую и длинную сетку,

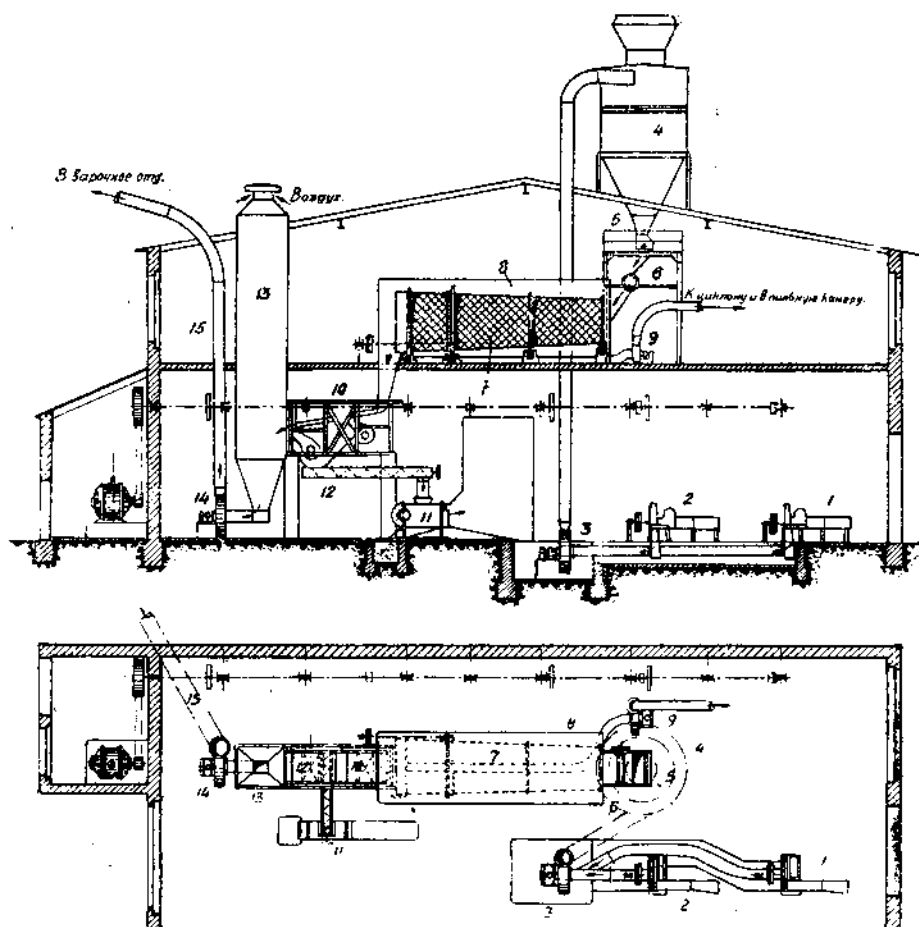


Рис. 67.

подвешенную к раме и снабженную тряской. В длину сортировка имеет, примерно, 4500 мм, а в ширину 2500 мм. Тряска производится при 190—200 колебаниях в минуту. Если соломорезка установлена в нижнем этаже, то сечка подается на сортировку либо ковшовым элеватором, либо транспортером, а часто и пневматически, через циклон.

Сквозь грубую сетку пыль, зерно и т. п. падает вниз и отбрасывается веялкой. При резке соломы образуется очень много пыли, чрезвычайно затрудняющей работу у этой машины. Пыль необходимо отсасывать еще на самой тряске, для чего ее покрывают колпаком, к которому присоединяется вентилятор.

С тряски сечка посредством вентилятора подается струей воздуха в большой ящик, а более тяжелые предметы, как напр. проволока, узлы стеблей, камни и т. п., падают с сетки под влиянием собственной тяжести.

В большом ящике сечка перестает клубиться, падает вниз и засасывается сильной воздушной струей мощного вентилятора, подающего ее по широкому трубопроводу в варочное отделение.

Чтобы дать выход воздуху, в названном ящике продельвается отверстие, затянутое металлической сеткой. Это оборудование дает возможность подавать к последнему вентилятору уже довольно чистую сечку, но, продвывая ее через установленный над варочным отделением циклон, можно отсосать особым вентилятором и последние следы пыли.

2. Сортировка более значительных количеств сечки — от 8000 до 10000 кг в час — при помощи барабанного обеспыливателя и горизонтальной тряски.

В нижнем этаже устанавливаются 2 соломорезки 1 и 2.

По данным фирмы Грумбах во Фрейберге в Саксонии, которая изготовляет приведенное на рис. 67 оборудование, соломенная сечка непрерывно отсасывается большим вентилятором 3 и подается в циклон 4 диаметром ~ 3500 мм. Этот циклон стоит на 10—11 м выше уровня земли, и сечка сперва сыпается из него в камеру, внутри которой вращается усаженный шипами вал 5 длиной ~ 1 м, а затем хорошо разрыхленная этим валом проходит мимо сильного вращающегося магнита 6, удаляющего из нее все железные предметы (проволоку и т. д.). Наконец, она попадает в конический барабан, служащий для очистки и обеспыливания. Диаметр барабана равен 1150—2500 мм. Длина его 8500 мм. Он обтянут плетеной сеткой и лежит на роликах. Барабан вращается со скоростью $n = 8$ об/мин. и помещен в закрытую со всех сторон пыльную камеру 8.

Отходящая пыль отсасывается вентилятором 9, диаметр которого равен 800 мм, и прогоняется через циклон в особую пыльную камеру, расположенную вне соломорезочного отделения. Очищенная соломенная сечка падает из барабана на наклонную трясущуюся сетку 10.

Ее длина 4500 мм, ширина 2500 мм. Тряска сетки производится при помощи вала, делающего $n = 180$ об/мин. Через эту сетку проходят зерна и узлы соломы, которые подаются затем шнеком к веялке 11, где и очищается, считая от веса соломы, от 0,5 до 1% зерна.

Расположенный под тряской 10 вентилятор 12 прогоняет чистую сечку в большой вертикальный циклон 13 высотой ~ 14 м и ~ 2000 × 2500 мм в поперечном сечении.

Отсюда сечка подается опять-таки мощным вентилятором 14 по трубе 15 к циклону, расположенному над соломенно-варочным отделением.

При такой очистке соломы потери составляют, примерно, 5—8%.

Вентилятор, которым подается соломенная сечка (рис. 68), изготовляется из листового железа и снабжается специальной крылаткой, чтобы попадающие в вентилятор при плохой резке длинные стебли не оседали на его лопастьях.

Сама крылатка с одной стороны открыта, а лопасти скошены, чтобы солома слетала с них к наружной стороне под влиянием центробежной силы. Размеры вентилятора всецело зависят от количества подаваемой сечки. При пневматической подаче потребность в энергии зависит от того давления, которое необходимо преодолеть, считая в миллиметрах водяного

столба, а также от количества воздуха, которое надлежит подать. На основании опытов Аугсбург-Нюрнбергского машиностроительного завода, скорость воздуха в трубах не должна превышать 22—25 м/сек. Кроме того, 1 м³ этого воздуха не должен содержать более чем 200—250 г сечки.

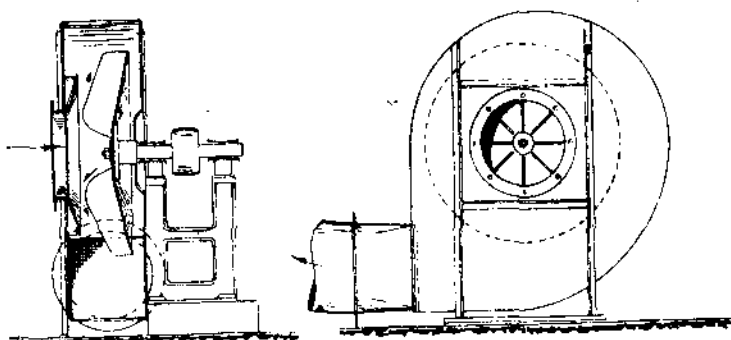


Рис. 68.

Пример. В час требуется пневматически подать на расстояние 140—150 м и на высоту 10 м 8 000 кг соломенной сечки. Избыточное давление в вентиляторе должно быть $h \approx 160$ мм водяного столба. Тогда вентилятор потребует:

$$N = \frac{Q \cdot h}{60 \cdot 75 \cdot \eta} \text{ л. с.},$$

где

Q — количество воздуха в м³/мин.

h — высота водяного столба в мм.

η — коэффициент полезного действия вентилятора $\approx 0,3 = \eta_v \cdot \eta_m$.

η_v — 0,75 (объемный коэффициент полезного действия).

η_m — 0,4 (механический коэффициент полезного действия).

Количество сечки в минуту: $\frac{8000}{60} = 133 \text{ кг.}$

Количество, сечки на 1 м³ воздуха = 250 г.

Количество воздуха в минуту: $\frac{133}{0,25} = 530 \text{ м}^3/\text{мин.} = 8,85 \text{ м}^3/\text{сек.}$

Отсюда:

$$N = \frac{530 \cdot 160}{60 \cdot 75 \cdot 0,30} = 57 \text{ л. с.}$$

Сечение трубопровода, т.е. его диаметр, определится, при скорости воздуха $v = 25$ м/сек. и количестве его 8,85 м³/сек., следующим образом:

$$F = \frac{8,85}{25} = 0,354 \text{ м}^2, \text{ или } d = 670 \text{ мм.}$$

Диаметр крылатки вентилятора должен быть равен ~ 1200 мм, а число ее оборотов ~ 1000 в мин.

На 530 м³ воздуха в минуту требуется циклон диаметром примерно в 3000—3500 мм при общей высоте в 7000 мм.

Обычные размеры циклонов — следующие (см. рис. 3, трипичная полумасса):

Количество проходящего воздуха при 100 мм водяного столба, м ³ /мин.	Диаметр циклона, мм	Диаметр трубопровода, мм
800	3 200—3 500	800
550—600	2 800—3 000	700
400	2 400—2 500	600
370	2 000—2 100	500
170—200	1 600—1 800	400
115—120	1 200	300
70	1 000	250

Если к подсчитанному выше расходу энергии на вентилятор прибавить еще расход на соломорезку и вспомогательные машины, то общий расход энергии на соломорезочное отделение, производительностью в 8 000 кг/ч. определится следующим образом:

соломорезка	25 л. с.
упрощенная сортировка сечки	3 „ „
вентилятор	57 „ „
Общий расход силы	~ 85 л. с.

Следовательно, пневматическая подача соломенной сечки сопряжена с очень большим расходом энергии, но зато понижается опасность пожара и сечка получается при такой работе значительно чище.

Значительно ниже установочная стоимость и дешевле в эксплуатации ковшевая подача сечки, но в этом случае соломорезочное отделение, с его пылью и риском в пожарном отношении, должно располагаться около варочного отделения.

в) Ссыпка соломенной сечки в силосы над варочными котлами

Над соломенно-варочным отделением располагается помещение для хранения запаса сечки. Его размеры зависят от производительности варочного отделения и должны быть такой величины, чтобы ни ночью, ни, особенно в воскресенье, не создавалось недостатка в сечке ¹⁾.

На 1 м³ такого хранилища можно считать ~ 60 кг сечки, т.е., имея котел диаметром в 3 м; вмещающий 2 000 кг сечки, надо располагать на 6 воскресных варок запасом в 12 000 кг сечки. Таким образом, объем потребного для нее помещения определяется в 12 000 : 60 = 200 м³.

Для равномерного распределения сечки в большом запасном помещении (рис. 69) рекомендуется устанавливать цепной транспортер, снабженный скребками.

В нижней части жолоба, по которому движется транспортер, в соответствии с количеством котлов проделаны отверстия с откидными крышками, через которые сечка из этого жолоба по мере надобности ссыпается в надлежащих местах над котлами.

Из хранилища сечка загружается в котлы, расположенные этажом ниже.

Другая рабочая схема по подаче сечки к котлам такова. Вся доставляемая на фабрику солома немедленно режется и хранится в сараях.

¹⁾ С введением у нас непрерывной недели запасы сечки могут быть соответственно меньше. *Ред.*

Сечка, необходимая для варочного отделения, подается из сараев по мере надобности через всасывающий рукав, вентилятором по нагнетательному трубопроводу. Она поступает в силосы над варочными котлами. Таким образом, запасы сечки в этом случае хранятся вне варочного отделения и силосы над котлами могут иметь относительно небольшой размер.

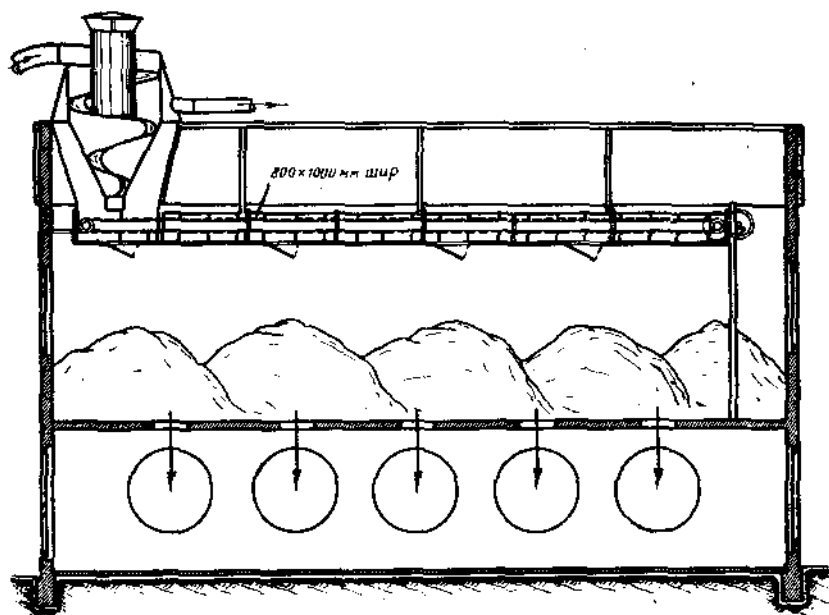


Рис. 69.

г) Варка соломенной целлюлозы

Для соломенной целлюлозы приняты, вообще говоря, шаровые котлы, сконструированные точно так же, как и котлы для тряпичной полумассы или для желтой соломенной массы.

В виде исключения применяются и котлы с двойным конусом, так называемые штурцкохеры (рис. 70), вращающиеся вокруг своей поперечной оси. Они подобно котлам для сульфатной целлюлозы (см. ниже) имеют на одном конце люк диаметром ~ 600 мм, а на другом — заостренном конце выдувное отверстие, примерно, в 150 мм в свету. Такие котлы встречаются лишь на заводах, где целлюлоза выдувается в закрытые счежи.

Устанавливаемые чаще всего шаровые котлы (рис. 71) имеют арматуру, аналогичную арматуре котлов, применяющихся при переработке тряпья. Не ставится внутри котла лишь большая промывная сетка. Зато внутри соломоварочного котла полезно помещать две прочные железные штанги, соединяемые посредине крест-на-крест. Это делается для того, чтобы при вращении котла в период варки сечка не слишком интенсивно перебрасывалась и волокно не страдало от трения. Штанги делаются из четырехгранного железа и имеют в толщину ~ 45 мм. Они прикрепляются к стенкам котла толстым угловым железом.

Рекомендуется ставить довольно большие котлы, так как оборот их почти тот же, что и малых. При склепывании шаровых котлов на месте, диаметр их может достигать 4000 мм и более. Однако, диаметр котлов наибольшего допустимого для перевозки по железным дорогам размера не должен превышать 3150 мм при емкости ~ 16350 л.

И в данном случае, как и во всех аналогичных установках, для экономии пара можно рекомендовать изоляцию варочных котлов.

Качество материалов, идущих на постройку варочных котлов для целлюлозы и толщина их стенок устанавливаются законом. Цапфы и

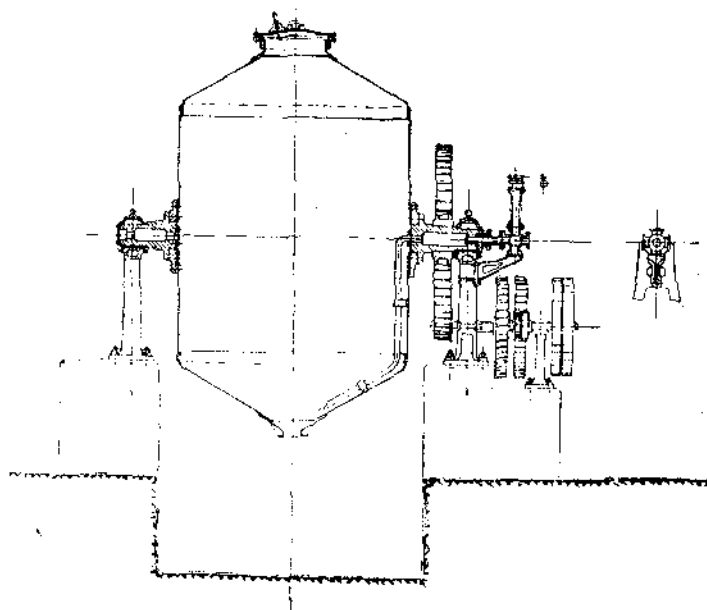


Рис. 70.

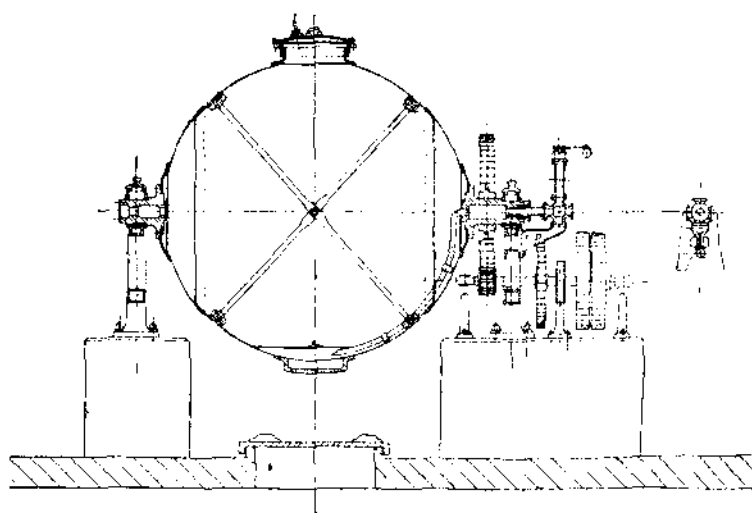


Рис. 71.

крышки люков должны быть сделаны из стального литья; крышки впрочем могут быть и из кованого железа. Чугун на эти части не идет.

Для полного использования котлов надо загружать их возможно большим количеством соломенной сечки. Поэтому, одновременно с началом зарядки, в котел подается горячий варочный щелок и вместе с тем приоткрывается паровой вентиль, ровно настолько, чтобы подымающийся

из загрузочного отверстия пар не препятствовал рабочим ссыпать в него соломенную сечку. При загрузке вручную сечка плотно утрамбовывается

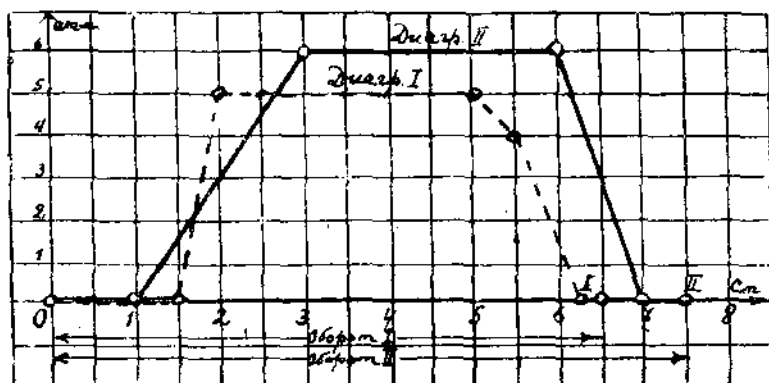


Рис. 72.

деревянными штангами из твердой древесной породы. Конечно, лучше применять механизированные уплотнители, в виде копров (рис. 73).

Чтобы зарядить в котел особенно много сечки, сперва производится предварительная загрузка, после чего люк закрывается и котел, при небольшом давлении пара, при водится на $\frac{1}{4}$ — $\frac{1}{2}$ ч. во вращение. Затем котел останавливается, доступ пара прекращается, отвинчивается крышка и он еще раз плотно набивается сечкой. Таким образом можно загрузить на 1 м³ объема котла вручную ~140 кг, а механизирова зарядку — ~150—160 кг короткой сечки. Очевидно, что варочный котел, имеющий в диаметре 3150 мм, а емкость равную 16530 л, может, при ручной зарядке, вместить ~2400 кг, а при механизированной—2900 кг соломенной сечки. В последнее время поставлен ряд опытов по зарядке сечки в варочный котел по способу Фреска (рис. 198; см. раздел сульфитной целлюлозы). По этому методу материал, подлежащий варке, вдувается с большой скоростью вентилятором, при одновременном создании вакуума в котле, чем достигается особая плотность зарядки.

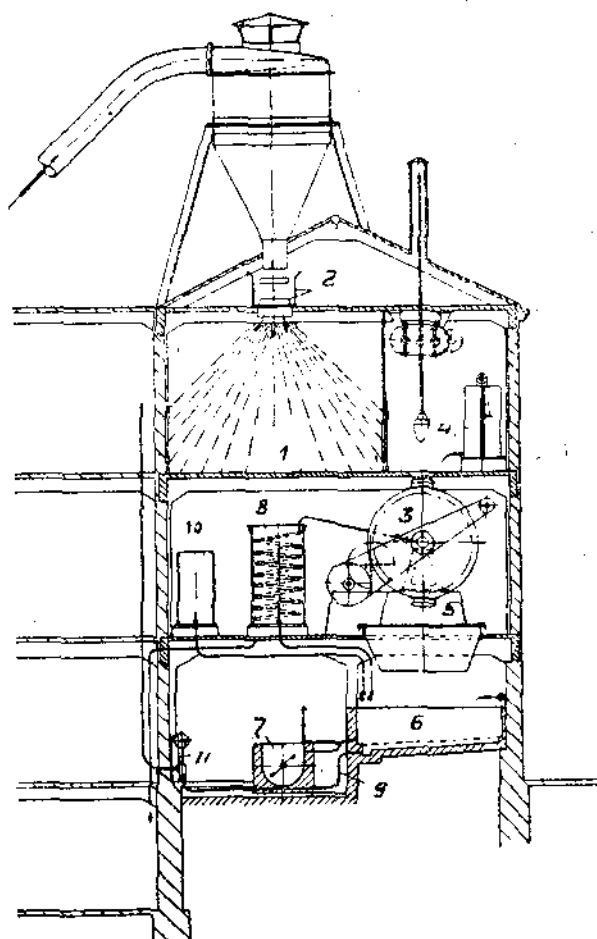


Рис. 73.

При среднем выходе, примерно, в 40% один оборот варочного котла диаметром в 3150 мм дает от 960 до 1160 кг воздушно-сухой соломенной целлюлозы, т.-е. за 1 оборот получается от 59 до 71 кг воздушно-сухой массы, считая на 1 м³ емкости котла.

Так как каждый котел дает в 24 ч. около 4 оборотов, то суточный количественный выход воздушно-сухой беленой соломенной целлюлозы на 1 м³ котла определяется в 240—280 кг.

В варочном щелоке, в зависимости от метода варки, содержится:

а) при чисто содовой варке ~15% едкого натра от веса соломы;

б) при сульфатной варке ~11—12% едкого натра от веса соломы, плюс соответствующее количество сернистого натрия.

Чтобы солома в достаточной степени пропиталась щелоком, необходимо иметь на каждые 1000 кг соломенной сечки ~2000 л варочного щелока в 11—12° Вё. Таким образом [на 1 кг загруженной соломы приходится 2 л варочного щелока, или, пересчитывая на 1 кг соломенной целлюлозы, 5 л этого щелока.

Пример. Вышеозначенный варочный котел, диаметром в 3150 мм, вмещающий ~2400 кг сечки, следовало бы наполнить ~4800 л варочного щелока. Количество содержащегося в нем едкого натра подсчитывается следующим образом:

а) при содовом методе: $15\% \text{ едкого натра} = 2400 \cdot 0,15 = 360 \text{ кг}$ едкого натра, в 4800 л раствора, т.-е. $\frac{360 \cdot 1000}{4800} \approx 75 \text{ г}$ едкого натра на 1 л раствора;

б) при сульфатном методе: $2400 \cdot 0,11 = 264 \text{ кг}$ едкого натра в 4800 л раствора, т.-е. $\frac{264 \cdot 1000}{4800} \approx 55 \text{ г}$ едкого натра на 1 л варочного щелока.

В последнем случае сюда добавляется еще Na₂S, который в процессе варки действует на соломенное волокно значительно сильнее, чем NaOH. Следует принять во внимание, что титрация Na₂S хлористым барием определяет его количество только лишь наполовину.

Таким образом, крайне важно, чтобы перед употреблением щелок точно титровался и в должном количестве отмерялся в котел.

Полезно иметь в помещении, из которого идет загрузка котлов, один или два железных мерника. Объем мерников должен быть достаточно велик, чтобы в них хватило щелока на 1 варку, а еще лучше на 2 варки, т.-е. они должны вмещать от 10 до 11 м³ щелока. Эти мерники следует изолировать, а также провести в них паровые змеевики, чтобы сразу наполнить котлы горячим щелоком. Это не только экономит пар на варку, но и сокращает оборот котла. Мерники снабжаются поплавком и рейкой, и таким образом за предварительно проверенным мерником можно следить снаружи. Для получения крупных делений пользуются чанами с малым днищем и большой высотой. В зависимости от колеблющейся крепости щелока, поступающего из отделения, где он готовится, заливка этого щелока в котел бывает различной. В каждом отдельном случае количество щелока надо подсчитывать на основании таблицы.

Вся соприкасающаяся с варочными или отработанными щелоками арматура и весь трубопровод, из-за присутствия в щелоках едкого и сернистого натра, не должна изготовляться из меди, латуни или бронзы и т. п., так как в таком случае образуется сернистая медь и все оборудование быстро разрушается. В качестве материала можно применять лишь чугун.

и железо. Только в отбельном отделении, где отсутствуют уже все следы щелока, можно снова ставить бронзу и т. п.

Для наиболее распространенных размеров котлов можно руководствоваться следующей таблицей:

Диаметр котлов в свету, мм	Диаметр загрузочного люка, мм	Толщина стенок при 7 атм. изб. раб. давления, мм	Число оборотов котла в мин.	Емкость, л	Количество загруженной сечки, кг	Выход воздушно-сухой целлюлозы, кг	Расход сырья, л. с.
2 800	800	12	~ 1	11 500	1 600—1 700	650	1
2 940	800	13	~ 1	13 600	1 900—2 000	780	1 ¹ / ₂
3 200	850	14	~ 3/4	17 200	2 400—2 500	1 000	2 ¹ / ₂
3 500	850	15	~ 1 ¹ / ₂	22 450	3 150—3 300	1 300	3

Данные о количестве заряжаемой сечки относятся к загрузке вручную. При механизированной загрузке их можно увеличить на 8—10%.

Из относящихся к котлу частей важно отметить высокие чугунные стойки и прочный шестеренный привод, снабженный рабочим и холостым шкивом, а также тормозное приспособление для остановки котла при его загрузке.

Варочный процесс

Оборот котла длится от 6¹/₂ до 7¹/₂ ч. (рис. 72) (для 2 варок).

Оборот котла складывается из следующих компонентов:

	I способ варки, часы	II способ варки, часы
Зарядка	1 ¹ / ₂	1
Повышение давления	1 ¹ / ₂	2
Варка при постоянном давлении	3 ¹ / ₂	3
Сдвуха	3 ¹ / ₄	1
Спуск (опорожнение)	1 ¹ / ₄	1 ¹ / ₂
Оборот	6 ¹ / ₂	7 ¹ / ₂

Варка, приведенная на I диаграмме, протекает следующим образом: варка длится при постоянном давлении 3 часа, затем доступ пара прекращается, и давление в котле под влиянием лучеиспускания понижается за 1¹/₂ часа до 4 атм., и лишь после этого происходит сдвуха пара.

Средний расход пара в 5 атм. изб. при работе с неизолированным котлом определяется, примерно, в 2 кг на 1 кг воздушно-сухой бленой целлюлозы.

Определение расхода пара на варку соломенной целлюлозы.

Расчет произведен для неизолированного варочного котла:

Диаметр в свету	3,15 м
Толщина стенок	0,014 "
Емкость	16 350 л
Поверхность	31,2 м ²
Вес котла с арматурой	~ 4 000 кг
Давление пара в котле	5 атм. изб.
Зарядка воздушно-сухой 88% сечки, при температуре ее в 15°	2 500 кг
Или:	
Абсолютно-сухой сечки	2 200 "
Воды, заключенной в сечке	300 "
Количество варочного щелока при 58°	5 000 "

15% NaOH от веса соломы. Всего NaOH .	375 "
Варочный щелок: ~ 75 г NaOH в 1 л	
удельный вес	~ 1,075 "
Общий вес варочного щелока	~ 5 375 "
Вес воды в варочном щелоке	~ 5 000 "
Удельная теплота NaOH	~ 0,35 "
Выход воздушно-сухой белой соломенной целлюлозы	~ 1 000 "
Температура в окружающем помещении	20°

Расчет складывается из:

- 1) Подсчета расхода тепла на нагревание сечки;
- 2) " " " " " воды;
- 3) " " " " " щелока;
- 4) " " " " " котла;
- 5) " " " " " покрытие потерь от лучеиспускания;
- 6) " " " " " прочих потерь и потерь в трубопроводах.

1. Нагревание сечки с 15 до 158°.

Количество абсолютно-сухой сечки	2 200 кг
Удельная теплота абсолютно-сухой сечки	0,34 "
Максимальная температура при 5 атм	158°
Начальная t°	15°

$$Q_1 = 2\,200 \cdot 0,34 \cdot (158 - 15) = 106\,960 \text{ кал.}$$

2. Нагревание воды, заключенной в соломе, от 15 до 158°.

Вода, заключенная в соломе. . . 300 кг

$$Q_2 = 300 \cdot 1 \cdot (158 - 15) = 42\,900 \text{ кал.}$$

3. Нагревание варочного щелока с 58 до 158°.

Расход тепла подсчитан отдельно для NaOH и отдельно для воды.

а) Расход тепла для нагревания NaOH:

$$Q_{\text{NaOH}} = 375 \cdot 0,35 \cdot (158 - 58) = 13\,130 \text{ кал.}$$

б) Расход тепла для нагревания воды:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = 5\,000 \cdot 1 \cdot (158 - 58) = 500\,000 \text{ кал.}$$

Суммарный расход тепла на варочный щелок:

$$Q_3 = 513\,130 \text{ кал.}$$

4. Нагревание котла.

Температура стенок котла при зарядке	45° (измерено)
Максимальная температура стенок котла	154°
Удельная теплота железа	0,115
Вес котла	~ 4 000 кг

$$Q_4 = 4\,000 \cdot 0,115 \cdot (154 - 45) = 48\,760 \text{ кал.}$$

5. Расход тепла на лучеиспускание.

Поверхность котла	31,2 м²
Толщина стенок котла	0,014 м.

Подсчет величины k :

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{150 - 20} = 7,429 \text{ кал./м}^2 \text{ ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 150}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{150 - 20} = 1,90.$$

$$C = 4,03 \text{ (см. стр. 29).}$$

$$c \cdot C = 1,90 + 4,03 = 7,927.$$

$$\alpha_2 = 7,429 + 7,927 = 15,356 \text{ кал./м}^2 \text{ ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,014}{50} + \frac{1}{15,356}} = 15,244 \text{ кал./м}^2 \text{ ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

Температура содержимого котла 158°

Температура помещения 20°

Таким образом, потеря тепла от лучеиспускания в период самой трех-часовой варки составит:

$$Q_{\text{лр}} = 31,2 \times 15,244 \times (158 - 20) \times 3 = 196\,900 \text{ кал.}$$

Отсюда сводка теоретической потребности в тепле определится в калориях так:

а) Заварка:

Нагревание абсолютно-сухой соломы	106 960 кал.
" заключенной в соломе воды	42 900 "
" щелока	513 130 "
" котла	48 760 "
Потери при лучеиспускании	32 650 "
" в трубопроводах (10%)	74 400 "

Расход тепла $Q_{\text{д}}$ 818 800 кал.

б) Сама варка:

Потери от лучеиспускания: $Q_{\text{лр}}$	196 900 кал.
" в трубопроводах (10%)	19 700 "

Расход тепла $Q_{\text{в}} = 216\,600 \text{ кал.}$

Подсчет пара на варку

а) Время заварки

Общий расход тепла — 818 800 кал.

Для производства имеется пар в 5 атм. изб. при теплосодержании $i'' = 658,2 \text{ кал./кг}$ пара и $i' = 159,5 \text{ кал./кг}$ пара.

Таким образом, в период заварки от 1 кг пара можно взять в среднем:

$$658,2 - 159,5 \cong 499 \text{ кал. на 1 кг пара в 5 атм. изб.}$$

Отсюда количество пара на заварку определяется следующим образом:

$$\frac{818\,800}{499} = \cong 1\,640 \text{ кг пара в 5 атм.}$$

$$\cong 79\% \text{ общего расхода пара.}$$

б) Время самой варки

Общий расход тепла $Q_{\text{в}}$ = 216 600 кал.

Температура содержимого котла 158°

На 1 кг пара можно использовать тепла: $658,2 - 159,5 \cong 499 \text{ кал./кг}$

Расход пара: $\frac{216\,600}{499} \cong 434 \text{ кг пара в 5 атм.}$

$\cong 21\%$ от общего расхода пара.

Таким образом, общий расход пара на 1 варку будет равен $1\,640 + 433 \cong 2\,074$ кг пара в 5 атм. изб.

Выход воздушно-сухой целлюлозы в данном примере равен, примерно, 1 000 кг на одну варку.

Следовательно, теоретически на 1 кг воздушно-сухой соломенной целлюлозы потребно $\sim 2,074$ кг насыщенного пара в 5 атм. изб.

д) Опоражнивание котла и промывка

Варочный котел соломенной целлюлозы опоражнивается, в зависимости от существующего оборудования, различно.

Соломенно-целлюлозное волокно уже само по себе чрезвычайно коротко, и поэтому не следует выдувать котлы под высоким давлением, так как это может повлечь за собой порчу волокна. Если же производить выдувку при слишком низком давлении, то возникает опасность, что котлы не опорожнятся в полной мере. Так называемые штурцкохеры выдуваются легче, чем шаровые котлы.

Из соломенной целлюлозы очень трудно удалить воду: она одна из наиболее „жирных“ полумасс. Это значит, что ее нельзя промывать толстым слоем как, например, сульфатную целлюлозу. Поэтому промывные ящики должны иметь большое сечение, что уменьшает высоту находящейся в них полумассы. Диффузоры, применяемые в производстве сульфатной целлюлозы, были бы пригодны если бы можно было значительно увеличить поверхность сетки, т.е. диаметр. Но такой тип диффузора оказался бы слишком дорогим. Поэтому целесообразнее промывать соломенную целлюлозу в открытых промывных ящиках (сджежах), в которые спускается содержимое котлов. Котлы можно выдувать также и в циклон, а из него подавать целлюлозу в промывные ящики.

Необходимо более подробно остановиться на устройстве промывных ящиков, так как при надлежащем ведении промывки не только выпарная станция снабжается сравнительно крепкими отработанными щелоками, но и для последующей отбелки получается хорошо отмытая масса.

После окончания варки, котел опоражнивается через открытый люк в ящик (рис. 73), расположенный непосредственно под котлами.

Очень важно предохранить целлюлозу в сджежах от загрязнения. Кроме того, необходимо следить за тем, чтобы в массу не попадала сырая солома, при загрузке ее в расположенные над сджежами варочные котлы.

Чтобы себя совершенно от этого гарантировать, рекомендуется сджежи сверху перекрывать, оставляя лишь под котлами продольную щель со съемной крышкой.

Расположение рационально оборудованного варочного отделения видно из рис. 73.

На верхнем этаже помещается запас соломенной сечки 1, подаваемой через циклон транспортером 2. Загрузка котла 3 производится через большие люки с заделанными в них воронками. На полу загрузочного помещения стоит мерник 4 варочного щелока, постоянно пополняющийся из отделения, где приготавливается щелок. Варочные котлы установлены в промежуточном этаже. Под каждым из них оставлено в полу отверстие 5, перекрытое щитом; через него котел опоражнивается в расположенную в первом этаже сджежу 6. После спуска котла, прежде чем снова заряжать его сеч-

кой, отверстие 5 тщательно перекрывается плотно прилегающей к нему крышкой. Для этого нужно, чтобы сами варочные котлы располагались над полом на достаточной высоте. Целесообразно располагать счежи так, как это показано на рис. 74.

В вареной соломе содержится щелочь, которую, перед отбелкой, необходимо удалить, не спуская ее сднго в сточную канаву. Это обуславливается:

- 1) экономическими соображениями;
- 2) недопустимостью загрязнения рек.

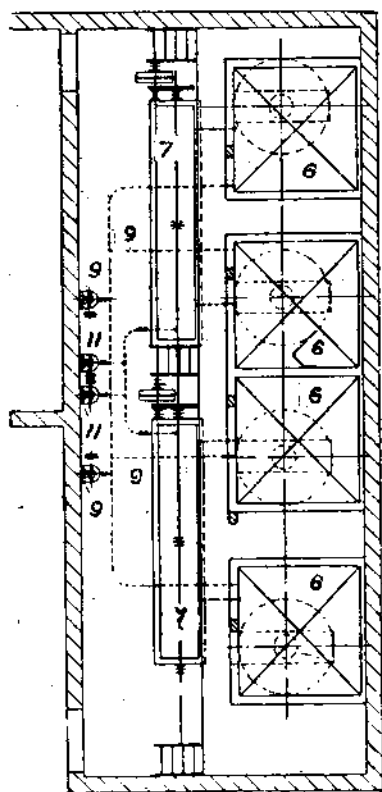


Рис. 74.

Предположим, что емкость котла 11 500 л, диаметр — 2800 мм, что в него загружено ~1700 кг сечки и 3400 л щелока и что выход воздушно-сухой бленой целлюлозы равен 680 кг. Тогда при опоражнивании котла будет спущено ~6—6,5 м³ массы, которая при слое в 500 мм займет площадь, примерно, в 12 м². Вообще площадь счеж должна составлять ~1,8 м² на каждые 100 кг воздушно-сухой, бленой соломенной целлюлозы. Концентрация массы в счеже составляет примерно, 20—25% абсолютно-сухого вещества.

Счежи делают из бетона и располагаются таким образом, чтобы их можно было обслуживать по крайней мере с двух сторон, а лучше со всех четырех. На решетчатом дне бассейна, глубиной в 1 м, помещается 5-мм железный лист, в котором на расстоянии ~20 мм друг от друга располагаются конические отверстия 2×4 мм диам., большим диаметром обращенные книзу. Свободное пространство под сеткой имеет в высоту ~150 мм. Продырявленное днище состоит из отдельных листов, которые время от времени можно вынимать и чистить. Дно бассейна наклонено к расположенному перед ним жолобу, из которого специальный насос забирает прошедший сквозь сетку щелок и качает его на выпарную станцию.

Окончательно промытая целлюлоза может удаляться из счеж двумя способами:

- 1) масса разбавляется водой и непосредственно из счеж перекачивается насосом на дальнейшую очистку;
- 2) масса сперва смывается водой в мешалку 7, расположенную перед счежами, а затем уже отсюда качается дальше на очистку.

Сама промывка производится следующим образом. Содержимое котла опоражнивается в счежи и вручную равномерно распределяется шестами.

Само собой разумеется, что в это время вентиль к насосу для щелока и задвижка для спуска массы должны быть закрыты. Затем равномерно распределенная и подлежащая промывке целлюлоза поливается горячей водой при температуре не ниже 70° ; требуется примерно, $5\frac{1}{2}$ л воды на 1 кг соломенной целлюлозы.

Вода нагревается в больших чанах 8 (рис. 73) при помощи змеевиков, которые питаются либо сдувочным паром из варочных котлов, либо отработанным паром силовых установок. Через некоторое время, когда горячая вода просочилась уже через весь слой массы, пускается в ход насос 9, качающий так называемые черные щелока на выпарную станцию. После этого горячую воду в том же количестве подают еще раз и откачивают ее опять-таки в сборник выпарной станции. Наконец, масса в третий раз заливается водой, которой отмываются последние следы щелока. Образующийся от третьей промывки, весьма слабый ($1-2^{\circ}$ Вё) раствор, в виду слишком малого содержания в нем щелочи, не качается на выпарную станцию, а подается в чан 10, расположенный на загрузочном полу над котлами. При последующих варках эта вода, содержащая следы щелока, идет на первую промывку сваренной массы. Такой метод дает отработанный щелок при средней концентрации в $5-6^{\circ}$ Вё и температуре в 50° , что только и делает выпарку черных щелоков экономически целесообразной.

После удаления третьей промывной воды масса может считаться достаточно чистой, и трубопровод 9 для щелока закрывается. Теперь открывается массная задвижка, и целлюлоза смывается чистой водой в расположенную перед сцезами мешалку 7. Диаметр этой мешалки, равный 1000—1200 мм, сравнительно невелик, так как она располагается в длину перед несколькими сцезами и получает таким образом достаточно большой объем. Но последний может быть меньше, чем емкость одной сцежи, так как при вымывке из сцежи работает насос 11, непрерывно откачивающий поступающую в мешалку массу. Насос для щелока 9 и массный насос 11 изготавливаются из железа. Размер насосов зависит от величины варочного отделения. Следует, однако, во избежание перебоев в работе иметь на каждые 3—4 котла по одному насосу для щелока и массы.

Пример. Чтобы сохранить оборот варки требуется в 1 ч. перекачать все содержимое котла, диаметром в 2800 мм, при выходе 680 кг воздушно-сухой целлюлозы.

$680 \text{ кг воздушно-сухой массы} = 680 \cdot 0,88 \approx 600 \text{ кг абсолютно-сухой массы}$. Перекачиваемая из сцеж (или мешалки) масса содержит 3% . Таким образом в час надо перекачать

$$600 \cdot \frac{100}{3} = 20\,000 \text{ л.}$$

Произведя надбавку в $20\% = 4\,000 \text{ л}$, получим, что мощность массного насоса должна отвечать $24\,000 \text{ л}$ в час, т.е. $\sim 400 \text{ л}$ в мин.

Из схемы работы сцеж видно, что от более или менее хорошей промывки зависят не только потери в щелоках, но и качество массы. Массу никогда нельзя промыть окончательно, однако, чем выше температура промывной воды, поступающей в сцежу, и чем ее больше, тем чище целлюлоза, тем меньше потери щелочи и тем легче идет отбелка, т.е. экономится хлорная известь, сберегается волокно и увеличивается выход. Повторное применение третьей промывной воды, в качестве первой заливки при последующей варке, не только повышает количество щелочи в первых двух поступающих на выпарку промывных водах, но и облегчает работу самой выпарной станции, так как приходится выпаривать только

$\frac{2}{3}$ всей промывной воды. Само собой разумеется, что размер выпарной станции зависит от количества и температуры подлежащей выпарке промывной воды, а равно и ее концентрации; которая измеряется в градусах Бэ.

Когда варка ведется только свежим щелоком и количество первых двух промывных вод составляет 550 л на 100 кг воздушно-сухой массы, приходится выпарить всего 1100 л отработанных щелоков в 5—6° Бэ при температуре в 45—50°, на каждые 100 кг соломенной целлюлозы.

При производстве соломенной целлюлозы отработанные щелока, даже частично, редко идут опять непосредственно на варку. В таком случае количество щелока, подлежащего выпарке, уменьшается на тот щелок, который идет сейчас же обратно на варку.

Червячный пресс

Червячный пресс применяется для удаления воды из всех видов целлюлозы и древесной массы.

Но и в тех случаях, где до сих пор щелок удалялся из волокнистых веществ путем промывки (снежи, диффузоры), этот пресс дает возможность, вследствие своеобразной формы отжимного шнека и цилиндрической сетки получать, более крепкие, т.е. неразбавленные щелока, чем это возможно при обычной промывке.

Согласно данным машиностроительного завода „Мозебах и сын“ в Нордгаузене, эта машина (рис. 75) состоит, в главных чертах, из чугунного корпуса, снабженного входным отверстием и приспособлением для предварительного удаления воды и горизонтальным коническим отжимным шнеком, окруженным редкой и частой сетками. Машиностроительный завод И. М. Фойта в Гейденгейме строит червячные прессы, по патенту Шварцера (Schwarzer), таким образом, что отжимной шнек своеобразной конструкции охватывается прочным конусом, который снабжен мелкой сеткой, служащей для пропуска воды.

Конструкция такой машины приведена на рис. 212 (см. раздел сульфитной целлюлозы).

Масса, из которой должна отжиматься вода (при концентрации в 4—7%), тщательно размешивается в специальной мешалке 1 (рис. 75). Из мешалки она спускается при помощи задвижки 2, имеющей в свету ~ 250—300 мм, при чем количество подаваемой массы может регулироваться из помещения прессы при помощи цепи 3. Перед задвижкой располагается подводящая воду труба, имеющая ~ 50 мм в диаметре и служащая в случае надобности для изменения концентрации массы. Можно также дополнительно отрегулировать поступление массы или моментально закрыть его при помощи быстродействующей заслонки 4. Сначала масса подвергается предварительному удалению воды в подводящей воронке 5 снабженной для повышения эффекта специальной мешалкой. Отсюда она равномерной струей подводится к работающему от привода коническому отжимному шнеку 6. Диаметр этого шнека ~ 240 мм, а длина — 1 900 мм. Он вращается с переменной скоростью, в зависимости от степени жирности той массы, из которой отжимается вода. Надо иметь возможность понижать число оборотов по меньшей мере в 2 раза, против нормальных 25—28 оборотов в мин.

Шнек, поверхность которого должна быть совершенно гладкой, вращается в коническом сетчатом барабане. Барабан этот состоит из внешней рубашки, имеющей в толщину ~ 5 мм, при диаметре отверстий в 10—12 мм, и внутренней частой сетки толщиной в 0,8 мм, при величине отверстий в 0,8—0,9 мм. На внутренней сетке укреплены продольные

планки, для того чтобы масса, не вращаясь, подавалась от широкого конца конуса в сторону узкого и, постепенно сгущаясь, теряла свою воду.

В чугунном корпусе имеются отверстия для чистки. Сгущенная масса, покидая аппарат у 7, падает в жолоб, в котором расположен продвигающий шнек 8. В этом жолобе масса остается в отжатом состоянии, или снова разжижается, если ее требуется еще раз отжать.

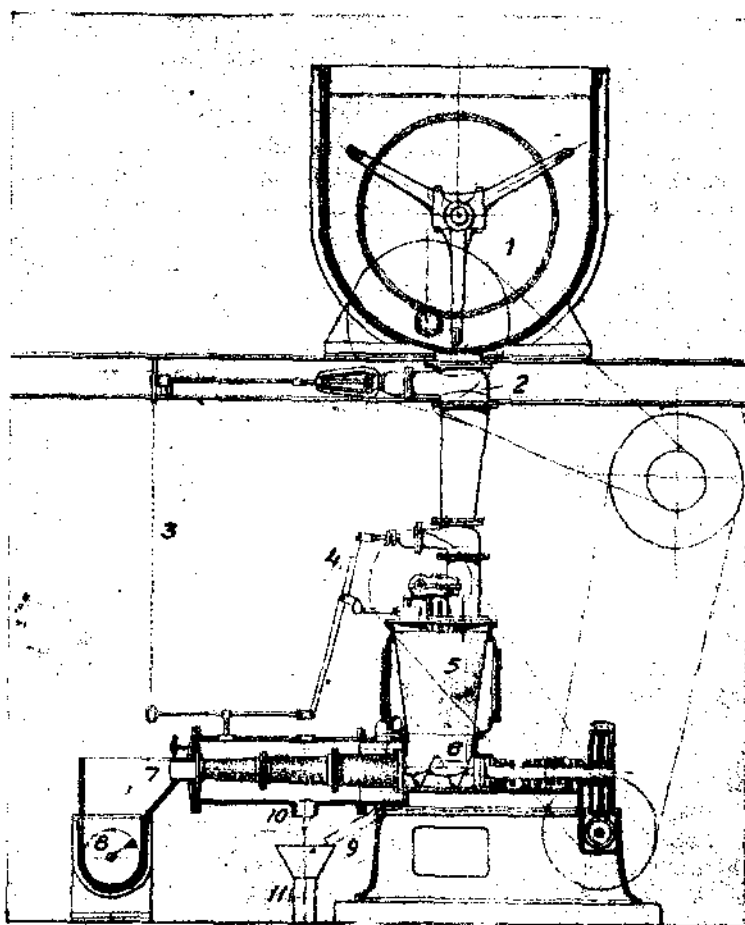


Рис. 75.

Щелок, или промывная вода, отводятся из входной воронки по трубе 9, а из-под шнека через спускное отверстие 10, и поступают по трубе 11 в место потребления, пройдя предварительно через ловушку.

Шнек приводится посредством червячной передачи, работающей в масле и снабженной холостым и рабочим шкивом. Привод должен иметь возможность работать с переменным числом оборотов, применительно к жирности массы.

Производительность прессов находится в зависимости от степени жирности (вязкости) массы, а также от концентрации ее при поступлении и при выходе из аппарата.

По имеющимся данным, при отжиме с $\sim 7\%$ до 50% абсолютно-сухого волокна, достигнуты следующие результаты:

Число оборотов приводного шкива в мин.	Род массы	Производитель- ность в кг в 24 ч.	Расход силы, л. с.
100	Древесная масса высшего качества	$\sim 5\,000$	6 до 7
250 — 230	Соломенная цел- люлоза	$\sim 6\,000$	~ 6
240 — 280	Древесная цел- люлоза	10 000—15 000	~ 8

В тех случаях, когда отходящая вода не идет тотчас же на разжижение массы, необходимо установить на пути отводящего трубопровода 1/1 массоловки, чтобы избежать потери волокна, и не направлять содержащих волокно отработанных щелоков на выпарную станцию. Если удаление щелоков из соломенной целлюлозы и ее промывка производятся посредством червячного пресса, то работа ведется в следующем порядке. По окончании варки, масса, содержащая $\sim 20\%$ абсолютно-сухого вещества ($\sim 14\%$ абсолютно-сухого волокна), разжижается горячим густым щелоком от предыдущей промывки, к которому добавляется также горячий, но разбавленный щелок. При содержании $\sim 7\%$ абсолютно-сухого вещества масса откачивается из варочного котла трехстаканным насосом и подается в мешалку 1 (рис. 75). Отсюда тщательно перемешанная масса поступает, по указанной схеме, на первый червячный пресс. Здесь она отжимается, примерно, до 50% абсолютно-сухого вещества.

Исследования, проведенные на фабрике с установившимся производством, определили концентрацию первого щелока на выпарной станции, при общем его количестве в 9390 л на 1000 кг воздушно-сухой беленой массы, в 7°Bé (55°).

Попадающая в желоб 8 при 55% абсолютной сухости соломенная масса снова разжижается чистой горячей водой, примерно, до 7% абсолютно-сухого вещества и подается ко второй мешалке, откуда, хорошо разбитая, поступает на второй червячный пресс. Полученный в этом случае слабый щелок дополнительно идет на разбавление последующей варки. Соломенная целлюлоза, выходящая из второго пресса, в достаточной мере очищена от щелока и, будучи соответственным образом разбавлена чистой водой, откачивается на дальнейшую обработку (сортировку).

Сравнить оба метода — работу на сжежах и на червячных прессах — можно по следующим цифровым данным, полученным при выпарке щелока до 30°Bé (60°).

1. Удаление щелока в сжежах и получение 11000 л разбавленного щелока на 1000 кг воздушно-сухой целлюлозы,

а) при 5°Bé (55°) = 7°Bé (15°) (см. ниже табл. на стр. 118).

Удельный вес	$S_1 = 1,052$
Количество абс.-сух. вещества	$T_1 = 9,4\%$
Сгущенный щелок: 30°Bé (60°)	$= 32^\circ \text{Bé}$ (15°)
Удельный вес	$S_2 = 1,29$
Количество абс.-сух. вещества	$T_2 = 46\%$

$$W = Q_1 \cdot S_1 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = \text{количество выпаренной воды (см. стр. 125)}$$

$$W = 11\,000 \cdot 1,052 \left(1 - \frac{9,4}{46}\right) = 11\,600 \cdot 0,798 = 9\,250 \text{ л.}$$

б) количество разжиженного щелока 11 000 л.

Концентрация 6° Bé (50°) 7½° Bé (15°)

Удельный вес $S_1 = 1,06$

Содержание абс.-сух. вещества $T_1 = 10\%$

Сгущенный щелок в 30° Bé (60°), как и выше.

$$W = 11\,000 \cdot 1,06 \left(1 - \frac{10}{46}\right) = 11\,600 \cdot 0,782 = 9\,100 \text{ л.}$$

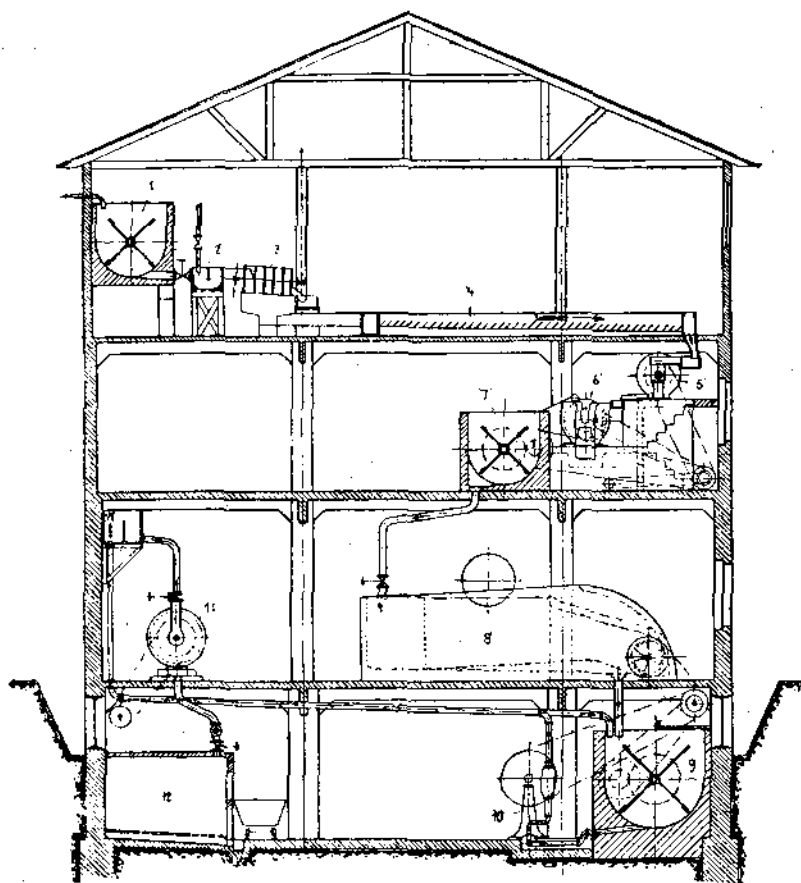


Рис. 76.

2. При работе на червячных прессах образуется на 1 000 кг воздушно-сухой массы 9 390 л разжиженного щелока в 7° Bé (55°) = 9° Bé (15°).

Удельный вес 1,067

Содержание абс.-сух. вещества 11,8%

Сгущенный щелок в 30° Bé, как и выше.

$$W = 9\,390 \cdot 1,067 \left(1 - \frac{11,8}{46}\right) = 10\,000 \cdot 0,743 = 7\,430 \text{ л.}$$

Таким образом, при работе на червячных прессах надо выпарить, считая на 1 000 кг воздушно-сухой соломенной целлюлозы, на 1 670 до 1 820 л воды меньше, чем при установке ссезж. Если принять (см. ниже раздел выпарки), что 1 кг отработанного пара выпаривает 2,0 л воды, то экономия пара на 1 000 кг воздушно-сухой массы определяется, примерно, в 900 кг.

На завод производительностью в 6000 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. надо установить 2 червячных прессы, 2 насоса и 2 мешалки, на что требуется ~ 20 л. с., но зато достигается экономия ~ 5400 кг пара, а также горячей воды для промывки.

е) Сортировка массы.

Несмотря на предварительную очистку сухой соломы, в вареной и хорошо промытой соломенной массе содержится еще много загрязнений и стеблей трав, которые, к счастью, не разрушаются варкой. Кроме того, масса эта засорена коленцами соломенных стеблей, песком, мелкими железными частями и т. д. Особенно важно — и притом в первую очередь — удалить сорные травы и коленца соломы.

Соломенно-целлюлозное волокно, получившееся в результате варки короткой соломенной сечки, нет надобности подвергать механическому измельчению, подобно тому как это делается, как увидим ниже, с древесной целлюлозой. Разбавленная водой масса качается из ссезж, либо из мешалки перед ссезжами, в расположенную на самом верхнем этаже большую мешалку 1, из которой она идет самотеком, как по песочнице 4, так и через окончательную сортировку 5 вплоть до отбельных роллов 8 (рис. 76).

Хорошо разбитая масса выходит из мешалки 1 при концентрации в 3—4%, разбавляется в особом ящике чистой водой до 0,3—0,4% и поступает затем на предварительную сортировку.

Сортировку соломенной целлюлозы целесообразно разбить на 3 стадии:

- а) предварительная очистка в сортировках с крупными отверстиями 3;
- б) очистка путем прохождения по большой песочнице 4;
- в) окончательная сортировка 5.

а. Предварительная очистка в сортировках с крупными отверстиями

Для предварительной очистки часто применяются простые сортировки с тряской (горизонтальные сетки) (рис. 77), которые располагаются за мешалкой, соответствующей по своей величине размерам производства. Сетка их делается из железа.

Производительность такой плоской сортировки с тряской, при диаметре отверстий в 6 мм, ширине сетки 1100 мм, длине 850 мм и тряске, совершающей 500—550 об/мин., равна примерно 2500 кг воздушно-сухой соломенной массы в 24 ч., при расходе 2—3 л. с.

На этих сортировках очень хорошо отделяются сорные травы и коленца соломы. Они падают в расположенный перед агрегатом жолоб, из которого могут свободно выгребаться. Вместо сортировки с тряской можно с успехом применять сортирующий барабан (рис. 78), снабженный крупными прорезями, наподобие тех, которые применяются для удаления сучков при производстве древесной целлюлозы.

Производительность такого аппарата при диаметре цилиндра в 800 мм, длине его 1500 мм, ширине прорезей в 3—4 мм и $n=25-30$ об/мин. определяется примерно в 10000 кг соломенной целлюлозы в 24 ч. при расходе от 1,5 до 2 л. с.

б. Песочница

За грубой предварительной сортировкой располагается большая песочница, с полезной поверхностью ~ 5 м² на каждые 1000 кг соломенной целлюлозы, вырабатываемые в 24 ч.

Завод производительностью ~ 10000 кг соломенной массы в 24 ч. должен иметь песочницу поверхностью примерно в 50 м².

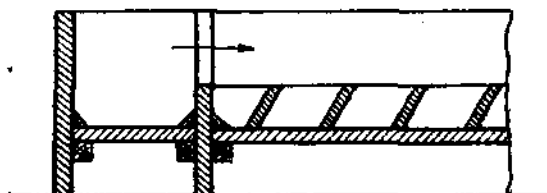
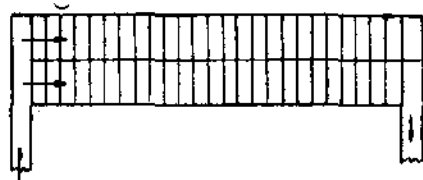
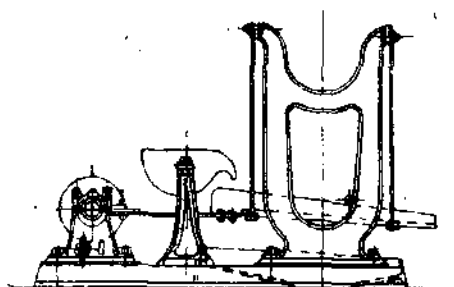


Рис. 79.

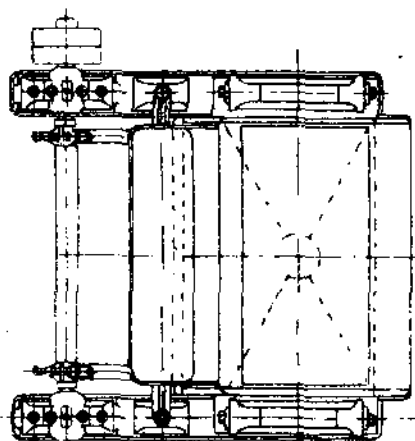


Рис. 77.

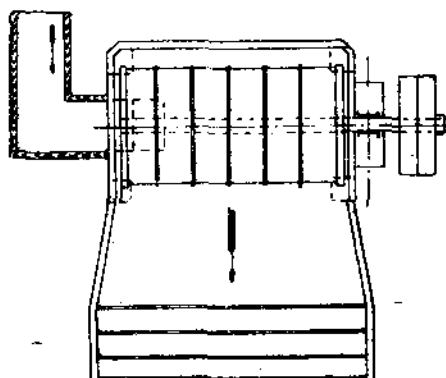
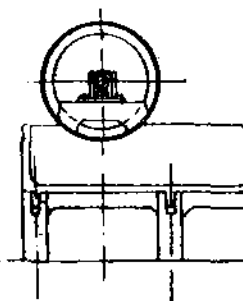
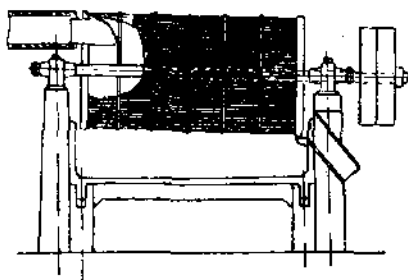


Рис. 75.

Скорость массы в песочнице не должна быть более $v = 12$ м/мин. Суточная производительность в 10 000 кг соответствует минутной производительности в 6,94 кг.

При концентрации массы, равной 0,33%, количество воды определяется следующим образом:

$$\frac{6,94 \cdot 100}{0,33} \approx 2100 \text{ л/мин.} = 2,1 \text{ м}^3/\text{мин.}$$

$$h = \frac{2,1}{12} = 0,175 \text{ м —}$$

слой массы над переборками песочницы, где h — высота массного слоя при $v = 12$ м/мин.

В песочнице (рис. 79) осаждается мелкий сор, как-то: узелки, песок и т. п.

Жолоб должен быть устроен таким образом, чтобы его ежедневно можно было чистить, не останавливая работы. С этой целью песочница разделяется на две самостоятельные части; масса из входного жолоба может идти либо на обе части сразу, либо на каждую в отдельности.

Песочница в большинстве случаев делается в виде деревянного жолоба и реже из бетона. Отдельные каналы должны иметь в ширину минимум 1,5 м и в высоту 400 мм, а деревянные переборки изготавливаются высотой в 80—100 мм. Переборки должны легко выниматься, и укрепляются при помощи задвижек или деревянных клиньев.

Вода, которой промываются песочницы, поступает на массоловушки.

γ. Окончательная сортировка

После предварительной сортировки в верхнем этаже окончательная сортировка соломенной массы производится этажом ниже (рис. 76).

Перед поступлением соломенной массы на отбелку ее необходимо очистить от последних и самых мелких засорений. Это может быть

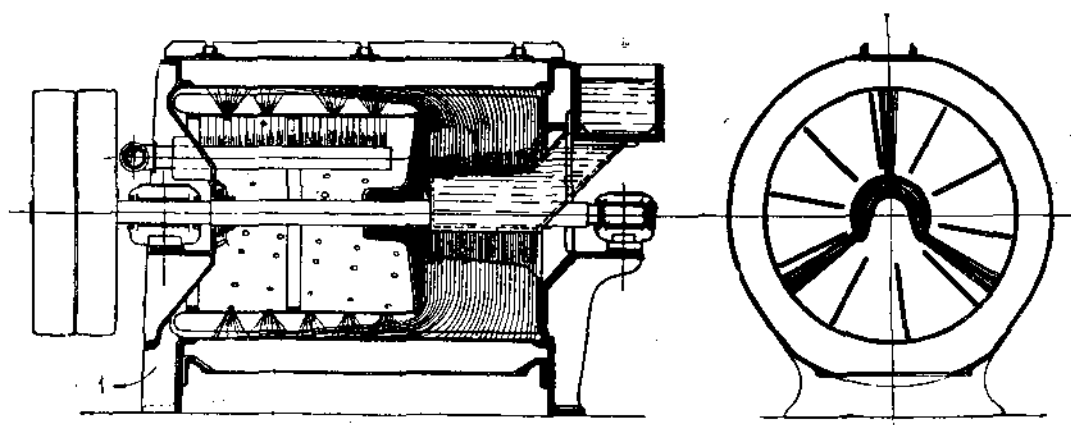


Рис. 80.

достигнуто при помощи самых разнообразных аппаратов, принятых вообще для сортировки полумассы, как-то: плоских или вращающихся узлоловителей, цилиндрических сеток или центробежных сортировок.

Практически испытанным при производстве целлюлозы и чрезвычайно простым аппаратом для окончательной сортировки является вращающаяся центробежная сортировка с горизонтальным валом (рис. 80, фирмы Фойта).

Сильно разжиженная масса, имеющая концентрацию примерно в 0,3—0,4%, поступает с песочницы и подается по вливному отверстию сортировки—через отдельные прорезы—в крылатку. Эта крылатка быстро вращается, разбивая массу сильными ударами, и отбрасывает ее своими многочисленными лопастями равномерным слоем на неподвижный сетчатый барабан, отверстия которого при сортировке соломенной массы рекомендуются делать в 2 мм.

Сетка обычно изготавливается из железа, а крылатка—из чугуна. Мелкое волокно проходит сквозь отверстия сетки, а грубая масса гонится косо-стоящими лопастями к противоположной стороне цилиндра, промывается там spryskami, устроенными в конце крылатки, и досортировывается, так что по выходе из сортировки она содержит лишь незначительное количество мелкого волокна. Вращающиеся сортировки строятся в настоящее время очень многими фирмами и притом самых разнообразных размеров. Некоторые представления о размерах сортировок дает приводимая таблица.

Центробежные сортировки

Размер по рис. 80	Размеры сортирующ. цилиндра: диаметр и длина в мм	Число оборотов приводного вала в мин.	Средн. производительность (при величине отверстий 2 мм) кг/24 ч.	Среднее потребление энергии, в л. с.
1	$D = 800$ $L = 600$	550—600	2 000—2 500	4—6
2	$D = 800$ $L = 1 000$	550—600	4 500—5 000	5—8
3	$D = 1 100$ $L = 700$	400—450	4 500—5 000	5—10
4	$D = 1 300$ $L = 1 000$	320—370	7 000—10 000	8—20
5	$D = 1 600$ $L = 1 500$	300—350	15 000—20 000	15—35

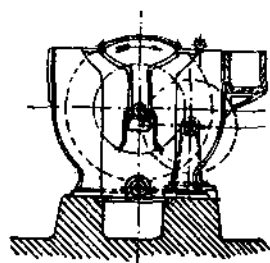
Как видно из рис. 80, конструкция и привод сортировок очень просты. Вал имеет лишь два подшипника кольцевой смазки, причем сальников не требуется. Производительность сортировок может регулироваться разжижением массы, числом оборотов и величиной отверстий.

ж) Сгущение.

После вторичной сортировки соломенная масса может идти на отбелку. Однако, в виду того, что ее разжижение при выходе из вторых сортировок достигает 0,3—0,4%—и при такой концентрации подавать массу в отбельные роллы нельзя, так как было бы израсходовано слишком много времени на отбелку,—то предварительно сгущают массу, примерно, до 6%. Это производится на особых сгущающих или обезвоживающих цилиндрах.

Сгустители (рис. 81) имеют вид сетчатого цилиндра, поверхность которого состоит из продырявленных медных листов или из продольных штанг, покрытых грубой сетчатой рубашкой, сверху обтянутой частой бронзовой сеткой (сетка № 70). Аппарат снабжен чугунными боковыми

стенками с уплотнительными лентами, а дно делается из дерева или оцинкованного железа, а иногда и из медных листов. В нем располагается большой люк для чистки. Над сеточным цилиндром помещен спрыск, при помощи которого сетка прочищается. Цилиндр приводится посредством шестеренной передачи и рабочего и холостого шкива. Он делает от 9 до 14 об/мин.



В месте выхода массы располагается передвижная сливная планка, при помощи которой массу можно более или менее продолжительное время удержать в аппарате, чем достигается различная степень сгущения. Обычно сгущение доводится до концентрации массы $\cong 6\%$. Такой сгущающий барабан (рис. 81), имеющий в диаметре 1 250 мм, а в длину 2 500 мм, достаточен, чтобы в 24 часа сгустить 6 000—7 000 кг воздушно-сухой соломенной целлюлозы от 0,3—0,4%, примерно, до 6%. Расход силы—1 л. с.

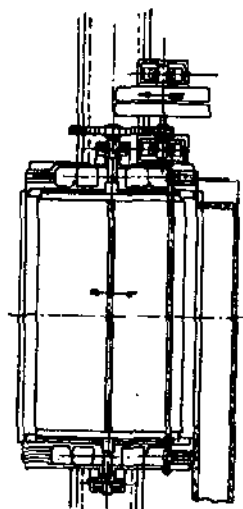


Рис. 81.

Таким образом, при этих условиях на 1 м² цилиндрической поверхности можно сгустить 600—650 кг воздушно-сухой соломенной массы, доведя концентрацию ее с 0,4 до 6%. Сгущение можно вести и промывными барабанами (рис. 27), особенно при небольшой производительности. Такого рода барабаны имеют в диаметре 1 250 мм, а в длину до 1 500 мм, причем для повышения производительности они снабжаются с обеих сторон сливами. В виду того, что сортировка массы производится непрерывно, т. к. котлы опоражниваются последовательно, а дальнейший процесс отбели в роллах носит периодический характер, — сгущенная масса направляется в горизонтальную мешалку. Емкость сборной мешалки рассчитывается так, чтобы в ней уместилось содержимое нескольких котлов, либо зарядка одного или нескольких отбельных роллов. Во всяком случае она должна быть не менее 60—70 м³.

Когда один из отбельных роллов спущен, он быстро наполняется массой из расположенной над ним сборной мешалки, чем сокращается оборот отбельного ролла.

Окончательные сортировки, сгустители и сборная мешалка устанавливаются в третьем этаже, а следующие за ними отбельные роллы—во втором. Таким образом, промытая неочищенная масса самотеком идет от предварительных сортировок на песочницу, отсюда на окончательные сортировки, сгустители, в сборную мешалку и, наконец, в отбельные роллы (рис. 76).

з) Отбелька соломенной целлюлозы

На рис. 76 показано общее расположение сгустителей, отбельного отделения и окончательной обработки соломенной массы.

Роллы, с лопатками, редко применяются для отбельки соломенно-массного волокна. Так как оно слишком коротко и не имеет тенденции скатываться в шарики, то чаще всего ставят роллы с пропеллерами (рис. 53 и 54). Система их та же, что и для тряпичной полумассы. Особенно рекомендуется выкладывать роллы внутри изразцами.

Размер ролла зависит от выработки. Концентрация массы 7—8%. Оборот ролла при емкости ~ 2 000 кг, определяется, примерно, в 8 ч. Масса подогревается до 35—40°.

Рекомендуется установка не менее 3 отбельных роллов, чтобы в случае ремонта располагать достаточным резервом.

Пропеллерные роллы расходуют на каждые 1 000 кг емкости, следующее количество энергии:

при небольших роллах емкостью до 20 м³ 5—6 л. с.
„ больших роллах емкостью свыше 20 м³ 4,5—5 л. с.

Иногда соломенная масса подвергается так называемой двойной отбелке, что бережет волокно и повышает его белизну. Сперва отбелка производится в течение ~ 5 ч. в роллах, а затем масса спускается в расположенные внизу сцези, где она добеливается остатками хлора в течение 12—24 ч. Сцези выложены дырчатыми плитками, а спускное отверстие их закрывается краном. Они похожи на сцези для тряпичной полумассы.

Белильный раствор спускается по окончании доделки, после чего масса размывается брандспойтом и откачивается массным насосом на повторную отбелку в роллы, сконструированные точно так же, как и роллы для предварительной отбелки.

Для отбелки пользуются хлором, и приготовление белильных растворов производится подобно тому, как это описано в разделе тряпичной полумассы. Под конец отбелки в данном случае тоже добавляется немного серной кислоты, повышающей степень использования хлора.

При надлежащей и хорошей отмывке щелочи для получения очень хорошо беленой соломенной целлюлозы требуется 12—15% хлорной извести, что отвечает ~ 5% активного хлора.

н) Окончательная обработка соломенной целлюлозы.

а) Переработка на своей фабрике.

В большинстве случаев соломенно-целлюлозный завод связан с бумажной фабрикой, и тогда — на собственном предприятии — масса перерабатывается во влажном состоянии. Ее принято подавать в рольное отделение бумажной фабрики в готовом для бумагоделательной машины виде, т. е. не требующем измельчения волокна в роллах.

Обычно соломенная целлюлоза из отбельных роллов спускается в большие мешалки, откуда она для измельчения пучков волокон подается на рафинеры. После этого целлюлоза для смешения с другими видами волокна подается в товарные роллы. Этим, во-первых, достигается разгрузка рольного отделения, а, во-вторых, сохраняется мелкое соломенно-целлюлозное волокно. Для означенной цели в отбельном отделении устанавливаются рафинеры с горизонтальным валом.

Применяемые в данном случае рафинеры системы Накке (Nascke), (рис. 82) фирмы Фойта снабжаются камнями диаметром в 700, 1 000 или даже 1 500 мм. Нормальными и достаточными по своей величине для соломенно-целлюлозных установок считаются камни диаметром в 1 000 мм, при суточной производительности ~ 5 000 кг соломенной массы и затрате силы в 20 л. с.

Корпус рафинера состоит из двух частей. Один из камней, так называемый лежень, неподвижно залит в крышке корпуса, а вращающийся камень насажен на втулку и заклинен на приводном валу. Помол регулируется эластической присадкой. На рабочей поверхности камни имеют насечку, изогнутую кнаружи таким образом, что масса, поступающая через отверстие лежня, отгоняется к периферии камней, а оттуда стекает вниз (рис. 83). При камне в 1 000 мм диаметром приводной вал агрегата делает от 280 до 300 об/мин. Привод имеет рабочий и холостой шкивы. Для

быстрой смены камней над рафинером располагается простой кран, длина подкранового пути которого около 2,5 м. Кран этот снабжается блоком и клещами для захвата камней.

Беленая масса, при концентрации в 3—4%, подается из мешалки, в которую спускаются отбельные роллы, насосом к рафинерам. Путем

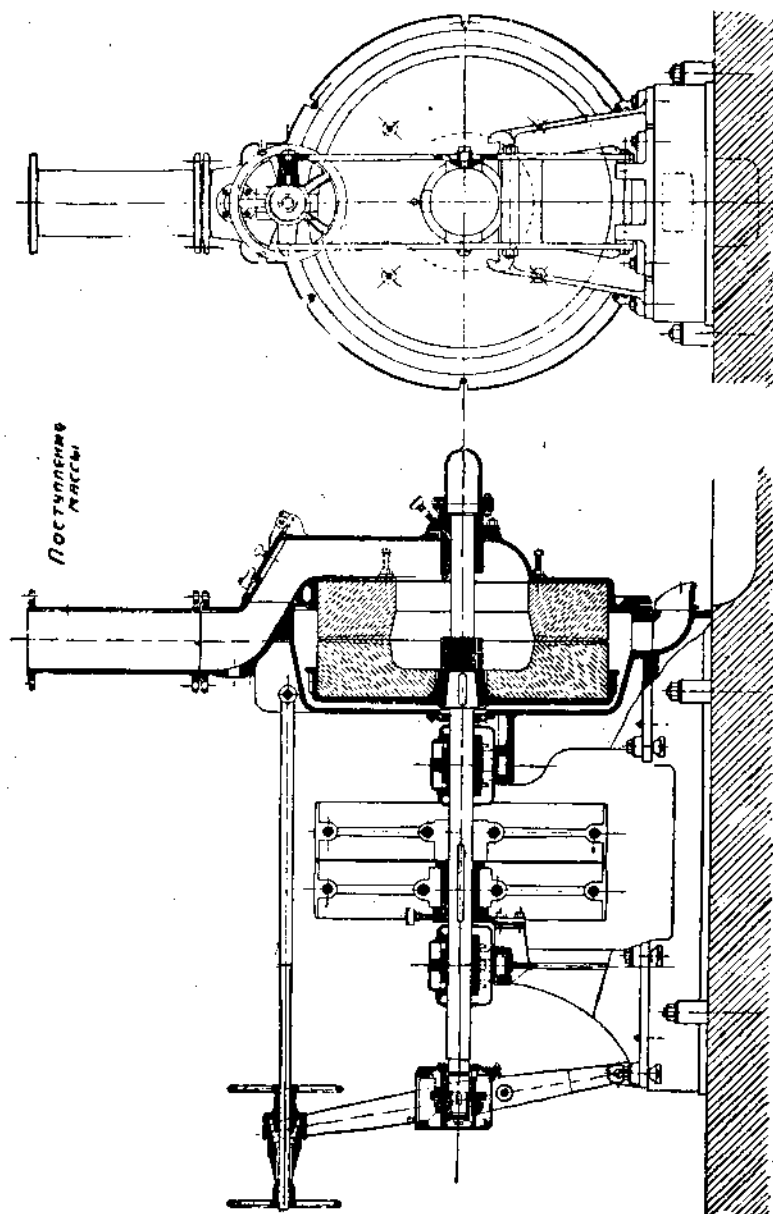


Рис. 82.

исследования размолотой массы, производимого систематически в высоких стаканах, можно следить за отсутствием в этой массе узлов.

Рафинированная масса либо обезвоживается на длинносеточной машине, примерно, до 35—38% абсолютно-сухого вещества, катается в рулоны и подается в помещение товарных роллов, а если нужно, на склад, либо

сгущается в сжежах (рис. 84) приблизительно до 20% сухого вещества и подвозится к роллам в вагонетках. Последний метод работы, пожалуй, самый распространенный. Соломенная масса отдает воду в сжежах обычно не столь легко, как тряпичная полумасса или древесная целлюлоза.

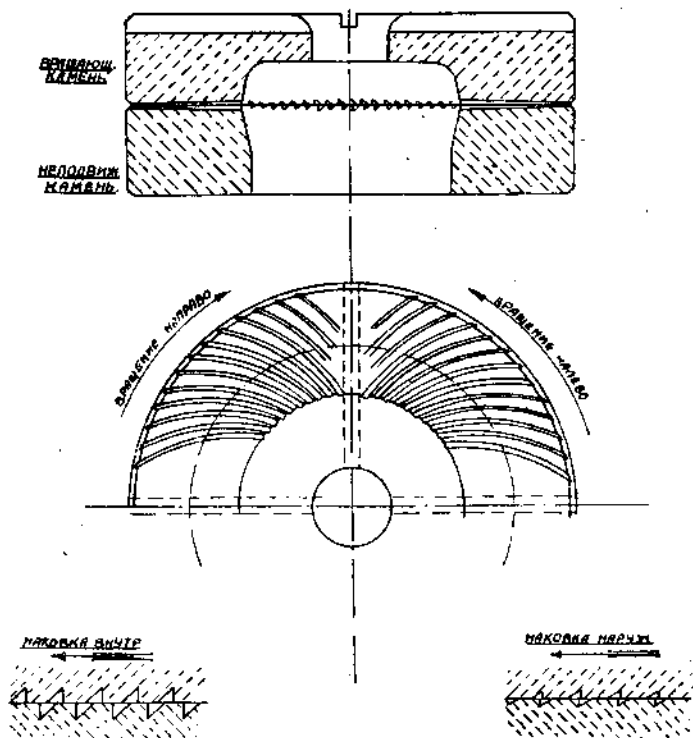


Рис. 83.

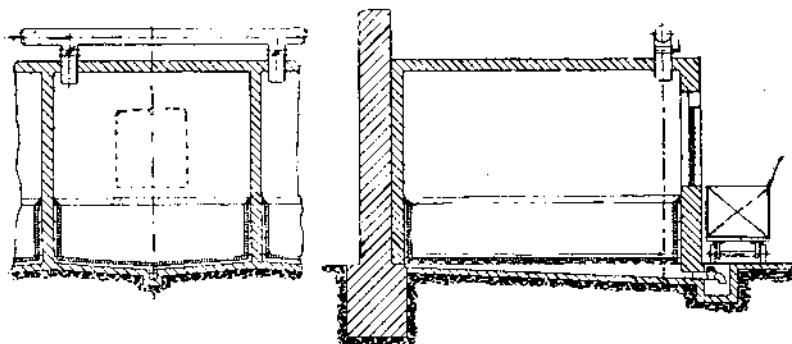


Рис. 84.

Рекомендуется, исходя из этих соображений, в сжежах и боковые стенки выкладывать пористыми плитками на 75 см от пола. В некоторых случаях рафинируется небеленая соломенная масса. Тогда такая отсортированная небеленая масса сгущается до 3—3,5% абсолютно-сухого вещества, рафинируется точно так же, как описано выше, а затем

снова сгущается до 6—7% абсолютной сухости. Пройдя отбельный ролл она поступает в сборную мешалку.

Такая производственная схема обеспечивает разделку пучков и уплотненных комков массы еще до ее отбели.

Окончательная обработка продажной соломенной целлюлозы

Соломенная масса, предназначенная для продажи, подается при концентрации ~1% на длинносеточную обезвоживающую машину с которой она получается или при 35—38% сухого вещества во влажных рулонах, или высушенной до 88% в рулонах или листах.

Так как соломенная целлюлоза легко желтеет при высоких температурах, то производительность сушильных цилиндров не должна быть большой, т.е. следует работать при низких температурах.

При высушивании массы с 38 до 88% и давлении пара в цилиндрах ~0,5 атм. изб. с 1 м² общей сушильной поверхности можно снять в сутки не более чем $K_p \approx 80$ кг этой массы. Толщина листа составляет 250—300 г/м², а скорость машины доходит, примерно, до ~25 м/мин.

В остальном обезвоживающие машины похожи на подобные же агрегаты для целлюлозы (рис. 217 и 218).

Листы обычно работают величиной в 70×100 или 68×93 см и отправляются упакованными в кипы.

Расход пара на сушку при 1 атм. изб., считая в главном паропроводе (включая обогревание потолка и потери в трубопроводах), ~2,3 кг на каждый килограмм воздушно-сухой целлюлозы.

к) Оборудование для получения варочных щелоков

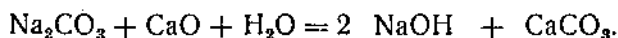
Каустификация

На 250 кг сечки или ~100 кг воздушно-сухой беленой соломенной массы требуется ~500 л готового варочного щелока, содержащего в 1 л. при работе по сульфатному методу, ~50 г едкого натра и ~20 г сернистого натра. Крепость его ~12° Вё.

Отсюда можно подсчитать суточную потребность щелока на заданную выработку массы.

В начале производства, сода каустифицируется при температуре кипения, по возможности чистой известью, в больших чанах, снабженных мешалками.

Протекающий при этом процесс схематически может быть выражен следующей формулой:



Сода	едкая	вода	едкий	углекислый
	известь		натр	кальций

В последующем круговом производственном процессе известь растворяется совместно с регенерированными щелочами (содовый плав), в каустификационных чанах, потери же покрываются при прокаливании добавлением сульфата.

В виду высокого содержания в отработанных соломенных щелоках, а отсюда и в плаве, кремневой кислоты, которая также выпадает в процессе каустификации, расход извести повышается в весьма значительной степени. Он значительно выше, чем в бедном кремневой кислотой плаве древесной сульфатной целлюлозы.

На некоторых фабриках ~ 1500 — 1700 кг плава и 600 кг извести растворяются кипящей водой в особых мешалках *11*, и готовый раствор вместе с осадком качается в чаны, предназначенные для самой каустификации *1* (рис. 85). Чаны для разводки *11* сделаны наподобие чанов для каустификации, изображенных на рис. 85. В них находится, на расстоянии ок. $\frac{1}{2}$ м от верхнего края, толстое железное продырявленное днище или вращающаяся вместе с основным валом плоская железная корзина *12*.

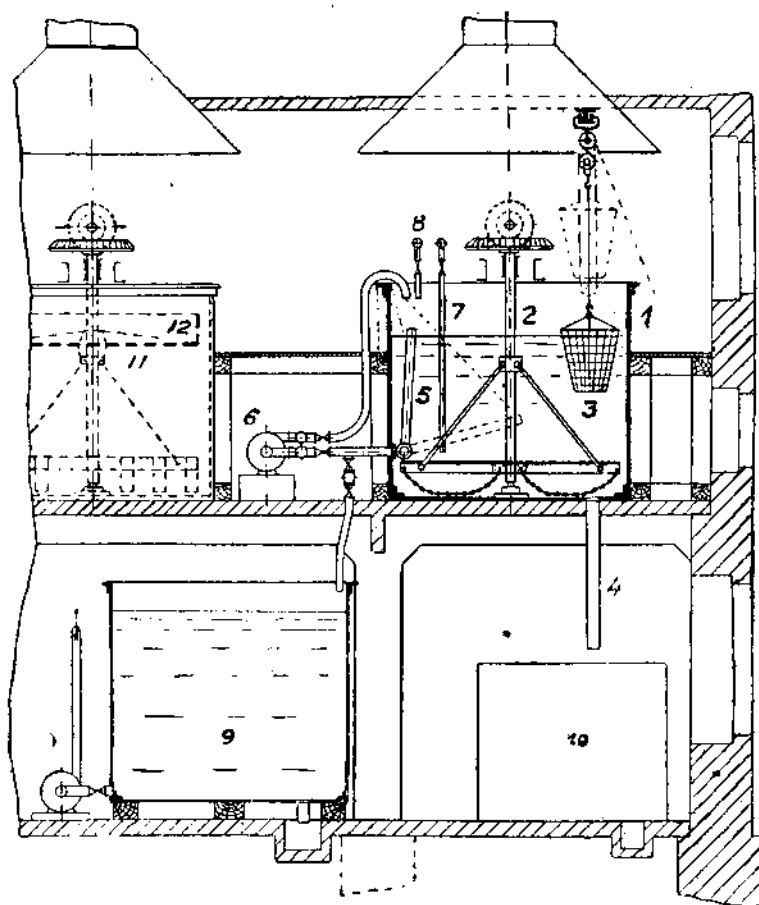


Рис. 85.

В эту корзину загружается разводимый плава и известь. Такая решетчатая плита *12* преследует ту же цель, что и корзинка *3*, изображенная на рис. 85. (На рис. 85 видно оборудование каустификационного отделения).

Нормально мешалка для приготовления варочного щелока имеет ~ 3 м в диаметре и $2,7$ до 3 м в высоту. Чан *1* сделан из котельного железа. На нижнем конце его вала *2* насажена прочная поперечная планка, на которой укреплены спускающиеся вниз цепи, перемешивающие осадок. Примерно на 30 см над дном к чану присоединен спускной патрубок с откидной трубкой *5*. По окончании варки эта труба на цепи опускается в прозрачный щелок, чтобы спустить его в запасный чан.

Для растворения извести (~ 600 кг) и содового плава (1500—1700 кг) их погружают в кипящую жидкость в корзине из железных прутьев 3. Содержащиеся в извести камни, благодаря этому приспособлению задерживаются, что предохраняет мешалку от быстрого изнашивания.

Аппарат дополняется трубой для пара 7, подводящим водопроводом 8 и спускным вентилем для осадка 4. Привод мешалки расположен сверху и снабжается муфтой для выключения.

В описанном выше чане можно приготовить, при продолжительности варки ок. 8 ч. ~ 12 м³ прозрачного щелока в 12° Вё, содержащего в 1 л 50 г NaOH; т.-е. при работе по сульфатному методу, — щелок примерно, с 20-процентным содержанием Na₂S.

Так как остающийся осадок приходится выщелачивать не менее 3—4 раз, то один чан может сделать в сутки не более 2 оборотов, т.-е. дать ~ 24 м³ щелока, при чем расход силы на каждый чан равен, примерно, 3—4 л. с. Отсюда следует, что надо иметь достаточно большое число таких аппаратов.

Для перекачивания щелочной промывной воды, получающейся при промывке, служит либо пульзометр, либо центробежный насос 6. Важность выщелачивания подтверждается следующими данными, полученными при проверке щелочности промывных вод.

Свежий щелок содержал, при 10,1° Вё, 95 г щелочи в 1 л.

Промывная вода	Крепость	Содержание щелочи в 1 л
Первая	4,1° Вё	27,56 г
Вторая	2,2° "	11,9 "
Третья	0,95° "	6,9 "

Выщелоченный известковый осадок из каустификационных чанов иногда подвергается еще дополнительному выщелачиванию на вакуумных фильтрах, или фильтр-прессах 10, а затем выветривается на свалке и применяется в качестве удобрения; иногда он обжигается в особых вращающихся печах для повторного употребления [см. также способ Ринмана (Rinmann) в разделе древесной целлюлозы].

Готовый варочный щелок спускается в большие, расположенные ниже, запасные чаны 9, где он дальше отстаивается и откуда всегда можно забрать требуемое количество. Для быстрой и хорошей очистки варочного щелока устанавливаются иногда дополнительно заполненные щебнем фильтры или вакуум-фильтры. Из запасных чанов готовый щелок качается в мерники, расположенные над соломоварочными котлами.

Очень важно для определения количества щелока, подлежащего заливке в котел, постоянно титровать варочные щелока и определять содержание в них едкого натра, сернистого натрия и т. д.

Вместо описанных каустификационных чанов с мешалками можно применять также бассейны, в которых весь процесс проводится исключительно путем перекачивания кипящего раствора центробежными насосами.

Само собой разумеется, что известь и плава должны предварительно растворяться в особом чану 11 с мешалкой, дабы получить чистую каустификационную смесь, которую можно было бы качать такими насосами.

Методы анализа содового плава и варочных щелоков целлюлозных заводов систематизированы профессором Лунге 1).

1) Zeitschrift für angewandte Chemie, № 45, 1901 г., изд. Ю. Шпрингера в Берлине.

Средние цифровые данные о составе варочных щелоков

I. Сульфатный способ

 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \sim 14,00 \text{ г/л}$ $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \sim 1,60 \text{ „}$ $\text{NaOH} \sim 51,00 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{S} \sim 19,33 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 \sim 1,01 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 \sim 13,06 \text{ „}$

II. Содовый способ

 $\text{NaOH} = 85 - 90 \text{ г/л}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 5 - 10 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{S} = 0,05 - 0,2 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{SO}_4 = 4 - 5 \text{ „}$ $\text{Na}_2\text{SiO}_3 = 1 - 2 \text{ „}$

При установившемся режиме работы соломенно-массного завода на приготовление варочных щелоков идут главным образом те щелочи, которые получаются из регенерированных отработанных щелоков. Поэтому оборудование, при помощи которого щелочи добываются из отработанных щелоков, имеет весьма важное значение.

Одновременно, в связи с полной переработкой отработанных щелоков, устраняются все затруднения со сточными водами.

л) Регенерация щелочей из отработанных щелоков

Отработанные щелока, образующиеся при промывке массы, поступающей из варочных котлов, в основном состоят из воды, органических веществ и щелочей. Для регенерации последних необходимы обширные установки, в особенности выпарные аппараты и печи, которые будут работать значительно экономнее в том случае, когда отходящие щелока получаются при высокой температуре и заключают в себе сравнительно много щелочи и мало воды.

Содержание щелочи и т. п., т. е. плотность отработанного щелока, определяется ареометром в градусах Боме (°Bé).

Однако цифровые данные этих измерений, в зависимости от температуры и состава щелока, очень различны, как это видно из помещаемой ниже табл. I.

Само собой разумеется, что параллельно с изменением плотности изменяются также и удельные веса и содержание абсолютно-сухого вещества, что наглядно видно из табл. II.

Пример. Отработанный щелок в 6° Bé (55°) соответствует щелоку в 8° Bé (15°); отработанный щелок в 30,5° Bé (60°) соответствует щелоку в 33° Bé (15°) (см. табл. I).

Затем:

Отработанный щелок в 8° Bé (15°) имеет удельный вес = 1,06; 89,4% воды и 10,6% сухого вещества; отработанный щелок в 33° Bé (15°) имеет удельный вес = 1,297; 53,2% воды и 46,8% сухого вещества (весовые %) см. табл. II.

Физические свойства соломенно-целлюлозного отработанного щелока видны из следующих двух таблиц (см. стр. 118 и 119).

Содержащиеся в щелоках вещества состоят из органических соединений, химически связанной воды и солей. Получающийся при высокой t° в печах плав состоит лишь из расплавленных солей, иногда содержащих небольшие количества угля.

Таблица 1¹⁾Влияние t° от 15 до 65° на плотность соломенно-целлюлозных отработанных шелоков

°C	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°
°Be	1	0,8	0,5	0,3	—	—	—	—	—	—	—
"	2	1,8	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,3	—	—	—
"	3	2,8	2,5	2,3	2,0	1,8	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6
"	4	3,8	3,5	3,3	3,0	2,8	2,6	2,3	2,0	1,8	1,6
"	5	4,8	4,5	4,3	4,0	3,8	3,6	3,3	3,0	2,8	2,6
"	6	5,8	5,5	5,3	5,0	4,8	4,6	4,3	4,0	3,8	3,6
"	7	6,8	6,5	6,3	6,0	5,8	5,6	5,3	5,0	4,8	4,6
"	8	7,8	7,5	7,3	7,0	6,8	6,6	6,3	6,0	5,8	5,6
"	9	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8	7,5	7,3	7,0	6,8	6,5
"	10	9,8	9,5	9,3	9,0	8,8	8,5	8,3	8,0	7,8	7,5
"	11	10,8	10,5	10,3	10,0	9,8	9,5	9,3	9,0	8,8	8,5
"	12	11,8	11,5	11,3	11,0	10,8	10,5	10,3	10,0	9,8	9,5
"	13	12,8	12,5	12,3	12,0	11,8	11,5	11,3	11,0	10,8	10,5
"	14	13,8	13,5	13,3	13,0	12,8	12,5	12,3	12,0	11,8	11,5
"	15	14,8	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5	13,3	13,0	12,8	12,5
"	16	15,8	15,5	15,3	15,0	14,8	14,5	14,3	14,0	13,8	13,5
"	17	16,7	16,5	16,2	16,0	15,7	15,4	15,2	15,0	14,7	14,4
"	18	17,7	17,5	17,2	17,0	16,7	16,4	16,2	16,0	15,7	15,4
"	19	18,7	18,5	18,2	18,0	17,7	17,4	17,2	17,0	16,7	16,4
"	20	19,7	19,5	19,2	19,0	18,7	18,4	18,2	18,0	17,7	17,4
"	21	20,7	20,5	20,2	20,0	19,7	19,4	19,2	19,0	18,7	18,4
"	22	21,7	21,5	21,2	21,0	20,7	20,4	20,2	20,0	19,7	19,4
"	23	22,7	22,5	22,2	22,0	21,7	21,4	21,2	21,0	20,7	20,4
"	24	23,7	23,5	23,2	23,0	22,7	22,4	22,2	22,0	21,7	21,4
"	25	24,7	24,5	24,2	23,9	23,7	23,4	23,1	22,8	22,6	22,3
"	26	25,7	25,5	25,2	24,9	24,7	24,4	24,1	23,8	23,6	23,3
"	27	26,7	26,5	26,2	25,9	25,7	25,4	25,1	24,8	24,6	24,3
"	28	27,7	27,5	27,2	26,9	26,7	26,4	26,1	25,8	25,6	25,3
"	29	28,7	28,5	28,2	27,9	27,7	27,4	27,1	26,8	26,6	26,3
"	30	29,7	29,5	29,2	28,9	28,7	28,4	28,1	27,8	27,6	27,3
"	31	30,7	30,5	30,2	29,9	29,7	29,4	29,1	28,8	28,6	28,3
"	32	31,7	31,5	31,2	30,9	30,7	30,4	30,1	29,8	29,6	29,3
"	33	32,7	32,4	32,2	31,9	31,6	31,3	31,0	30,8	30,5	30,2
"	34	33,7	33,4	33,2	32,9	32,6	32,3	32,0	31,8	31,5	31,2
"	35	34,7	34,4	34,2	33,9	33,6	33,3	33,0	32,8	32,5	32,2
"	36	35,7	35,4	35,2	34,9	34,6	34,3	34,0	33,8	33,5	33,2
"	37	36,7	36,4	36,2	35,9	35,6	35,3	35,0	34,8	34,5	34,2
"	38	37,7	37,4	37,2	36,9	36,6	36,3	36,0	35,8	35,5	35,2
"	39	38,7	38,4	38,2	37,9	37,6	37,3	37,0	36,8	36,5	36,2
"	40	39,7	39,4	39,2	38,9	38,6	38,3	38,0	37,8	37,5	37,2

1) См. также Dr. Schacht и E. Kirchners „Das Papier“, III В и С Zellstoffe, s. 100.

Таблица II 1)

Соломенно-целлюлозные отработанные щелока
(Сульфатный способ)

Содержание воды, количество сухого остатка и плава по удельному весу и градусам Боме при 15°.

Удельн. вес	°Вé	Весовые проценты			Удельн. вес	°Вé	Весовые проценты		
		Вода	Сухой остаток	Плав			Вода	Сухой остаток	Плав
1,007	1	96,8	3,2	1,60	1,171	21	72,0	28,0	14,00
1,014	2	96,0	4,0	2,00	1,180	22	70,5	29,5	14,75
1,022	3	95,1	4,9	2,45	1,190	23	69,0	31,0	15,50
1,029	4	94,1	5,9	2,95	1,200	24	67,5	32,5	16,25
1,036	5	93,0	7,0	3,50	1,210	25	66,0	34,0	17,00
1,045	6	91,8	8,2	4,10	1,220	26	64,4	35,6	17,80
1,052	7	90,6	9,4	4,70	1,231	27	62,8	37,2	18,60
1,060	8	89,4	10,6	5,30	1,241	28	61,2	38,8	19,40
1,067	9	88,2	11,8	5,90	1,252	29	59,6	40,4	20,20
1,075	10	87,0	13,0	6,50	1,263	30	58,0	42,0	21,00
1,083	11	85,7	14,3	7,15	1,274	31	56,4	43,6	21,80
1,091	12	84,4	15,6	7,80	1,285	32	54,8	45,2	22,60
1,100	13	83,1	16,9	8,45	1,297	33	53,2	46,8	23,40
1,108	14	81,8	18,2	9,10	1,308	34	51,6	48,4	24,20
1,116	15	80,5	19,5	9,75	1,320	35	50,0	50,0	25,00
1,125	16	79,1	20,9	10,45	1,332	36	48,3	51,7	25,85
1,134	17	77,7	22,3	11,15	1,345	37	46,6	53,4	26,70
1,142	18	76,3	23,7	11,85	1,357	38	44,8	55,2	27,60
1,152	19	74,9	25,1	12,55	1,370	39	42,9	57,1	28,55
1,162	20	73,5	26,5	13,25	1,383	40	41,0	59,0	29,50

Если необходимо из табл. II узнать, сколько граммов органических веществ и солей заключено в отработанных щелоках, то это определяется простым пересчетом:

1 л отработанного щелока при 15° Ц и 10° Вé весит 1 075 г.

В нем содержится $\frac{1\,075 \cdot 13}{100} = 139,75$ г сухого остатка, и в среднем $\frac{1\,075 \cdot 6,5}{100} = 69,875$ г плава.

1 л отработанного щелока при 15° Ц и 30° Вé весит 1263 г.

В нем содержится $\frac{1\,263 \cdot 42}{100} = 530,46$ г сухого остатка, и в среднем $\frac{1\,263 \cdot 21}{100} = 265,23$ г плава.

При этом принято, что плав составляет половину сухого остатка (этот % меняется в производстве).

1) См. также Dr. Schacht в E. Kirchners „Das Papier“, III B. и C. Zellstoffe, s. 101.

В большинстве случаев обычные методы промывки дают в конце концов щелока от 5 до 6° Вé при 45—50°. Таким образом, в них содержится в среднем ~10% сухого вещества, а около половины его состоит из так называемого плава (щелочи). Следовательно, 1 л щелока в 6° Вé при температуре 45—50° содержит ~100 г сухого вещества, из коего ~50 г плава. Но даже и при хорошо поставленной регенерации отработанных щелоков можно вернуть в каустификационное отделение лишь ~80—82% щелочи. Причина этих потерь лежит скорее в промывке, каустификации и работе печей, чем в самой выпарке. При установке червячных прессов (стр. 102) можно якобы располагать конечными щелоками в 7—7½° Вé при 50—60°, но в последующем будет описана переработка щелоков, полученных из обычных сжег.

Чтобы извлечь из отработанных щелоков щелочи, надо прежде всего выпарить воду. Однако провести эту операцию путем одной только выпарки нельзя, так как при определенной плотности, уже при выпарке примерно до 50% сухого вещества, т.е. приблизительно при 30—32° Вé (60°), щелок становится настолько вязким, что при дальнейшем сгущении следует опасаться за возможность его удаления и откачки насосами из принятых в настоящее время трубчатых выпарных аппаратов.

Поэтому в производстве выпарка подразделяется на две операции:

а) Щелок выпаривается до тех пор, пока его можно еще, несмотря на возрастающую вязкость, откачивать из выпарных аппаратов т.е. максимально до примерно 50-процентного содержания сухого вещества.

б) Остальная вода удаляется из сгущенного щелока в печах—в настоящее время почти исключительно во вращающихся. Одновременно с этим производится и плавка высушенной щелочной массы.

а) Оборудование выпарной станции

Раньше было принято сгущать разбавленные щелока, поступающие из соломенно-массных сжег, в больших открытых и последовательно установленных выпарных сковородах, а затем кальцинировать и плавить эти щелока в пламенных печах.

Последние отапливались либо пристроенными к ним колосниковыми топками, либо сгоранием газа, поступающего из особых печей. Само собой разумеется, что тепло, отдаваемое плавильными печами, шло на выпарку щелоков.

Уже давно эти установки заменены так называемыми испарителями, которые удаляют воду из щелоков в совершенно замкнутых аппаратах. Благодаря утилизации паров и работы с максимально достижимым разрежением эти аппараты имеют чрезвычайно высокий коэффициент полезного действия. Большое распространение получили подобные выпарные станции в сахарном производстве—для сгущения соков.

Из теплотехнических соображений нагреватель выпарных аппаратов снабжен довольно узкими и тонкостенными трубами, имеющими в свету ~46—48 мм при толщине стенок в 2½ мм. Отработанные щелока соломенно-массного производства быстро дают отложения на трубах обогревателя и тем самым сильно понижают тепловой коэффициент полезного действия. Поэтому перед подачей щелока в аппараты рекомендуется подвергать таковой очистке, давая ему отстояться в большом остроконечном резервуаре. Как уже было указано, отработанные щелока должны поступать на выпарку в возможно менее разбавленном и в возможно более горячем состоянии. Для этой цели перед выпарными аппа-

ратами устанавливаются специальные подогреватели, утилизирующие отработанный пар или конденсат, либо пар из выпарных агрегатов, и повышающие таким образом до возможного предела температуру поступающего на выпарку разбавленного щелока.

Выпарка воды производится либо двухступенчатым способом т.е. в двух последовательно включенных выпарных аппаратах, из которых один обогревается свежим паром со стороны (отработанным паром, примерно, в 0,5—1 атм. изб.), а другой—паром, полученным из первого аппарата (двухкорпусный аппарат); либо трехступенчатым, т.е. в первый подогреватель дается свежий пар (отработанный пар) в 0,5—1 атм. изб., а два последующих питаются паром, полученным в предыдущих аппаратах (трехкорпусный аппарат).

Само собой разумеется, что при этой работе большую роль играет состояние щелока: удельный вес непрерывно меняется параллельно с плотностью, щелок становится гуще (вязче), выпарка замедляется, и поэтому при расчете аппаратов приходится в сильной степени пользоваться опытными данными.

Двухкорпусный испаритель

Сущность работы двухкорпусного испарителя (рис. 86) состоит в том, что в паровую камеру первого аппарата вводится отработанный пар парового двигателя при 0,5—1 атм. изб. пар низкого давления, образующийся в результате выпарки в первом аппарате, идет на обогревание второго аппарата, который работает под разрежением, чем достигается более низкая температура кипения, зависящая, как известно, от того давления, под которым находится подлежащая выпарке жидкость. Принято поэтому первый аппарат называть аппаратом, работающим под давлением, так как в нем нагреватель питается паром, находящимся под давлением. Второй аппарат называется вакуум-аппаратом, так как жидкость в нем находится под разрежением. Разность температуры в обоих аппаратах должна быть различна, т.е. надо, чтобы, из-за повышающейся вязкости щелока, эта разность была во втором аппарате значительно больше, чем в первом, поскольку, конечно, последний аппарат такой же величины, как и первый, и должен испарить то же количество воды. Практика показала, что утилизация тепла в аппарате, работающем под давлением, примерно, в 1,5 раза больше, чем в вакуум-аппарате. Это объясняется тем, что из жидких щелоков вода испаряется, конечно, легче, чем из вязкого и густого щелока, заключенного во втором аппарате, который циркулирует далеко не так интенсивно и замедляет поэтому выпарной процесс.

Второй аппарат называется вакуум-аппаратом, так как жидкость в нем находится под разрежением. Разность температуры в обоих аппаратах должна быть различна, т.е. надо, чтобы, из-за повышающейся вязкости щелока, эта разность была во втором аппарате значительно больше, чем в первом, поскольку, конечно, последний аппарат такой же величины, как и первый, и должен испарить то же количество воды. Практика показала, что утилизация тепла в аппарате, работающем под давлением, примерно, в 1,5 раза больше, чем в вакуум-аппарате. Это объясняется тем, что из жидких щелоков вода испаряется, конечно, легче, чем из вязкого и густого щелока, заключенного во втором аппарате, который циркулирует далеко не так интенсивно и замедляет поэтому выпарной процесс.

Так как оба выпарных аппарата ставятся одной и той же величины, то и разность температуры надо регулировать в отношении 1 к 1,5, чтобы дать второму аппарату, примерно, ту же испарительную способность, что и первому.

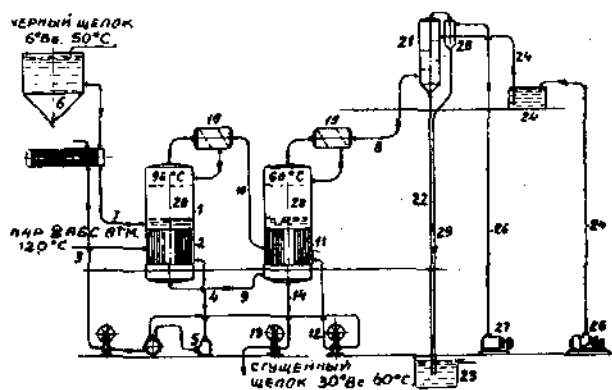


Рис. 86.

Описание работы двухступенчатого испарителя

На нагревание первого аппарата идет пар в 1 атм. изб. при 120° . Во втором аппарате имеется разрежение в 80%, т.-е. давление понижено на 61 см ртутного столба, что соответствует 0,2 атм. абс. при температуре кипения в $\sim 60^\circ$.

Обозначим искомую разность температуры в первом аппарате через X , а во втором аппарате через Y :

$$1) \text{ Суммарная разность } t^\circ = X + Y = 120^\circ - 60^\circ = 60^\circ.$$

По приведенным выше опытным данным следует, что $X:Y=1:1,5$.

$$2) Y = 1,5 \cdot X.$$

Подставляем в первое уравнение:

$$X + 1,5 \cdot X = 60^\circ.$$

Следовательно, $X = 24^\circ$ — потребная разность t° в первом аппарате и $Y = 60 - 24 = 36^\circ$ — во втором, т.-е. t° , господствующая в первом аппарате, равна $120^\circ - 24^\circ = 96^\circ$ и, поскольку в обогревателе второго аппарата t° достигает, примерно, 96° , t° в его испарителе равна

$$96 - 36^\circ = 60^\circ.$$

Поэтому при двухступенчатой системе выпарки и при подсчитанной только что t° кипения в первом выпарном аппарате, равной 96° , жидкие щелока могут поступать в испаритель из расположенного на соответствующей высоте бака для щелока без насоса, так как в этом испарителе господствует пониженное давление.

Трехступенчатый испаритель

В этой установке (рис. 87) разность температуры используется таким образом, что все три испарителя, первый (I), второй (II) и третий (III), одной и той же величины, включаются последовательно, и в обогреватель первого аппарата подается отработанный пар при давлении ~ 1 атм изб. и t° равной 120° , а в остальные два обогревателя соответственно пар от выпарки в предыдущем испарителе.

Аппараты II и III находятся при этом под соответствующим разрежением.

Предположим, что при трех аппаратах в обогреватель аппарата I подается пар при $t^\circ 120^\circ$, конечная же t° в аппарате III, при 80% разрежении, т.-е. 61 см ртутного столба = 0,2 абс. атм. — практически доходит, примерно, до 60° . Поэтому и здесь работа производится при общей разности температуры в трех аппаратах равной $120^\circ - 60^\circ = 60^\circ$, т.-е. точно так же, как и в двухступенчатом испарителе, только в этом случае разность температуры используется в три ступени.

Если аппараты одинаковы по размерам и испаряют каждый, примерно, равные количества воды, означенные три ступени должны находиться друг к другу, примерно, в следующем соотношении.

$$\text{Разность температуры в аппарате I} = X,$$

$$\text{„ „ „ „ II} = Y,$$

$$\text{„ „ „ „ III} = Z.$$

Тогда прежде всего:

1. $X + Y + Z = 60^\circ$.
2. $X : Y = 1 : 1,45$
3. $X : Z = 1 : 3,4$ } (опытные данные).

Отсюда следует, что

$$Y = 1,45 X, \quad Z = 3,4 X.$$

Следовательно,

$$X + 1,45 X + 3,4 X = 60^\circ; \quad X = 10^\circ.$$

- 1) t° питательного пара в аппарате I = 120°
 t° отходящих паров I = $120^\circ - 10^\circ = 110^\circ$

- 2) $Y = 1,45 X = 14,5 \approx 15^\circ$,

- т.-е. t° в обогревателе аппарата II = 110°
 t° отходящих паров аппарата II = $110^\circ - 15^\circ = 95^\circ$

- 3) $Z = 3,4 X = 3,4 \cdot 10 = 34 \approx 35^\circ$,

- т.-е. t° в обогревателе аппарата III = 95°
 t° отходящих паров аппарата III = $95^\circ - 35^\circ = 60^\circ$

$$X + Y + Z = 10 + 15 + 35 = 60^\circ \text{ — общая разность температуры.}$$

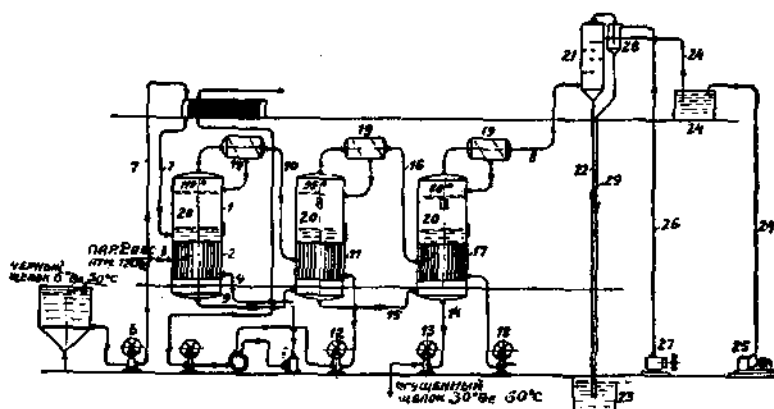


Рис. 87.

Из предыдущего следует, что при системе трехступенчатой выпарки разбавленный щелок должен нагнетаться в аппарат I насосом, так как в нем господствует избыточное давление (При $110^\circ \sim 0,5$ атм. изб.).

Количество подлежащей выпарке воды

При определении количества воды, подлежащего выпарке из отработанного щелока, необходимо учитывать температуру t° , и существующую в данный момент плотность, т.-е. градусы Боме. Дело в том, что плотность в значительной степени зависит от t° , и, кроме того, по мере сгущения щелока изменяется его удельный вес, а следовательно и содержание сухого вещества и воды, как это следует из приводимой ниже сводки:

разбавленный щелок в	8° Бэ (15°)
соответствует согласно табл. I щелоку	$7\frac{1}{2}$ Бэ (50°)
удельный вес по табл. II (стр. 119)	$s_1 = 1,06$
содержание сухого вещества	$T_1 = 10\%$
воды	$= 90\%$

Когда этот щелок выпаривается до известной плотности (в градусах Боме), то по отношению к сгущенному щелоку известны также:

- 1) Удельный вес s_2 .
- 2) Содержание в сгущенном щелоке сухого вещества T_2 .

В виду того, что количество сухого вещества, заключенного в разбавленном щелоке, то же, что и в получаемом сгущенном щелоке, объем выпаренной воды W одновременно является и разностью в весовых количествах щелока G_1 и G_2 а именно:

$W = G_1 - G_2$ в кг или в л выпаренной воды между разбавленным щелоком (весом в G_1 и сгущенным щелоком весом в G_2

I. $G_1 = Q_1 \cdot s_1$ кг — вес разбавленного щелока с объемом Q_1 и удельным весом s_1

$$G_2 = g_1 \cdot \frac{100}{T_2}; \quad g_1 = \frac{G_1 \cdot T_1}{100} = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{100} \text{ и}$$

$$G_2 = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1 \cdot 100}{T_2 \cdot 100}$$

II. $G_2 = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{T_2}$ кг — вес сгущенного щелока содержащего T_2 сухого вещества

или $G_2 = \frac{G_1 \cdot T_1}{T_2}$ кг — вес сгущенного щелока, содержащего T_2 сухого вещества.

III. $Q_2 = \frac{G_2}{s_2}$ л — объем сгущенного щелока, содержащего T_2 сухого вещества

или $Q_2 = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{s_2 \cdot T_2}$ л — объем сгущенного щелока весом в G_2 , удельного веса s_2 при содержании сухого вещества T_2 .

$$\text{IV. } W = G_1 - G_2 = Q_1 \cdot s_1 - \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{T_2}$$

$$\text{IVa. } W = Q_1 \cdot s_1 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \text{ кг или л.}$$

$$\text{IVb. } W = G_1 \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \text{ кг или л.}$$

Пример:

$Q_1 = 1000$ л разбавленного щелока в 6° Bé (50°) = $7\frac{1}{2}^\circ \text{ Bé}$ (15°) при удельном весе $s_1 = 1,06$ и $T_1 = 10\%$ сухого вещества, — надо выпарить до $32,5^\circ \text{ Bé}$ (60°) = 35° Bé (15°), удельный вес 1,32, содержание сухого вещества 30% .

$$G_1 = 1000 \cdot 1,06 = \text{вес разбавленного щелока} \dots\dots\dots 1060 \text{ кг}$$

$$G_2 = \frac{1000 \cdot 1,06 \cdot 10}{50} = \text{вес сгущенного} \dots\dots\dots 212 \text{ кг}$$

$$Q_2 = \frac{1000 \cdot 1,06 \cdot 10}{1,32 \cdot 50} = \text{объем сгущенного щелока} \dots\dots\dots 161 \text{ л}$$

Количество сухого вещества в сгущенном щелоке 50% 106 кг

Воды в сгущенном щелоке 50% 106 кг

$$W = \text{количество выпариваемой воды} = G_1 - G_2 = 1060 - 212 = 848 \text{ кг (л)}$$

$$\text{или же } W = 1060 \left(1 - \frac{10}{50}\right) = 1060 \cdot 0,8 = 848 \text{ кг (л)}.$$

Работа на выпарных аппаратах всегда производится по принципу параллельного движения, т.-е. в тот аппарат, куда подается разбавленный щелок, поступает и питательный пар при более высоком давлении и более высокой t° .

Экономическая выгодность многоступенчатых испарителей чрезвычайно высока, так как установлено, что при двухступенчатом испарителе по сравнению с работой на одиночных аппаратах, расходуется только около половины питательного пара.

В свою очередь расход тепла в трехступенчатом испарителе, примерно, на 25—30% меньше, чем в двухступенчатом.

Расход пара в испарителях низкого давления

Разбавленный щелок поступает из ссез соломенно-массной установки на выпарные аппараты, при $50-60^\circ$. Из сказанного выше видно, что t° кипения в первом аппарате $\sim 110^\circ$. Для того, чтобы съэкономить питательный пар, щелок предварительно, поскольку возможно, подогревается, чем t° его приближается к означенной температуре кипения. Это, в первую очередь, происходит путем утилизации тепла, заключенного в конденсате, покидающем первые два испарителя, так как t° его может быть принята равной $98-100^\circ$. С этой целью конденсат пропускается через трубчатый подогреватель, по которому проходит разбавленный щелок. Отсюда щелок поступает в первый выпарной аппарат, подогретый, по меньшей мере, до 80° . Трубчатый подогреватель должен иметь поверхность, примерно, в $6,5 \text{ м}^2$ на каждые 1000 л разбавленного щелока в час.

Хотя, как то видно из приведенных ниже опытных данных, коэффициент испарения воды в испарителях низкого давления сравнительно высок, все же специальные машиностроительные заводы снижают гарантийные цифры, так как в эксплуатации производительность этих аппаратов может значительно падать из-за образования накипи в обогревательных трубах.

При поступлении жидкого щелока при 80° в первый аппарат фирмы гарантируют, что для испарения 1 л воды потребны следующие количества питательного пара в 2 абс. атм.

- | | | |
|---------------------------------------|-----------------|------------------------|
| 1. При одинарном испарителе | 1,15 кг до 1,20 | } Пар в 2
абс. атм. |
| 2. При двойном испарителе | 0,65 " " 0,67 | |
| 3. При тройном испарителе | 0,45 " " 0,50 | |

т.-е. 1 кг питательного пара в 2 абс. атм. можно выпарить

	Гарантировано в кг	Достигнуто в кг
В одинарном испарителе	0,85 воды	до ~ 1
В двойном испарителе	1,5 до 1,55	" $\sim 1,68$
В тройном испарителе	2 " 2,22	" $\sim 2,4$

Измерения, произведенные над выпарными аппаратами, показывают всегда более высокую производительность, но все же при постройке новых установок не рекомендуется исходить из слишком высокого испарительного коэффициента, чтобы иметь необходимый резерв.

Испытание двухступенчатых испарителей

Во время работы на соломенно-целлозном заводе автор для выпарки отработанных соломенных щелоков долгие годы пользовался четырьмя аппаратами по 45 м^2 поверхности нагрева каждый, всего — 180 м^2 . В большинстве случаев эти аппараты составлялись в батареи из двух аппаратов. Обогреватель каждого аппарата имел 286 трубок длиной по 1000 мм и $49/54 \text{ мм}$ в диаметре.

Обогревающий пар поступал при давлении, от $0,75$ до 1 атм. изб. от паровой машины в виде отработанного пара. Температура отходящих паров первого аппарата, работающего под давлением, равнялась, примерно $98-100^\circ$. Температура паров второго аппарата, работающего под вакуумом, была $\sim 60^\circ$, т.-е. разность температуры составляла $38-40^\circ$.

Разрежение в вакуум-аппаратах $\sim 75\%$.

Суточная производительность четырех испарителей была такова: 145 м^3 разбавленного щелока в 6° Bé (50°) сгущались до 26 м^3 сгущенного щелока в 30° Bé (60°), т.-е. с $154\,000 \text{ кг}$ до $33\,400 \text{ кг}$.

Общее количество выпаренной воды было равно $\sim 5\,050 \text{ л/кг}$ в час.

Общее количество выпаренной воды на 1 м^2 поверхности нагрева равнялось в час $\frac{5\,050}{180} \approx 28 \text{ л/кг}$.

Часовой расход пара в двух аппаратах, находящихся под давлением, был равен $\sim 3\,000 \text{ кг}$ при $0,75 \text{ атм. изб.}$

1 кг питательного пара при $0,75 \text{ атм.}$ испарял $\frac{5\,050}{3\,000} \approx 1,68 \text{ л}$ воды.

В паровых камерах обоих вакуум-аппаратов получалось в час $2\,500 \text{ л}$ конденсата при 94° .

Испытание трехступенчатых испарителей

О работе трехступенчатых испарителей имеются практические измерения ¹⁾ при сгущении отработанных соломенно-массных щелоков, примерно, от $5-6^\circ \text{ Bé}$ (50°) до 30° Bé и выше.

Результаты испытаний следующие:

1 кг питательного пара в $1,0 \text{ атм. изб.}$ испаряет $2,4 \text{ кг}$ воды; на 1 м^2 поверхности нагрева было выпарено в час при $0,5 \text{ атм. изб.}$ 16 кг воды; при $1,38 \text{ атм.}$ — 20 кг воды.

Что касается размеров поверхности нагрева, то в новых установках не следует принимать слишком высокой нагрузки, т.-е. не надо останавливаться на слишком малой поверхности нагрева.

Часовая выпарка — ок. 12 кг воды на 1 м^2 поверхности нагрева — гарантирует нормальное течение производственного процесса.

Приведем еще один цифровой пример из производственной практики.

Производительность соломенно-массной установки — $21\,500 \text{ кг}$ воздушно-сухой целлюлозы в 24 ч. = 896 кг/ч. При сравнении двух и трехкорпусных испарителей получились следующие данные:

	Двойной испаритель	Тройной испаритель
Разбавленного щелока при 6° Bé (50°) в 24 ч.	$236\,000 \text{ л}$	$236\,000 \text{ л}$
Сгущенного щелока при 30° Bé (60°) в 24 ч.	$250\,160 \text{ кг}$	$250\,160 \text{ кг}$
Выпарено воды в 24 ч.	$42\,000 \text{ л}$	$42\,000 \text{ л}$
Выпарено воды на $1\,000 \text{ кг}$ возд.-сух. массы	$54\,000 \text{ кг}$	$54\,000 \text{ кг}$
Разбавленного щелока при 6° Bé (50°) в 1 ч.	$196\,000 \text{ л}$	$196\,000 \text{ л}$
Сгущенного щелока при 30° Bé (60°) в 1 ч.	$9\,100 \text{ л}$	$9\,100 \text{ л}$
Выпарено воды в 1 ч. — W	$9\,833 \text{ л}$	$9\,833 \text{ л}$
1 кг питательного пара при $0,75 \text{ атм. изб.}$ испаряет	$10\,400 \text{ кг}$	$10\,400 \text{ кг}$
воды, при предварительном подогреве жид-	$1\,750 \text{ л}$	$1\,750 \text{ л}$
кого щелока до 80°	$2\,260 \text{ кг}$	$2\,260 \text{ кг}$
Потребное часовое количество питательного пара.	$8\,140 \text{ л}$	$8\,140 \text{ л}$
Количество питательного пара, потребное для	$\sim 1,5 \text{ л}$	$\sim 2,2 \text{ л}$
выпарки щелока и отнесенное к 1 кг возд.-	$5\,426 \text{ кг}$	$3\,700 \text{ кг}$
сух. соломенной целлюлозы	$\sim 6,00 \text{ кг}$	$\sim 4,10 \text{ кг}$

¹⁾ E. Kirchner, „Das Papier“, 111 В и С, Zellstoff, S. 213—214.

Экономичность приведенных выше двух- и трехступенчатых испарителей, работающих при низком давлении питательного пара, основана, в первую очередь, на том, что употребляемый питательный пар предварительно используется в паровой машине, т.е. производит работу, которая почти ничего не стоит.

Эта работа определяется при вышеприведенном расходе пара таким образом:

	Двойные испарители	Тройные испарители
Часовой расход питательного пара при 1,75 абс. атм.	5 426 кг	3 700 кг
Включая потери в трубопроводе .	5 600 "	3 850 "
Расход пара в паровой машине на 1 л. с/ч. при изменении давления пара от 12 абс. атм. при 300° до 2,5 абс. атм. . . .	~ 10 "	~ 10 "
Питательный пар может дать в 1 ч.	~ 560 л. с.	~ 385 л. с.

Подсчитанный расход пара изменяется, когда щелок сгущается не с 6 до 30° Вё, а всего только примерно до 20° Вё; дальнейшее же сгущение с 20 до 30° Вё производится в так называемом дисковом испарителе при печах (см. стр. 136), получающем необходимое (и ничего не стоящее) тепло от отходящих из плавильной печи газов.

Согласно приведенному выше примеру следовало бы для получения ~ 21 500 кг соломенной целлюлозы в 24 ч. выпарить ~ 236 000 л жидкого щелока от 6 до 20° Вё (60°).

На основании прежних выкладок, при сгущении 1 000 л разбавленного щелока при 6° Вё (50°) до густого щелока в 20° Вё (60°) должно быть выпарено ~ 700 л воды (см. стр. 125).

Отсюда, при сгущении 236 000 л разбавленного щелока в 24 ч. с 6° Вё (50°) до густого щелока в 20° Вё (60°) надо выпарить в 24 ч.

$$236 \cdot 700 = 165\,200 \text{ л воды.}$$

Для испарения такого количества воды требуется пара 1 атм. изб. (24 ч.):

Двойной испаритель	Тройной испаритель
$\frac{165\,200}{1,5} \cong 110\,000 \text{ кг}$	$\frac{165\,200}{2,2} \cong 75\,000 \text{ кг}$
$\frac{110\,000}{21\,500} \cong 5,1 \text{ кг на 1 кг возд.-сух. массы}$	$\frac{75\,000}{21\,500} \cong 3,5 \text{ кг пара на 1 кг возд.-сух. массы}$
$6,00 - 5,1 = 0,9 \text{ кг.}$	$4,1 - 3,5 = 0,6 \text{ кг питательного пара}$
т.е. $\frac{0,9}{6,0} \cong 0,15 = 15\% \text{ экономии}$	$= \frac{0,6}{4,1} \cong 0,15 = 15\% \text{ экономии}$

Таким образом, установка при печах дискового испарителя (см. ниже) дает, по сравнению с выпаркой до 30° Вё, экономию в питательном паре, считая на 1 кг соломенной массы, ~ 15%.

Конструкция выпарных аппаратов

Что касается конструкции выпарных аппаратов, то агрегаты одной батареи, как уже упоминалось выше, имеют всегда одинаковые размеры. В отношении поверхности нагрева и давления, размеры их, конечно, должны соответствовать в каждом отдельном случае действительным условиям производства.

Выпарным аппаратам (рис. 87) придается цилиндрическая форма и они, имеют, например, при 80 м² поверхности нагрева, диаметр, равный 1 600 мм и высоту 5 200 мм.

Аппараты снабжаются люком и изготавливаются из котельного железа; вообще все части выпарной станции, соприкасающиеся со щелоком, могут изготавливаться только из железа или чугуна.

В нижней части цилиндра 1 помещается обогреватель 2, снабженный вентилем для выпуска воздуха. Он состоит из двух днищ, между которыми установлено 426 стальных труб 51 мм внешнего, 46 мм внутреннего диаметра, имеющих в длину 1 300 мм. Посредине обогревателя целесообразно помещать несколько большую циркуляционную трубу диаметром от 250 до 300 мм в свету, чем достигается быстрый поток щелока из нижней части аппарата в верхнюю. Уровень щелока в верхней части аппарата определяется при помощи застекленных „глазков“.

Питательный пар в 1 атм., изб. хорошо очищенный от масла, поступает по трубопроводу 3 в первый аппарат, работающий под давлением, а конденсат покидает его, проходя через конденсационный горшок 5, по трубопроводу 4. Жидкий щелок медленно, но непрерывно в соответствии с количеством выпариваемой из щелока воды, подается в первый агрегат по трубе 7 при помощи насоса 6.

При работе на двойных испарителях около самого аппарата, работающего под давлением (рис. 86), располагается аналогично построенный аппарат II, верхняя паровая часть которого соединена трубой 8 с конденсатором 21 и воздушным насосом. Щелок предварительно сгущается в аппарате I и непрерывно, через регулирующий вентиль, поступает по трубопроводу 9 (без насоса) в аппарат II, находящийся под разрежением.

Пар, образующийся в аппарате I, от выпарки щелока, подается по трубопроводу 10, 300 мм в диаметре, в подогреватель 11 аппарата II и используется для его питания. Но конденсат от этого пара не может отводиться при помощи конденсационного горшка, так как в обогревателе существует уже вакуум.

Конденсат отсасывается из подогревателя 11 при помощи специального тщательно построенного насоса; а иногда и особого автоматического прибора для удаления жидкости.

Сгущенный щелок непрерывно и в соответствии с ходом выпарки удаляется насосом 13 из вакуум-аппарата II и по трубопроводу 14 подается в печь. Этот насос 13, долженствующий по ходу работы преодолеть разрежение в аппарате II, должен быть очень прочным, а потому его лучше всего делать с дисковыми поршнями и литыми шаровыми клапанами.

При работе на трехступенчатых испарителях (рис. 87) за аппаратом II ставится еще один агрегат III, и лишь последний соединяется при помощи трубопровода 8 с конденсатором.

В этом случае пар, образующийся в аппарате I от выпарки щелока, поступает по трубе 10 в обогреватель 11 следующего испарителя II, причем специальный насос 12 создает в нем вакуум и отводит конденсат. Образующийся от выпарки щелока пар в аппарате II поступает по трубе

16 в обогреватель 17 агрегата III и второй специальный насос 18 удаляет конденсат из этого обогревателя 17.

К аппарату I, работающему под давлением, у первого обогревателя 2 установлен конденсационный горшок 5. Щелок поступает по трубе 9 в аппарат II, а по трубе 15 из II в III. Окончательно сгущенный щелок отходит по трубе 14 и откачивается специальным насосом 13.

Целесообразнее всего располагать испарители на площадке, имеющей 3 м в высоту, а под ней размещать требующиеся насосы. Для уменьшения тепловых потерь испарители надо снаружи покрывать толстым изоляционным слоем.

Между аппаратами в верхний паропровод для пара, образующегося при выпарке, включаются ловушки для щелока, состоящие из двух косолежащих сеток (19). Они задерживают увлекаемые паром частицы щелока и направляют их опять в аппараты. Кроме того, в цилиндрической части аппаратов, примерно в полуметре от верхнего днища, укрепляются продырявленные плиты 20, препятствующие поднятию пены.

Из этих же соображений аппараты надо делать достаточно высокими.

На выпарной станции всегда надо иметь один аппарат в резерве, так как трубы подогревателей очень часто покрываются волокном, известью и т. п. и должны очищаться каждые 14 дней.

Для этой цели необходимо иметь возможность спускаться в выпарные аппараты, для чего в верхней цилиндрической части должны быть предусмотрены достаточно большие люки.

Для чистки применяется разбавленная соляная кислота, размягчающая известь и волокно и способствующая сравнительно быстрому очищению труб электрическим быстрходным буром.

В самое последнее время для большей доступности обогревателей их совершенно выносят из выпарных аппаратов (см. ниже). Трубы для пара от выпарки и для отработанного пара снабжаются необходимыми задвижками, вентилями или глухими дисками, так что каждый испаритель может работать как в качестве аппарата, находящегося под давлением, так и в качестве вакуум-аппарата.

Пар от выпарки из последнего вакуум-аппарата конденсируется в так называемом барометрическом конденсаторе 21, вертикальная труба которого, имеющая в высоту ~ 10 м, погружается в гидравлический затвор 23.

Конденсатор 21 состоит из железного цилиндра, диаметром в 700 мм высотой 2 000 — 2 500 мм. В нем имеются перегородки, по которым стекает подводящая по трубе 24 охлаждающая вода. Она конденсирует поступающие по трубопроводу 8 пары от выпарки и отходит по 10-метровой трубе 22 из аппарата. Охлаждающая вода подается особым насосом 25 в приподнятый резервуар 24, из которого она непрерывно протекает сверху в конденсатор 21.

Разрежение достигается поршневым или центробежным насосом 27. Чтобы предохранить этот насос от ударов воды, в трубопровод 26 непосредственно за конденсатором 21 ставится водоотделитель 28, отводная труба которого также погружена в расположенный внизу гидравлический затвор 23, либо соединяется с главной трубой 22.

Выпарная станция, сгущающая до ~ 250 — 300 м³ жидкого щелока в 24 ч. с ~ 6° до ~ 30° Вё, потребляет от 20 до 25 л. с. Чистка обогревателей, расположенных в выпарных аппаратах, настолько затруднительна и требует так много времени, что в настоящее время существует стремление как о том упоминалось выше, совершенно отделять подогреватели от выпарной части аппаратов.

Конструкция таких аппаратов видна из чертежа машиностроительного завода Вегелина и Гюбнера (Wegelin und Hübner) в Галле (рис. 88).

Выпарной частью служит высокий цилиндр 1, снабженный сверху ловушкой для щелока 19. Целесообразно ставить на каждый испаритель по два высоких подогревателя 2, 11 и 17, снабженных тонкостенными трубами и крышками, которые быстро снимаются при чистке. Во время работы аппарата каждую группу отопительных труб можно удобно и легко изолировать от выпарной части и прочистить.

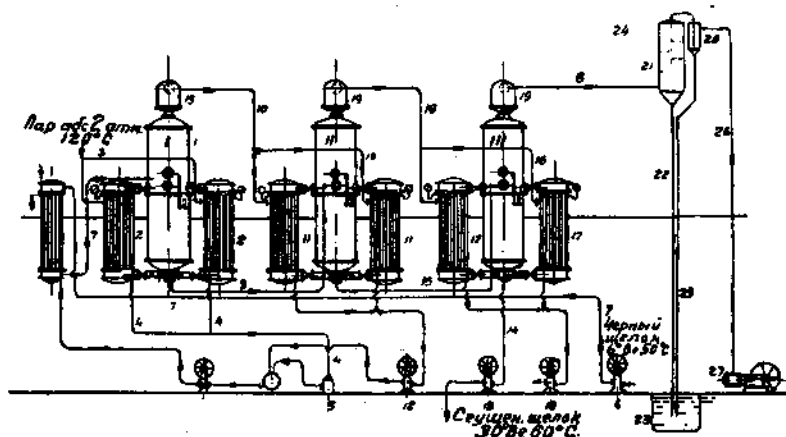


Рис. 88.

В остальном такая батарея испарителей связана между собою точно так же, как и на рис. 87.

За последнее время, вместо обыкновенных конденсационных горшков и насосов для удаления выпаренной воды, применяются автоматические

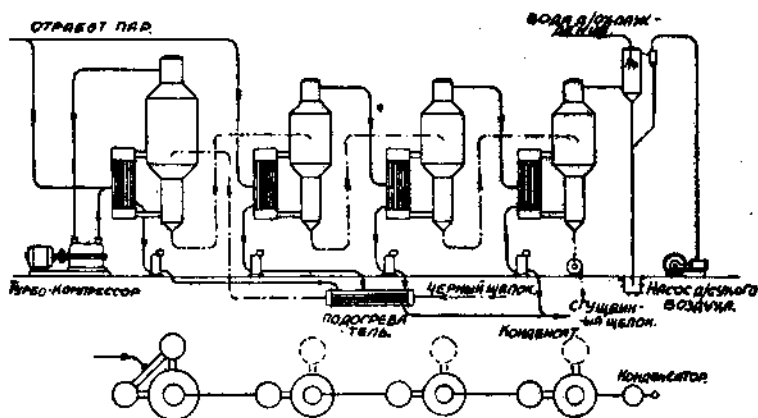


Рис. 89.

аппараты (например, Михаэлис-аппарат фирмы Шнейдер и Хельмеке (Schneider & Helmeske в Магдебурге), опоражнивающие и такие испарители, которые находятся под вакуумом.

Новшеством в области испарителей является установка выпарных компрессорных вакуум-аппаратов сист. Метальбанк-Гензеке во Франкфурте на Майне.

Существенным в этой новой системе следует считать то, что пар, образующийся при выпарке, подвергается сжатию и таким образом становится снова пригодным для нагревания.

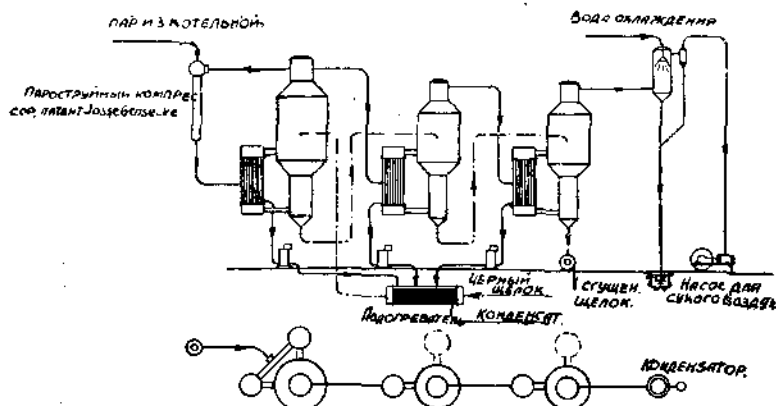


Рис. 90.

Следовательно, необходимо только покрывать неизбежные потери от лучеиспускания и снабжать эти аппараты энергией, требующейся для сжатия. Подавляющая же часть заключенной в паре скрытой теплоты совершает кругооборот. Наиболее прочным типом таких „тепловых насосов“ являются турбо- или же поршневые компрессоры (рис. 89), не везде однако применимые, так как они очень чувствительны к химическому и механическому воздействию, которые оказывают на них подлежащая выпарке жидкость и находящиеся в парах ее капельки.

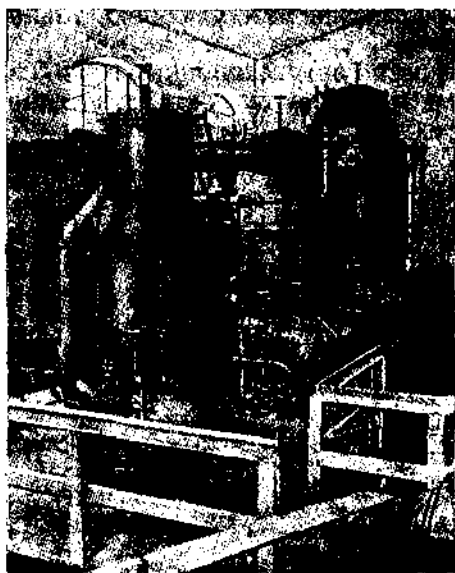


Рис. 91.

Кроме того, стоимость этих машин довольно высока, и лишь при дешевой электрической энергии эксплуатационные расходы оправдывают теоретические преимущества, связанные со сжатием паров.

В последнее время, благодаря работам проф. Иоссе (Josse) и Гензеке (Gensecke), был значительно повышен коэффициент полезного действия „тепловых насосов“ другой конструкции, так называемых пароструйных компрессоров (рис. 90). Они уже введены в значительном количестве в производство (рис. 91).

Их простота, дешевизна и надежность в работе при всяких условиях делает эти аппараты, как будто бы призванными создать экономическую базу для выпарки щелоков.

Принцип работы таких компрессоров заключается в том, что большая часть выделяющихся в испарителе паров отсасывается специальными

соплами свежим паром, смешивается с ним и доводится до надлежащей t питательного пара. Остаток паров идет на подогревание одного или нескольких испарителей, включенных в батарею вслед за первым.

Принимая упругость свежего пара равной 12 атм. абс., можно, при установке пароструйного компрессора (рис. 90) расход пара на испарители, при выпарке 8100 кг воды в 1 ч., снизить с ~ 3700 кг при двух абс. атм. до ~ 2400 кг при 12 атм. абс., т.е. уменьшить, примерно на 35%.

Кроме того, уменьшается расход воды на охлаждение, так как вся отопительная система служит в то же время конденсатором для паров.

Применяя в вышеприведенном случае турбо-компрессор (рис. 89), расход отработанного пара можно снизить, примерно, до 2500 кг при 2 атм. абс., но зато надо затратить еще ок. ~ 230 л. с./ч. Таким образом экономии в 1200 кг пара противостоит затрата ~ 175 kWh электрической энергии. Отсюда следует что, лишь в том случае, когда соотношение цены 1 кг пара к 1 kWh больше, чем 1:7, целесообразно применение турбо-компрессора.

Резюмируя, можно сказать, что везде, где имеется достаточно отработанного пара в 1,5—2 атм. абс., он в первую очередь должен быть использован для сгущения отработанных варочных щелоков в нормальной многоступенчатой установке. Но где нет достаточного количества отработанного пара или для имеющегося пара существует другое, более выгодное, применение, целесообразно производить большую часть сгущения при помощи компрессоров. Для этой цели, в зависимости от ценностного соотношения между паром и электрической энергией, надо употреблять пароструйные или турбо-компрессоры, при чем первые имеют то безусловное преимущество, что они дешевле, проще в обращении и надежнее в работе.

В качестве рекомендуемого дополнения к выпарной станции, заслуживает еще упоминания электрозащитный метод Теплотехнического Акц. О-ва Лурги во Франкфурте на Майне. Он основан на том, что в испаряемую жидкость, при ее циркуляции в выпарных аппаратах, вводится по специальному аноду постоянный ток низкого напряжения, который электролитически препятствует выпадению накипеобразователей на стенках обогревателей.

Многолетний опыт на имеющихся установках этого рода дает право надеяться, что в данном случае найдена возможность не только улучшить производственный эффект выпарных станций и повысить их производительность, но и экономить на работах по чистке испарителей.

β. Регенерация сгущенного щелока в печах

Поступающий из испарителей сгущенный щелок обрабатывается затем следующим образом:

- 1) сгущается до минимального содержания в нем воды;
- 2) лишенный воды остаток прокаливается в плавильной печи так сильно, что органические примеси уничтожаются, а сульфат Na_2SO_4 , добавляемый во время плавки, частично переходит в Na_2CO_3 , а частично в Na_2S .

Для пояснения приводим следующий пример:

Разбавленный щелок:

Объем	1000 л.
Плотность	6° Bé (50°)
Удельный вес	1,06
Содержание сухого вещества	10%

Вес: 1060 кг.

После выпарки имеем:

Сгущенный щелок:

Объем	178 л
Плотность	30° Вé (60°)
Удельный вес	1,29
Содержание сухого вещества.	46%

Вес: 230 кг.

Количество выпаренной в испарителях воды

$$1\,060 - 230 = 830 \text{ кг},$$

т.е. $\frac{830}{1\,060} \cdot 100 = 78\%$ от веса разбавленного щелока. В 1 000 л разбавленного щелока содержится $1\,060 - 106 = 954$ кг воды.

В выпарных аппаратах выпарено $\frac{830 \cdot 100}{954} = 87\%$ от общего количества воды.

230 кг сгущенного щелока количественно состоят из

- а) 46% сухого вещества 106 кг
- б) 54% воды 124 кг

Эти 124 кг воды и надо еще удалить в печах.

Следовательно в печах надо выпарить $\frac{124 \cdot 100}{954} \approx 13\%$ от общего количества воды.

В 1 000 л разбавленного щелока содержится 106 кг сухого вещества. Остаток после проковки (главным образом щелочь) составляет ~ 53 кг.

Горючий остаток, состоящий из волокна и т. п., теряемый при проковке, составляет таким образом ~ 53 кг.

Следовательно печи должны быть приспособлены:

- 1) для выпарки из сгущенного щелока последних следов воды и
- 2) для сжигания органических примесей и для переплавки щелочи, при добавлении сульфата, возмещающего потери.

В этом процессе регенерируется ~ 82% щелочи, т.е., считая на 1 000 л разбавленного щелока в 6° Вé (50°) = $0,8 \cdot 53 = 42,5$ кг или ~ 4% от веса жидкого щелока.

Потери покрываются добавлением сульфата или соды (см. выше).

Ванная печь

Еще около 1900 г. регенерация щелока производилась в так называемых ваннах печах с пристроенными топками, при чем горячие отходящие газы шли на получение пара или на сгущение жидких щелоков.

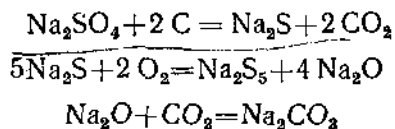
Ванные печи—продолговатые, в зависимости от их производительности более или менее объемистые резервуары, облицованные шамотным кирпичем. Перед ними располагалась обыкновенная или газовая топка, т.е. получался род пламенной печи, в которой длинное пламя било по поверхности сгущенного щелока, сперва сгущая его в большей или меньшей степени, а затем кальцинируя до коксообразной массы. При работе на соломенно-целлюлозных заводах по чисто содовому методу, т.е. применяя в производстве для получения NaOH только лишь Na_2CO_3 ,—сгущенный щелок до конца прокаливался, и получался так называемый содовый плав, который выгребался через боковые отверстия из печи.

Этот содовый плав непосредственно шел на каустификацию для получения свежего щелока. Чтобы возместить потери в щелоче, в каустификационный чан добавлялось соответствующее количество свежей соды.

В подавляющем большинстве случаев в настоящее время работа ведется по так называемому сульфатному способу, так как этот способ в экономическом отношении более выгоден.

При этом методе работы в печь к почти сплавленному сгущенному щелоку, через боковые дверцы, добавляется глауберова соль Na_2SO_4 , которая реагирует с остатками щелока и образующейся при сгорании органических веществ углекислотой, при чем получается не только Na_2CO_3 , но и значительное количество сернистого натрия (Na_2S).

Реакция протекает следующим образом:



По добавлении в печь сульфата вся коксообразная масса довольно легко плавится, вытекает в виде так называемого содового плава из боковых отверстий, остывает на железных листах и поступает на каустификацию. Здесь Na_2CO_3 прибавлением извести снова переводится в NaOH , а Na_2S остается неизменным. Na_2S обладает теми же щелочными свойствами, что и NaOH , чем, при сульфатном методе производства, значительно сокращается расход едкой извести. Кроме того, добавление Na_2SO_4 упрощает работу плавильных печей и делает ее тем самым дешевле.

В качестве продукта, способствующего плавке, сульфат известен также и в стекольной промышленности.

Работа ванн печей производится периодически; применяемые же в настоящее время для сгущения щелоков весьма экономные в эксплуатации выпарные аппараты дают непрерывный поток щелока и тем самым заставляют вести работу печей также непрерывно. Сгущенный щелок пришлось бы собирать либо в расположенном над печью бассейне, либо пускать во вторую печь. Наконец, такие печи нуждаются в частом ремонте, так как даже хорошая щелоче- и огнеупорная обмуровка держится не более трех месяцев.

Над устранением этих недочетов уже давно работала техническая мысль.

Вращающаяся печь

Еще в 1880 г. для кальцинирования соды применялись так называемые вращающиеся печи. В 1888 г. американец Варрен (Warren)¹⁾ получил патент на вращающуюся печь с расположенной перед нею топкой. Эта печь служила для непрерывного кальцинирования раствора едкого натра. Топка стояла на роликах и могла откатываться от печи.

Дальнейший патент получил в 1892 г. американец Армстронг (Armstrong)²⁾ на вращающуюся печь, у которой топка также располагалась отдельно. Отходящие из печи горячие газы обогревали кроме того паровой котел и расположенный за ним чан со щелоком, в этом чану собирался сгущенный щелок, непрерывно поступающий в печь.

Эти прототипы вращающихся печей послужили для шведских инж. Эндерлейна (Enderlein) и Куллгрена (Kullgren) отправной точкой при построении аппаратов для сульфат-целлюлозного производства.

¹⁾ Hofmanns Handbuch der Papierfabrikation, S. 1198.

²⁾ Там же, S. 1199.

Около 1895-97 гг. в Швеции и Норвегии появился новый тип вращающейся печи со вспомогательным оборудованием, по своей конструкции аналогичный тем печам, какие и до сего времени с успехом применяются на соответствующих заводах. В частности, была проведена установка плавильной печи для использования отходящего из последней тепла.

Автор настоящей книги имел возможность ознакомиться еще в 1896-97 гг. на сульфатно-целлюлозном заводе в Моссе (Норвегия) с установленной директором инж. Кульгреном печью.

В 1899 г. автор бывший тогда директором Крельвицкой бумажной фабрики пустил первую в Германии вращающуюся печь, в которой непрерывно регенерировался соломенно-массный отработанный щелок. Эта печь (с некоторыми изменениями) работает еще и по сие время (1925 г.) и зарекомендовала себя с самой лучшей стороны.

В 1899 г. в „Wochenblatt für Papierfabrikation“ появилась статья об эндерлейновской печи, последняя, однако, в принципе была той же печью, что и печи, запатентованные в 1888-92 гг. и описанные в Hofmanns Handbuch в 1891 г.

Как уже подчеркивалось ранее, отработанные щелока содержат значительное количество горючих веществ и поэтому, например, в производстве сульфатной древесной целлюлозы для плавки обуглившейся массы совершенно не требуется топлива или же весьма незначительное количество. Что же касается производства соломенной целлюлозы то, в виду большого количества содержащейся в соломе кремневой кислоты, а также и самого характера соломенного волокна, не имеющего сравнительно с хвойной древесиной смолы, — для плавки уже необходимо значительное количество топлива. И все же в отработанных соломенных щелоках, в виду наличия в них органических примесей, содержатся еще такие ресурсы тепла, что при их плавке добавление топлива требуется лишь в ограниченном количестве.

Можно принять, что теплотворная способность 1 кг сгущенного соломенного щелока равна, примерно, 2000 — 2200 кал.

Исходя из этого положения, представлялось целесообразным располагать перед вращающейся печью, в которой происходит кальцинирование, плавильную печь, чтобы кальцинировать сгущенный щелок при помощи отходящего от этой печи тепла.

Плавка происходит при $\sim 1100-1200^{\circ}$. Температура отходящих газов за вращающейся печью значительно превышает 300° . Это тепло утилизируется еще и дальше — в выпарном аппарате для щелока.

В качестве такового применяется или мешальный чан, или — в последнее время — дисковый испаритель; иногда наконец, за вращающейся печью устанавливаются паровые котлы.

В хороших дисковых испарителях можно сгущать щелок с 20 до 30° Бэ, т.е., примерно, еще на 10° Бэ. Эта возможность и используется установкой упомянутых аппаратов, благодаря чему разгружаются выпарные станции и экономится пар. Горячие газы, пройдя через дисковый испаритель, утилизируются еще для нагревания сгущенного щелока в запасном бассейне, чем достигается максимальное повышение температуры щелока при поступлении его в дисковый испаритель. Хорошо также, если отходящие газы проводятся через большую пыльную камеру, в которой улавливаются мелкие частицы щелочи (сульфата), увлекаемые вместе с газами из печи. Далее, как правило, отходящие газы, при $t^{\circ} 220-250^{\circ}$ поступают в дымовую трубу.

В печах образуются органические сернистые соединения (меркаптаны), распространяющие нередко большое зловоние. Чтобы избавиться от этого

запаха, фабрики прилагали не малые усилия. При пониженной добавке сульфата, естественно, уменьшается и количество указанных сернистых соединений, а следовательно в известной мере и неприятный запах.

На основании многолетних опытов автору удалось установить, что для этой цели следует возможно сильнее выпаривать отработанный щелок в закрытых установках, т.е. в многоступенчатых испарителях,

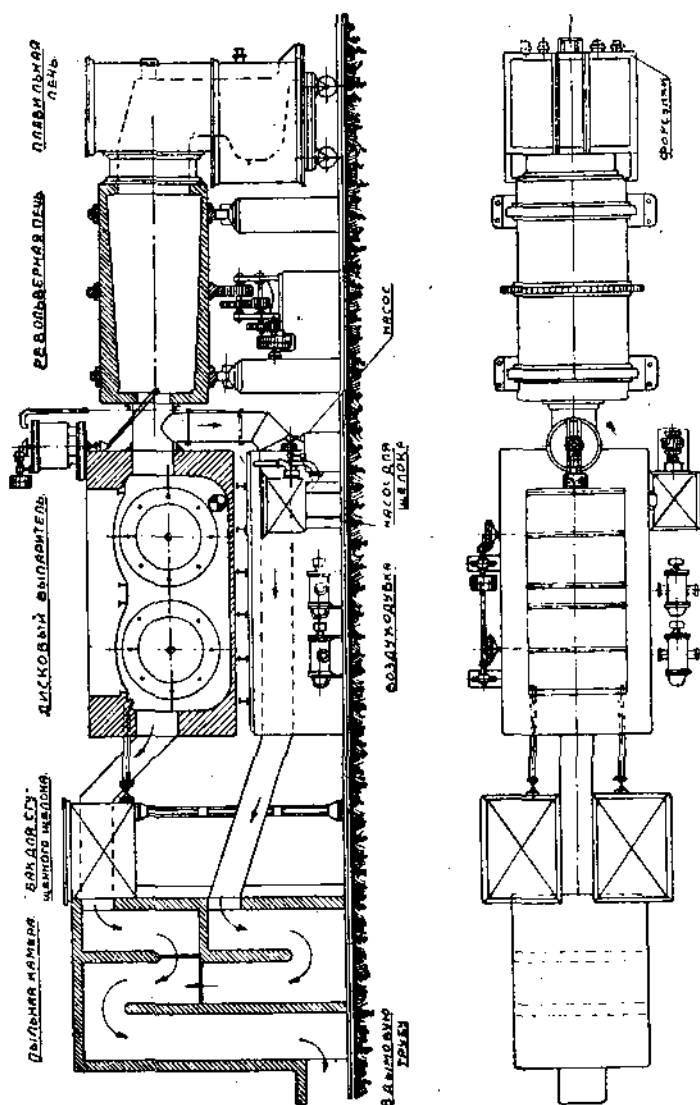


Рис. 92.

и, не пользуясь дисковыми выпарными аппаратами, подавать сгущенный щелок прямо во вращающуюся печь. Отходящие из вращающейся печи газы следует целиком отсасывать вентилятором, улавливать водяные пары и частицы пыли в Gloverовой башне, а остаток этих отходящих газов окислять в зоне горения больших топок. Количество содержащейся в отработанном щелоке серы следует поддерживать минимальным.

Ниже будет описано оборудование печей, потребное для регенерации щелока на соломенно-целлюлозном заводе производительностью $\sim 25\,000$ кг воздушно-сухой массы в 24 ч.

Установка (рис. 92) снабжена дымовой трубой высотой в 30 м с верхним диаметром в свету минимально 1000 мм. Между дисковым испарителем и трубой следует установить большую пыльную камеру 1 и соединить ее с испарителем при помощи канала 2, имеющего ~ 900 мм в свету. Чан для сгущенного щелока 3 должен иметь в длину 3 м, в ширину 2,5 м и в высоту от 1,8 до 2 м. В нем, посредством отходящих в трубу газов, постоянно поддерживается горячим щелок, поступающий из выпарных аппаратов. Если за вращающейся печью 7 устанавливается дисковый испаритель 4, то тогда в его камере помещается 2 или 3 дисковых барабана 5, между которыми проходят отходящие из плавильной печи газы. Дисковые барабаны, установленные на прочной оси, имеют в диаметре 2400 мм и состоят из отдельных колец, имеющих в ширину от 450 до 500 мм. Расстояние между ними — 60—70 мм. Длина барабана равна, примерно, 2400 мм, т.е. в нем располагается ~ 35 —40 колец. Каждый барабан совершает ~ 8 —9 об/мин. Дисковый испаритель, имеющий 2—3 барабана, может, при помощи горячих печных газов, сгустить щелок, примерно, с 20 до 30° Вё. Этот щелок подается затем во вращающуюся печь особым насосом 6.

Когда нет дискового испарителя, приходится сгущать щелок в выпарных аппаратах, примерно, до 28° Вё. В этом случае дисковый испаритель заменяется обыкновенной мешалкой, помещенной в железном чану. В нем однако щелок может сгуститься всего на 2—3° Вё. Иными словами, выпарная станция дает сгущенный щелок, примерно, при 27—28° Вё, а в мешальных чанах он сгущается до 30° Вё. Такой аппарат состоит из железного чана диаметром $\sim 3\,000$ мм, при длине 5000—5500 мм и имеет прочный вал, в начале которого укрепляется крестовина с черпаками, как в горизонтальной мешалке для массы. Вал делает $3\frac{1}{2}$ об/мин.; черпаки поднимают щелок вверх, и он поступает по трубе во вращающуюся печь. Следует обращать внимание на то, чтобы дисковые испарители, и мешалки не останавливались на продолжительное время, так как вращающиеся части в этом случае заедаются быстро остывающим, смолистым и вязким щелоком, и очень трудно опять пустить их в ход.

Перед мешалкой или дисковым испарителем располагается вращающаяся печь 7 (рис. 92) фирмы Адерс (Aders) в Магдебурге.

Прочный железный барабан с толщиной стенок ~ 12 мм снабжен двумя опорными кольцами стального литья, которые вращаются на четырех прочных, отлитых из стали, роликах. Диаметр котла 2600—2800 мм, длина—5000—6500 мм. Печь охватывается зубчатым колесом, которое посредством тройной шестеренной передачи приводит печь во вращение; она делает от $1\frac{1}{2}$ до $1\frac{3}{4}$ об/мин. Железная вращающаяся печь покрыта внутри обмуровкой состоящей из огнеупорных и щелочеупорных шамотных кирпичей. Обмуровка производится таким образом, что в месте поступления щелока получается отверстие диаметром в 1250 мм, а в месте выхода по направлению к плавильной печи—примерно, в 2000 мм.

Вращающаяся печь, сильно нагреваемая газами, отходящими из плавильной печи, периодически заряжается соответственно небольшими количествами сгущенного щелока, который качается из дисковых испарителей посредством маленького насоса 6. Медленно вливающийся густой щелок, непрерывно сгущаясь, проходит по стенкам вращающейся печи навстречу обогревающим его газам и, наконец, совершенно, обугливается в горячей

передней зоне печи. Затем он вываливается через порог на под плавильной печи.

Для правильного ведения этого процесса требуются большие знания и опыт, так как надо удалить из подлежащей кальцинированию массы лишнюю воду, но не горючие вещества, которые должны еще сыграть роль в плавильной печи. Время от времени вращающуюся печь следует прочищать кочергой, так как обуглившиеся части щелока легко припекаются к внутренней поверхности печи.

Перед вращающейся печью 8 располагается откатываемая на роликах и рельсах плавильная печь, соединенная с ней каналом для горячих газов. Последняя строится из сильно-щелочных, не кислотоупорных, плотно спрессованных и огнеупорных шамотных, тальковых, а иногда и магнезитовых кирпичей с пригнанными швами, при чем кладка прочно скрепляется железными полосами. Емкость печи сообразуется с количеством плава. В плавильную печь периодически загружаются остатки щелока, поступающие из вращающейся печи и добавляемый сульфат.

Смесь плавится на поде печи и стекает по двум желобам в виде довольно чистой щелочи на чугунные плиты. Этот „содовый плава“ подается после остывания на каустификацию, там растворяется и идет на приготовление свежего щелока.

Для поддержания в плавильной печи должной t° в 1100—1200°, на фабриках, обычно, наряду с поддуванием воздуха, добавляются еще в качестве топлива дрова. Можно применять для этой цели и жидкое топливо.

В установке, по величине равной описанной выше, вращающаяся печь потребляет от 18 до 20 л. с.

Несмотря на прекрасную обмуровку плавильные печи работают сравнительно короткое время—примерно, 2—3 мес. По этой причине в смежном помещении должна всегда находиться в резерве такая же передвигающаяся на рельсах и роликах вполне обмурованная и тщательно подсушенная печь.

При хорошо налаженной работе печи регенерируется ~ 82—84% щелочи, заключенной в выпариваемых жидких щелоках.

Это видно из следующего примера. На соломенно-целлюлозном заводе, производительностью на 21 500 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. (см. стр. 127) перерабатывалось:

~ 236 000 л отработанного щелока, примерно, в 6° Bé (50°), весом в	250 160 кг
При 10-процентном содержании в этом щелоке сухого вещества . . .	25 000 „
I. Чистая щелочь составляет половину этого количества	12 500 „
На самом деле в 24 ч., в плавильной печи, получено	~ 15 800 „
В плавильную печь добавлялось	~ 5 700 „
II. Таким образом, действительно получено из отработанного щелока . .	~ 10 100 „

т.-е. регенерировано

$$\frac{10\,100}{12\,250} = 0,825 = 82,5\%$$

или

$$\frac{10\,100}{251\,160} = 0,04 \cong 4\%$$

от веса жидкого щелока.

Состав содового плава из печи получался следующий (в %):

Na_2CO_3	= 49,35	50,442	55,81
NaOH	= 2,08	0,390	4,11
Na_2S	= 18,60	18,500	19,35
Na_2SiO_3	= 14,92	9,550	5,21
Na_2SO_3	= 1,46	6,978	0,88
Na_2SO_4	= 8,36	7,910	6,22
Нерастворимо в H_2O . . .	= 4,19	4,350	6,81

Исследование отходящей из вращающейся печи пыли дало следующие результаты:

Na_2S	=	—
Na_2SO_4	=	60,83 %
Нерастворимо в теплой H_2O	=	5,83 %

Остаток: частицы угля и т. п.

Титрованной щелочи	=	12,72 %	} Подсчитано в виде Na_2CO_3
Едкой "	=	4,24 %	

Трудности по переработке отработанных щелоков при производстве целлюлозы по натронному или сульфатному способу посредством существующих до сих пор методов давали неоднократно повод к многочисленным рационализаторским предложениям. Один из таких методов, запатентованный д-ром Шахтом в августе 1925 г., касается регенерации солей из отработанных щелоков натронно- и сульфат-целлюлозных заводов и характеризуется тем, что либо сгущенный щелок, как таковой, либо помол его, полученный на вальцовых сушилках подается при помощи распылителей непосредственно в кальцинирующие и плавильные печи.

Д-р Шахт, как и автор, усматривает в применении дисковых испарителей и вращающихся печей основную причину тех недостатков, которые главным образом и являются источником того зловония, о котором упоминалось уже раньше.

По способу Шахта, щелок, сгущенный на выпарной станции, должен либо непосредственно, либо пройдя вальцовые сушилки, подаваться при помощи распылителей в кальцинирующие и плавильные печи, где он и плавится при высокой температуре.

Сводка важнейших производственных показателей по выработке соломенной целлюлозы

- Расход силы на каждые 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. 2,2 л. с.
- Расход пара на каждый килограмм воздушно-сухой массы:
 - пар на варку 2,0 кг в 6 атм. изб.
 - пар на сушку, включая обогревание потолка 2,3 кг в 1 атм. "
 - на выпарку щелоков:
 - а) дисковыми испарителями с 20 до 30° Вё и трехступенчатыми выпарными аппаратами ~ 3,3 кг при 1 атм. изб.
 - б) без дисковых испарителей, т. е. при выпарке в трехступенчатых испарителях с 6 до 30° Вё ~ 3,9 " " " "
 - г) на каустификацию и нагревание воды ~ 1 " " " "
 - д) на отбелку ~ 0,8 " " " "

3) Расход химических материалов при сульфатном производстве на каждые 100 кг воздушно-сухой целлюлозы:

а) Сульфата	~ 22 — 25 кг
б) Извести	~ 30 кг
г) Регенерированного плава	~ 72 — 75 кг
д) Хлора (активного) на отбелку	~ 5 кг
е) Серной кислоты	~ 1 — 1,5 кг

- Производственной воды на каждый кг белевой целлюлозы 500 — 550 л
- Неочищенной соломы на каждые 100 кг воздушно-сухой белевой целлюлозы 240 — 250 кг

Соломенно-целлюлозный завод, работающий по содовому или сульфатному способу, производительностью ~ 25 000 кг белевой воздушно-сухой массы (88% абсолютно-сухой) в 24 ч. потребляет:

1) Соломы в 24 ч. при выходе $\sim 42\%$ 60 000 кг2) Расход силы в л. с.¹⁾

Соломорезочное отделение, включая подачу соломы и пневматическую подачу сечки	~ 85
Отсасывание пыли и транспортеры над варочными котлами	~ 10
Шаровые котлы, уплотняющие аппараты, вентиляция	~ 20
Насосы для массы и отработанных щелоков, мешалки для массы	~ 15
Предварительные сортировки, включая мешалку	~ 15
Окончательная сортировка	~ 40
Сгустители и сборная мешалка	~ 10
Растворитель хлорной извести, насосы и качающиеся мешалки	~ 10
Отбельные роллы	~ 50
Рафинеры, включая мешалку и насосы	~ 85
Каустификационное отделение с насосом для свежего щелока	~ 10
Выпарная станция для щелока	~ 25
Вращающиеся печи	~ 35
Подача свежей воды $\sim 8-9$ м ³ /мин.	~ 30
Освещение	~ 15
Котельная: подача угля и отгрузка золы; питательные насосы	~ 10
Ремонтная мастерская	~ 10
Целлюлозо-отжимная машина с сушикой	~ 40
Потери на трансмиссиях	~ 25

Всего ~ 540 л. с.

или

$$\frac{540 \cdot 100}{25\,000} \cong 2,16 \text{ л. с. на } 100 \text{ кг}$$

воздушно-сухой массы в 24 ч.

3) Часовой расход пара в кг:

а) пар на варку	при ~ 6 атм. изб. $\sim 2\,100$
б) пар на сушку и отопление	" ~ 1 " $\sim 2\,400$
в) на выпарную станцию	" ~ 1 " $\sim 3\,150$
г) на каустификацию и теплую воду	" ~ 1 " $\sim 1\,050$
д) пар на отбелку	" ~ 800

Всего $\sim 9\,500$ кг

4) Расход химических материалов в 24 ч.:

Сульфата	$\sim 6\,000$ кг
Извести	$\sim 7\,500$ "
Активного хлора	$\sim 1\,250$ "
Серной кислоты	~ 250 "

5) Расход производственной воды в 1 ч. $\sim 500-550$ м³.

6) При получении влажной соломенной целлюлозы, обезвоженной в сцехах до 20% абсолютно-сухого вещества (при сочетании завода с бумажной фабрикой) расход силы понижается, примерно, на 40 л. с., а пара в 1 атм.—примерно, на 2 400 кг в час.

В. Производство целлюлозы при помощи щелочи и хлора

Общие данные

Еще в 1844 г. химик Дюма (Dumas¹⁾) нашел, что для выделения из растительного волокна „целлюлозы“ можно пользоваться не только раствором едкого натра, но и хлором. Дюма применял предварительную обработку массы 10-процентным едким натром при t в 80—100°, а затем обрабатывал взвешенный в воде материал газообразным хлором.

¹⁾ См. Handbuch der ang. Chemie. 1844, Bd. VI, S. 15.

Химики Фреми (Fremy) и Терейль (Tereil)¹⁾ получали целлюлозу, обрабатывая дерево хлорной водой примерно в течение 36 часов. Далее Р. С. Менцис (R. C. Menzies)²⁾ опубликовал способ, запатентованный им 15 мая 1872 г. Древесина увлажнялась и подвергалась действию газообразного хлора в турмах по способу встречного движения. Затем она промывалась, варилась со слабым едким натром и, наконец, отбеливалась.

Кросс (Cross) и Биван (Bevan) сообщают³⁾, что увлажненные опилки следует подвергать действию газообразного хлора. Образующийся хлорид лигнина выщелачивается 3-процентным раствором сернистоокислого натрия.

Специалистам давно уже было известно, что путем электролиза, применяя диафрагмы в электролизаторах, можно получить из поваренной соли, с одной стороны, едкий натр, а с другой — газообразный хлор. Первый применялся на целлюлозных предприятиях для обработки дерева, соломы и т. п., а второй шел до сих пор на отбелку. Что хлор может являться средством для выделения целлюлозы было уже указано выше, но он, по мнению Шахта, не проникает во внутренние части сырья. Поэтому перед обработкой хлором сырье всегда надо обрабатывать щелочью.

До сих пор успешная обработка хлором ограничивалась сырьем с малым содержанием лигнина — например, солома, травы. Из древесных пород, по Шахту, хорошая обработка хлором удавалась лишь с древесиной хлебного дерева.

Еще в разделе, посвященном отбелке, отмечалась целесообразность (с экономической точки зрения) работы по способу Сименс-Биллитера и, таким образом, получение целлюлозы путем применения едкого натра и хлора может представлять серьезный интерес особенно в тех случаях, когда имеется дешевая соль и энергия.

До сего времени стали известны 3 следующих способа.

1. Способ де-Вена

За последние годы (1923) французский химик д-р де-Вен запатентовал метод получения целлюлозы главным образом из соломы, эспарто, травы альфы, дерева, пеньки, льна и джута и вообще всякого волокна, подчеркнув, что получаемая целлюлоза особо пригодна — без дальнейшей обработки — для производства искусственного шелка, что эта целлюлоза снежно-белого цвета, особенно из эспарто, джута, пеньки, льна и соломы, в то время, как полученная обыкновенным путем не только не чиста, но имеет кремовый,ходящий до коричневого (пенька), оттенок⁴⁾.

Из патентов следует, что особыми признаками этого метода являются:

- 1) варка в слабой щелочи, а затем выщелачивание и отмывка;
- 2) хлорирование хлоргидратом и последующая щелочная обработка; последняя — для выщелачивания из массы образующегося лигнинхлорида и продуктов окисления; затем — промывка;

- 3) отбелка гипохлоритом натрия (гипохлоритом кальция).

По упомянутому способу, исходный материал сначала обрабатывается щелочью (NaOH), затем полученная полумасса промывается, подается на измельчитель и в сортировки и, наконец, после тщательной промывки обрабатывается хлором. По поводу обработки хлором, т.е. потребной для этой цели аппаратуры, более подробные сведения можно получить из американского патента де-Вена (Мирибель-Франция) за № 1 556 497/98 от 6 октября 1925 г., опубликованного в „Papier-Fabrikant“ за 1926 г. № 12,

¹⁾ Bulletin Société chimique, 1868. vol. 2, p. 439.

²⁾ Ber. d. deutschen Chem. Ges., 1873, Bd. VI, S. 1206.

³⁾ Journ. of the Chemical Soc., 1890, vol. 53, p. 199.

⁴⁾ The Worlds Paper Trade Review, 1923, 28 Dec. и 1924, 25 Janv.

стр. 182. Из сообщенных данных следует, что в данном случае производится непрерывная обработка хлоргидратом, т.е. водным раствором хлора.

Метод де-Вена, практическое осуществление которого схематически видно из рис. 93, предусматривает щелочную обработку массы после хлорирования при помощи раствора едкого натра, употреблявшего уже в варочном котле. Такой раствор щелочи имеет коричневый цвет, а потому масса должна тщательно промываться перед отбелкой.

Далее сообщается, что принятая на других заводах натронной целлюлозы регенерация щелочи вообще отпадает и становится излишней, так как отбросы процесса, после использования едкого натра и хлора, представляют собой чрезвычайно разбавленный грязный соляной раствор, который не стоит регенерировать.

Согласно схеме рис. 93 установка распадается на следующие рабочие процессы и устройства. Электролизеры сист. Сименс-Биллителя 1 дают из соли, под влиянием электрической энергии (см. также способ Сименс-Биллителя — стр. 64), с одной стороны, раствор едкого натра с большой примесью соли, а с другой — газообразный хлор.

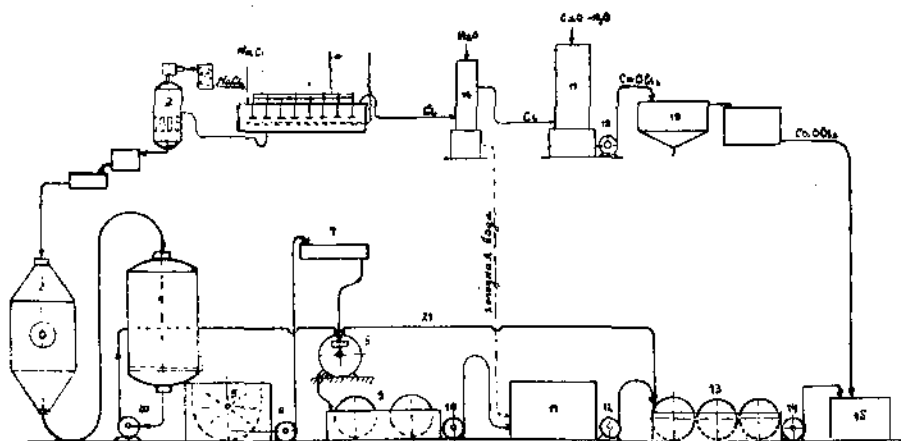


Рис. 93.

Путем выпарки в испарителях 2 соль почти целиком регенерируется а очищенный в высокой мере NaOH поступает в варочный котел 3. Затем следует отмывка от щелочи 4, мешалка 5, насосы 6, 10, 12, 14, 18, 20, далее песочница 7, вторая сортировка 8, промывка 9, аппаратура по обработке хлором 11, нейтрализация 13 едким натром из 4 по трубопроводу 21, промывка 13, отбелка 15; получение хлоргидрата 16, гипохлорита кальция для отбелки 17 и отстойник для белильного щелока 19.

Хотя способ де-Вена и введен уже на бумажных фабриках во Франции, Италии и Испании, все же об его экономической выгоде известно пока еще очень мало ¹⁾. Электролиз требует наличия не дорогого и значительного источника энергии, а также сравнительно дешевой соли.

Обработка хлором. Так как хлор действует очень сильно не только на лигнин, который он должен устранить, но и на самую целлюлозу, он может сильно понизить выход. О достоверных цифрах, касающихся выхода, никаких мало-мальски точных данных не опубликовано.

¹⁾ Papier-Fabrikant, 1924, № 45, S. 505 и № 48, S. 565; 1925, № 48, S. 759; Wochenblatt für Papierfabrikation, 1925, № 18, S. 550; 1925, № 37, S. 1115.

Промывка до и после обработки хлором усложняет производство, особенно в виду потребности в сильном разжижении массы.

Вероятно и употребление коричневого отработанного варочного щелока для нейтрализации и отмывки хлористого лигнина не может быть признано особенно желательным.

По предъявленным автору образцам волокно беленой соломенной целлюлозы, полученной по способу де-Вена, очень мягкое и эластичное, в отличие от волокна, получаемого при помощи применяемых до сих пор методов варки.

2. Способ Помилио

В противоположность де-Вену, который предварительно обрабатывает исходные материалы в варочных котлах при помощи NaOH, Помилио (Romilio) пользуется открытыми чанами, в которых эти материалы перемешиваются со щелочью лишь при небольшом нагревании.

Из полученной таким образом полумассы сперва удаляется щелочь, полумасса промывается и лишь после этого подвергается обработке электролитическим газообразным хлором в особых аппаратах. Более подробные данные об этом методе сообщены были самим изобретателем Умберто Помилио (Неаполь) в *Wochenblatt für Papierfabrikation* за 1925 г. в № 37, стр. 1115, а затем д-ром Шахтом в *Papier-Fabrikant* тоже за 1925 г. в № 48, стр. 759.

3. Способ д-ра Шахта

Подготовленные и очищенные обычным способом исходные вещества поступают во вращающиеся варочные котлы и обрабатываются в них раствором щелочи, полученным электролитически и паром. После этой первой обработки масса промывается и размалывается. При размоле она слегка окисляется гипохлоритом кальция. Затем идет сортировка, мокрая очистка и обработка хлором, при помощи водного раствора хлора в обычных аппаратах-мешалках или отбельных роллах. Далее следует промывка массы от растворимых соединений лигнина и хлора, а затем полная отбелка гипохлоритом кальция; после этого масса идет на дальнейшую обработку.

Шахт (Schacht) запатентовал за границей метод слабого щелочного окисления массы, до обработки ее хлором.

Последующая и, вообще говоря, весьма слабая обработка хлором быстро и легко удаляет остатки хлористого лигнина.

В виду применения малых количеств химических веществ соляная кислота образуется лишь в небольшом размере. В виду описанных выше условий потеря волокна меньше, и выход доходит примерно до 45,5%, а качество массы выше, чем при получении целлюлозы по способу Помилио и де-Вена.

По данным д-ра Шахта, результаты могут быть еще благоприятнее, если предварительная обработка исходных веществ во вращающемся варочном котле производится не с едкими щелочами, а с нейтральным моносulfитом натрия.

Это старый патент Шахта, который он снова пытается использовать параллельно с обработкой хлором. Выход в данном случае как будто повышается еще на ~ 10%, доходя таким образом до ~ 50%. При применении в первой стадии обработки вместо едкого натра моносulfита, требуется, по имеющимся данным, 2% серы. Количество щелочи в этом случае можно еще несколько уменьшить.

Шахт сообщает следующие производственные данные, применительно к соломенно-целлюлозному заводу с суточной производительностью в 25 000 кг воздушно-сухой беленой массы (88% абсолютно-сухого волокна), исходя при этом из положения, что солома в первой стадии обрабатывается едким натром и что получается волокно, которое по своим свойствам в равной степени пригодно как для писчих, так и для печатных бумаг.

В качестве исходных веществ, при выходе в 45,5%, идет в сутки ~ 55 000 кг соломы, далее ~ 4 400 кг едкого натра и ~ 2 700 кг хлора на хлорирование и отбелку. Однако электролиз по способу Сименс-Биллитера дает избыток хлора примерно в 30—40%, идущий на отбелку покупной-древесной целлюлозы.

На варку во время предварительной щелочной обработки во вра-щающихся котлах требуется ~ 1 000 кг пара на 1 000 кг воздушно-сухой беленой целлюлозы.

Соломенно-целлюлозный завод, работающий по вышеупомянутому комбинированному хлорно-щелочному методу, производительностью в ~ 25 000 кг беленой воздушно-сухой массы (88% абсолютно-сухого волокна) в 24 ч. при обезвреживании массы в сечах до 20% абсолютно-сухого вещества, потребляет:

1) Соломы

в 24 часа при 45,5% выхода ~ 55 000 кг

2) Расход энергии

а) электролиз (см. сноску на стр. 65).

В 24 ч. потребно 4 400 кг NaOH, таким образом расход энергии на клеммах электролизеров составит

$$\frac{4\,400 \cdot 100}{864} \dots \dots \sim 510 \text{ kW}$$

В большинстве случаев потребный по-стоянный ток получается от установ-ки переменного тока, при чем возни-кают потери от преобразования тока, которые вместе с потерями в проводах и затратой силы на растворители и наносы составят . . . ~ 50 kW

Итого ~ 560 kW. $\cong$ 760 л. с.

Параллельно с NaOH электролизеры дадут в 24 ч. около $\frac{510 \cdot 768}{100} = 3916 \text{ кг} \cong 3\,910 \text{ кг}$ газообразного хлора.

На хлорирование и отбелку требуется около 2 700 кг газообразного хлора в 24 часа.

Таким образом остается избыток около 1 210 кг газообразного хлора в 24 ч., которым можно в те же 24 ч. отбелить минимум 18 000 кг дре-весной целлюлозы.

Если принять, что на отбелку соломенной целлюлозы потребно 1 350 кг хлора $\cong$ 5,5% от количества массы, то на хлорирование останется тоже около 1 350 кг хлора $\cong$ 5,5% от всей соломенной целлюлозы.

б) Прочее производственное оборудование
соломенно-целлюлозной установки
потребляет ~ 270 л. с.

Общий расход энергии по (а)+(б) . . . ~ 1 030 л. с.

или $\frac{1\,030:100}{25\,000} = 4,12$ л. с. на 100 кг

воздушно-сухой массы в 24 ч.

3) Часовой расход пара в кг:

а) пар на варку при 6 атм. изб. ~ 1 050 кг

б) " " отбелку " 1 " ~ 800 "

в) " " выпарку содержащего соль рас-
твора едкого натра при 3 атм. . . ~ 1 250 "

Всего ~ 3 100 кг

4) Расход извести в 24 ч. на получение гипохлорита кальция ~ 4 400 кг

ГЛАВА IV

Получение полумассы из эспарто и альфа

С переработкой эспарто, встречающейся в Испании и Северной Африке и альфа из Северной Африки, можно главным образом встретиться во Франции, Англии и Шотландии, реже в Германии, хотя волокно этих растений и обладает очень хорошими качествами.

Эспарто придает бумаге пухлость и делает ее весьма пригодной для письма и печати.

Англия бедна сырьем для бумажного производства и для нее целесообразен ввоз в качестве сырья эспарто и альфа (в виде обратного фрахта). В Англии уже в 1860 г. эспарто перерабатывалось в довольно значительных количествах на бумагу.

Содержание целлюлозы в эспарто колеблется от 45 до 50%, но в действительности выход равен, как и в случае соломы, всего 42%.

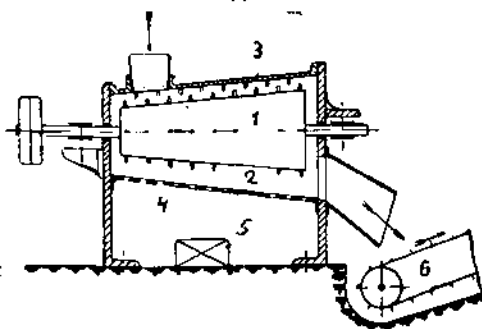


Рис. 94.

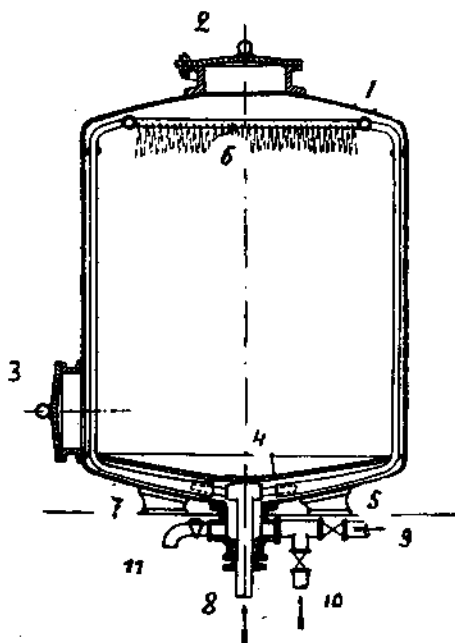


Рис. 95.

Эспарто можно обрабатывать — тем же способом, который применяется и при переработке соломы на соломенную целлюлозу. Однако, во вращающихся шаровых котлах масса довольно легко сбивается в шарики и становится зернистой, а потому в Англии применяются исключительно неподвижные котлы.

Прибывающая в кипах трава сперва очищается от корней и других засорений, затем разбивается в барабане, снабженном валом, с шипами. Одновременно она очищается и от пыли. На сечку трава не режется.

Аппарат длиной ~ 3 м (рис. 94) имеет на барабане 1 тупые зубья 2, которые проходят мимо зубьев 3, насаженных на кожухе самого аппарата.

рата. Таким образом, поступающие в машину стебли ломаются и производится удаление пыли, отсасываемой сквозь решетку 4 эксгаустером 5. Очищенный материал подается в варочное отделение при помощи элеватора 6.

Котлы обычно (рис. 95) имеют в диаметре ~ 2700 мм, и в высоту 2700 мм. Днище их выпуклое. Полезная емкость ~ 16 м³.

Трава загружается в котел сверху 2 и настолько плотно, что он вмещает ~ 2400 кг, т.е. ~ 150 кг на 1 м³ объема. Котел заливается ~ 4800 л едкого натра; следовательно, на 1 кг травы идет примерно 2 л щелока. Когда котел заполнен и закрыт, снизу выпускается пар, и варка производится при 2—2½ атм. изб. Поступающий у 8 пар прогоняет щелок, находящийся под сетчатым днищем 4 через сопла и по вертикальным трубам в расположенную вверху кольцеобразную продырявленную трубу 6, из которой щелок стекает на материал.

Употребляя пар в 2—2½ атм. изб. а варочный щелок примерно с 12% едкого натра от веса эспарто, можно принять, что оборот котла, включая зарядку и спуск при варке ~ 4 ч., равен 6 ч. После варки варочный щелок под давлением выдувается паром из котла у 9 в выпарную станцию. Затем масса дополнительно промывается горячей водой, эта вода также идет на выпарную станцию. Последняя устроена аналогично описанной уже в разделе, посвященном производству соломенной целлюлозы. Далее следуют 2 или 3 промывки горячей водой и сваренная масса выгружается через нижний боковой люк 3 и подвозится в тележках к роллам. Роллы служат прежде всего для повторной промывки массы и разбивки волокна; для этой цели они снабжаются тупыми ножами. Когда масса хорошо промыта и разбита, ее спускают в отбельные роллы; последние, во избежание образования комков, снабжены не пропеллером, а колесом с насаженными на нем лопастями.

После отбелики массу можно направлять через мешалку и узлоловители на обезвоживающую машину, где она получается в виде влажных рулонов, а затем перерабатывать их дальше.

Иногда ей дают отстояться в счежах примерно до 20% абсолютно-сухого вещества (рис. 84).

ГЛАВА V

Производство древесной массы

Введение бумажных машин в Германии между 1824 и 1840 гг. вызвало чрезвычайный рост производительности бумажных фабрик. Однако, осуществить установку бумажных машин могли лишь предприятия, находившиеся вблизи от хороших путей сообщения и в местах с достаточным снабжением тряпьем, так как единственным материалом для выделки бумаги в то время была тряпичная полумасса. Поэтому все более и более прилагались усилия найти волокнистый материал, который мог бы заменить тряпичное волокно, становившееся и недостаточным и дорогим. „Опыты изготовления и образцы бумаги“ Якова Христиана Шеффера (J. Ch. Schäffer), относящиеся к 1765 и следующим годам, были использованы много позднее.

А. Белая древесная масса

Первым материалом, примененным в виде добавления к бумажной массе, для уменьшения расхода тряпичной полумассы, была белая механическая масса, называемая обычно древесной массой. В 1843 г. Фридрих Готтлиб Келлер (Fr. G. Keller) из Хайнихена в Саксонии открыл способ истирания дерева. Из изготавливаемого по его способу волокна нельзя было приготовить бумагу без добавления крепкого и длиноволокнистого материала, но, как добавка к бумажной массе для дешевых бумаг, особенно для печатной бумаги, древесная масса, со времени изобретения ее в 1843 г. до настоящего времени, получила чрезвычайно широкое применение. В 1913—1914 гг. количество переработанной в Германии древесной массы достигало уже ~ 650 000 т; приблизительно ту же цифру оно составило и в 1924 г.

Развитие механического оборудования древесно-массного производства потребовало, как это часто бывает с такими новинками, большого промежутка времени. В период между 1860 и 1870 гг. за постройку такого оборудования впервые взялся инженер Фольтер (Voelter) из Гейденгейма, и в 1867 г. фирма И. М. Фойта поставила первое древесно-массное производство с так называемыми поперечными дефибрерами (в Ухингене в Вюртемберге).

Величина отдельных древесно-массных установок была вначале весьма незначительна: дефибрер периода 1868—1872 гг. потреблял только от 60 до 80 л. с. В последние годы мощность дефибреров достигла весьма значительной величины; так, многосильный дефибрер шириной 1,1 м потребляет от 800 до 1200 л. с., а новейший непрерывный дефибрер при ширине в 2 м берет на один камень уже до 2000 л. с.

Из этого краткого обзора видно, какие требования предъявляет развитие бумажной промышленности к увеличению мощности машин древесно-массного производства, в особенности для изготовления ротационной газетной и печатной бумаги.

Большой путь пройден от конструкции маленького пятипрессового дефибрера, загружавшегося периодически вручную и расходовавшего только ~ 60 л. с., до постройки современного непрерывного дефибрера, работающего автоматически и потребляющего на свой единственный пресс уже 2000 л. с., давая в то же время древесную массу значительно лучшего качества, чем это могли дать старые маленькие дефибреры.

а) Дерево как сырой материал

Прежде чем приступить к описанию машинного оборудования древесно-массного производства, необходимо остановиться на исходном сыром материале — дереве.

Для белой механической массы или древесной массы перерабатывается, главным образом, еловая древесина и в небольшом количестве — редко встречающаяся в Германии — пихта. В Италии и Франции для изготовления так называемой „белой массы“ идет тополь и осина. Дерево дает тем больший выход, чем уже его годовичные кольца. В производство идет вполне здоровое дерево, не слишком тонкое, так как это давало бы большие потери на окорку, и не слишком сухое, так как сухое дерево требует большего расхода силы на истирание, чем сырое. В настоящее время дерево для производства — балансы — покупаются и измеряются в складочных куб. метрах (ск. м.). В среднем считается, что 1 ск. м сложенного дерева (стер) содержит ~ 0,75 пл. м (плотный метр).

Вес 1 ск. м елового дерева составляет:

При нормальной сухости	~ 80%	абсолютной сухости ~	400
старого, очень сухого	~ 90 „	„ „	~ 360
свежего и сырого	~ 65 „	„ „	~ 450
„ „ „	~ 55 „	„ „	~ 550

Вес 1 пл. м елового дерева абсолютной сухости достигает ~ 453 кг.

В Германии идут в продажу балансы в окоренном виде длиной от 1 до 2 м, диаметром от 10 до 25 см.

Выход древесной массы: на 1 ск. м еловых балансов 80% абсолютной сухости, весом ~ 400 кг/ск. м.

1) при узких годовичных кольцах:

~ 75—80%, т.е. 300—320 кг

2) при широких годовичных кольцах:

~ 65—70%, т.е. 260—280 кг

воздушно-сухой древесной массы (88% абсолютной сухости).

Для достижения приведенных значений выхода, безусловно необходимо хорошее использование оборотной воды, иначе выход падает.

При каждом древесно-массном производстве должен находиться соответственной величины склад балансов, доставляемых по железной дороге или на судах. Балансы следует держать на складе не более $\frac{3}{4}$ года, иначе они становятся слишком сухими и твердыми и расход энергии на истирание значительно увеличится, чем при сыром дереве.

Доставляемые балансы выкладываются на складе штабелями принятой высоты — от 2 до 3 м, распределяются по времени поступления, месту их происхождения, поставщикам и обозначаются соответственными табличками.

Штабели балансов не следует ставить плотно друг к другу, а (как указано на рис. 96) оставлять между ними свободные пространства, чтобы обеспечить циркуляцию воздуха. Кроме того, между каждыми двумя штабелями укладывают узкоколейные подъездные пути для удобного транспорта дров. На каждые 100 м² площади склада возможно выкладывать при такой системе от 130 до 140 ск. м дров.

В Америке на большей части фабрик балансы получают сплавом и складываются большими кучами, из которых доставляются системой конвейеров в производство по мере потребности.

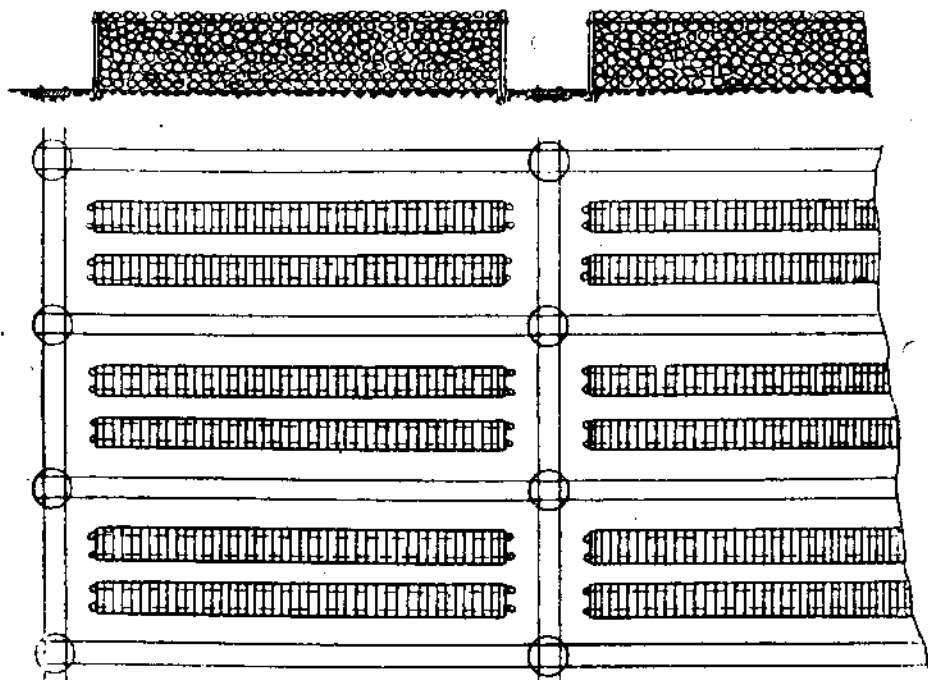


Рис. 96.

б) Окорка балансов

Со склада балансы поступают сначала в деревоочистительное отделение. Для производства тонкой и чистой древесной массы необходимо тщательно очистить баланс от коры и грязи и высверливать суки, если последние загрязнены и велики. Очистка коры производится или вручную, или особо устроенными корообдирочными машинами.

Применяемые в Америке для очистки коры сплавного длинного баланса корообдирочные барабаны в Германии не получили распространения.

а) Ручная окорка баланса

Ручная окорка имеет много преимуществ перед машинной, так как при ручной работе рабочий в состоянии лучше приспособиться и делать более или менее сильную очистку там, где это потребуется. Ручная очистка дает поэтому меньше потери, в среднем не превосходящие 5%. В Германии окорка большей частью производится стариками или инвалидами; производительность одного рабочего за 8-часовой рабочий день в среднем можно считать от 8 до 2½ ск. м дерева (при плохом балансе — только 1 ск. м; при хорошем — до 4 ск. м).

β) Машинная окорка баланса

В принципе работа корообдирочных машин сводится к очищению вращающимися ножами круглых поворачивающихся поленьев.

Различается 6 различных способов производства окорки.

а) На корообдирочных машинах, в которых поленья автоматически прижимаются к вращающемуся диску, укрепленному на неподвижных подшипниках; поленья равномерно поворачиваются и подаются вперед (корообдирочная машина для длинного баланса сист. Виде).

б) На корообдирочных машинах, у которых диск имеет осевое движение такого рода, что может быть прижат с большею или меньшею силою к находящемуся на ролике полену; последнее автоматически поворачивается и подается вперед (корообдирка сист. Бецнера для длинных дров).

в) На машинах, у которых дерево, лежащее на роликовом столе, автоматически вращается и подается вперед; очистка производится вращающимся в неподвижных подшипниках диском с ножами; последний снабжен выпуклым щитом, имеющим осевое движение, с помощью которого можно приближать и удалять дерево от очищающего диска, от чего изменяется глубина очистки дерева машина сист. Робертса и Либерта тип Фреска, фирмы Виггер в Унна.

г) На корообдирках с несколькими небольшими очищающими дисками, имеющими осевое движение; диски упруго прижимаются к дереву, автоматически вращающемуся и подающемуся вперед на роликовом столе сист. Штальнаке.

д) При помощи узкого быстро вращающегося небольшого диска, цилиндрической формы, с ножами на окружности; ось диска параллельна оси ствола; диск упруго прижимается по мере надобности к находящемуся на роликовом столе дереву, винтообразно подающемуся посредством особого ролика с шипами сист. Эйдзетера.

е) На машинах, у которых полено прижимается вручную к вращающемуся в неподвижных подшипниках диску; вручную же полено и поворачивается так называемый „быстроочиститель“ сист. Бецнера, известный также под названием „корообдирки для короткого баланса“).

По длине употребляемых дров, машины разделяются на:

1) Корообдирочные машины для длинного баланса — при длине последнего от 2 м [см. выше (а) — (д)].

2) Машины для короткого баланса, так называемые быстроочистители, у которых баланс прижимается и поворачивается вручную, — для баланса до 1 м длиной [см. (е)].

Если в древесно-массном производстве в окорку поступает длинный баланс, то его после окорки распиливают на короткие чураки и затем дочищают на корообдирке для короткого баланса.

1. Корообдирочные машины для длинного баланса

Машины типа (а) Виде, (б) Бецнера, (в) Робертса и Либерта, (г) Штальнаке, (д) Эйдзетера — предназначены для длинного баланса. Ими можно очищать и длинные бревна.

а) Машины Виде изготовляются одинарные и двойные (рис. 97). Машина состоит из очищающего диска, устроенного в виде двойного конуса, снабженного восемью парами ножей. Число оборотов диска — 450 в мин.

Бревно 3 лежит в железном жолобе 2, висящем на уравновешенных рычагах 4. Посредством этих рычагов и груза 5 бревно непрерывно прижимается к быстро вращающемуся диску. В то же самое время через прорез

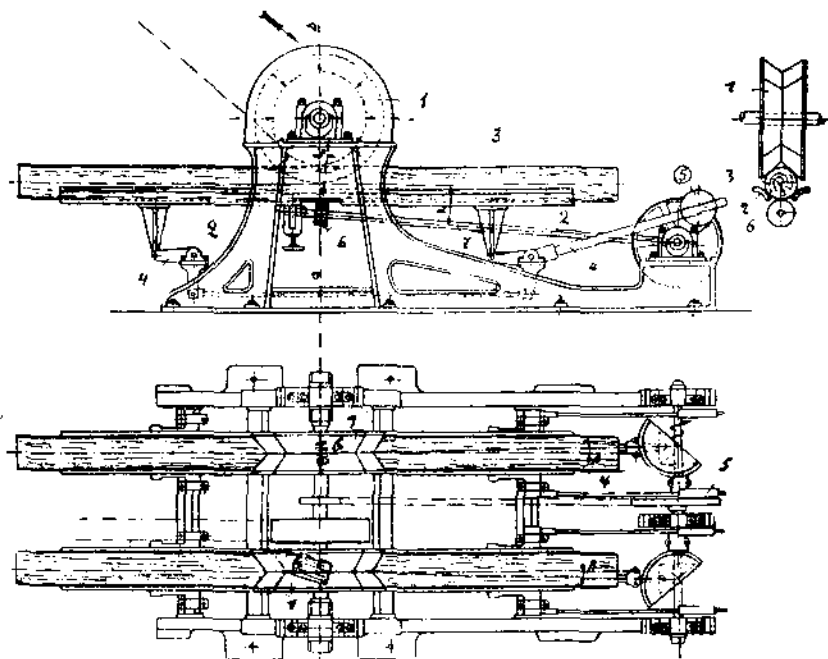


Рис. 97.

желоба 2 бревно захватывается вращающимся рифленным роликом 6, вращающим лежащее на нем бревно 3, а так как ось ролика расположена косо, под углами α и β (к оси дерева), то последнее равномерно подается вперед винтообразным движением. Возвышения и впадины на дереве вычищаются хорошо, и дочистка требуется незначительная. Потеря при окорке зависит, естественно, от сорта дерева и в среднем заключается между 5 и 8% от всего количества древесины. Машина позволяет очистку балансов, имеющих в диаметре до 30 см и длину до 4 м.

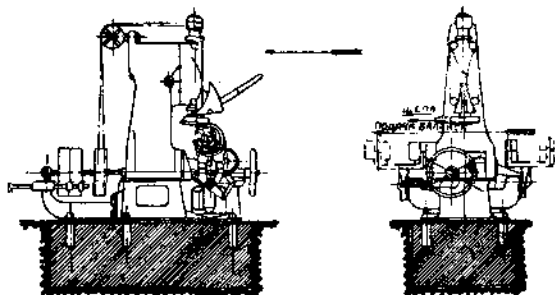


Рис. 98.

Производительность двойной корообдирочной машины (с двумя дисками) лежит между 10 и 12 ск. м в час в среднем, в зависимости от сорта баланса; средний расход силы — ~18 л. с. При лучших (здоровых) балансах эти значения повышаются до 15 ск. м в час и соответственно до 20—22 л. с.

б) Корообдирочная машина сист. Бецнер (рис. 98) отличается в принципе от машины Виде тем, что в ней полено лежит на роликах, при чем к вращающемуся и подающемуся вперед дереву по же-

ланию прижимается диск с ножами; нижняя часть диска имеет слегка сферическую форму. Диск с восемью ножами имеет в диаметре от 450 до 500 мм и сидит на вертикальном валу, делающем ~ 1200 об/мин. Вес вала и диска рассчитан так, чтобы свободно опущенный диск слегка нажимал на дерево. Посредством длинного рычага можно по желанию без усилия поднимать и опускать диск с ножами и таким образом производить соответственную очистку дерева. Вертикальный вал сцепляется ремнем с горизонтальным приводным валом. Полено вращается и винтообразно подается вперед посредством двух шипообразных роликов, подобно тому, как в машине Виде.

Машина очищает длинный баланс диаметром от 6 до 40 см при потере от 6 до 8% от веса дерева, в зависимости от качества последнего. Производительность машины описанного типа следующая:

Машина очищает длинный баланс диаметром от 6 до 40 см при потере от 6 до 8% от веса дерева, в зависимости от качества последнего. Производительность машины описанного типа следующая:

Величина	Количество баланса в ск. м	Диаметр баланса в см	Расход силы в л. с.
I	6	15—20	6—10
II	10	20—22	10—16
III	12	30—40	12—18

в) Корообдирочная машина сист. Робертс и Либерт служит только для окорки длинного баланса. Конструкция ее своеобразна и весьма остроумна, а именно: кроме автоматического прижимания к ножам дерева и винтообразной подачи его, она имеет

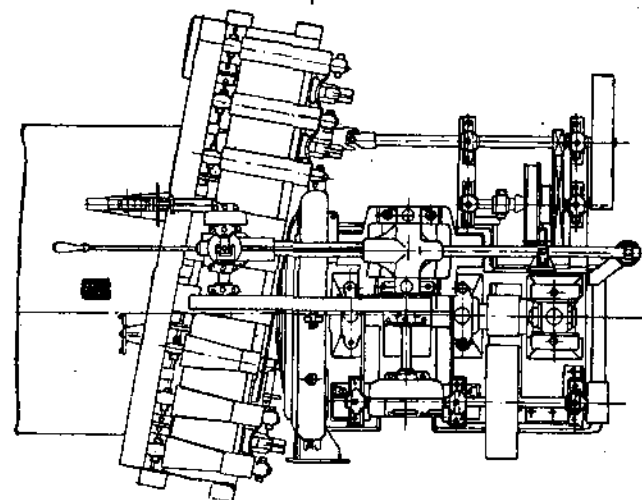


Рис. 99 а.

особое приспособление, позволяющее во время процесса очистки баланса переставлять ножи на желательную глубину и тем самым давать соответственное врезание в дерево очищающих ножей.

Корообдирка типа Фреска

Корообдирочная машина сист. Робертс и Либерт была переконструирована в Швеции Фреском по схеме, приведенной на рис. 99; в Германии она была введена фирмой Х. Виггер и К^о (H. Wigger) в Унна, в Вестфалии.

Очистка производится косо поставленными кривыми ножами, укрепленными на особой крестовине, имеющей с лицевой стороны регулирую-

щий диск с прорезами для ножей. Во время работы машины этот диск можно незначительно передвигать в осевом направлении при помощи простого рычажного приспособления и таким образом устанавливать желательную толщину снимаемой стружки. Удаление стружки производится пневматически через закрытый кожух с тангентальными прорезами. Дерево проходит вдоль машины по роликовому транспортеру, снабженному приводом. Транспортер, если смотреть сверху, расположен наискось по отношению к диску с ножами, так что ножи работают не вдоль направления волокон дерева, но наискось и книзу. Дерево при помощи подающего валика, снабженного шипами и расположенного под углом к стволу дерева, упруго прижимается к ножевому диску и продвигается винтообразно вдоль машины.

Вилка подающего валика поднимается посредством ножного рычага, которым валик ставится на каждое поступающее полено; регулирование нужного положения валика при сильных неправильностях поверхности ствола дерева производится ручным рычагом.

Подвеска валика с шипами укреплена на расположенном ведущем вале и притом таким образом, что она имеет качательное движение вокруг него, поднимаясь и опускаясь в зависимости от толщины полена, находящегося под подающим валиком. Кроме того, углы наклона валика подачи к

стволу дерева допускают изменения в двух направлениях. Подающий валик и ролики транспортера приводятся цепями, заключенными в кожухи.

Производительность машины в зависимости от качества дерева колеблется между 500 и 600 погонных м в час, что, при диаметре примерно от 22 до 26 см, соответствует $\sim 26-30$ ск. м дров с расходом силы ~ 30 л. с.

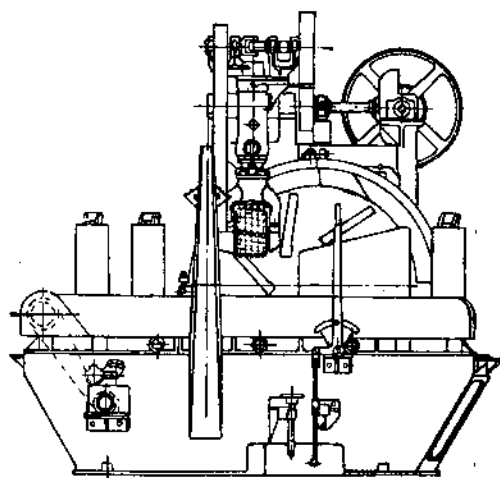


Рис. 99а.

Корообдирающая машина системы Небрих, Кётен

Машина, изображенная на рис. 100, служит для очистки баланса длиной до 3 м, а при тонких и прямых — до 4 м. Устройство ее подобно устройству машины, изображенной на рис. 99; однако, она не имеет приспособлений для изменения выпуска ножей во время работы, а следовательно и для изменения глубины очистки. У аппарата требуется лишь один человек, который управляет ручным маховичком 20, канатной тягой 41 и следит за тем, чтобы ствол шел правильно.

Диск машины, снабженный прочными ножами, вращается со скоростью 960 об/мин. Ножи имеют прямое лезвие, что облегчает их точение и пригонку. Диск несет на рабочей стороне защитную крышку; при изнашивании сменяется только последняя, а не весь диск. Дерево подается посредством пружинящих стоек и роликом с приводом 17, которые продвигают дерево к очистке и после нее. Для держания дерева по обеим сторонам диска имеются буфера. Скорость подачи можно менять, изменяя угол между питающим роликом и стволом дерева; это производится при помощи укорачивания или удлинения штанги 40. Подъем и опускание

ролика 32 делается посредством канатной тяги 41 и блока 26. Пружина 22 ослабляет слишком сильное прижатие ствола.

Потери при окорке достигают 6—8%; производительность, в зависимости от свойств и толщины дерева, составляет: при диаметре от 11 до 14 см ~ 15 ск. м в час и при диаметре ~ 16 см — 20 ск. м в час; расход силы ~ 30 л. с.

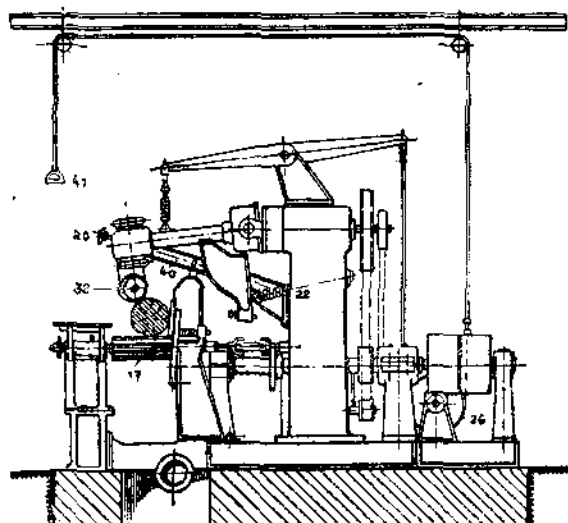


Рис. 100.

г) В корообдирочной машине сист. Штальнаке (рис. 101) к проходящему вдоль стволу дерева прижимаются 6 маленьких бронзовых дисков, имеющих осевое движение и получающих быстрое вращение от привода. Каждый диск снабжен 4 стальными ножами. Дерево лежит на роликах и прижимается к ним особым нажимным приспособлением; зубчатый питающий ролик, расположенный под углом к стволу, равномерно вращает дерево и подает его в продольном направлении. Очищающие диски приводятся

в движение от поперечного вала и мотора. При маленьких быстро вращающихся дисках в случае затупления ножей целесообразнее сменять не

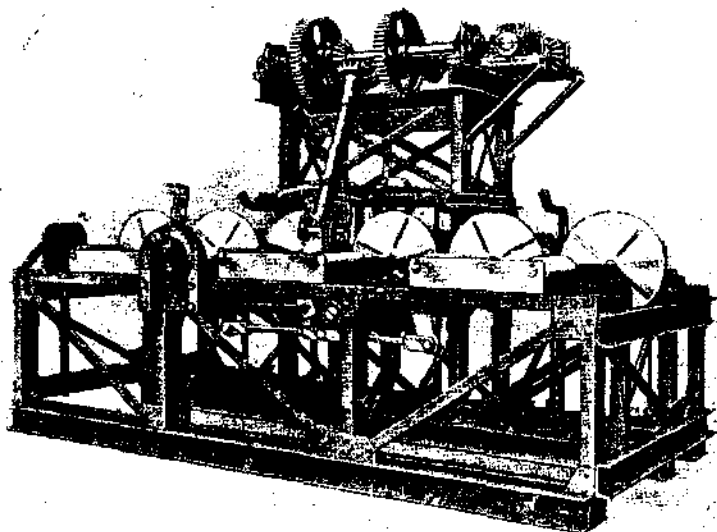


Рис. 101.

ножи, а весь диск полностью. Кроме того, применение маленьких дисков имеет то преимущество, что при очистке поленьев неправильной формы они хорошо прижимаются к отдельным неровностям ствола. Благодаря

этому потеря при очистке меньше на 40%, чем у других корообдирочных машин. Число оборотов дисков с ножами достигает 550 в мин.; расход силы ~ 18 л. с. Машина может окорять в час от 360 до 480 погонных м. баланса нормальной толщины при длине от 2,5 до 3,2 м. Это дает:

Диаметр баланси в см	Баланса пл. м		Баланса, ск. м	
	360 м/ч.	480 м/ч.	360 м/ч.	480 м/ч.
15	6,2	7	8,25	9,3
20	10,7	12,5	14,2	16,6
25	17,5	19,5	23,3	26,0

д) Корообдирочные машины для длинных дров системы Эйдзетера

На рис. 102 изображенная корообдирочная машина системы Эйдзетера, изготавливаемая Акц. О-вом Г. Гартман в Осло, в Норвегии. В противоположность приведенным в пунктах а—г четырем механизмам, метод работы у этой корообдирки основан на совершенно другом принципе. В то время как в описанных четырех машинах, ножи располагаются в плоскости, перпендикулярной к оси дисков, а эти последние

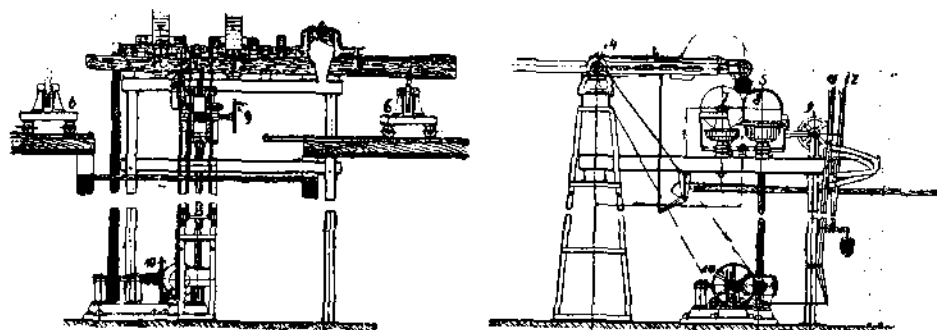


Рис. 102.

стоят перпендикулярно к оси ствола дерева, в машине Эйдзетера применены два цилиндрических диска маленького диаметра, при чем ножи укреплены на цилиндрической поверхности дисков, а последние расположены параллельно оси ствола. Маленькие и узкие цилиндрические диски подобно фрезерному аппарату, очищают ствол дерева по окружности. Ножевые диски 1 лежат в подвижной, частью уравновешенной, вилкообразной раме 2 и приводятся во вращение мотором 3 от вала, расположенного в точке качания 4 вилки. Ствол дерева 5 подводится особыми роликовыми колясками 6, а под дисками он идет между парой роликов 7 и 8, из которых один 8—зубчатый—имеет привод. Этот ролик вращает дерево 5 и продвигает его винтообразно под ножами, при чем имеется устройство 9 для регулирования угла зубчатого ролика к оси ствола. Кроме того, скорость подачи дерева может быть установлена еще и при помощи

фрикционного привода 10 и рычага 11; возможно также и регулирование давления ножевых дисков на дерево посредством рычага и тяг 12. Часовая производительность машины — 210 погонных м дерева диаметром в 19 см; расход силы — 8—10 л. с.

2. Корообдирочные машины для короткого баланса

е) Так называемые быстроочистители сист. Бецнер и др. строятся в виде одинарных машин (рис. 103) или сдвоенны (рис. 104). Такие аппараты служат, главным образом, для очистки коротких поленьев в $\frac{1}{2}$ —1 м длиной. Окоренные на машинах для длинного баланса поленья распиливаются пилами (см. стр. 159—162) соответственно ширине истирания и затем поступают на дочистку. Короткие чураки прижимаются руками к несколько выпуклому диску с ножами, вращающемуся со скоростью от 800 до 1000 об/мин, и имеющиеся остатки коры дочищаются.

Стружки у этих машин поступают в кожух очищающего диска, удаляясь оттуда эксгаустером и подаются обычно в топку котельной или прессуются в особых прессах для стружек.

Расход силы:

1) Одинарный „быстроочиститель“ (рис. 103) при диаметре диска 600 мм 1,5 л. с.; при диаметре диска 800 мм 2 л. с.

2) Двойной „быстроочиститель“ (рис. 104) при диаметре диска 800 мм 3—5 л. с.

Союз-шведских инженеров бумажной и целлюлозной промышленности произвел в

1909 г. интересное определение действительных потерь при очистке елового баланса; сухость окоряемого дерева определялась при этом как средняя из многих испытаний. Приводимые ниже численные значения потерь при очистке относятся к весьма тщательно очищенным еловым балансам.

Вершинный диаметр ствола в см	Действительная потеря древесины от общего веса балансов в %
10	10,7
12	9,4
14	8,4
16	6,2
18	6,0
20	5,2

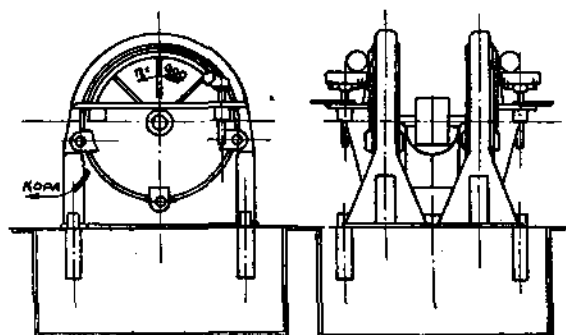


Рис. 104.

Средняя потеря при очистке для баланса с средним диаметром в верхнем отрубе 15 см составляет на этом основании ~7% от веса не окоренного баланса.

3. Вспомогательные машины древоочистительного отделения

Экстаузоры

В настоящее время все применяемые для очистки баланса машины снабжаются такого рода устройствами, как например, кожухи и т. п., — для отсасывания стружек коры непосредственно от машины (ср. рис. 187). Экстаузор 9 для пневматической передачи коры подает ее через центробежный распределитель (циклон) 10, обычного типа или в топку паровых котлов, качества добавки к углю, или в особые силосы щепы, или в прессы для щепы 12, спрессовывающие ее в ролики 13 для более удобного сохранения. Топливная способность коры, содержащей обычно от 20 до 30% влаги, значительно повышается от сушки отходящим теплом.

Пилы

При применении корообдирочных машин для длинного баланса, последние разрезаются перед доочисткою на короткие чураки. Наиболее употребительная ширина истирания в настоящее время такова: 0,5 м, 0,66 м, 1 м,

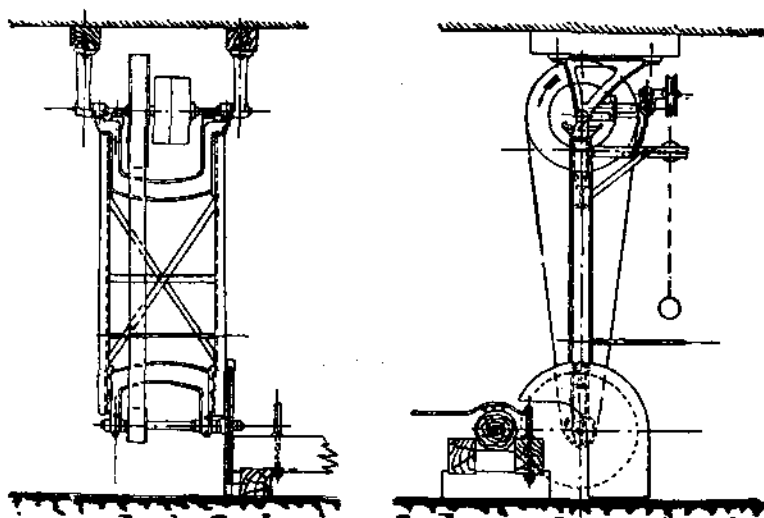


Рис. 10б.

1,10 м (реже 2 м). Если для окорки применяются только машины для короткого баланса, то естественно, что неокоренное дерево приходится разрезать на части до поступления в машину, так как тяжелые и длинные поленья вообще непригодны для этих машин.

Для распиловки применяются „круглые пилы“ и „ленточные пилы“.

Круглые пилы.

Круглые пилы для распиловки дерева имеют и до сих пор большое распространение в древесно-массном производстве, хотя их широкий рез дает большую потерю, чем тонкое полотно ленточной пилы. Машина состоит из стального круглого диска пилы диаметром от 900 до 1300 мм при толщине $3\frac{1}{4}$ — $3\frac{1}{2}$ мм, в зависимости от размеров распиливаемых бревен.

Окружная скорость пилы — 47 — 48 м/сек. В виду большого числа оборотов диск пилы должен быть смонтирован на точно проточенном валу и притом весьма тщательно, так как колебание пилы не только разрушает диск, но и увеличивает потери при распиловке; по тем же соображениям

зубья пилы должны поддерживаться в хорошем порядке. Даже при точном разрезе и средней твердости баланса потерю при распиловке на круглой пиле надо считать $\sim 0,5\%$ (против $0,2\%$ на ленточной пиле).

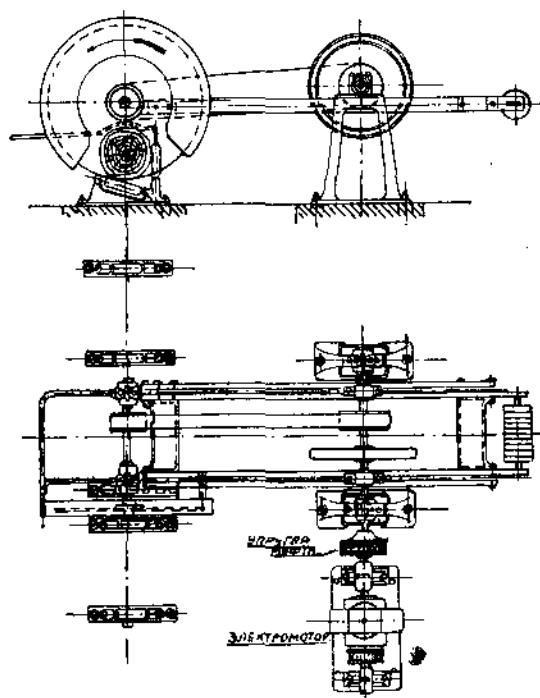


Рис. 106.

ся расположенным вблизи нее зубчатым рычагом. Пила диаметром 900 мм снабжена на рабочей стороне предохранительным кожухом для предупреждения несчастных случаев. Для обслуживания описанной пилы требуется 2 человека.

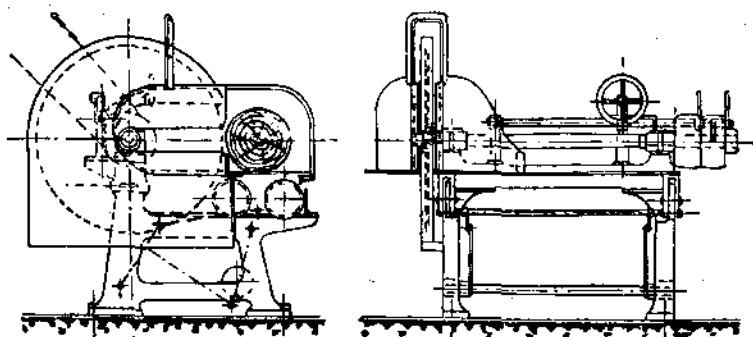


Рис. 107.

Горизонтальная качающаяся пила (рис. 106) имеет по сравнению с вертикальной то преимущество, что усилие, необходимое для прижатия пилы к дереву, отчасти производится собственным весом пилы, рама которой сбалансирована таким образом, что плечо рамы, несущее пилу, имеет небольшой перевес. Пила имеет диаметр ~ 1300 мм и делает ~ 700 об./мин.

Для разрезания длинных бревен на куски длиной 1 или 2 м, наиболее удобны качающиеся пилы, для распиловки же коротких поленьев — от 1 до 2 м длиной — на более короткие чураки целесообразно применять так называемые пилы с подвижным столом.

а) Качающиеся круглые пилы

Качающиеся круглые пилы разделяются на вертикальные и горизонтальные.

Вертикальная качающаяся пила (рис. 105) подвешивается на раме непосредственно к потолочной подвеске привода. Верхний привод имеет холостой и рабочий шкивы с отводкой для ведущего ремня. Качающийся над полом нижний вал пилы получает от привода вращение со скоростью $n = \sim 1000$ об/мин. Бревно подводится к пиле на раме с роликами и закрепляется

Горизонтальная сбалансированная железная рама пилы качается вокруг вала, лежащего на стойках; вал соединен непосредственно с мотором. Для обслуживания этой пилы требуется также 2 чел. Ствол дерева подается вперед по чугунной раме с роликами и при разрезке закрепляется рычагом с зубьями.

На каждой из этих маятниковых пил можно разрезать до 10 ск. м балансов в час, при расходе силы от 2,6 до 3,5 л. с.

Круглая пила с подвижным столом

Круглая пила с подвижным столом (сист. Фойта), изображенная на рис. 107, служит для распиловки короткого баланса до 2 м длиной.

Диск пилы, вращающийся в неподвижных подшипниках, снабжен прочным предохранительным кожухом; при диаметре диска ~ 900 мм и толщине пилы $3\frac{1}{4}$ мм можно резать баланс толщиной до 350 мм.

Полено кладется на подвижной стол, снабженный прорезом, и подводится вместе с ним к пиле. По окончании разреза стол отходит назад автоматически — под действием рычага и собственного веса нижней части стола. Производительность машины от 5 до 6 ск. м в час.

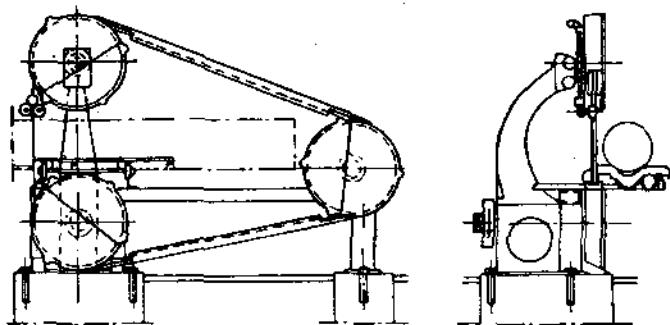


Рис. 108.

Расход силы для круглых пил колеблется в довольно широких пределах, в зависимости от состояния диска пилы, диаметра и твердости баланса, а также от усилия, с которым рабочий прижимает дерево к пиле.

По исследованию проф. Кирхнера (Kirchner) в Хемнице круглые пилы диаметром ~ 900 мм в среднем расходуют 2,6 л. с., а максимально до 9 л. с.; при диаметре 1300 мм. средний расход силы — 3,5 л. с., а максимальный — 12 л. с.

б) Ленточные пилы

Весьма ценные станки с ленточными пилами для древесно-массных и целлюлозных заводов были введены впервые фирмой Бецнер.

а) Пилы со столом, движущимся внутри ленточной пилы (рис. 108).

Как уже упоминалось, потеря при распиловке ленточной пилой составляет только $\sim 0,2\%$; столь малый процент потерь обусловлен чрезвычайной тонкостью ее стальной ленты.

Полотно пилы идет по двум обыкновенным шкивам, диаметром 750 мм, через третий, ведущий шкив, такой же величины. Шкивы расположены таким образом, что на пиле можно распиливать поленья до 2 м длиной и 40 см толщиной. Дерево кладется на стол,двигающийся внутри контура пилы; подводится оно к пиле сбоку. Линейная скорость пилы —

19,4 м/сек. Средний расход силы при острой пиле и диаметре баланса 17 см $\sim$ 2 л. с.; мотор, однако, необходим мощностью в 6 л. с.

б) Пилы со столом, движущимся снаружи ленточной пилы (рис. 109).

Станок служит для разрезки баланса до 5 м длиной и 40 см диаметром. Стол расположен снаружи контура ленты пилы, конец его поворачивается вокруг неподвижной стойки, а другая сторона идет на роликах. Поворотом стола дерево проводится через полотно пилы.

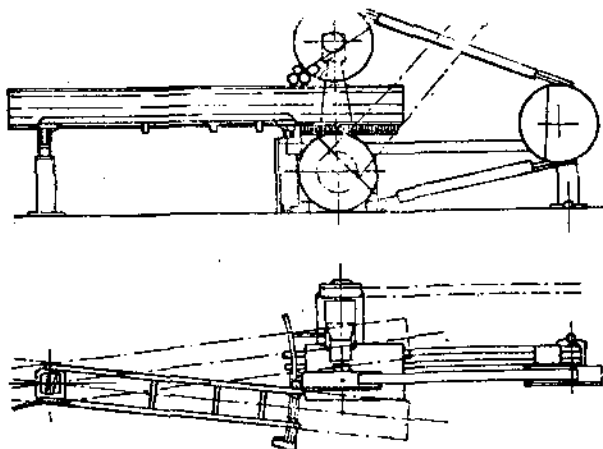


Рис. 109.

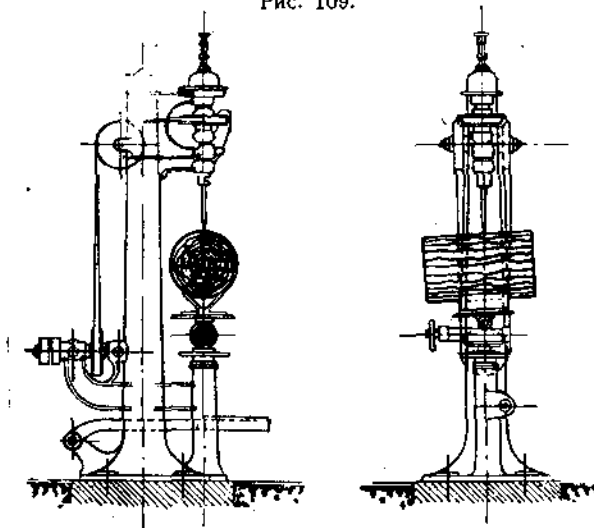


Рис. 110.

рабочий может обработать на машине свыше 50 ск. м в день сучковатого дерева; таким образом даже для крупного производства требуется лишь одна машина.

Средний расход силы $\sim 1\frac{1}{2}$ л. с.

Колуны

Иногда среди баланса нормальных размеров попадают такие чурaki, которые невозможно подать в отверстие прессовой коробки вследствие их чрезмерной толщины. При маленьких дефибрерах нормальный размер

Очистка торцов дерева

Для древесной массы, требующей особой чистоты, необходимо очищать почерневшие или загрязненные при долгой лежке торцы дров. Для этой цели применяются особые очистители торцов. Устройств их подобно кордобркам для коротких дров (быстроочистителям). Очистка торцов производится с весьма незначительной потерей древесины.

Машины для высверливания сучков

При выработке весьма чистой древесной массы необходимо дерево освободить от сучков, для чего служат сучко-сверлильные станки (рис. 110).

Спиральное сверло диаметром в 20—25 см приводится в движение ременным приводом со скоростью ~ 1200 об/мин. Дерево лежит на корытообразном чугунном столе, имеющем как вертикальный подъем, так и вращение вокруг горизонтальной оси (для возможности высверливания косо-растущих сучков). При подъеме стола, посредством ножной передачи, дерево прижимается к сверлу. Опытный

баланса, укладываемого в прессовые коробки, ~ 16 см в диаметре, тогда как в больших дефибрерах можно перерабатывать баланс диаметром до 27 см. Новые непрерывные дефибреры имеют очень широкие шахты и не требуют расколки баланса.

Для расколки толстых стволов служат колуны, строящиеся (по длине раскалываемых поленьев) двух размеров.

1) Машины легкой конструкции — для расколки коротких чураков до $\frac{1}{2}$ м длиной.

В прочной чугунной станине с помощью кривошипа ходит колуна с подъемом от 200 до 250 мм и скоростью 60 об./мин. и раскалывает вер-

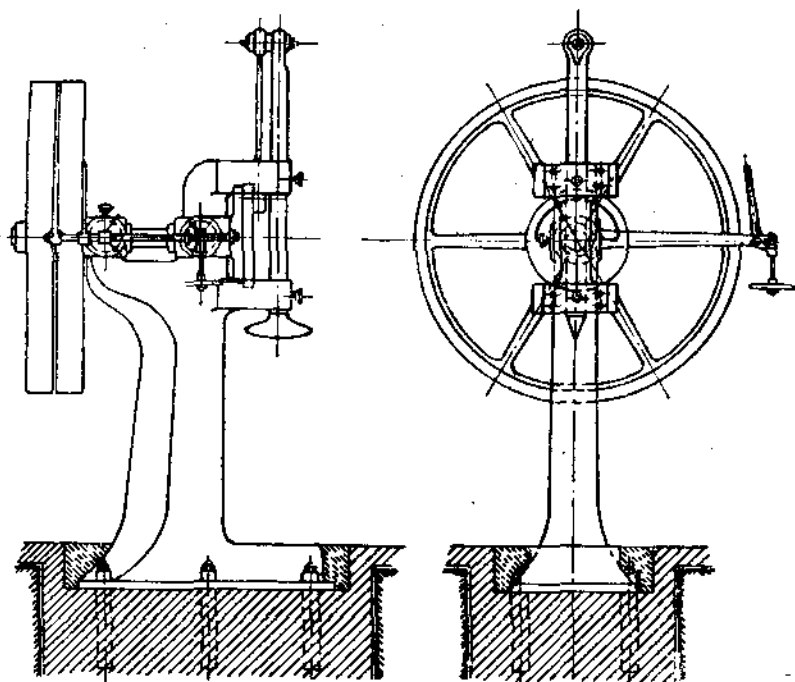


Рис. 111.

тикально поставленные на постамент чураки. Расход силы достигает 2 — 3 л. с. При работе на колунах этого типа, приходится поднимать поленья на высоту ~ 70 см. При других типах колунов эта работа устроена.

2) Машины (рис. 111) — для расколки баланса до 1,2 м длиной и до 700 мм диаметром. Эти машины — малые и большие — снабжены маховым колесом для получения необходимой живой силы для расколки поленьев. В машинах этого типа требуется только приподнять баланс от пола и поставить под стальной колуна. Соответственно силе производимого удара, эти машины должны быть построены очень прочно. Высота подъема колуна колеблется от 350 до 450 мм. Расход силы у машины большей величины колеблется между 4 и 5 л. с. Для крупного производства достаточен один колуна.

Транспорт баланса

Между дефибрерным и деревоочистным отделением — для снижения стоимости доставки баланса — должен быть устроен удобный транспортер, в особенности если дефибрерное отделение находится на небольшом расстоянии от деревоочистного.

Наиболее удобны для этой цели жолобчатые транспортеры, действие которых сводится к следующему: в корытообразном деревянном жолобе с прорезом в дне движется бесконечная цепь, несущая на определенных расстояниях зубья; укладываемый на цепь баланс подается к местам потребления, например к дефибрерам, где автоматически сбрасывается. Это автоматическое сбрасывание осуществляется посредством установки в жолобе косо́го деревянного клина, которым баланс снимается с железных зубьев и сбрасывается через отверстие в деревянном жолобе на поставлен-

ный наклонно щит. Разгружающие клинья и боковые выемки для сбрасывания баланса можно устанавливать на жолобе по желанию, в различных местах потребления баланса.

В других транспортерах в корытообразном жолобе движется стальной трос, на котором через определенные промежутки укреплены захватывающие кулачки; последние тащат накладываемые поленья к местам потребления. Жолоба обиты прочным листовым железом. Жолобчатые транспортеры применяются преимущественно для горизонтальных передач.

В тех случаях, когда баланс должен подаваться во второй этаж здания (над шахтой дефибрера), часто применяются цепные поперечные транспортеры, подобные изображенному на рис. 112; они могут быть устанавливаемы вертикально или наклонно.

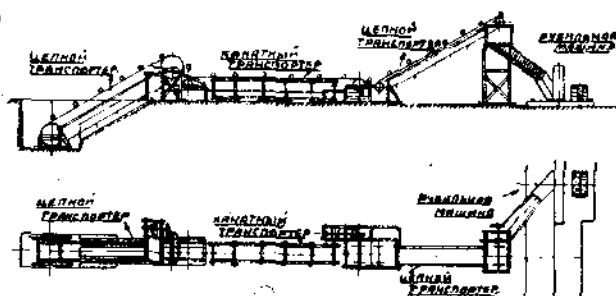


Рис. 112.

в) Дефибрирование

а. Дефибрерные камни

Со времени изобретения Келлером истирания дерева для отделения волокон от древесного ствола служит зернистая поверхность вращающегося камня. Дефибрерный камень составляет важнейшую часть всего агрегата для дефибрирования. Для маленьких аппаратов, применявшихся в прошлом столетии, с расходом силы, не превышавшем 130 л. с., вполне пригодны были естественные камни, размеры которых редко превышали 1500 мм в диаметре, при ширине от 500 до 665 мм.

Дефибрерные камни изготовляются из особого мелкозернистого материала, и лишь немногие каменоломни в Германии могут поставлять удовлетворительный материал. Чаще всего в немецкой промышленности применяются песчаниковые камни с Эльбы и затем из Грилленбургера.

Для выбора камней таких больших размеров, без недочетов, необходимой прочности и с требуемою равномерною тонкою зернистостью, требуется очень большая опытность. В зависимости от сорта изготавливаемой

древесной массы, зерна камня должны быть грубее или тоньше. Часто бывает очень трудно подобрать натуральные камни, удовлетворяющие всем этим условиям. Эти требования — в особенности при введении мощных дефибреров с потреблением силы 1000 л. с. и более и с размерами камней в 1500 мм диаметром и 1200 мм шириной — заставили искать способы изготовления камней для замены трудно добываемых естественных камней.

Уже с 1900 г. вошли в употребление во многих производствах так называемые искусственные камни, в особенности фирмы Геркулес.

Искусственные дефибрерные камни равномерны по зернистости и твердости. Изготавливаются они из песчаных (кварцевых) зерен, соединенных с цементным составом и весьма прочной армировкой из железных колец и прутьев. Они состоят из армированной железобетонной сердцевины и наружного рабочего кольца, лишенного железной армировки, служащего для истирания дерева.

При тщательном изготовлении, искусственные камни очень надежны в производстве и, что особо важно, могут быть изготавливаемы любой зернистости. Весьма важно также, чтобы камни доставлялись в хорошо высушенном и выдержанном состоянии, так как только в этом случае они обладают максимальной прочностью. Запасные камни должны храниться на деревянных подкладках во вполне сухом помещении.

β. Способы дефибрирования

Поперечное истирание

Келлер и Фёлтер — изобретатели и родоначальники древесно-массного производства — применяли истирание дерева, прижимая последнее цилиндрической стороной к поверхности дефибрерного камня (см. рис. 113).

Хорошо отточенный песчаниковый камень, укрепленный на горизонтальной оси, истирая дерево при подаче воды на спрыски, отделяет своими остриями частички древесины. Камень идет выступами насечки поперек продольно расположенных волокон дерева и отрывает их, как было сказано, от древесной ткани. Этот способ дефибрирования называется „поперечным истиранием“; он получил широкое распространение со времени его изобретения вплоть до наших дней.

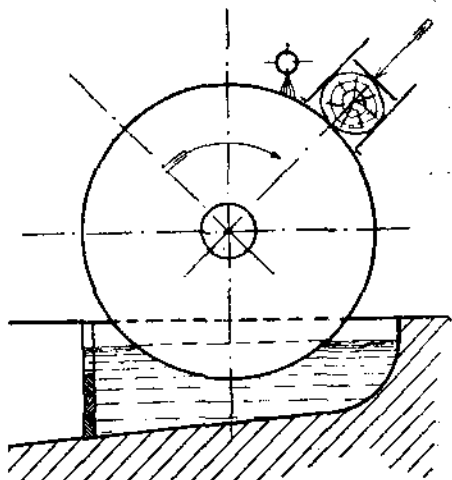


Рис. 113.

Продольное истирание

Второй метод изготовления древесной массы состоит в том, что дерево истирается камнем в его продольном направлении (рис. 114), почему и называется „продольным истиранием“.

Этот метод истирания был введен еще в 1883 г., а в 1887 г. патентован директором фабрики Шмидт, предложившим тип дефибрера, названный продольным дефибрером Шмидта. Предполагалось, что в продольном направлении волокна отделяются не только легче, т. е. с меньшим расходом силы, но что в этом случае должно получаться лучшее и более длинное волокно. Эти предположения, однако, не оправдались. Волокна

действительно при продольном истирании получались длиннее, но в то же время более жесткими и не свойлачивались в бумаге. Расход силы при этом был не меньше, чем при поперечном дефибрировании.

Для продольного истирания дерева применялись аппараты с подвижными прессовыми коробками, почему вся конструкция оказалась довольно тяжелой. В то же время хорошо приготовленная и достаточно жирная масса, полученная способом поперечного истирания, несмотря на короткие волокна, вполне удовлетворительна и дает бумагу с хорошим просветом и гладкостью. Продольное дефибрирование едва ли сможет найти применение в настоящее время.

Плоское истирание

Третий способ производства древесной массы описан Гофманом (Hofmann) еще в 1873 г. Идея метода состоит в том, что дерево дефибрируется на плоской стороне камня дефибрера Фольтера. После введения дефибреров с вертикальным валом, заводом Христофа в Ниски были построены аппараты с прессовыми коробками, расположенными над плоской поверхностью

камня (рис. 115). Этот тип аппарата был назван плоским дефибрером. При помощи соответствующего поворота прессовых коробок можно производить (рис. 115) поперечное истирание 1, диагональ-

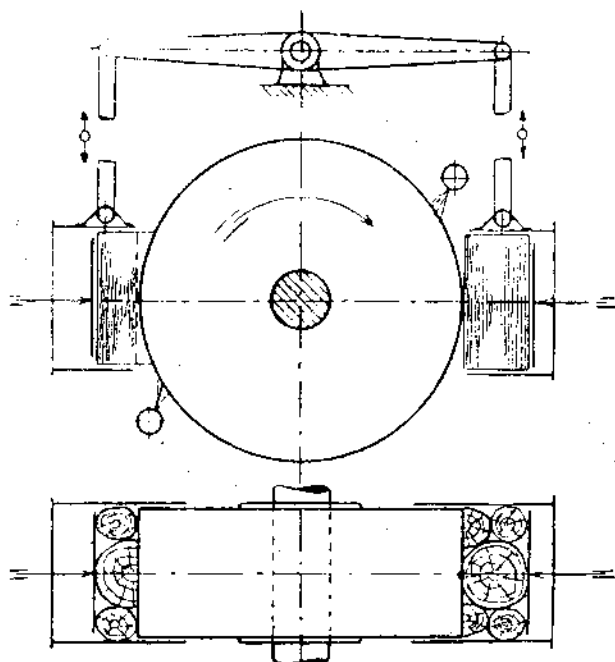


Рис. 114.

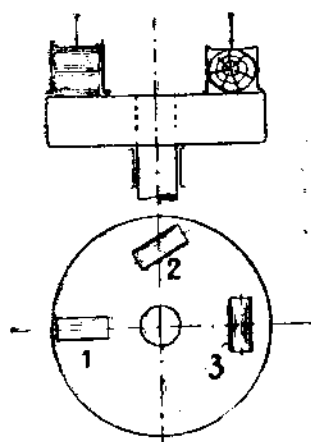


Рис. 115.

ное 2 и продольное 3. В настоящее время такие плоские дефибреры употребляются так же редко, как и продольные.

Кроме описанных дефибреров сист. Фольтера с горизонтальными валами, для приготовления древесной массы путем поперечного истирания находили применение и дефибреры с вертикальным валом и горизонтально лежащим камнем. Эти аппараты ранее применялись довольно часто, но в настоящее время все более и более вытесняются описанными выше дефибрерами Фольтера.

Устройство дефибрера с вертикальным валом видно из следующего краткого описания. 7 прессов этого дефибрера, как показано на рис. 116, так же как и прибор для насечки камня, расположены по всей цилиндриче-

ской поверхности камня. Дефибрер требует поэтому очень много места; кроме того, его крупными недостатками являются: необходимость укрепления сильно нагруженного вертикального вала в подшипниках и в подпятнике, привод с коническими зубчатыми колесами, а также невозможность вести горячее дефибрирование (что в настоящее время признается безусловно необходимым), так как масса в этом дефибрере тотчас смывается

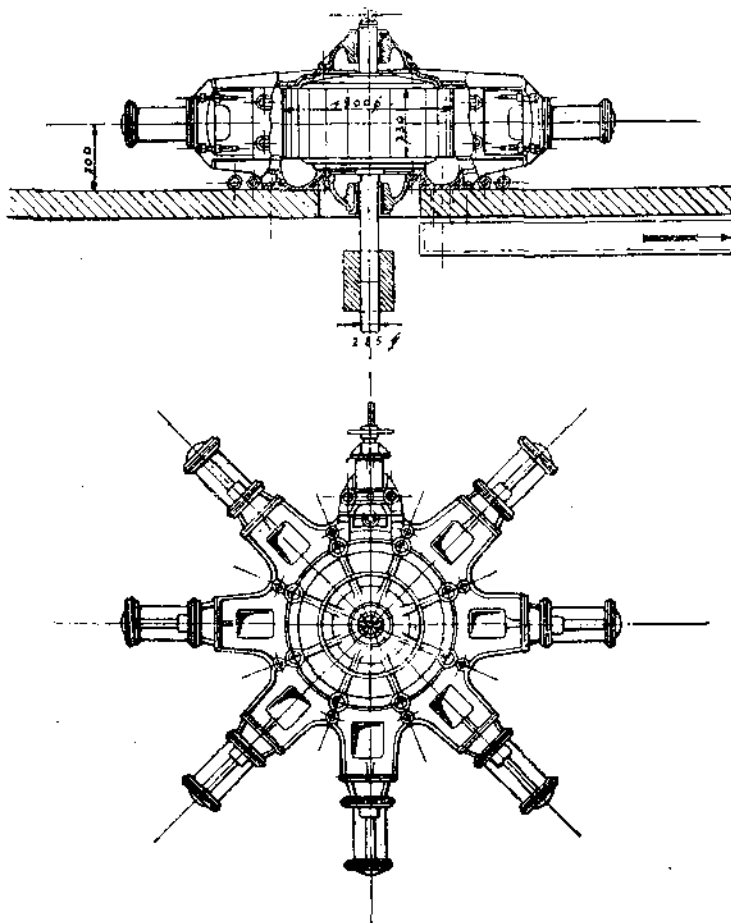


Рис. 116.

водою с камня и уходит вниз. Дефибреры этого типа можно конструировать шириной истирания не большей чем 0,66 мм. Кроме того этот тип дороже, чем дефибрер такой же мощности с горизонтальным валом. Некоторое основание имеет применение этого типа при непосредственном соединении дефибрера с валом вертикальной турбины.

При ширине истирания 0,5 мм диаметре камня 1800 мм и 7 прессах, дефибрер расходует от 350 до 400 л. с.

γ. Развитие типов дефибрера

В настоящее время применяются почти исключительно дефибреры с горизонтальным валом, как это было введено Келлером и Фольтергом. Эти аппараты с камнем, вращающимся в вертикальной плоскости и го ри-

горизонтальным валом, удобны в конструктивном отношении; легко также производится в них и удаление готовой массы с камня. Раньше этот тип дефибреров был известен под названием дефибреров Фольтера, так как инж. Фольтер дал машине первую, удовлетворяющую требованиям, того времени конструкцию.

Развитие типов дефибреров шло постепенно; отметим здесь лишь важнейшие этапы.

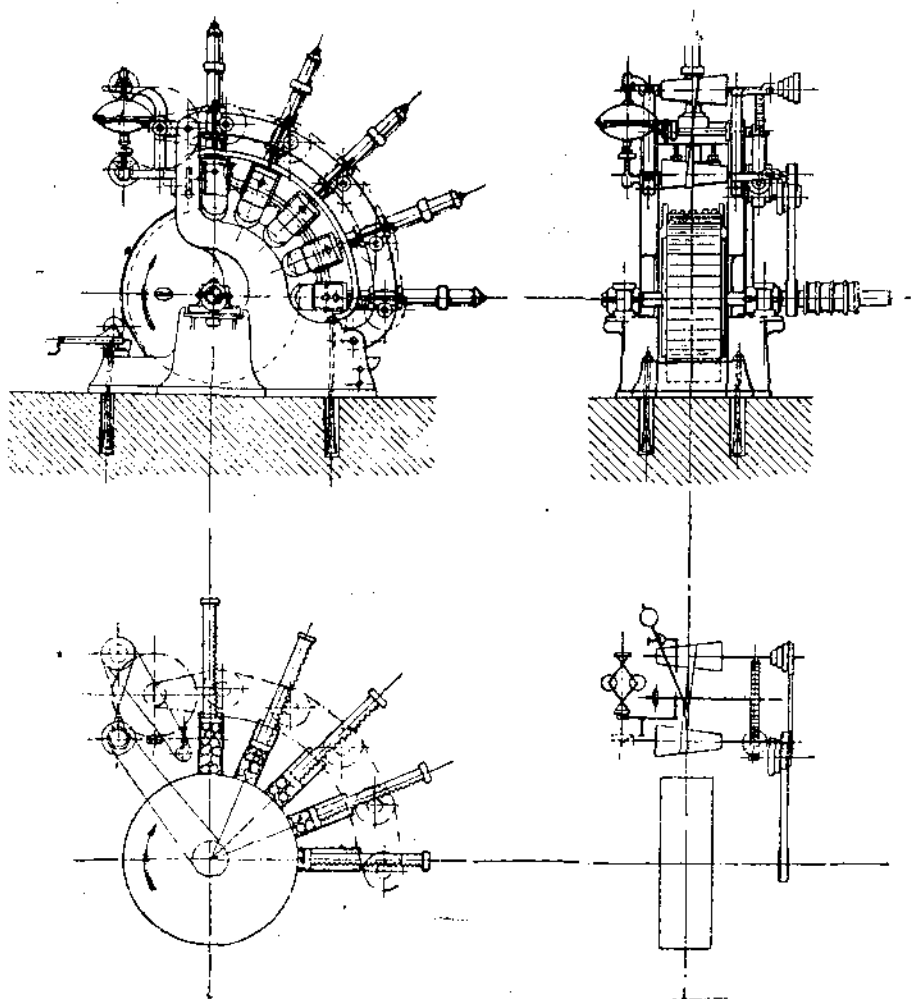


Рис. 117.

1. Дефибреры для использования малой силы, мощностью от 35 до 130 л. с., с механической подачей прессов—механические дефибреры (рис. 117); эти дефибреры изготавливаются с 3—5 прессами.

а) Механические дефибреры с 3 прессами.

При диаметре камня 1200 мм и ширине 0,33—0,5 м, он потребляет от 25 до 60 л. с.

Площадь дефибрирования при ширине пресса в 225 мм ширине истирания 0,5 м и диаметре камня 1200 мм.

$$F = 3 \cdot 0,225 \cdot 0,5 \cong 0,335 \text{ м}^2.$$

Средний расход силы на дефибрер $\cong 60$ л. с., откуда потребление силы на 1 м^2 площади истирания

$$N_1 \cong 180 \text{ л. с.}$$

б) Механический дефибрер с 5 прессами (рис. 117).

Величина потребляемой силы при 5 прессах, диаметре камня 1450 мм, ширине шлифования 0,33—0,5 м, колеблется между 50 и 130 л. с.

Площадь истирания при диаметре камня 1450 мм, ширине истирания 0,5 м и ширине прессовой коробки 225 мм,

$$F = 5 \cdot 0,225 \cdot 0,5 \cong 0,56 \text{ м}^2.$$

При расходовании на агрегат 130 л. с., потребление силы на 1 м^2 площади истирания

$$N_1 \cong 230 \text{ л. с.}$$

II. Многосильные прессовые (гидравлические) дефибреры с ручным включением прессов, мощностью от 100 до 1000 л. с. Нажим дерева на камень в этом случае производится исключительно гидравлическим способом, почему эти дефибреры называются обычно „гидравлическими дефибрами“.

а) Дефибрер для малой силы с 3 прессами (рис. 120).

Дефибрер потребляет при диаметре камня 1370 мм и ширине истирания от 0,5 до 1,1 м от 100 до 600 л. с.

Ширина прессовой коробки	$B \cong 430 \text{ мм}$
Длина баланса	$H_2 \cong 1000 \text{ мм (максимально)}$
Площадь истирания	$B = 3 \cdot 0,43 \cdot 1,0 = 1,29 \text{ м}^2$
При окружной скорости камня	$v = 12,5 \text{ м/сек.}$
При прессовом давлении	$p = 0,72 \text{ кг/см}^2$
Расход силы	$N = 385 \text{ л. с.}$

Отсюда имеем расход силы на 1 м^2 площади истирания:

$$N_1 \cong 300 \text{ л. с.}$$

При окружной скорости камня $v = 18 \text{ м}$ и $p = 0,72 \text{ кг/см}^2$, расход силы агрегатом:

$$N \cong 430 \text{ л. с.}$$

Расход силы на 1 м^2 площади истирания, следовательно, будет равен

$$N_1 \cong 350 \text{ л. с.}$$

б) Многосильный гидравлический дефибрер с 4 прессами (рис. 122).

Расход силы при камне диаметром 1500 мм и ширине истирания — 0,5—1,1 м составляет от 180 до 1000 л. с.

Ширина прессовой коробки	$B = 0,43 \text{ м}$
Длина баланса	$H = 1,00 \text{ м}$
Площадь истирания	$F = 4 \cdot 0,43 \cdot 1,0 = 1,72 \text{ м}^2$

Расход силы на агрегат:

при $v = 12 \text{ м/сек.}$ и $p = 0,72 \text{ кг/см}^2$	$N = 550 \text{ л. с.}$
потребление силы на 1 м^2 площади истирания	$N_1 = 320 \text{ л. с.}$

Расход силы на агрегат:

при $v = 18 \text{ м/сек.}$ и $p = 0,72 \text{ кг/см}^2$	$N = 750 \text{ л. с.}$
Потребление силы на 1 м^2 площади истирания	$N_1 = 440 \text{ л. с.}$

В помещенной ниже таблице дана сводка значений, характеризующих различные типы дефибров (в плане их развития):

Типы дефибров	Ширина дефибрирования м	Общая площадь дефибрирования м	Нормальный расход силы л. с.	Потребление силы на 1 м площади дефибрирования л. с.
1. Механический дефибрер с 3 прессами	0,5	0,335	60	180
2. Механический дефибрер с 5 прессами	0,5	0,56	130	230
3. Гидравлический дефибрер с 3 прессами	1,0	1,29	450	350
4. Гидравлический дефибрер с 4 прессами	1,0	1,72	750	440
5. Магазинный дефибрер с 2 прессами	1,1	1,13	800	710
6. Непрерывный дефибрер с 1 прессом	1,0	0,94	800	850

Устройство дефибров

1. Малосильные дефибры с механическим прессовым давлением

Для использования незначительной и переменной силы, особенно на маленьких картонных фабриках, до сих пор еще применяются иногда маленькие дефибры этого типа. Они изготавливаются с 3 (реже с 4 и 5) прессами, с шириной дефибрирования от 0,33 до 0,5 м, с камнем на горизонтальном валу.

а) Трехпрессовый механический дефибрер

Трехпрессовый дефибрер имеет камень диаметром в 1200 мм, при чем большею частью применяются использованные камни пятипрессовых дефибров. Расход силы у такого дефибрера при окружной скорости камня ~ 12,5 м/сек. и ширине истирания 0,33 м, составляет от 35 до 40 л. с., а при ширине истирания 0,5 м — от 50 до 60 л. с. Из-за малых размеров прессовых коробок загружаемый баланс не должен превосходить 160 мм в диаметре.

б) Пятипрессовый механический дефибрер

Пятипрессовый механический дефибрер (рис. 117) по существу имеет такое же устройство как и трехпрессовый. Камень имеет в диаметре 1450 мм, при окружной скорости 12,5 м/сек. и ширине истирания 0,33 м, расход силы достигает 50—80 л. с., а при ширине истирания 0,5 м — 80—130 л. с. И здесь загружаемые дрова должны быть не толще 160 мм, так как размеры прессовых коробок невелики.

Дефибрер (рис. 117) состоит из двух боковых станин с подшипниками для вала, с кольцевой смазкой; при ремennom приводе вал имеет снаружи еще и третий подшипник. С обеих сторон вала имеются уплотняющие приспособления для предупреждения вытекания массы. Чугунная станина охватывает камень по окружности таким образом, что последний с одной стороны совершенно свободен, почему смена камня производится чрезвычайно легко. Во время производства это открытое место камня

закрывают съемным предохранительным кожухом. Камень лежит настолько высоко, что никогда не может быть погружен в стекающую с камня массу, вследствие чего на этих старых аппаратах можно производить только холодное дефибрирование, тем более, что дерево истирается с незначительным удельным давлением.

Камень укрепляется на валу при помощи прочных шайб. Прессовые коробки устанавливаются на чугунной станине таким образом, что по мере износа камня они могут переставляться в радиальном направлении. Находящиеся в каждой прессовой коробке прессовые башмаки несут на

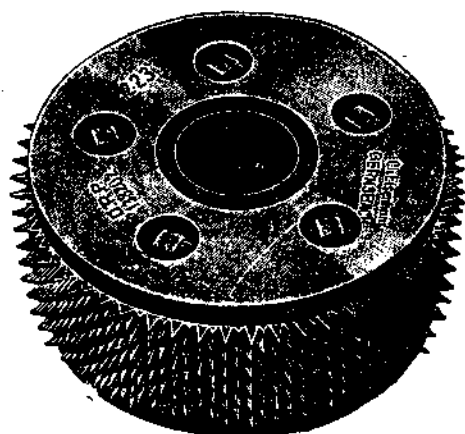


Рис. 118.

себе выходящие наружу зубчатые рейки, направляющие движение прессовых башмаков и служащие для передачи на истираемое дерево — при посредстве зубчатых колес — необходимого давления.

Прессовое давление производится механически различными способами: или при помощи цепей и груза, или посредством фрикционной передачи. В последнем случае на особом валу, приводящем в движение зубчатые рейки прессов, сидят цепные колеса, приводящиеся бесконечной гибкой цепью Галля, снабженной приспособлением для натяжки. Цепные колеса лежат свободно между фрикционными дисками, которые приводятся во вращение

медленно движущейся цепью Галля. При сближении фрикционных дисков зубчатая передача начинает вращаться и при помощи зубчатой рейки и прессового башмака прижимает дерево к камню.

Скорость цепи регулируется посредством привода со ступенчатым шкивом, благодаря чему имеется возможность устанавливать необходимое прессовое давление — в зависимости от желательного качества древесной массы и свойств перерабатываемой древесины. Эти маленькие дефибреры работают с ходом пресса лишь ~ 8 мм/мин., тогда как многосильный дефибрер имеет подачу 50 мм/мин.

Особый центробежный регулятор поддерживает постоянство числа оборотов, а вместе с тем, в известных пределах, и равномерность продукции. Когда один из прессов отводится для загрузки балансов, нагрузка двигателя немедленно снижается, при пятипрессовом дефибрере, например, на 20%, вследствие чего число оборотов камня должно возрасти. Центробежный регулятор, благодаря возрастанию числа оборотов вала, изменяет и свой размах и переводит ремень на особом небольших размеров коническом барабане, так что цепь Галля получает быстрое движение. Таким образом, на остающиеся в работе 4 пресса передается более сильное давление, и равновесие снова восстанавливается. При пуске вновь наполненного деревом 5-го пресса снова повышается расход силы, и следовательно, число оборотов понижается, при чем регулятор таким же путем приводит его к нормальному. При работе нескольких маленьких дефибреров применяют лишь один регулятор, который приводится от главной трансмиссии и действует на все дефибреры с помощью легкой передаточной трансмиссии.

Применяемые в производстве дефибрерные камни бывают естественные или искусственные. В процессе работы камни от времени до времени

необходимо насекают посредством особого аппарата. Последний ставится напротив прессов — на свободной стороне камня — и представляет собой подвижные салазки, несущие шарошку. Шарошки состоят или из съемных сегментов (рис. 118; патент Эдзэнганса) или из сменной стальной цилиндрической обоймы, на поверхности которой спирально нанесены ребра (рис. 119); сменная обойма одевается на постоянный корпус.

Шарошка прижимается к вращающемуся камню ребристой поверхностью с соответствующим усилием и проводится по цилиндрической поверхности вперед и назад, пока не будет достигнута желательная степень насечки камня.

Маленькие легкие дефибреры устанавливаются или на возвышенной площадке или в первом этаже, чтобы масса самотеком поступала через сортировки в папочные машины, стоящие на уровне земли.

Механические дефибреры в настоящее время более не строятся; их можно встретить только в старых установках, маленьких картонных фабриках и т. п.

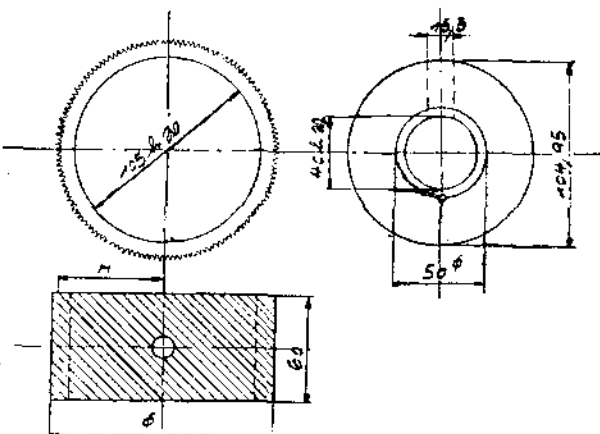


Рис. 119.

Сводка данных для механических дефибреров (рис. 117).

Число прессов	Ширина дефибрования, м	Камень		Рабочая поверхность		Ход пресса, мм	Число оборотов в минуту, n	Окружная скорость м/сек.	Расход силы, л. с.
		диаметр, м	ширина, м	длина, мм	ширина, мм				
3	0,33	1,2	0,44	335	225	350—375	180—200	11,5—12,5	35—40
3	0,5	1,2	0,59	500	225	350—375	180—200	11,5—12,5	50—60
5	0,33	1,45	0,44	335	225	350—375	150—170	11,5—13,0	50—80
5	0,5	1,45	0,59	500	225	350—375	150—170	11,5—13,0	80—130

II. Многосильные гидравлические прессовые дефибреры

Усилия, направленные на дальнейшие усовершенствования в конструкции дефибреров, привели (в Америке 1896/97 г. и в Германии в 1902/04 г.) к успешным результатам. Удалось значительно увеличить не только применявшуюся до сих пор окружную скорость и ширину дефибрования (длину баласа), но и рабочую длину истирания (в направлении окружности камня).

Применявшаяся раньше окружная скорость камня (11,5—13 м/сек.) была увеличена до 18, а в новейших установках даже до 19,5 м/сек. Ширина истирания возросла от 330 мм (эта ширина принималась раньше в качестве нормальной) до 1100 мм, а в американских дефибрерах до

4 англ. фут. = 1 200 мм и, наконец, в новейших непрерывных дефибрерах (сист. Фойта) до 2 000 мм.

Ширина пресса, измеряемая по окружности камня, возросла с 225 мм до 600 мм, а в непрерывных дефибрерах—даже до 940—1 000 мм.

В феврале 1921 г. фирмой Фойт, имеющей огромный опыт в деле конструирования дефибреров, были опубликованы следующие, крайне интересные строки:

„Бумага делается на дефибрере. Это основное положение при выработке бумаг с высоким содержанием древесной массы все более и более признается опытными мастерами и вызывает исключительное внимание к древесно-массному производству. При современных высоких ценах на сырье и энергию, равно как и на заработную плату, требуется приготовить на самом дефибрерном камне древесное волокно с наименьшим отходом рафинерной массы и не требующее дальнейшей обработки в роллах, при чем хорошая бумага должна быть получена с наименьшим добавлением целлюлозы.

Необходимо при этом добиваться того, чтобы равномерность древесной массы возможно меньше зависела от внимательности обслуживающего персонала; необходимо также достигнуть и экономии в рабочей силе. Уменьшение количества рафинерной массы желательно не только ради большего расхода на нее силы, но также из-за плохого ее качества. Исследования процесса дефибрирования привели к следующим основным положениям.

Дефибрер с определенной шириной пресса вообще работает тем равномернее, чем меньше промежутки между истираемыми поленьями дров. Применение меньшего числа, но широких прессов имеет, кроме того, то преимущество, что масса изготовляется уже на камне тонкая и жирная. Рационально работающий дефибрер поэтому должен обладать следующими свойствами:

1) иметь широкие прессы для осуществления возможно более постоянной площади истирания.

2) осуществлять равномерную подачу прессов, независимо от различных сопротивлений прессов и колебания площади истирания.

Первое свойство достигнуто в широкопрессовых гидравлических дефибрерах; магазинные дефибреры с двумя, но только очень широкими прессами еще более удовлетворяют этим условиям. В одном южно-германском древесно-массном производстве с тремя новыми широкопрессовыми дефибрерами для баланса шириною 1 м при расходе силы от 1 500 до 1 800 л. с. требуется лишь один рафинер диаметром 1 500 мм; при этом изготовляется весьма тонкая масса. В виду этого необходимо устанавливать во всех старых древесно-массных производствах новые дефибреры с широкими прессами. Мы имеем намерение сделать для крупных установок последний шаг и дать на камень только единственный, но очень широкий, пресс с производительностью равною 3—4 нормальным прессам“.

К этим существенным конструктивным усовершенствованиям надо добавить следующие положения, касающиеся изменений в методах производства:

1) дефибрерный камень должен быть более или менее погружен в сходящую с камня массу вследствие соответствующей установки шита;

2) удельное давление дерева на камень должно быть значительно повышено по сравнению с ранее применявшимся, а именно от 0,5—0,6 кг/см² до 1,3 кг/см²;

3) содержащая массу обратная вода должна быть снова использована в замкнутом потоке.

Результатом всех этих изменений, естественно, явился крупный переворот в древесно-массном производстве, и изготовляемая древесная масса приобрела совершенно иные качества.

Вследствие применения оборотной воды, возвращающейся в производство с t° от 30 до 35°, а также большой окружной скорости и высокого удельного давления, стало производиться так называемое горячее дефибрирование.

В обыкновенных дефибрерах масса оставляет камень с t° от 60 до 65°, при концентрации массы в 3—4% абсолютно-сухого вещества; при новейших непрерывных дефибрерах—с t° от 60 до 70° при концентрации,

Укрепление камня на валу должно производиться с особою тщательностью. Вал имеет правую и левую резьбы, на которые навинчиваются две прочные бронзовые гайки. Направления резьбы должны быть сделаны в зависимости от направления вращения камня так, чтобы при работе дефибрера гайки навинчивались на камень. Таким образом камень зажимается между двумя соединенными с гайками стальными выпуклыми шайбами, что предохраняет его от разрыва. Между камнем и шайбами прокладывается тонкий картон для обеспечения равномерного соприкосновения и зажатия. Для центрирования камня на валу пользуются клиньями, однако камень должен держаться на валу лишь трением между шайбами и его поверхностями. Для мощных дефибреров применяются особые станки для одевания камня на вал (рис. 121).

Вал гидравлических дефибреров делается коротким для непосредственного соединения с двигателем, для того чтобы при смене камня можно было разъединить муфту, не трогая самого привода. Для ускорения смены камня над дефибрером устраивается подвижной кран. Подъемная сила крана определяется весом дефибрерного камня с валом и составляет при диаметре камня в 1500 мм и ширине 1250 мм ~ 13 000 кг.

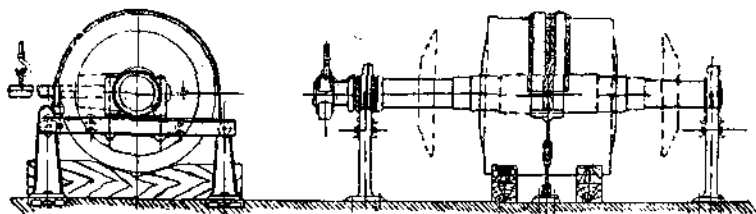


Рис. 121.

Высота камня над полом и массовой канавой выбирается так, чтобы камень был погружен в выходящую массу на глубину от 100 до 150 мм.

Для очищения камня от прилипших волокон массы на него подводится вода высокого давления через sprысковую трубу с отверстиями диаметром не менее 5—6 мм.

На боковых станинах (рис. 122) имеются прессовые коробки, расположенные симметрично по отношению к середине дефибрера, так что направление вращения камня может быть любое. Подача прессов у многосильных дефибреров с 1902 г. производится исключительно гидравлическим способом. Вместо применявшихся на старых аппаратах зубчатых реек и приводящих их частей пользуются гидравлическим цилиндром с поршнем, поршневым штоком и прессовым башмаком.

Гидравлическое давление, получаемое в особой установке, передается на дерево, при помощи поршня с прессовым башмаком. Для наполнения деревом сработанной прессовой коробки по достижении поршнем наинизшего положения, последний поднимается посредством поворота трехходового крана (рис. 120) также гидравлическим давлением.

На боковых стенках прессовых коробок имеются прочные железные плиты, переставляемые в особых прорезах—по мере срабатывания камня—на соответственную величину. Благодаря этому коробки с прессовыми цилиндрами, а также трубопроводы для нагнетаемой воды могут быть соединены между собой неподвижно, почему при таком устройстве не приходится прибегать к гибким и непрочным рукавам.

На дефибрере расположены три линии трубопроводов:

- 1) подвод рабочей воды высокого давления;
- 2) подвод воды низкого давления для обратного хода и начальной подачи поршня вперед;
- 3) выпуск воды из гидравлического цилиндра.

Между отдельными прессами имеются очистные люки для удаления щепы; в них же помещаются и трубки для спрысков.

Гидравлическое давление на поршень определяется в зависимости от способа производства, качества балансов и массы; оно зависит от свойств камня, его насечки, свойств дерева и качества производимой массы. Удельное давление колеблется в пределах между 0,5 и 0,9 кг/см².

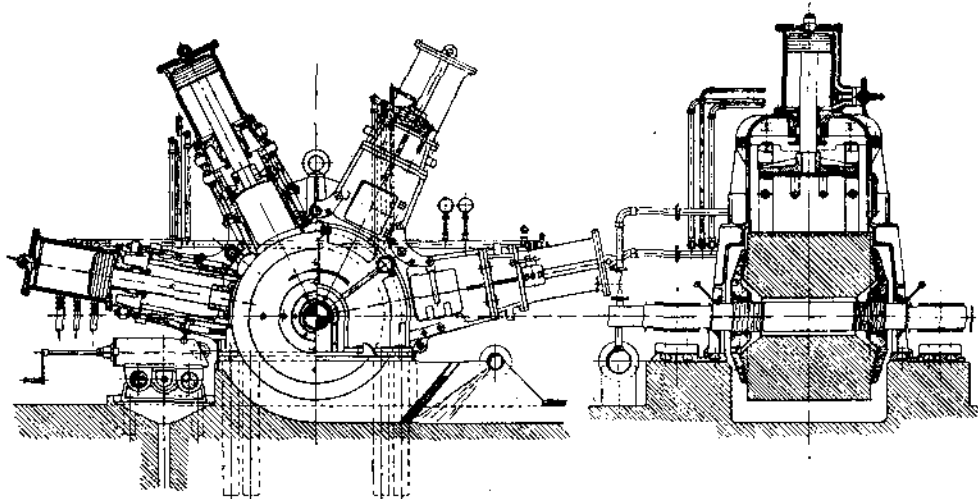


Рис. 122.

Движущийся внутри пресса прессовой башмак несет на себе сигнальный стержень, позволяющий определить снаружи положение пресса в каждый момент; переключение сработавшего пресса производится руками посредством распределительного устройства с трехходовым краном. Для того, чтобы снова наполнить прессовую коробку, прессовой башмак отводится гидравлическим давлением назад. Понижение нагрузки, вследствие выключения пресса, распределяется между остальными работающими прессами, давление в которых увеличивается посредством особого регулятора, чем предупреждаются резкие колебания в числе оборотов камня и во всем процессе производства. Для подъема поршня при обратном ходе пресса применяется особая линия трубопровода, не зависящая от служащей собственно для работы воды; для этой цели имеется аккумулятор (см. ниже), устроенный таким образом, что обе нагнетательные линии могут работать независимо друг от друга.

Расчет давления в прессах

а) Для трехпрессового дефибрера:

длина балансов (ширина истирания) . 50 см
ширина пресса 32 см

$F_{th} = 50 \cdot 32 = 1600 \text{ см}^2$ — теоретическая площадь истирания на 1 пресс. Эта теоретическая площадь истирания прессовой коробки не может быть вообще использована полностью, так как дерево никогда не зани-

мает всей поверхности камня: толстые и тонкие поленья чередуются между собою и часть из них шлифуется по окружности, а часть по среднему сечению; таким образом, действительная площадь истирания в процессе работы постоянно меняется. Коэффициент использования площади истирания $V=0,75$ (в среднем).

Поэтому средняя постоянно действующая площадь истирания

$$F = V \cdot F_{th}$$

и

$$F_e = 0,75 \cdot 1600 = 1200 \text{ см}^2.$$

Обозначим удельное давление истирания через p ; в таком случае

$$1) p = 0,6 \text{ кг/см}^2 \text{ действующей площади истирания}$$

$$2) p = 0,85 \text{ кг/см}^2 \quad " \quad " \quad "$$

Отсюда приходящееся на эффективную площадь истирания общее давление

$$1. P_e = 1200 \cdot 0,6 = 720 \text{ кг}$$

$$2. P_e = 1200 \cdot 0,85 = 1020 \text{ кг.}$$

Это давление должно быть передано прессовой плитой на дерево от поршня гидравлического цилиндра. Вследствие защемлений и трения дерева о стенки прессовой коробки значительная часть давления поршня теряется, при чем эту потерю можно считать равной $\sim 25\%$. Эффективное давление прессового башмака должно поэтому быть соответственно больше, а именно:

$$1. P_p = 720 : 0,75 = 960 \text{ кг}$$

$$2. P_p = 1020 : 0,75 = 1365 \text{ кг.}$$

Диаметр поршня пресса: $D=22,5 \text{ см}$ и соответствующая площадь поршня: $F_k=400 \text{ см}^2$.

Следовательно давление, передаваемое 1 см^2 площади поршня составит:

$$1) P_p : F_k = 960 : 400 = 2,4 \text{ кг/см}^2 \cong 2,5 \text{ атм. абс. водяного давления,}$$

$$2) P_p : F_k = 1365 : 400 = 3,42 \text{ кг/см}^2 \cong 3,5 \text{ атм.} \quad " \quad " \quad "$$

б) Для большого четырехпрессового дефибрера:

длина баланса (ширина истирания) . . . 110 см
ширина прессовой коробки 43 см
диаметр камня 150 см.

Удельное давление истирания:

$$1) p = 0,6 \text{ кг/см}^2$$

$$2) p = 0,85 \text{ кг/см}^2$$

$$F_t = 110 \cdot 43 = 4730 \text{ см}^2$$

$$F_e = 4730 \cdot 0,75 = 3550 \text{ см}^2$$

$$1) P_e = 3550 \cdot 0,6 = 2130 \text{ кг}$$

$$2) P_e = 3550 \cdot 0,85 = 3020 \text{ кг.}$$

Принимая потерю давления, как раньше, равной 25% , получим:

$$1) P_p = 2130 : 0,75 = 2850 \text{ кг}$$

$$2) P_p = 3020 : 0,75 = 4030 \text{ кг.}$$

Поршень имеет диаметр 40 см и, соответственно, площадь $F_k = 1\,257\text{ см}^2$. Следовательно, давление в трубопроводе должно составлять:

- 1) $2\,850 : 1\,257 = 2,26\text{ кг/см}^2 \cong 2,25\text{ атм. абс.}$
- 2) $4\,050 : 1\,257 = 3,25\text{ кг/см}^2 \cong 3,25\text{ " "}$

В этом случае практически работают с давлением воды в трубопроводе, 2,5 и, соответственно, 3,5 атм. абс.

Насечка камня

Во время работы камень от трения заглаживается, почему его поверхность от времени до времени, смотря по свойствам массы, необходимо „ковать“, т.-е. немного насекать. При высоком прессовом давлении можно и на тупом камне приготовить очень тонкую и жирную массу, однако, при этом способе работы потребуются расход силы на 20% больший, чем нормально. При этом количество вырабатываемой массы, считая на 1 л. с. в 24 ч., меньше, чем при нормальной насечке и давлении.

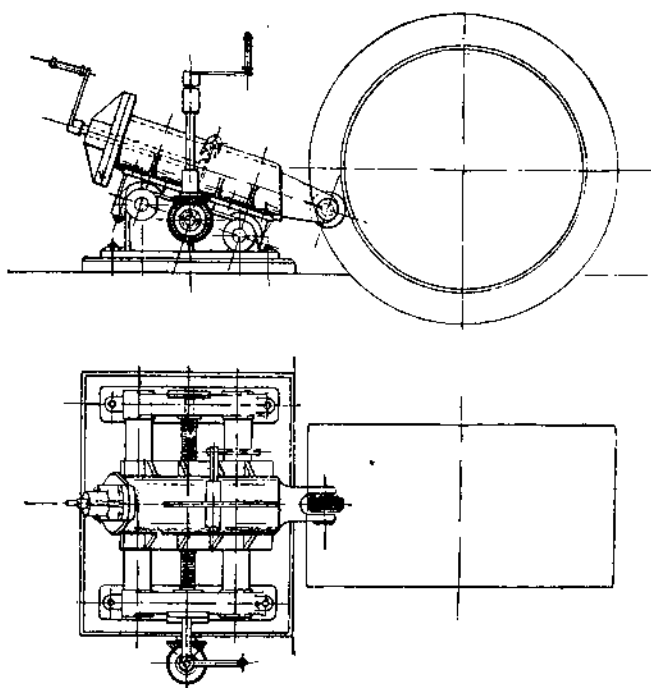


Рис. 123.

Насечка камня у больших дефибреров производится особым аппаратом. Эти аппараты служат не только для насечки камня, но и для обточки его с целью получить точно цилиндрическую поверхность.

Фирма Фойт ввела усовершенствованный прибор для насечки камня (рис. 124), в котором передвижение шарошки по ширине камня в обоих направлениях производится гидравлическим давлением, что не только чрезвычайно облегчает работу, но и позволяет произвести более равномерную насечку, отчего масса выигрывает в качестве. Частая насечка значительно повышает производительность камня, однако, жирность массы при этом понижается. Как было указано, шарошки применяются со смен-

ными стальными сегментами или спирально нарезанными цилиндрическими обоймами. Сегменты с шипообразной нарезкой закрепляются между коническими боковыми шайбами на резьбе. Другой тип шарошек составляется из тонких зубчатых дисков, соединяющихся между собою болтами (рис. 118 и 119). Что касается размеров и формы зубцов, то шарошки применяются различных типов, и для производства надлежащей насечки требуется большая опытность, так как последнее зависит от сорта камня, свойств шарошки и, в особенности, от сорта изготавливаемой древесной массы.

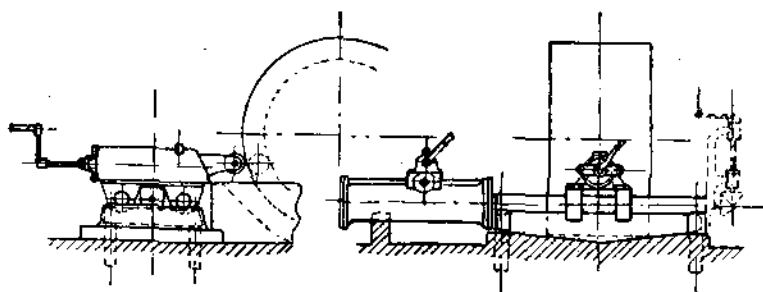


Рис. 124.

Кроме того, весьма важно — перерабатывается ли сухое или сырое дерево. Так как насечка камня резко изменяет качество массы, то производство должно находиться под непрерывным контролем. Для этой цели служит аппарат системы Шоппер-Риглер (рис. 252) для определения градусов помола ¹⁾.

Величины дефибров.

Многопрессовые гидравлические дефибры строятся различных величин и для различного потребления силы. Различают следующие типы:

1. Трехпрессовые дефибры с потреблением ¹⁾ силы от ~100 до 600 л. с. (рис. 120).

Диаметр камня D = 1,30—1,37 м

Ширина истирания = 0,5—1,1 м.

2. Четырехпрессовые дефибры с потреблением силы от ~180 до 1000 л. с. (рис. 122):

а) диаметр камня D = 1,5 м

ширина истирания = 0,5—1,1 м

б) диаметр камня D = 1,2 м

ширина истирания = 1,1 м

расход силы 800—1000 л. с.

Выбор дефибра производится с таким расчетом, что максимальная производительность агрегата будет использоваться только в отдельные периоды; расчет установки должен быть сделан с достаточным запасом с учетом остановок агрегата из-за смены камня и ремонта. Выбор числа оборотов камня в настоящее время делается из расчета окружной скорости $v=18$ до 19,5 м/сек., желательной для производства горячего дефибирования. При использовании для древесно-массного производства определенной силовой установки необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что для вспомогательных машин, например: деревоочист-

¹⁾ См. также Wochenblatt für Papierfabrikation, 1926, № 22, S. 16 (Prof. D. P. Klemm).

ного отделения, сортировок, рафинеров, папочных машин, водяных насосов и трансмиссий приблизительно требуется:

- а) при малых установках . . . $\sim 15\%$ общей мощности
 б) „ больших „ . . . $\sim 13-14\%$ „

Например, если полностью используемая мощность дает 3500 л. с., то на вспомогательные машины требуется: $3500 \cdot 0,13$ (до $0,15$) $\cong 460$ до 530 л. с. Распределение общей мощности в этом случае будет такое:

- Для сортирования, рафинирования и пр. (в среднем) . . . 500 л. с.
 Для дефибреров (собственно-остальное) . . . 3 000 л. с.

Если данный пример отнести к производству древесной массы для ротационной газетной бумаги, то придем к заключению, что в этом случае необходимо (см. дальше таблицу для многосильных дефибреров) следует установить.

- 4 четырехпрессовых дефибрера с затратой силы на каждый . . . ~ 800 л. с.
 всего, следовательно . . . ~ 3200 л. с.

Расчет расхода силы многосильными гидравлическими дефибрерами

1. Трехпрессовый дефибрер.

- Ширина истирания (длина балансов) . . . 50 см
 3 прессы шириною по . . . 32 см
 Диаметр камня . . . 130 см
 Число оборотов камня в минуту . . . 265
 Окружная скорость камня (v) . . . 18 м/сек.
 Коэффициент использования поверхности истирания (V) . . . 0,75

Введем следующие обозначения:

- F_{th1} — теоретическая поверхность истирания одного прессы
 F_{th} — „ „ „ 3 прессы
 F_s — эффективная „ „ 3 прессы
 p — удельное давление истирания
 σ — коэффициент трения между деревом и камнем ($=0,25$ по Кирхнеру)
 P_s — общее давление 3 прессы
 P — сила на окружности камня
 N — потребление силы на собственно шлифование
 N_s — общее потребление силы.

Тогда получим:

$$\begin{aligned} F_{th1} &= 50 \cdot 32 = 1600 \text{ см}^2 \\ F_{th} &= 3 \cdot 1600 = 4800 \text{ см}^2 \\ F_s &= 0,75 \cdot 4800 = 3600 \text{ см}^2. \end{aligned}$$

а) Первый случай, принимая $p=0,6 \text{ кг/см}^2$

$$\begin{aligned} P_s &= 0,6 \cdot 3600 = 2160 \text{ кг} \\ P &= \sigma \cdot P_s \\ P &= 0,25 \cdot 2160 = 540 \text{ кг (при } v=18 \text{ м/сек.)} \end{aligned}$$

$$N = \frac{P \cdot v}{75} = 1 \text{ л. с.}$$

$$N = \frac{540 \cdot 18}{75} = 130 \text{ л. с.}$$

Принимая расход силы на холостой ход, трение, зажимы дров в прессах, а также на трение камня в сходящей с камня густой массе в 10% от общего расхода силы, получим:

$$N_s = 130 : 0,90 = 145 \text{ л. с.}$$

б) Второй случай, принимая $p=0,85 \text{ кг/см}^2$

$$P_s = 0,85 \cdot 3\,600 = 3\,060 \text{ кг}$$

$$P = 0,25 \cdot 3\,060 = 765 \text{ кг}$$

$$N = \frac{765 \cdot 18}{75} = 185 \text{ л. с.}$$

$$N_e = 185 : 0,90 \cong 206 \text{ л. с.}$$

2. Большой четырехпрессовый дефибрер.

Ширина истирания 110 см

Ширина прессы 43 см

Диаметр камня 150 см

Число оборотов камня в минуту . . . 250

Окружная скорость камня (v) . . . 19,6 м/сек.

$$F_{\text{ш1}} = 43 \cdot 1,10 = 4\,730 \text{ см}^2$$

$$F_{\text{ш}} = 4 \cdot 4\,730 = 18\,920 \text{ см}^2$$

$$F_s = 0,75 \cdot 18\,920 = 14\,200 \text{ см}^2$$

$$p = 0,968 \text{ кг/см}^2$$

$$P_s = 0,968 \cdot 14\,200 = 13\,750 \text{ кг}$$

$$\sigma = 0,25$$

$$P = 0,25 \cdot 13\,750 = 3\,450 \text{ кг (при } v=17 \text{ м/сек.)}$$

$$N = \frac{3\,450 \cdot 17}{75} = 782 \text{ л. с.}$$

$$N_e = 782 : 0,92 \cong 850 \text{ л. с. (при затрате силы на холостой ход и пр. в 8%).}$$

Этот результат получен в предположении, что работают все прессы полностью; принимая за коэффициент использования прессов равным 0,8—0,85, получим для среднего расхода силы дефибрера

$$N_e = 850 \cdot 0,85 \cong 720 \text{ л. с.,}$$

что согласуется с измерениями.

Сводка данных для многосильных гидравлических дефибреров

Трехпрессовые дефибреры с гидравлическим давлением (рис. 120).

Ширина дефиб- рования, мм	Камень		Рабочая площадь одного прессы		Диаметр прессо- вого башмака, мм	Ход прессы, мм	Число оборотов в мин.	Окружная ско- рость м/сек.	Расход силы, л. с.
	диаметр, мм	ширина, мм	длина, мм	ширина, мм					
500	1 300	580	500	320	225	395	150 265	10,5 18,0	77—120 135—210
500	1 370	580	500	330	300	430	175 250	12,5 18,0	135—200 195—345
660	1 370	730	660	380	300	460	175 250	12,5 18,0	180—270 280—365
1 000	1 370	1 100	1 000	430	400	460	175 250	12,5 18,0	255—385 360—550
1 100	1 370	1 200	1 100	430	400	460	175 250	12,5 18,0	280—425 395—600

Четырехпрессовые гидравлические дефибреры (рис. 122).

Ширина дефибровки, мм	Камень		Рабочая площадь одного пресса		Диаметр прессового башмака, мм	Ход пресса, мм	Число оборотов в мин.	Окружная скорость, м/сек.	Расход силы, л. с.
	диаметр,	ширина,	длина,	ширина,					
	мм	мм	мм	мм					
500	1 500	580	500	380	300	480	180 215	12,6 17,0	180—275 245—370
660	1 500	730	560	380	300	480	180 215	12,6 17,0	240—360 320—480
1 000	1 500	1 100	1 000	430	400	460	180 215	12,6 17,0	360—550 485—730
1 100	1 500	1 200	1 100	430	400	460	180 215	12,6 17,0	400—610 525—800

Сдвоенный дефибрер

Сдвоенный дефибрер машиностроительного завода Акц. О-ва Амме, Гизеке и Конеген в Брауншвейге (рис. 125) имеет поверхности истирания длиной в 1 м; подача производится посредством сжатого масла. Каждый

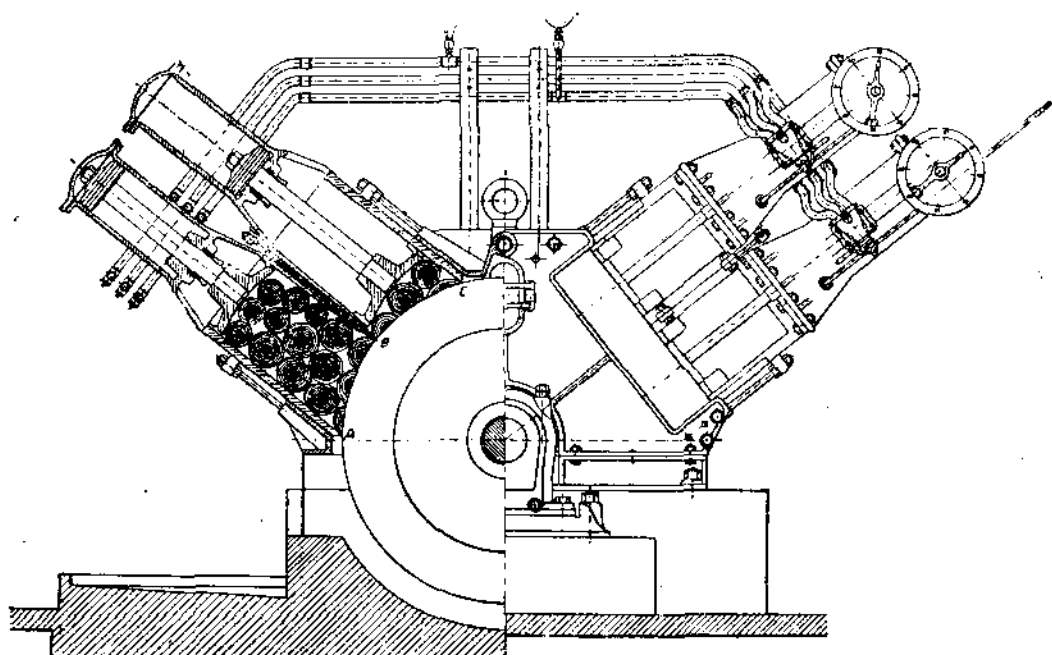


Рис. 125.

два пресса соединены таким образом, что сдвоенная пара прессовых коробок, по 50 см шириной, образует на камне общую замкнутую поверхность ~ 1 м. Это осуществляется при помощи расположенной между двумя

коробками, переставляемой перегородки, заостренное ребро которой (в точке *B*) не достигает поверхности камня. Свободная щель между коробками установлена так, что позволяет балансу в нижней части коробки соединиться в общую поверхность истирания и в то же время препятствует попаданию отдельных чураков в соседний пресс, на время его выключения для нового заполнения балансом. Проникновение щепы в этом случае допустимо: это не представит вреда, потому что щепы будет смолота с балансом соседнего пресса.

При выключении одного пресса сдвоенного дефибрера площадь истирания уменьшается на 25%, при чем регулятор дефибрера повышает соответственно давление в остальных работающих прессах так, что общая нагрузка остается неизменной.

Регулирование сдвоенных дефибреров производится таким же способом, как и многопрессовых. Все эти системы регулирования основаны на изменении давления гидравлического поршня дефибрера, посредством дроссельного клапана таким образом, что дефибрер сохраняет постоянную нагрузку.

Употребление масла, нагнетаемого в цилиндры прессов, вместо воды, имеет значительные преимущества, так как все части нагнетательного насоса, регуляторного вентиля, распределительного крана, а также поршни и штоки прессовых цилиндров, постоянно ходят в масле. Кроме того, отпадают затруднения, связанные с удалением и набивкой уплотняющих поршневых колец, так как поршни сдвоенного дефибрера снабжены железными поршневыми кольцами. Для предупреждения проникновения масла в древесную массу устроены специальные приспособления.

Потребление силы нагруженного полностью дефибрера составляет от 800 до 1000 л. с.

III. Автоматические многосильные дефибреры.

а) Магазинные дефибреры.

Введенный в 1910 г. фойтовский магазинный дефибрер представляет собой удачный новый тип дефибрера (рис. 126).

Как подача баланса, так и отвод прессов в этом дефибрере производятся вполне автоматически. Шахта для баланса расположена над камнем, и наполнение балансом производится сверху; дефибрер имеет только два боковых пресса, но с очень большой шириной, в 515 мм по окружности камня.

Нажим дерева на камень производится гидравлически — так же, как у обыкновенных дефибреров; подобным же образом производится и регулирование давления. Переключение прессов при этом происходит автоматически. Как только какой-либо из прессов срабатывает баланс до конца, поршень быстро возвращается назад; пресс при этом самостоятельно наполняется балансом из магазина (шахты) и тотчас же начинает снова работать с автоматически регулируемым давлением. Во время смены пресса, которая продолжается ~ 12 сек., другой, еще работающий, пресс принимает полное давление, почему число оборотов камня и двигателя поддерживается приблизительно постоянным.

Укрепление камня на валу производится у этих дефибреров так же, как и у ранее описанных. Балансовая шахта обычно состоит из железных балок, совершенно гладких внутри; высота шахты — 5—11 м, длина — 3—3½ м, смотря по величине дефибрера; ширина — соответствует длине баланса. Разборка магазина производится с помощью поставленной наверху лебедки, так что можно поставить кран над разбираемым дефибрером и поднять камень без затруднений.

Насечка камня производится при помощи гидравлически действующего прибора, расположенного в середине дефибрера, перпендикулярно к поверхности камня.

Баланс доставляется на загрузочный пол посредством крана грейфером или специальной вагонеткой.

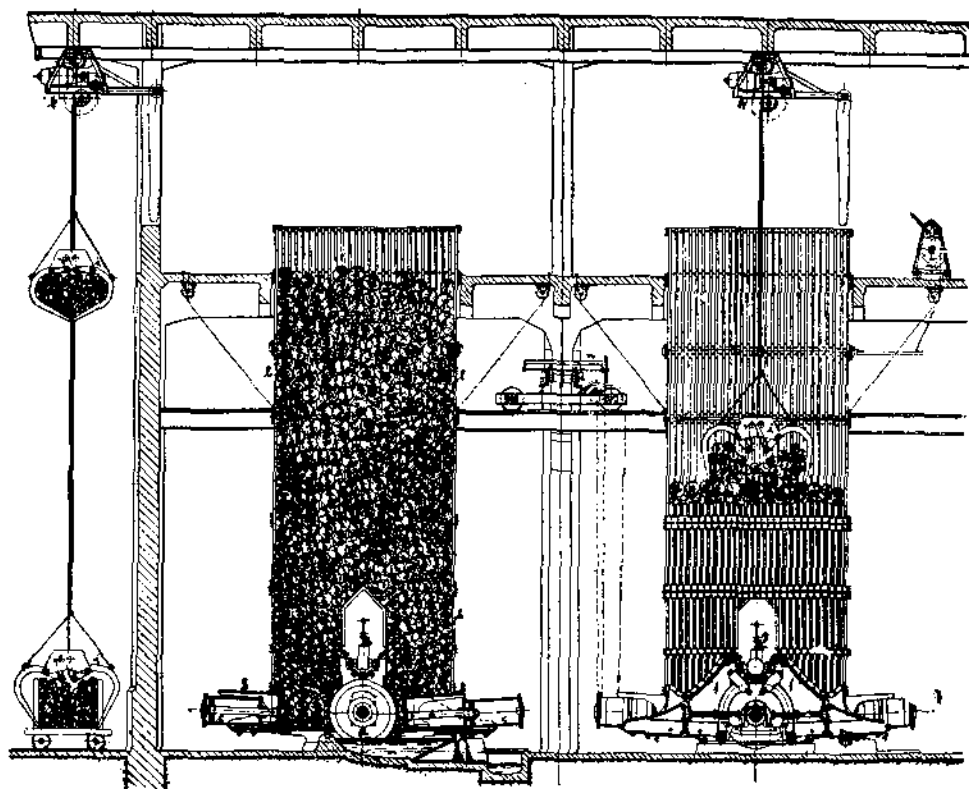


Рис. 126.

Сводка данных для двух прессовых магазинных дефибреров (сист. Фойта; рис. 126).

Ширина дефиб- рования, мм	Камень		Рабочая площадь одного пресса		Диаметр прессо- вого башмака, мм	Ход пресса, мм	Число оборотов в мин.	Окружная ско- рость, м/сек.	Расход силы, л. с.
	Диаметр, мм	Ширина, мм	Длина, мм	Ширина, мм					
500	1 370	650	500	400	300	350	{ 175 250	{ 12,5 18,0	{ 153—200 195—290
660	1 370	800	660	400	300	850	{ 175 250	{ 12,5 18,0	{ 250—370 355—530
1 100	1 500	1 210	1 100	515	480	1 010	{ 160 250	{ 12,6 19,6	{ 350—560 500—800

Работа магазинного дефибрера

Размеры дефибрера:

Ширина дефибрера (длина баланса)	1,1 м
Диаметр камня	1,5 м
Число оборотов камня (n)	230 в мин.
Окружная скорость камня (v)	19,6 м/сек.
Ширина пресса	0,515 м

1. Гидравлическое прессовое давление:

$$F_{th} = 51,5 \cdot 110 = 5665 \text{ см}^2 \text{ на 1 пресс.}$$

Так как действующая поверхность истирания имеет длину, большую на 0,25 м, чем ширина пресса, то в этом случае всю поверхность пресса, можно принять за эффективную поверхность истирания, т.-е.:

$$F_e = F_{th} = 5665 \text{ см}^2.$$

Удельное давление истирания в этом дефибрере больше, чем в четырехпрессовых, а именно: $p = 0,95 \text{ кг/см}^2$.

Следовательно:

$$P_s = 0,95 \cdot 5665 \approx 5370 \text{ кг необходимого давления.}$$

Давление поршня, соответственно давлению прессового башмака должно быть по сравнению с четырехпрессовыми дефибрерами также значительно большим, в зависимости от требуемого истирающего давления, а также и потому, что прессы имеют направляющие только с одной стороны и открыты со стороны магазина. Потеря давления поршня составляет здесь 45 — 55%. Следовательно, давление поршня на каждый пресс

$$P_p = \frac{5370}{0,55} = 9800 \text{ кг до } 10000 \text{ кг.}$$

Поршень пресса имеет в диаметре 48 см, площадь давления — 1810 см².

Очевидно, что удельное давление поршня на 1 см² площади поршня будет равно,

$$\frac{9800}{1810} = 5,4 \text{ кг/см}^2 \approx 5\frac{1}{2} \text{ атм. абс. в прессовом цилиндре.}$$

2. Расход силы на дефибрер:

$$F_{th} = F_e = 2 \cdot 5665 = 11330 \text{ см}^2 \text{ общей поверхности истирания.}$$

$$P = 0,95 \text{ кг/см}^2 \text{ при массе для печатной бумаги.}$$

$$P_s = 0,95 \cdot 11330 = 10750 \text{ кг общего давления на камень 2 прессов.}$$

$$\sigma = 0,25.$$

$$p = 0,25 \cdot 10750 = 2700 \text{ кг силы на окружности при скорости } v = 19,6 \text{ м/сек.}$$

$$N = \frac{2700 \cdot 19,6}{75} \approx 710 \text{ л. с. на самый процесс истирания.}$$

При расходе силы на холостой ход в 8% получим общий расход силы магазинным дефибрером при ширине истирания 1,1 м:

$$N_e = \frac{710}{0,92} = 772 \approx 800 \text{ л. с.}$$

б) Непрерывные дефибры

При изложении эволюции типов дефибров было отмечено, как велик переворот, произведенный в древесно-массном производстве введением работающих вполне автоматически так называемых постоянных, непрерывных, дефибров. Идея непрерывной подачи истираемого баланса к камню была известна еще в 1890 г. (по патенту № 56 445 Т. Глэйха в Дрездене в Саксонии, (Th. Gläuch in Döbeln) а также по патенту № 59 477 Фришга в Нейхаммере (C. F. L. Fritsch, in Neuhammer¹⁾). Однако, эта была применена вначале лишь к улучшению употреблявшихся прессовых дефибров и устройству непрерывной подачи балансы на деревянные прессовые коробки.

Важным достижением последних лет является то обстоятельство, что многочисленные маленькие отдельные прессы были заменены одним магазином непрерывной подачи баланса к камню. Результат этот был достигнут изобретением „непрерывно действующего“ дефибров с широкой поверхностью истирания, имеющего единственный пресс и лишь один выход массы, между тем как старые аппараты имели 3—4 выхода и давали, как правило, грубую массу со щепками. Как это зачастую бывает при появлении нового метода работы, введенные с большим успехом фирмой „Вейденгейме“, непрерывные дефибры возбудили не мало споров, в конце концов наметили в древесно-массном производстве новые направления и указали новые пути²⁾.

а) Непрерывный дефибрер, сист. Фойта

Первый непрерывный дефибрер сист. И. М. Фойта, в Вейденгейме (1927), был использован в производстве в 1922 г. на бумажной фабрике „Вейденгейме“. В этом аппарате нового типа баланс подается к дефибровому камню постоянно, т.е. непрерывно и без смены прессов. Кроме того дефибрер имеет только один, но очень широкий и высокий пресс, при котором баланс непрерывно прижимается к камню посредством особого регулируемого механизма. Широкая поверхность истирания имеет большие преимущества, давая значительно меньше щепки и, следовательно, меньше потерь балансы, чем несколько прессов, так как именно в конечных частях прессов происходит отрывание от дерева отдельных грубых частиц балансы; при работе на непрерывных дефибровых рафинерных массах состав балансы — максимум ~ 10% от всей продукции, против 25% при работе на прессовых дефибровых.

Следует особо отметить одно из ценных свойств широкого пресса Фойты — способ подачи, состоящее в том, что высокий столб балансы в магазине значительно уплотняется книзу, образуя на дефибровом камне почти замкнутую поверхность истирания с незначительными промежутками. Коэффициент использования поверхности истирания очень высок, и его можно считать равным от 0,9 до 0,95, против наименьших значений старых дефибров, с узкими прессами (от 0,7 до 0,75). Непрерывные дефибры, благодаря несменяемости прессов, используют имеющийся в распоряжении источник энергии с постоянной нагрузкой без каких-либо перерывов, так что работу можно всегда вести с нормальной нагрузкой. У прессовых дефибров, вследствие частых смен прес-

¹⁾ См. Wochenblatt für Papierfabrikation, 1926, № 9, S. 237 (Nenzel).

²⁾ Wochenblatt für Papierfabrikation, 1926, № 1, S. 7. (Wintermeyer).

сов, неизбежны во время работы колебания в числе оборотов, а также и изменения свойств массы. Непрерывные дефибры устраниают эти недостатки полностью. Опыты показывают, что в случае применения непрерывных дефибров чистый расход силы на истирание составляет только от 4,5 до 5 л. с. Таким образом, при расходе силы от 700 до 800 л. с. вырабатывается, соответственно, от $\sim 14\,000$ кг до $16\,000$ кг воздушно-сухой массы в 24 ч.

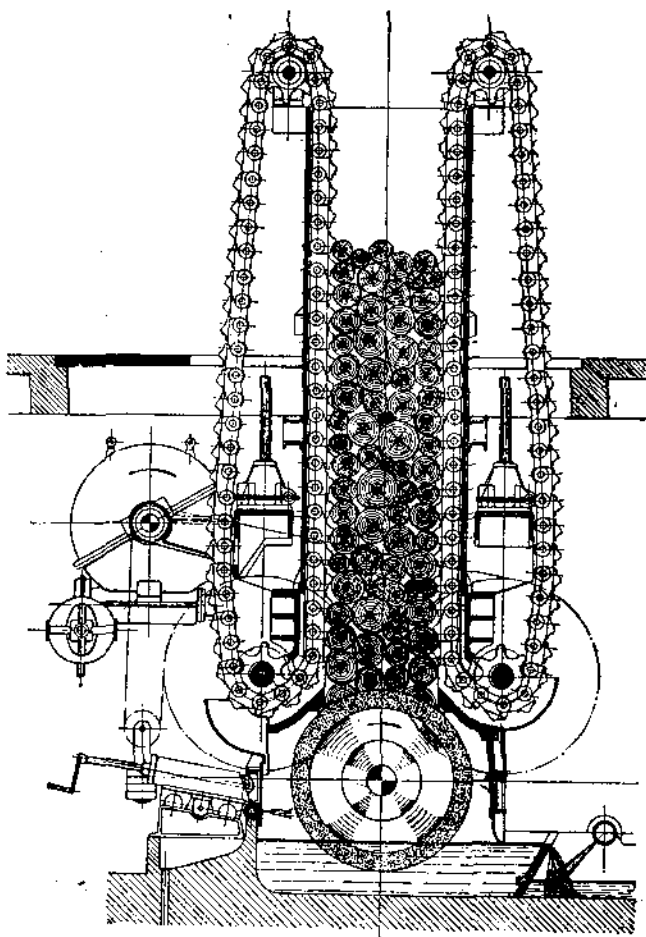


Рис. 127.

Устройство непрерывного дефибрера сист. Фойта чрезвычайно просто. Над дефибренным камнем расположена шахта для баланса шириной от 800 до 1000 мм в среднем 940 мм и высотой ~ 5 м, смотря по высоте этажа здания. Открытая сверху шахта заполняется или толстым круглым балансом или горбылями в зависимости от качества изготавливаемой массы.

Баланс подается и прижимается к камню посредством гибких цепей с коленчатыми звеньями особой формы. Цепи приводятся от масляного мотора. Прессовое давление, а следовательно и скорость подачи, имеет регулировку (рис. 136).

Для равномерной подачи дерева к камню широкие дефибры имеют несколько ведущих цепей, а именно:

при ширине истирания	0,5 м	—	1	цепь на каждой стороне
"	"	"	1,1	" — 2 " " " "
"	"	"	2	" — 4 " " " "

Удельное давление на 1 см² поверхности истирания у непрерывных дефибров значительно выше, чем у старых прессовых дефибров, и составляет, например при массе для печатной бумаги, ~ 1,3 кг/см² против цифры 0,85 кг/см², наблюдающейся у старых дефибров. Как показывает практика, на непрерывных дефибрах можно работать и с неполной нагрузкой, а производительность может быть снижена в половину без нарушения экономичности работы. При полной нагрузке работа ведется с сильной подачей дров от 40 до 50 мм в минуту — максимально до 55 мм; при половинной же нагрузке подача колеблется в пределах от 20 до 25 мм.

Следует отметить однако, что применение непрерывных дефибров наиболее благоприятно там, где используемый для производства источник силы остается всегда постоянным. Само собой разумеется, что насечка камня и подача срысковой воды должны соответствовать нагрузке, а следовательно и количеству древесной массы.

Размеры непрерывных дефибров Фойта

Ширина дефибрования, м	Ширина пресса, мм	Диаметр камня, мм	Расход силы при окружной скорости $v=12,8$ м/сек., л. с.	Расход силы при окружной скорости $v=18$ м/сек., л. с.
0,5	900—1 000	1 500	250	500
1,1	900—1 000	1 500	500	1 000
2,0	900—1 000	1 500	1 000	2 000

в) Малосильный непрерывный дефибрер сист. Фойта.

Этот аппарат (рис. 128) имеет камень диаметром 1 400 мм, ширина его—580 мм; он рассчитан для ширины истирания—0,5 м; число оборотов 150—250 в. м. Ширина пресса допускает колебания длины истирания от 500 до 700 мм; баланс прижимается к камню посредством, расположенных по обеим сторонам шахты, гребенчатых колес, действующих от привода. Прессовая шахта с балансом и подающие колеса могут быть параллельно подняты и опущены; производится это при смене, а также при износе дефибрерного камня. Производительность дефибрера, при расходе силы 5 л. с. на 100 кг массы в 24 ч. составляет от 2 000 до 5 000 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. Расход силы ~ 100—250 л. с.

Работа непрерывного дефибрера сист. Фойта

Ширина магазина	1 м
Ширина истирания	1 м
Диаметр камня	1,5 м
Число оборотов камня (n)	210 в. мин.
Окружная скорость камня (v)	16,5 м/сек.
Марка камня	искусственный камень А ₀₀
Подача баланса	30,5 мм/мин.

$$F_{th} = 1 \cdot 1 = 1 \text{ м}^2.$$

$$V = 0,9,$$

следовательно:

$$F_v = 0,9 \cdot 1 = 0,9 \text{ м}^2 = 9 000 \text{ см}^2.$$

Испытание дало:

Расход силы на дефибрер 700 л. с.

Производительность $\sim 13\,200$ кг воздушно-сухой массы в 24 ч. для
ротационной газетной бумаги.

Расход баланса ~ 44 ск. м в 24 ч.

Расход силы на 100 кг воздушно-сухой массы равен

$$\frac{700 \cdot 100}{13\,200} = 5,3 \text{ л. с. на } 100 \text{ кг в } 24 \text{ ч.}$$

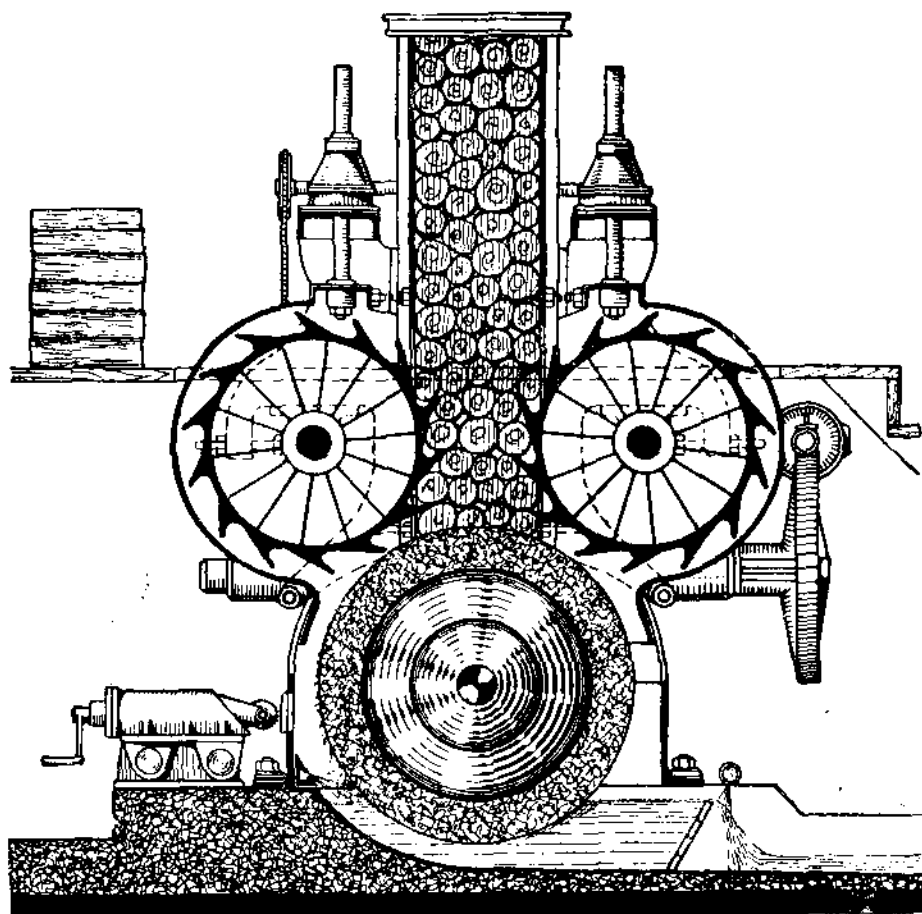


Рис. 128.

Считая расход силы на холостой ход в 10%, получим:

$$N = 700 - 70 = 630 \text{ л. с. на чистую работу истирания,}$$

$$P = \frac{75 \cdot 630}{16,5} = 2870 \text{ кг — сила на окружности.}$$

$$\varepsilon = 0,25 \text{ — коэффициент трения между камнем и деревом.}$$

$$P_p = 2870 : 0,25 = 11\,500 \text{ кг — полное давление пресса.}$$

$$p = 11\,500 : 9\,000 = 1,28 \text{ до } 1,3 \text{ кг на } 1 \text{ см}^2 \text{ эффективной поверх-}$$

ности истирания.

Получалось при этом $\sim 10\%$ рафинерной массы = 1300 кг в 24 ч.

γ) Непрерывный дефибрер сист. Ненцель

Этот тип изготавливается Акц. О-вом Линке-Гофман-Лаухгаммер (Linke-Hofmann-Lauchhammer A.-G.) на заводе Фюльнера в Вармбрунне (рис. 129).

Отличительной чертой этого непрерывного дефибрера является подача посредством винтов, захватывающих дерево и, при непрерывном уплотнении столба баланса, ведущего его к камню. Подающие винты установлены с возможностью упругого перемещения таким образом, что они оказывают давление на столб баланса в горизонтальном направлении. Резьба винтов вдавливается при этом в дерево и давит баланс по направлению к камню.

Баланс, находящийся в середине столба и не подвергающийся непосредственному действию подающих винтов, принудительно ведется благодаря наличию давления, действующего в горизонтальной плоскости.

Подающие винты приводятся непосредственно от вала дефибрера при помощи регулируемого масляного привода. Регулировка скорости подачи производится переводом масляного привода с помощью особого регулятора; последний может быть устроен по патенту Ненцеля независимо от двигателя дефибрера. Величина поверхности истирания приспособляется с помощью легкого ручного приспособления к использованию имеющейся мощности двигателя; таким образом всегда можно работать также и при частичной нагрузке с экономически удовлетворительным удельным давлением.

Простота смены камня—особое достоинство этого дефибрера. При смене камня не требуется освобождать шахту от баланса, так как находящийся в ней столб баланса держится на-весу вследствие горизонтального давления, и камень с подшипниками можно вытащить по особым направляющим. Этот дефибрер оправдал себя во многих отношениях и введен на многих фабриках ¹⁾.

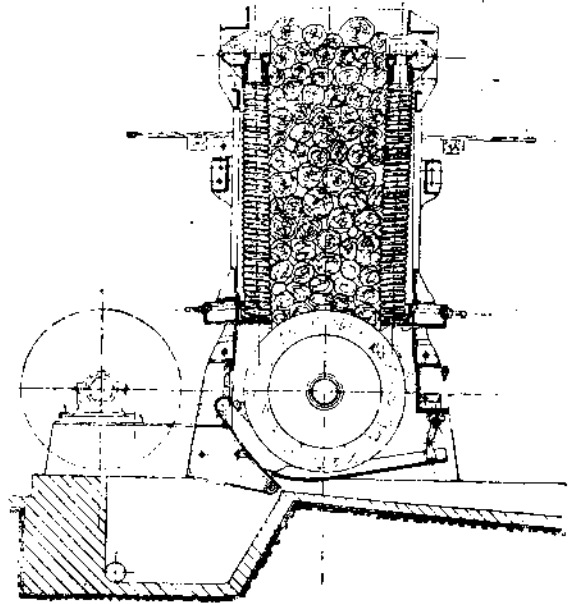


Рис. 129.

Привод многосильных дефибреров

Многосильные дефибреры, как видно из рис. 130, приводятся различными способами. Ради упрощения производства в настоящее время дефибреры устанавливаются большей частью на уровне земли, и привод их производится по одному из указанных ниже способов.

¹⁾ Wochenblatt für Papierfabrikation. 1926, № 9, S. 237.

1) Ременный или канатный привод непосредственно на удлиненный вал дефибрера

Для одного или двух дефибреров устраивается особая передача, связанная муфтами с короткими валами камней и приводящаяся ремнем или каналом.

2) Привод электромотора (рис. 130а)

Такой привод производится непосредственным соединением с валом дефибрера; последний при этом соединяется с валом мотора посредством гибкой муфты. Моторы приводятся обычно током с напряжением от 3000 до 10000 V.

Этот способ применяется большей частью для соединения двух дефибреров с одним общим мотором.

3) Непосредственный привод от двигателя

а) Привод от водяной турбины устраивается путем непосредственного соединения с валом турбины одного или двух дефибреров (рис. 130б).

б) Непосредственное соединение вала камня с быстроходной паровой машиной применяется иногда лишь в малых установках; увеличение диаметра камня до 2 м соответственно уменьшает число оборотов приводного вала.

4) Привод от паровой машины или турбины посредством зубчатой передачи

С 1917 — 18 гг. начали строиться зубчатые передачи, заключенные в кожухи, для больших мощностей и с весьма высоким коэффициентом полезного действия ($\eta_m = 0,98$). В этой системе передачи высокое число оборотов паровых турбин ~ 3000 в минуту понижается посредством вклю-

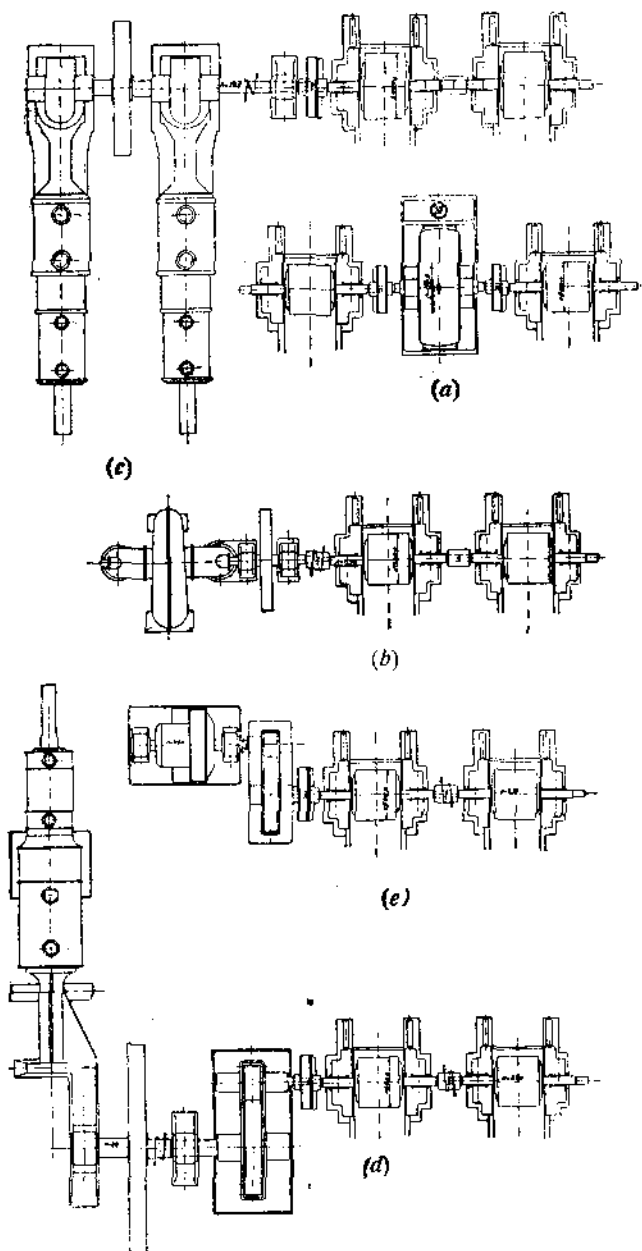


Рис. 130.

чения редукционной зубчатой передачи до низкого числа оборотов ~ 250 об/мин. И здесь также целесообразно приводить от одной паровой

турбины не более двух дефибреров, чтобы при смене камня (или в иных случаях) не терять слишком много продукции (см. рис. 130d и 130e).

Столь же успешно применяется привод дефибреров от тихоходных крупных паровых машин (рис. 130с) при помощи непосредственного соединения валов такой зубчатой передачей без применения ремней или канатов.

Зубчатые передачи весьма хорошего качества изготавливаются крупными машиностроительными фабриками, а также судовыми верфями.

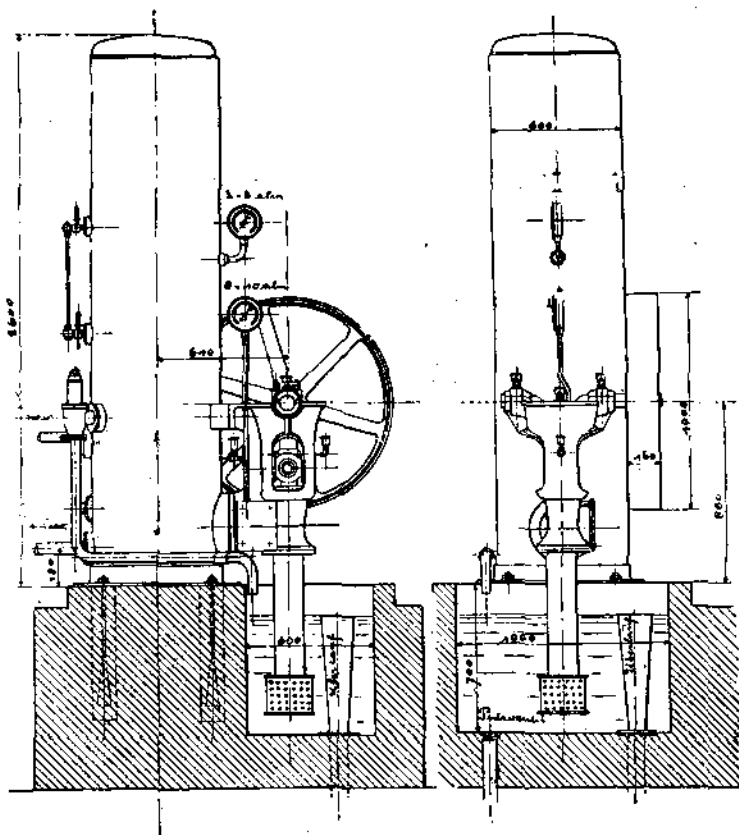


Рис. 131.

5) Привод посредством передачи Шварцкопф-Гуливера и подобных ей

Привод дефибрера можно производить и посредством передачи Шварцкопф-Гуливера или подобных ей. Эти нового типа передачи устраиваются с возможностью изменения числа оборотов, что имеет значение при уменьшении диаметру дефибрерного камня от работы и насечки.

Регулирование дефибреров

Гидравлические дефибреры, в том числе и магазинные, нуждаются в особых нагнетательных насосах для получения необходимого давления воды для подачи прессов. Получение водяного давления достигается двумя различными способами.

1. Водяное давление получается посредством поршневого нагнетательного насоса, снабженного аккумулятором.

Аккумулятор внутри разделен на две части. В нижней части котла вода нагнетается до высокого давления в 10 атм. абс.; часть воды поступает через редукционный клапан в верхнюю часть котла, где давление поддерживается от 2 до 3 атм. абс. Эта вода низкого давления служит для холостого хода прессов, тогда как вода высокого давления направляется через регулятор в прессовые цилиндры для подачи баланса.

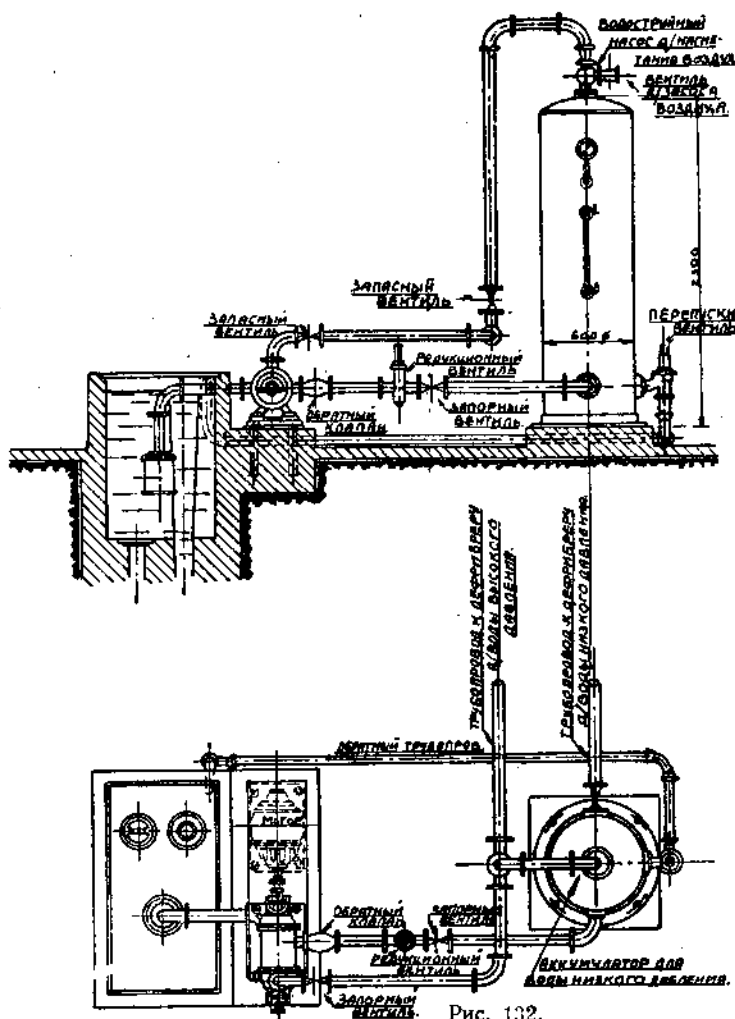


Рис. 132.

Только при такой установке возможна правильная работа, что необходимо при работе на дефибрерах, непосредственно соединенных с электромоторами и паровыми двигателями.

Насос делается для давления 10 атм. абс. с бронзовым поршнем и металлическим тарелочным клапаном. Производительность его—1 л воды за 1 оборот.

Насос достаточен:

при $n = 40$ об/мин.	для 3 прессов	диаметра 300 мм
" $n = 100$ "	" " 12 "	" " " "
" $n = 70$ "	" " 8 "	" " 400 мм
" $n = 100$ "	" " 6 "	" " " "

2. Прессовое (рабочее) и маневровое (для обслуживания холостого хода) давление воды может получаться при помощи центробежных многоступенчатых нагнетательных насосов. Эти насосы непосредственно соединяются с электромотором (рис. 132) и подают воду высокого давления к прессам через регулятор; вода низкого давления — для холостого передвижения прессов — берется из аккумулятора. Размеры последнего: диаметр ~ 600 мм, высота ~ 2600 мм. Насосы строятся для различной производительности.

Водяные насосы высокого давления (рис. 132).

Величина	I	II	III
Достаточно для	1 четырехпрессовой дефибрер с шириной дефибрования 1 м	2 четырехпрессовых дефибрера с шириной дефибрования по 1 м	4 четырехпрессовых дефибрера с шириной дефибрования по 1 м
Количество воды для обслуживания рабочего хода, л/мин.	40	60	100
Количество воды для обслуживания холостого хода, л/мин.	80	120	200
Давление воды для рабочего хода, атм. абс.	10	10	11
Давление воды для холостого хода, атм. абс.	4,4	4,4	3,6
Расход силы, л. с.	6	8	12

Регуляторы дефибреров

Весьма важно, чтобы многосильные дефибреры с гидравлической подачей были снабжены хорошо работающими автоматическими регуляторами, которые могли бы возможно быстрее выравнивать возникающие при опорожнении и включении прессов изменения в числе оборотов посредством соответствующего изменения давления на остающуюся в работе поверхность камня.

Для каждого дефибрера, соединенного с двигателем, необходим отдельный регулятор; водяное давление для прессов может получаться от общего насоса.

Регуляторы строятся следующих типов:

1. Центробежный регулятор (рис. 133 и 134). Аппарат приводится от вала дефибрера; при выключении одного пресса число оборотов вала возрастает вследствие понижения потребляемой силы. С повышением числа оборотов регулятор изменяет также и свой размах — он поднимается вверх — и поднимает шпindel, регулирующего клапана, расположенного на нагнетательном трубопроводе; прессовое давление при этом возрастает, потребление силы увеличивается, и агрегат получает снова меньшую скорость. Обратно, при замедлении хода регулятор уменьшает площадь пропускного отверстия в нагнетательном трубопроводе, прессовое давление уменьшается, а число оборотов возрастает.

2) Электрический регулятор (рис. 135) применяется исключительно для многосильных дефибреров с приводом от электромотора. Способ действия этого регулятора состоит в том, что всякое изменение вращающего момента в моторе дефибрера — при выключении прессов —

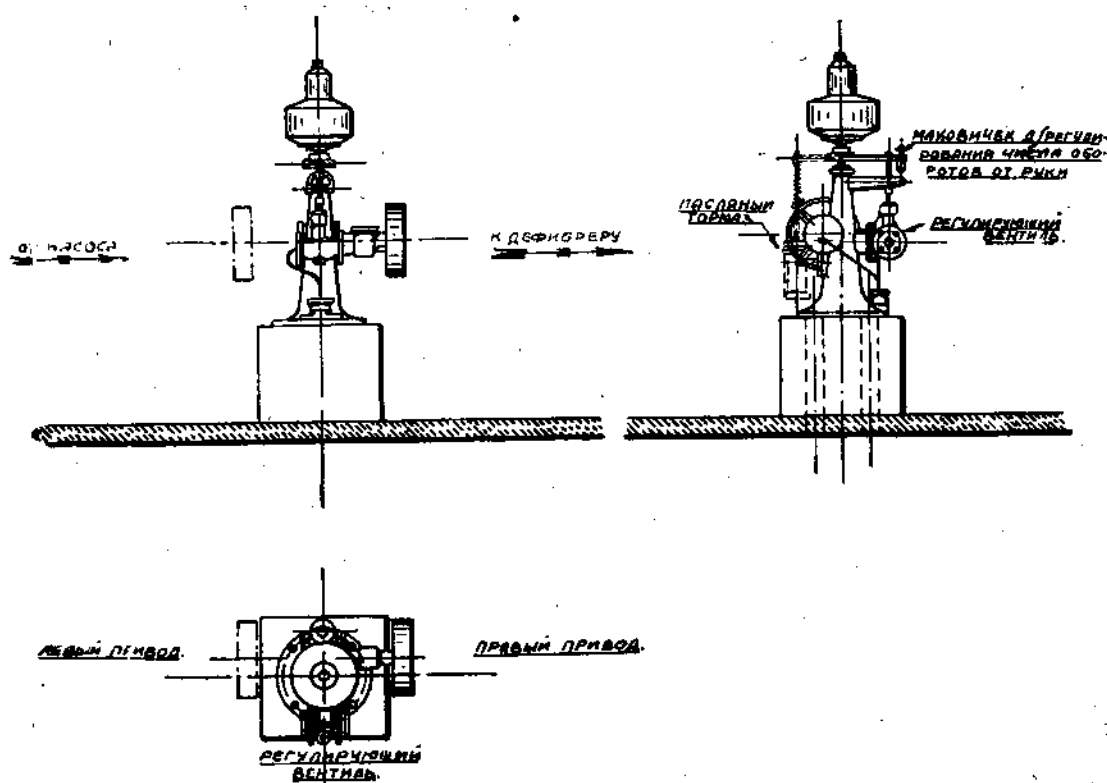


Рис. 133.

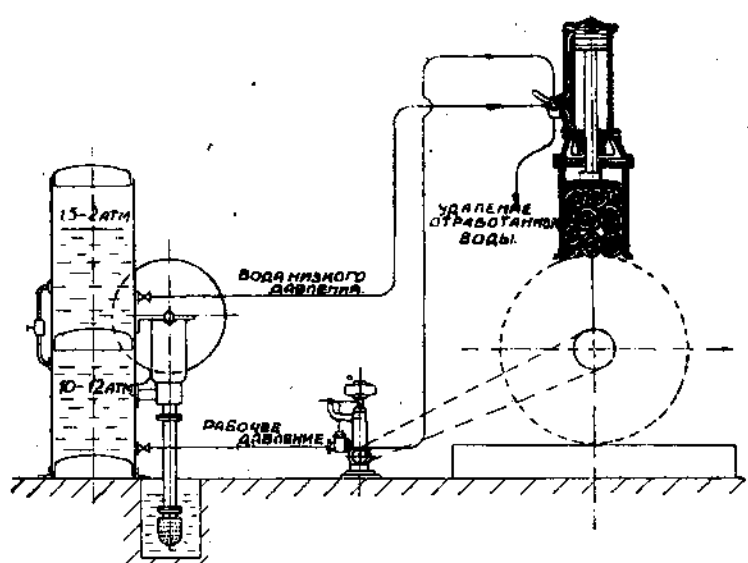


Рис. 134.

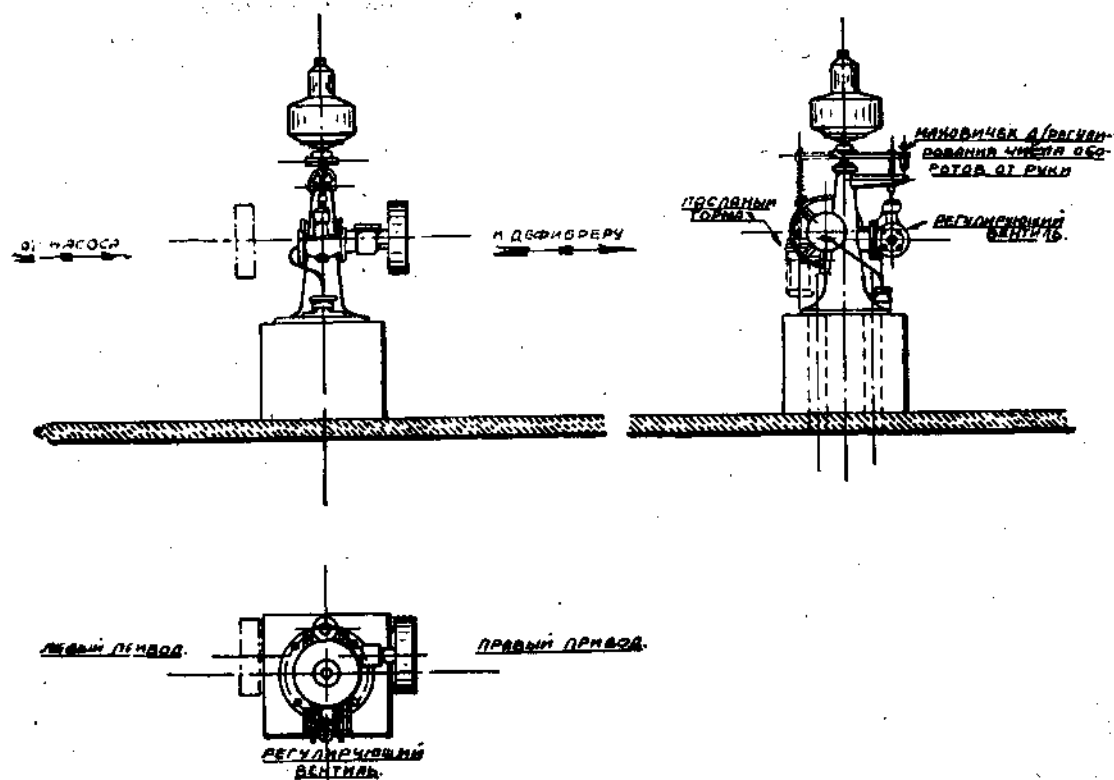


Рис. 133.

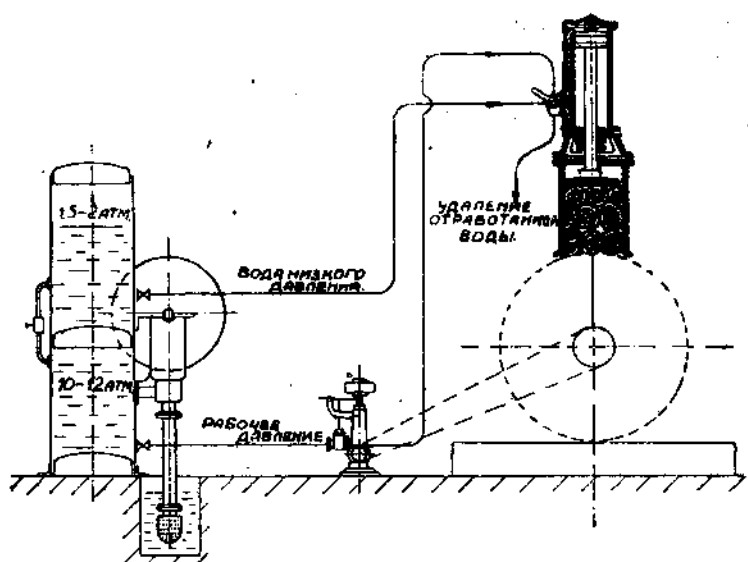


Рис. 134.

вызывает также изменение вращающего момента в якоре регулятора, при чем вследствие подъема или опускания регуляторного шпинделя открывается или закрывается отверстие для пропуска воды в нагнетательном трубопроводе. Одного такого регулятора вполне достаточно для 4 больших дефибреров.

В древесно-массных установках, работающих вместе с другими регулируемыми группами машин, целесообразно устанавливать регуляторы дефибреров „с изменением числа оборотов во время хода“, чтобы было возможно устранять от руки небольшие неравномерности в числе оборотов.

Если вместе с дефибрами работают еще и другие, особо требовательные в отношении скорости, машины, — например самочерпки, электрические машины и т. п., — требующие весьма равномерной скорости

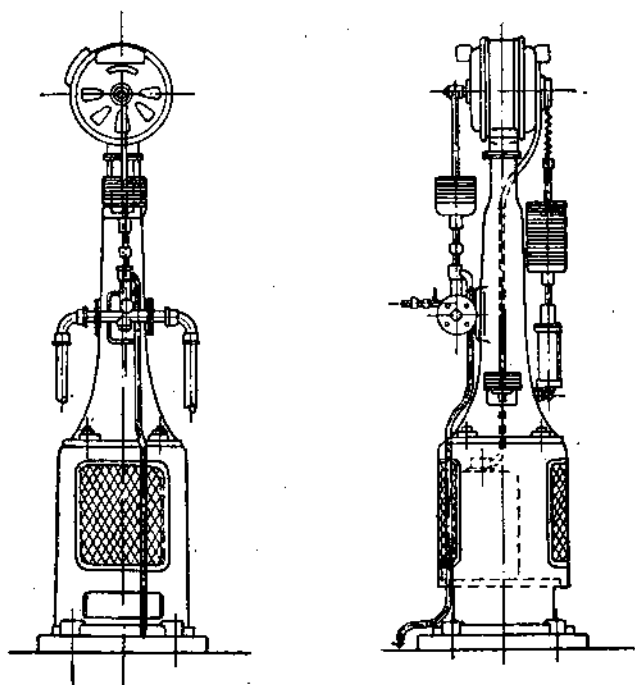


Рис. 135.

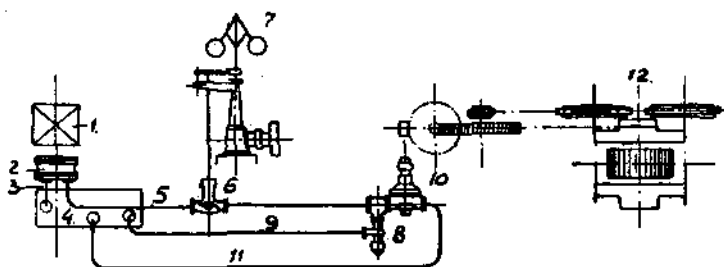
и допускающие разницу в числе оборотов лишь до 3%, при нормальных изменениях нагрузки, то регуляторы дефибреров необходимо снабжать масляным тормозом (рис. 133) и регулировать число оборотов от руки.

Весьма остроумно, устроено регулирование подачи воды в прессы по патенту Ненцеля, фирмой Линке-Гофманн-Лаухгаммер в Вармбрунне). Движение регулирующего шпинделя в клапане производится или посредством штанги регулятора паровой машины, приводящей установку, или же для этой цели используется действующее на впускной клапан масло, давление которого зависит от регулятора паровой турбины.

Машиностроительный завод „Амме, Гизеке и Конеген“ в Брауншвейге приводит в действие регулировку подачи воды в прессы для дефибреров, приводимых водяною турбиною, посредством поплавка в верхнем водяном русле.

Постоянство числа оборотов непрерывных дефибреров достигается посредством подачи масла с давлением 15 атм. следующим способом

(рис. 136): валы подающих цепей непрерывного дефибрера приводятся масляным мотором 10, последний получает сжатое до 15 атм. масло от масляного насоса 2, приводимого электромотором 1. В нагнетательном трубопроводе 5 устроен дроссельный клапан 6, который действует от регулятора 7. Регулятор получает движение от дефибрерного вала и при изменении числа оборотов камня соответственно изменяет отверстие дроссельного вентиля 6.



- | | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| 1. ЭЛЕКТРОМОТОР. | 7. РЕГУЛЯТОР. |
| 2. МАСЛЯНЫЙ НАСОС. | 8. ПЕРЕПУСКНОЙ ВЕНТИЛЬ. |
| 3. ВСАСЫВАЮЩИЙ ТРУБОПРОВОД. | 9. ПЕРЕПУСКНОЙ ТРУБОПРОВОД. |
| 4. РЕЗЕРВУАР ДЛЯ МАСЛА. | 10. МАСЛЯНЫЙ МОТОР. |
| 5. НАГНЕТАТЕЛЬНЫЙ ТРУБОПРОВОД. | 11. ОБРАТНЫЙ ТРУБОПРОВОД. |
| 6. ДРОССЕЛЬНЫЙ КЛАПАН. | 12. НЕПРЕРЫВНЫЙ ДЕФИБРЕР. |

Рис. 136.

6. Различные сорта белой древесной массы

По способу истирания древесная масса имеет два основных подразделения: древесная масса холодного истирания и древесная масса горячего истирания.

Древесная масса холодного истирания

Древесная масса холодного истирания производится в старых маленьких установках на механических и вертикальных дефибрерах.

По своим свойствам она относится к коротковолокнистой и грубой и применяется лишь для сортов бумаг, требующих такой грубой массы.

Древесная масса горячего истирания

Древесная масса горячего истирания изготавливается в настоящее время во всех установках с многосильными дефибрерами. В противоположность холодной массе, она имеет более длиноволокнистый и жирный характер. Она получила название „горячей древесной массы“ потому, что в процессе дефибрирования масса чрезвычайно согревается благодаря высокому прессовому давлению и относительно малому количеству sprысковой воды, циркулирующей в замкнутом потоке и возвращающейся к дефибреру с t° в 30—40°. Температура массы часто достигает более 70°; в среднем можно принять ее равной 62°.

Разделение древесной массы по степени тонкости

Древесную массу по качеству, тонкости, способу изготовления и применению можно разделить на:

1) Тончайшую древесную массу для высших, содержащих древесную массу, бумаг печатных, художественных и автотипных.



Рис. 137.

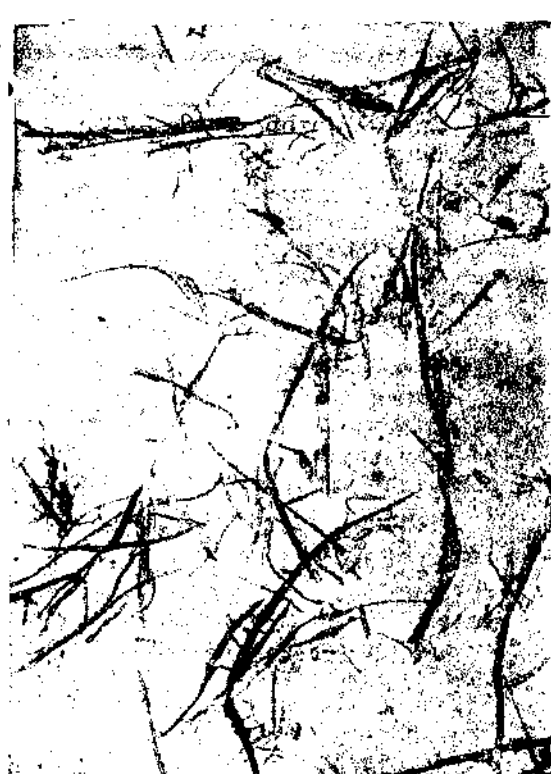


Рис. 138.



Рис. 139.



Рис. 140.

2) Тонкую древесную массу (так называемая средней тонкости древесная масса) для лучших глазированных, содержащих древесную массу, печатных и писчих бумаг.

3) Среднюю древесную массу для ротационных газетных, печатных, обойных и подобных бумаг.

4) Обыкновенную продажную древесную массу для картона и т. п. (грубая древесная масса).

Сорт древесной массы зависит от:

Сорта, качества, возраста и степени сухости дерева;
сорта камня;
насечки камня;
площади давления при истирании;

ширины прессов по окружности камня;
подачи воды;
температуры истирания;
окружной скорости камня;
сортирования.

1. Тончайшая древесная масса (рис. 137, микрофотогр.) Она прежде всего зависит от сорта истираемого дерева; выбирается обычно дерево с тонкими годичными кольцами, от 0,5 до 0,75 мм, совершенно свободное от больных мест. Дефибрерный камень применяется с тончайшей зернистостью (например, искусственные камни Геркулес A_{1000} или A_{100} , или соответствующие им тонкие естественные камни). Насечка должна производиться весьма внимательно. Сита сортировок должны иметь отверстия в 0,6 мм. Производительность, соответственно расходу силы, относительно мала. Расход силы для производства тончайшей древесной массы, включая все вспомогательные машины, — примерно от 9 до 10 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. Так как для производства применяется лишь наилучшее дерево, выход массы высок и, при наилучшем использовании оборотной воды, его можно считать ~ 300—320 кг воздушно-сухой массы из 1 ск. м окоренного баланса.

2. Тонкая древесная масса (масса средней тонкости) (рис. 138, микрофотогр.). Из здесь дерево должно быть с достаточно узкими годичными кольцами, а дефибрерный камень тонкой зернистости (например, камни Геркулес сорта A_{100} или A_0 , или соответствующей тонкости естественные камни). Сортирование массы производится через сита с отверстиями в 0,8—0,9 мм. Для производства древесной массы средней тонкости требуется примерно от 7,5 до 8,5 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы, включая и все вспомогательные машины. При хорошем использовании оборотной воды выход массы составляет ~ 300 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. из 1 ск. м окоренного баланса.

3. Средняя древесная масса (черт. 139, микрофотогр.). При производстве средней древесной массы для ротационных газетных печатных, обойных бумаг и т. д. требуется возможно хорошее дерево; для изготовления такой массы в настоящее время идет лишь дерево с предварительной окоркой.

Камни выбираются с зернистостью A_1 (в виде исключения A_0); обычно применяются камни Геркулес или соответствующие им естественные камни; работа ведется с несколько более сильным острием и высшим прессовым давлением, чем для тонкой массы. Сортирование производится через сита с отверстиями в 1,1—1,2 мм.

Расход силы, включая все вспомогательные машины, составляет примерно от 6,5 до 7 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. Выход из 1 ск. м баланса, при хорошем использовании оборотной воды, колеблется примерно от 280 до 300 кг воздушно-сухой массы.

4. Обыкновенная продажная масса (грубая масса) (рис. 140, микрофотогр.). Для изготовления такой массы применяется еловый баланс любого качества. Камни берутся сортов A_1 или A_2 (камни Геркулес или соответствующей грубости естественные камни). Сортировка производится через сита с отверстиями в 1,2—1,5 мм.

Расход силы примерно от 6 до 6,5 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. Выход из 1 ск. м окоренного баланса колеблется, в зависимости от качества последнего и при хорошем использовании оборотной воды, составляет от 260 до 280 кг воздушно-сухой массы.

Для самой грубой массы без применения рафинеров идут следующие сорта камней: Геркулес A_1 , A_2 , или B .

При применении непрерывных дефибреров можно считать, что расход на 15—20% меньше, чем указано в пп. 1—4.

Рис. 137—140 представляют микрофотографические изображения степени тонкости классифицированных выше 4 сортов древесной массы; все микрофотографии даны в одном масштабе увеличения—25:1. Эти изображения дают возможность обнаружить различия в свойствах волокон.

Белая тополевая и осиновая древесная масса. Расход силы для белой тополевой и осиновой древесной массы, вырабатываемой преимущественно в Италии и Франции, составляет при применении гидравлических дефибреров ~ 5 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. на собственно дефибрирование; при добавлении 20% на вспомогательные машины идет, следовательно, всего ~ 6 л. с. на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч.

Выход из 1 ск. м окоренного баланса составляет от 220 до 280 кг воздушно-сухой массы.

в) Сортирование древесной массы

Выходящая из дефибрера древесная масса, как и всякая полумасса, должна быть подвергнута основательному сортированию. В новых установках дефибры ставят большей частью на уровне земли, следовательно на одном уровне с балансовым складом, реже на фундаменте, возвышающемся на ~ 1,10 м над уровнем земли.

Первый способ установки более удобен для обслуживания при прессовых дефибрерах, при магазинных же и непрерывных дефибрерах это обстоятельство не имеет значения, так как баланс подается в помещение над шахтой или магазином. Сущность сортирования древесной массы состоит в следующем: выходящая из дефибрера густая масса, содержащая при старых гидравлических дефибрерах от 3 до 4% сухого вещества, а при непрерывных дефибрерах до 10% и более, разбавляется оборотной водой, содержащей в себе волокно. Эта оборотная вода, отходящая от сгустителей или папочных машин, идет или непосредственно на разбавление массы или перекачивается в большие конические бассейны. Отстаивающуюся внизу более концентрированную оборотную воду применяют для разбавления густой массы из дефибреров, а осветленная более бедная волокном вода в верхней части бассейна, используется для sprysков дефибрера.

Разбавление массы после дефибрера производится с таким расчетом, чтобы масса поступила в тонкое сортирование с содержанием абсолютно-сухого вещества, примерно от 0,3 до 0,4%.

Как показывает вычисление, количество воды, необходимой для разбавления, весьма высоко:

1 кг абсолютно-сухого вещества при 4% концентрации дает

$$\frac{1 \cdot 100}{4} = 25 \text{ кг массы (после дефибрера);}$$

1 кг абсолютно-сухого волокна при концентрации 0,3% дает

$$\frac{1 \cdot 100}{0,3} = 333,3 \text{ кг жидкой массы}$$

Следовательно, количество добавляемой воды должно составить на 1 кг абсолютно-сухой массы ~ 308 л, чтобы массу 4% абсолютной сухости довести до концентрации в 0,3%.

Сильно разбавленная таким образом древесная масса для освобождения от грубых частиц проходит через 2 ступени сортировки:

1) грубое или предварительное сортирование, на щеполовках,

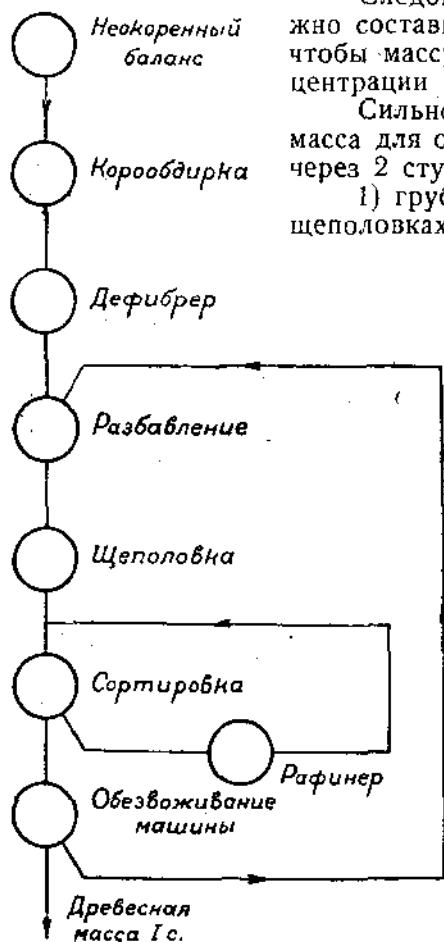


Рис. 141.

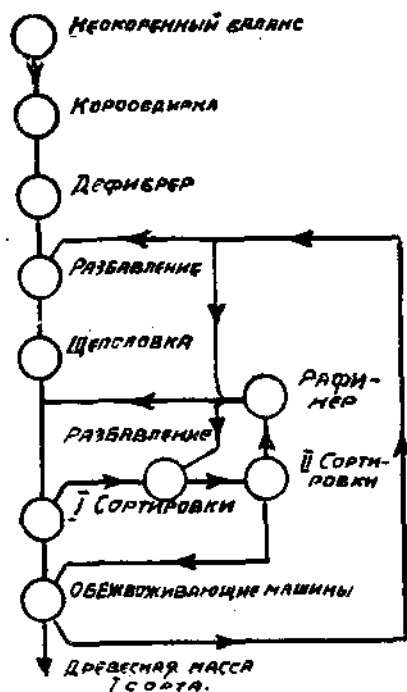


Рис. 142.

2) тонкое сортирование, большей частью на центробежных тонких сортировках; кроме того в связи с тонким сортированием производится

3) переработка отсортированной рафинерной массы.

В то время как грубое предварительное сортирование производится во всех древесно-массных производствах одинаковым способом, тонкое сортирование в настоящее время различается, смотря по требованиям к степени тонкости готового продукта.

Для уяснения сущности этих способов тонкого сортирования служат 3 схематических изображения, приведенные на рис. 141, 142, 143.

Схема, приведенная на рис. 141 изображает распространенный в Германии способ работы, при котором рафинерная масса непосредственно возвращается в общий массовый поток (после щеполовки).

На некоторых фабриках применяется новый способ сортирования по схеме рис. 142; отходящая от тонких первичных сортировок, так называемая рафинерная масса разбавляется еще раз для вторичного сортирования, после чего остаток грубой массы поступает впервые в рафинеры. Прошедшая вторичное сортирование часть массы добавляется в готовую тонкую массу, а рафинерная масса направляется снова в общий массовый поток после щеполовки.

На каждые 3 машины для первичного сортирования считается необходимой 1 машина для вторичного сортирования.

Схема изображенная на рис. 143 дает систему сортирования, применяемую во многих крупных производствах Америки.

В ней рафинирование грубой массы совсем не имеет места, но вместо этого вводятся два последовательных дополнительных сортирования. Хорошая масса, прошедшая вторые сортировки, прибавляется к тонкой массе I сорта, а незначительный отход грубой массы, еще раз разбавленной, направляется в третью группу сортировок; прошедшая третичные сортировки масса выделяется во II сорт, идущий для обыкновенной бумаги или картона, а незначительное количество щепок и грубой массы составляет неперерабатываемый отброс.

Ниже приведено описание того оборудования, которое применяется при работе по схеме рис. 141. В случае применения способов сортирования по схемам рис. 142 и 143 могут быть использованы подобные же машины (тонкие сортировки).

1. Грубое предварительное сортирование. Выходящая из дефибреров густая масса пропускается, для отделения крупной щепы, через грубую решетку, после которой разбавляется до желательной степени и направляется на щеполовку (рис. 144).

Щеполовка представляет качающееся с 180 — 200 колебаниями в минуту корыто, дно которого состоит из сита с крупными отверстиями. После каждого дефибрера целесообразно ставить такой аппарат с требуемой производительностью, соответственно которой ширина сита делается в 800, 1000, 1200, 1400, 1600 мм при длине ~ 1300 мм; круглые отверстия в дне делаются от 4,5 до 10 мм. Щепы из качающегося сита периодически удаляется при помощи ручных граблей, для чего у щеполовки, за выведенным вперед сливом, ставится ящик. Между ситом и жолобом укрепляется полоса сукна или резины, чтобы щепы не могла снова попасть в очищенную массу.

Совершенно оригинальный щеполовитель, построенный заводом Фойт в Гейденгейме, показан на рис. 145. Он состоит из корытообразной ван-

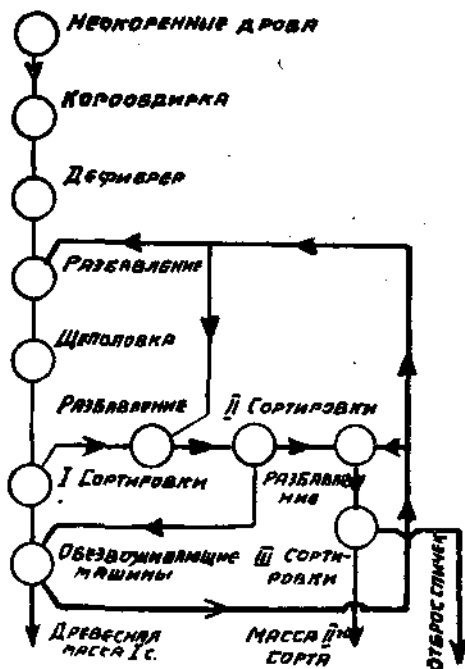


Рис. 143.

ны, снабженной решетчатым дном с отверстиями примерно в 9 мм. На входе массы качающаяся открытая рама соединена с входным каналом дефибреров гибким брезентовым фартуком, задний же конец закрыт стенкой из листового железа. В корытообразной ванне движутся на валу делающие 1 оборот в 6—7 мин. две железных лопасти, непрерывно выбрасывающие щепу из ванны. Для лучшего сортирования массы ванна

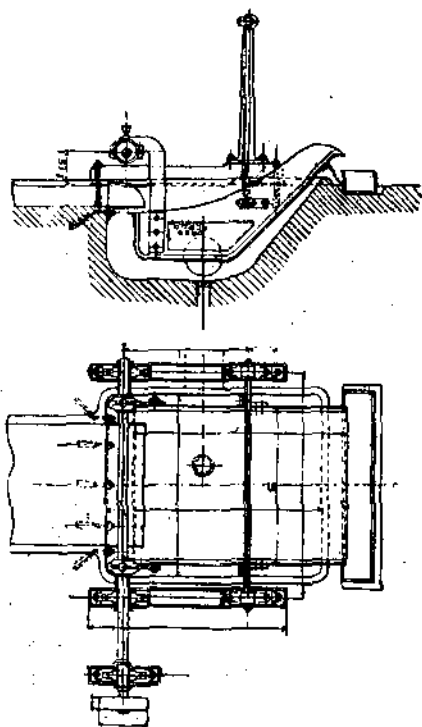


Рис. 144.

приводится в колебательное движение (~ 70 об/мин.). Щеполовка с шириною рамы 1,85 м обслуживает: при длине сита 2,5 м — один дефибрер, а при длине 5 м — 2 дефибрера с шириною истирания в 1 м.

Как было отмечено, крупные дефибреры устанавливаются большей частью на уровне земли, почему массу приходится поднимать насосом к выше расположенным сортировкам; делается это для того, чтобы масса из последних во всех дальнейших процессах могла передвигаться самотеком.

Для подъема этой, еще содержащей мелкие щепки, массы обыкновенно применяются центробежные насосы, перекачивающие, напр. сильно разбавленную массу из щеполовок к тонким сортировкам. Последние ставятся или на площадке такой высоты, чтобы масса могла проходить все следующие машины самотеком или же в верхнем этаже тех древесно-массных отделов, в которых масса сгущается в верхнем этаже (например, при соединении с бумажной фабрикой). Величина насосов зависит от производительности дефибреров и разбавления массы.

Пример. Производительность — 20 000 кг в 24 ч. древесной массы (88% абсолютной сухости) или $20\,000 \cdot 0,88 = 17\,600$ кг в 24 ч. абсолютно сухой древесной массы.

При разбавлении массы до 0,4% абсолютно-сухого вещества получается жидкой массы в минуту

$$\frac{17\,600 \cdot 100}{24 \cdot 60 \cdot 0,4} = 3\,050 \text{ л/мин. — теоретическая производительность насоса.}$$

Действительную производительность насоса должно принять примерно на 20—30% выше вычисленной; кроме того, следует поставить еще один запасный насос.

Так как подача массы в производстве должна быть непрерывна, то для этих насосов выбираются наилучшие типы с хорошими кольцевыми подшипниками; далее следует принять во внимание, чтобы эти насосы могли быстро открываться в целях чистки. Вследствие ответственного значения этих насосов их производительность распределяется таким образом, чтобы по меньшей мере 2 насоса могли работать, а третий стоял в запасе.

2. Тонкое сортирование. Машины для тонкого сортирования древесной массы в настоящее время конструируются на основании совершенно иных принципов работы.

Ранее обычно применялись сортировки-тряски с 3 ситами, снабженными различной величины отверстиями, через которые масса сортировалась при возвратно поступательном движении (тряске) сит.

В настоящее время разделение тонких и грубых волокон производится исключительно посредством вращательного движения массы через неподвижно стоящие цилиндрические сита¹⁾.

Для тонкого сортирования требуется, чтобы масса поступала на сита с большим и всегда равномерным разжижением. Если концентрация слишком велика, то вместе с грубым несортированным волокном отходит

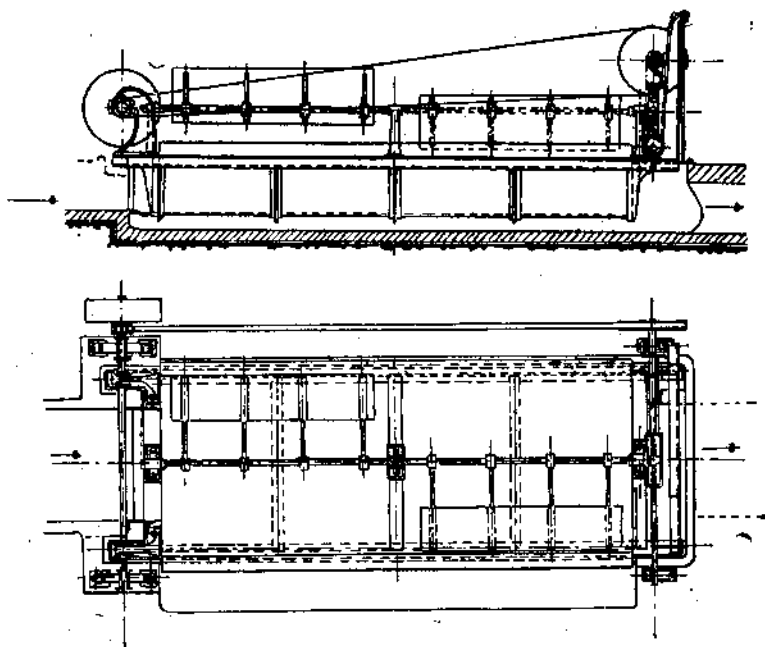


Рис. 145.

в рафинерную массу и много хорошего, тонкого волокна; чем больше разбавление, тем мельче выбираются отверстия сит, при чем величина отверстий, естественно, зависит от сорта вырабатываемой массы.

Описанные выше центробежные насосы доставляют массу в общий жолоб, из которого масса и распределяется по отдельным аппаратам.

а) Сортировки-тряски (плоские сортировки)

Такого типа сортировки с 3 сортирующими ситами применялись раньше во всех древесно-массовых производствах. При хорошем исполнении они были вполне пригодными машинами, но для современного древесно-массового производства большой мощности они неудовлетворительны. Производительность одного такого аппарата составляет ~ 600 кг воздушно-сухой массы в 24 ч.

¹⁾ В наших за последнее время широкое применение центробежных сортировках сист. Берда (Bird) рабочей частью являются цилиндрические вращающиеся, а не неподвижные как в прежних центробежных сортировках сита. Описание этих сортировок приведено в ч. VII тома I издания „Производство полуфабрикатов и бумаги“ (стр. 55—60).

в) Центробежные сортировки

Центробежные сортировки с вертикальным валом

Еще в 1891 г. фирма Фойт предприняла изготовление центробежных сортировок с вертикальными валами по патенту Нидерöst-Циглер (рис. 146).

В этом аппарате с вертикально стоящим валом и ситом достигается хороший результат именно благодаря тому, что жидкая масса распределяется по всей поверхности сита довольно равномерно. В некоторых сортировках имеется недостаток — масса внутри цилиндра отбрасывается

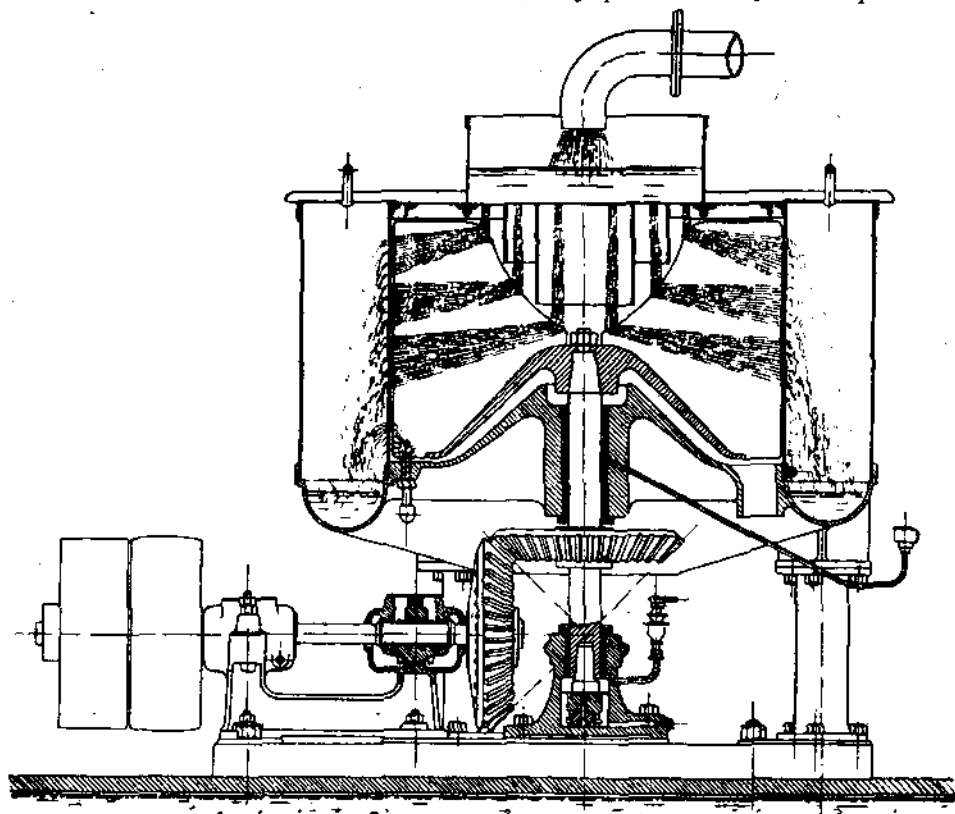


Рис. 146.

быстро вращающимися лопастями только на верхнюю часть поверхности сита, а нижняя часть остается неиспользованной. При устройстве по рис. 146 масса подается через расположенные уступами цилиндры, вводящие массу на различную глубину машины, при чем масса разделяется на много равномерных струй, и сильно распыляется быстро вращающимися лопастями, поставленными наискось, и таким образом равномерно подводится к ситам. Привод с коническими колесами и большая высота входного отверстия машин дают возможность строить эти простые сортировки без указанного выше недостатка.

Центробежные сортировки с горизонтальным валом

У этих машин, введенных с 1907 г., привод и способ действия чрезвычайно просты; для сортирования древесной массы в настоящее время почти исключительно строятся именно горизонтальные аппараты, подобные ранее описанным на стр. 108 (соломенная целлюлоза).

Помещаемая таблица дает представление о размерах и производительности горизонтальных сортировок типа Фойт (рис. 147).

Сорт массы		Диаметр отверстий сита в мм	Производительность различных сортировок в кг (воздушно-сухой массы), кг в 24 ч.			
Древесная масса	осиновая	0,6—0,8	3 000—5 000	3 000—5 000	6 000—10 000	10 000—18 000
	белая	0,6—1,2				
	бурая	1,8—2,25				
Масса для картона	белая	1,0—1,5	4 000—6 000	4 000—6 000	8 000—12 000	12 000—22 000
	бурая	2,0—2,5				
Высота входа массы, мм			710	980	1 450	1 600
Диаметр цилиндра,			775	1 075	1 800	1 560
Длина цилиндра,			1 000	700	1 000	1 500
Число оборотов в минуту			550—600	400—450	320—370	300—350
Расход силы, л. с.			~ 10	~ 10	~ 20	~ 35

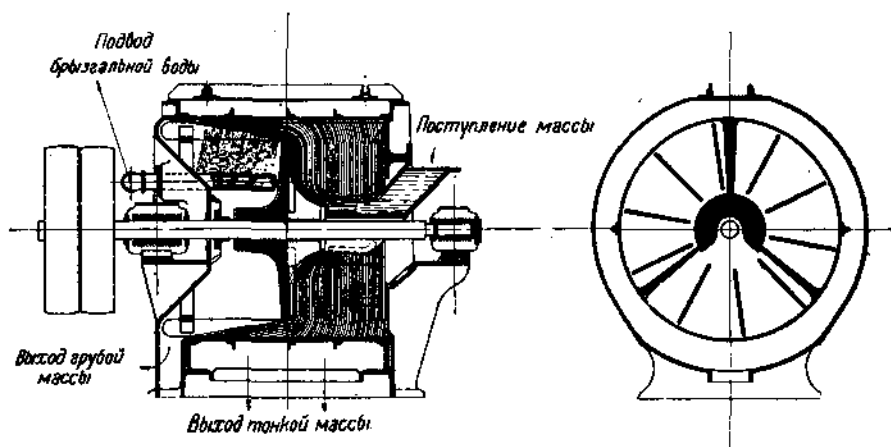


Рис. 147.

Из тонких сортировок готовая хорошая масса (так называемая тонкая масса) направляется в обезвоживающие машины, а рафинерная масса отводится в мешало рафинерной массы, находящееся непосредственно рядом или внизу.

3. Переработка рафинерной массы

Чан для рафинерной массы

В мешальном чане для рафинерной массы помещается (рис. 148) грубая, назначенная для рафинирования масса с концентрацией ~ 3% абсолютно-сухого волокна.

Длина чана зависит от числа сортировок и достигает 25 м. Обычно ее рассчитывают, так чтобы грубая масса от всех сортировок могла прямо поступить в чан. Диаметр делается относительно малым и достаточен в 800—850 мм, если чан очень длинен. Вал мешального чана лежит на нескольких подшипниках и имеет число оборотов от 6 до 8 в мин.; приводится вал от зубчатой передачи.

Насосы для рафинерной массы

Из мешального чана масса берется посредством поршневых насосов с шаровыми клапанами и поднимается к рафинеру. Для регулирования количества массы эти насосы должны быть снабжены приспособлением для изменения хода. Количество рафинерной массы зависит от сорта дерева, метода истирания, насечки и т. д. и может достигать у многосильных прессовых дефибреров до 25%, а при непрерывных до 10% от общего количества древесной массы.

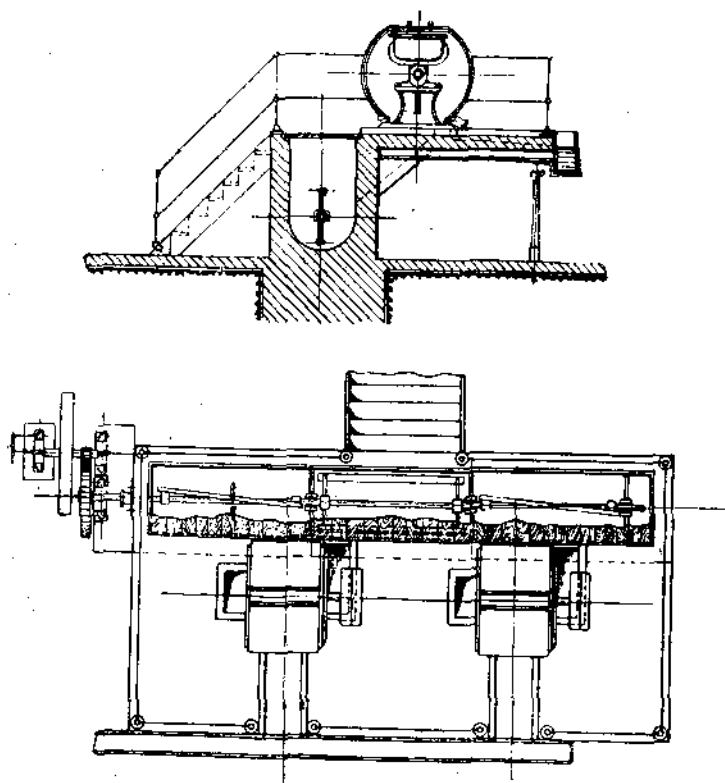


Рис. 148.

Пример. Производительность — 20 000 кг в 24 ч. абсолютно-сухой древесной массы, вырабатываемой на прессовых дефибрерах. Следовательно, рафинерной массы получится: $0,25 \cdot 20\,000 = 5\,000$ кг в 24 ч. = 3,5 кг/мин.

При содержании абсолютно-сухой массы в 3%:

$$\frac{3,5 \cdot 100}{3} = 113 \text{ л/мин.}$$

Эту теоретическую производительность насосов следует из предосторожности увеличить на 20—30% и таким образом считать равной ~150 л/мин.

В новых древесно-массных производствах тонкие сортировки с чанами для рафинерной массы устанавливаются настолько высоко над уровнем земли, что грубая масса поступает самотеком в рафинеры, находящиеся на одном уровне с дефибрерами; благодаря этому рафинерные насосы празднуются.

Рафинеры

Рафинеры введены в древесно-массное производство еще Фблтером в 1865 г.; они применяются и до настоящего времени. Для приготовления муки, задолго до введения рафинеров в древесно-массное производство, применялись, так называемые мельничные поставы с 2 жерновами, сидящими на одном вертикальном валу.

Фблтеру удалось, вводя грубые древесные щепки и оторванные от дерева неразделенные пучки волокон между камнями такого мельничного постава, размалывать их, совершенно аналогично размалыванию и раздроблению зерна.

Пучки дерева разделялись между особо насеченными камнями и выходили оттуда размельченными, направляясь под действием центробежной силы по кривым канавкам насечки к окружности камня; после этого рафинированное волокно добавлялось в разбавленную дефибрерную массу и подвергалось новому тонкому сортированию.

Рафинер типа мельничного постава с вертикальным валом был заменен впоследствии рафинером с горизонтальным валом по патенту 1892 г. машиностроительной фабрики Наке (Nacke) в Козвиге в Саксонии; этот тип в настоящее время получил исключительное распространение.

Устройство рафинера было уже описано ранее—в отделе соломенной целлюлозы (см. также черт. 82).

Размеры рафинеров с горизонтальным валом и их производительность

Производительность дефибреров воздушно-сухой массы, кг в 24 ч.	Расход силы дефибреров, л. с.	Диаметр рафинерного камня, мм	Число оборотов камня в мин.	Расход силы рафинера, л. с.
~ 3 500—5 000	250—350	700	350—450	12—15
~ 7 000—10 000	500—700	1 000	280—300	20—30
~ 14 000	ок. 1 000	1 500	200—230	60—100

При непрерывных дефибрерах число рафинеров можно уменьшить наполовину. Целесообразно устанавливать 2 рафинера, чтобы один всегда был в запасе (для возможности возобновления насечки).

Соединение тонкой сортировки, чана для грубой массы и рафинера в один агрегат представляет, так называемая, мельница Биффара (Biffar) (рис. 184).

Масса поступает в центробежную сортировку с горизонтальным валом и крыльчатим колесом и направляется на стенки сортировочного сита. Отходящая на противоположном конце грубая масса выбрасывается центробежной силой в расположенный выше маленький резервуар грубой массы. Из последнего масса посредством мешалки поступает в рафинер, вращающийся камень которого сидит на общем валу с крыльчаткой сортировки. Размолотая грубая масса поступает снова в сортировку и смешивается с сортируемой древесной массой. Последняя вступает в сортировку немного глубже—несколько выше выхода очищенной массы из аппарата, так что материальные и рафинерные насосы отпадают.

Рафинер-сортировка (мельница) Биффара (рис. 184).

Величина	Диаметр рафинера, мм	Цилиндр сортировки		Число оборотов в минуту, л	Производительность воздушно-сухой массы, кг в 24 ч.	Расход силы, л. с.
		диаметр, мм	длина, мм			
I	700	686	600	400—450	2 000	12—16
II	850	886	700	320—350	3 000	20—25
III	1 000	1 186	750	250—300	4 000	30—35
IV	1 200	1 186	900	220—250	5 000	35—40

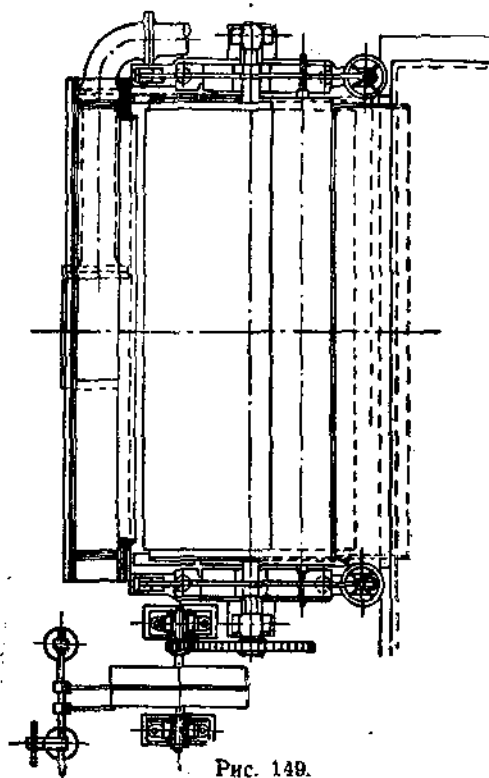
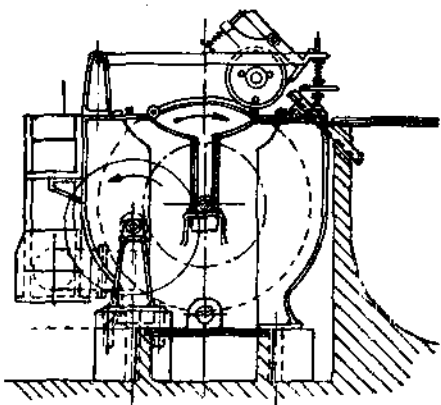


Рис. 149.

г) Обезвоживание древесной массы

Выходящая из тонких сортировок готовая масса, содержащая от 0,3 до 0,4% абсолютно-сухого волокна, для дальнейшего употребления должна быть в большей или меньшей степени освобождена от воды. Этот процесс в настоящее время производится следующими способами.

1) Жидкую массу сгущают на простых сгустителях до 4—7% для переработки ее тотчас на месте.

2) Обезвоживание производится на простых круглосеточных машинах с сетчатым цилиндром и прессом (так называемые папочные машины) до 30—35% содержания воздушно-сухого вещества.

3) 4—7-процентную массу после сгустителей обезвоживают посредством шнек-пресса до 25—30% содержания абсолютно-сухой массы (см. также отдел целлюлозы, рис. 212).

1. Сгущение сильно разбавленной массы на сгустителях производится лишь там, где масса тотчас же перерабатывается в бумагу или картон. Концентрация массы устанавливается в зависимости от того, будет ли масса после сгустителей подаваться насосом, при котором содержание абсолютно-сухого волокна не должно превышать 3%¹⁾, или же будет доставляться в сборный бассейн над роллами; в этом последнем случае она может быть сгущена до 6—7%. Цилиндр обтягивается сеткой

¹⁾ В настоящее время имеются насосы, позволяющие производить перекачку древесной массы и при более высоких концентрациях чем 3%. Ред.

№ 55—70, смотря по тонкости волокна. Производительность сгустителя от 650 до 750 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. на 1 м² поверхности сита при сгущении от 3 до 6—7-процентной концентрации. Нажим снимающего массу вала, а также и его шабера, облегчается и регулируется с помощью пружин. Вал имеет в диаметре ~ 370 мм. Цилиндры применяют диаметром в 1250 мм с максимальной длиной 3000 мм; окружная скорость ~ 49—50 м/мин.; расход силы, примерно, от 2,5 до 3 л. с.

2. Папочные машины. Эти простые машины состоят из сборного бассейна с черпальным колесом, равномерно доставляющим массу в ванну

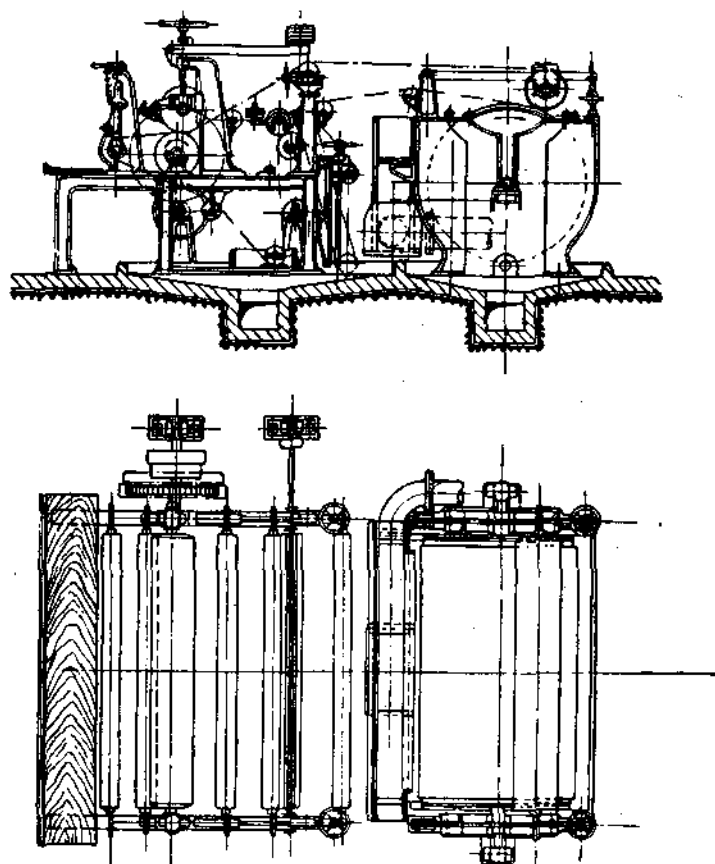


Рис. 150.

сетчатого цилиндра. В ванне находится обезвоживающий цилиндр со снимающим массу валом такого же устройства, как указано в п. 1. Пресс с 2 валами с приводом, ведущее сукно, валики сукна и стол дополняют устройство. Применение папочных машин производится следующими способами.

а) Из сгущенной массы готовятся сырые ролики с концентрацией в 30—35% воздушно-сухой массы (согласно рис. 150).

б) Машина (рис. 151) снабжается так называемым форматным валом, при чем масса снимается с этого вала шабером в форме пластов с 30—35% воздушной сухости, либо в виде свертков для хранения древесной массы, либо в виде картона; в этом случае последний должен

подвергнуться дальнейшей обработке (гидравлический пресс, сушильная камера и глазировка) для производства так называемого картона ручной выработки.

γ) Машина применяется и со снятым с сетчатого цилиндра сукном, при чем в этом случае цилиндр получает вращение от особого привода. Масса обезвоживается лишь одним собирающим валом до 6—7%, направляется посредством шабера в сборный бассейн, откуда поступает в роллы.

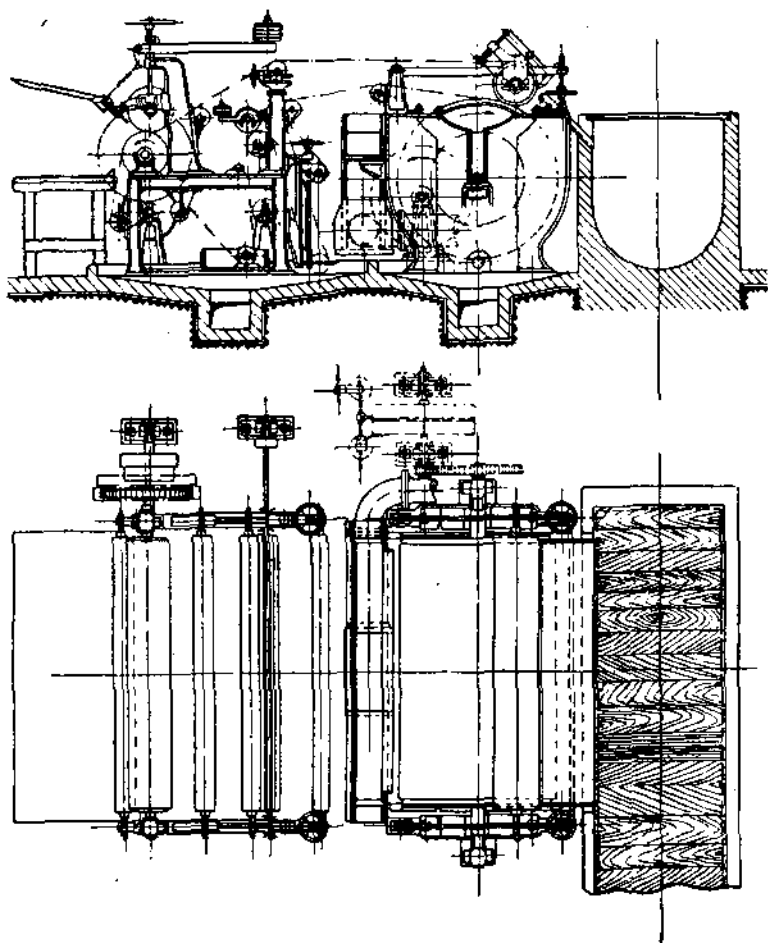


Рис. 151.

В больших древесно-массных производствах при бумажных фабриках применяются иногда машины, представляющие собой комбинацию сгустителя и папочной машины; благодаря этому избыточную массу можно получать в виде папки для хранения, — в тех случаях, если масса потребляется бумажной фабрикой в меньшем чем нормально количестве, или для лучшего использования источника силы (при водяной силе) в те периоды, когда оно может получаться в избытке.

Если папочные машины служат для обезвоживания древесной массы до 30—35% воздушной сухости для переработки ее в бумажном производстве, то производительность сетчатого цилиндра при окружной скорости $v=20-25$ м/мин. надо принимать на 20% меньше, чем было при-

ведено в п. 1, т.-е., примерно, от 500 до 600 кг в 24 ч. воздушно-сухой массы на 1 м² поверхности сетки.

При изготовлении на машине так называемого ручного картона производительность не столь высока, а именно: производительность в этих случаях составляет ~ 400 кг воздушно-сухой массы за 24 ч. на 1 м² поверхности сетки при сгущении от 0,3—0,4 до 33—35% воздушной сухости.

Машины для ручного картона имеют цилиндры от 800 до 1 250 мм диаметром и рабочую ширину, соответствующую формату картона, размер которого обычно бывает 70×100 см.

Производительность аппарата можно определять и другим способом, принимая, например, что 1 мм рабочей ширины дает 1 кг картона.

Расход силы на папочной машине с 1 прессом таков:

2 600 мм рабочей ширины . . .	~ 7 л. с.
2 000 " " " . . .	~ 5 " "
1 500 " " " . . .	~ 4 " "

3. Обезвоживание шнек-прессом. Новый способ обезвоживания древесной массы и приведения ее в удобную для производства форму состоит в следующем. Выходящая из сортировок масса сгущается сначала на сгустителях (рис. 149), примерно до 6—7% абсолютной сухости, после чего подается шнек-пресс (см. рис. 212), недавно сконструированный заводом Фойта специально для этой цели; в шнек-прессе масса отжимается до такой консистенции, что ее можно доставлять на место работы посредством пневматического устройства (рис. 247) или механических транспортеров, ленточных, ковшевых и т. п. При пневматическом способе подачи консистенция должна быть поставлена в связь с возможностью разогревания массы в длинном трубопроводе, при чем, если масса будет подаваться слишком высокой сухости, то она раздробляется, скомкивается, что затрудняет дальнейшую переработку ее. При 25—30% абсолютной сухости отжатой в прессе массы шнек-пресс работает экономично, и в то же время не возникает упомянутых затруднений в трубопроводе.

Такой способ работы для древесно-массных отделов, расположенных иногда в стороне от главного производства, следует считать чрезвычайно экономичным. Отходящая из шнек-пресса и содержащая волокно оборотная вода используется вновь для разбавления древесной массы и, таким образом, никакой потери волокна не имеется.

Расход силы шнек-пресса—от 5 до 8 л. с.

При продолжительном хранении или очень далекой пересылке приготовленную в виде картона древесную массу следует подвергать сушке. Изготовленный на кругло-сеточной машине картон с 30% абсолютной сухости отжимается в гидравлическом прессе до, примерно, 45—50% абсолютной сухости, после чего высушивается теплым воздухом в сушильной камере. Расход пара составляет ~ 1,5 кг на 1 кг древесной массы с абсолютной сухостью ~ 90%.

Расход воды на текущие процессы при производстве белой древесной массы чрезвычайно незначителен. Свежая вода вообще идет только на sprays папочных машин, чтобы сетка и сукно не засорялись волокном оборотной воды; считается, что на 1 м spraysовой трубки при диаметре 40—45 мм и отверстиях 1—1,5 мм, при давлении ~ 1 атм. абс. расходуется ~ 40 л воды в минуту.

Общий расход свежей воды, при хорошем использовании оборотной, составляет ~ 90—100 л на 1 кг воздушно-сухой массы.

Применение оборотной воды от папочных машин или сгустителей может производиться двумя способами:

1) Воду перекачивают в высокий отстойный бассейн (конический резервуар), откуда осветленная вода поступает в распылковые трубки дефибрерных камней, а содержащая волокно вода из нижней части конуса — на разбавление массы после дефибреров.

2) Обратная вода непосредственно качается в общий трубопровод и используется как для дефибреров, так и для разбавления массы после них.

Как указывалось выше, свойства древесной массы при больших скоростях бумажных машин имеют решающее значение для изготовления ротационной печатной и газетной бумаги.

Приводим следующее извлечение из сообщения инж. В. Талера (Гейденгейм на Бренце) о его поездке в 1925-1926 гг. в Америку о тамошних условиях работы:

„При скорости машин до 330 м/мин. требуется на дефибрирование дерева большой расход силы; кроме того, необходим непрерывный контроль качества массы от дефибреров и немедленное исправление свойств массы посредством изменения остроты камня; далее, для получения длинного и мягкого волокна ведется горячее истирание, масса сортируется через сита с крупными отверстиями (1,5—1,6 мм). Кроме контроля массы, расход силы, температура дефибрирования и прессовое давление регистрируются самопишущими аппаратами, и на основании этих диаграмм составляется полное представление о процессе производства. Насечка камня производится обдуванием, только после проверки пробы массы и преимущественно так называемыми спиральными шарошками; применяются последние всегда в хорошем состоянии. Естественные камни заботливо выдерживаются и перед одеванием искусственно высушиваются для повышения их прочности. Поверхности зажима камня между шайбами заполняются цементом; одетый на вал камень обтачивается перед постановкой его на дефибрер точно цилиндрически. Сортирование массы производится большей частью двухступенчатое, рафинеры применяются не всегда, и рафинерная масса употребляется только для оберточной бумаги. Сгущение массы производится на быстроходных глубоко погруженных в массу сгустителях с большими обернутыми сукном гауч-валами; масса получается 4—5% абсолютной сухости“.

д) Беление древесной массы

Для лучших бумаг, например, бумаги идущей на иллюстрации и т. п., желателен более светлый цвет древесной массы, чем присущий ей натуральный. Масса для таких бумаг отбеливается.

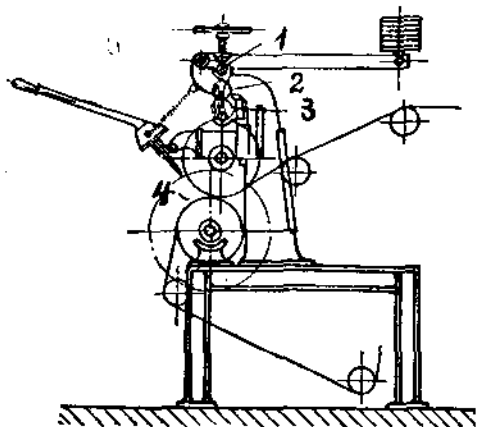


Рис. 152.

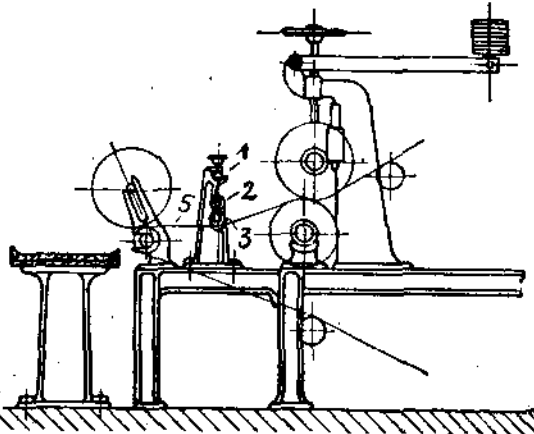


Рис. 153.

Беление производится по способу, наглядно представленному на рис. 152—153.

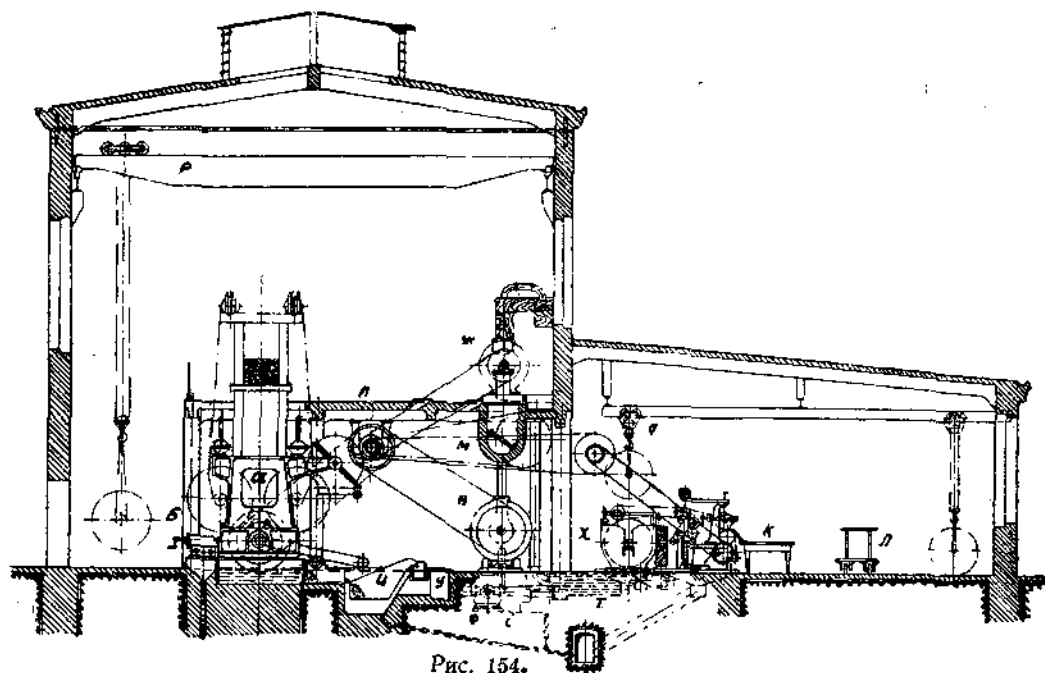


Рис. 154.

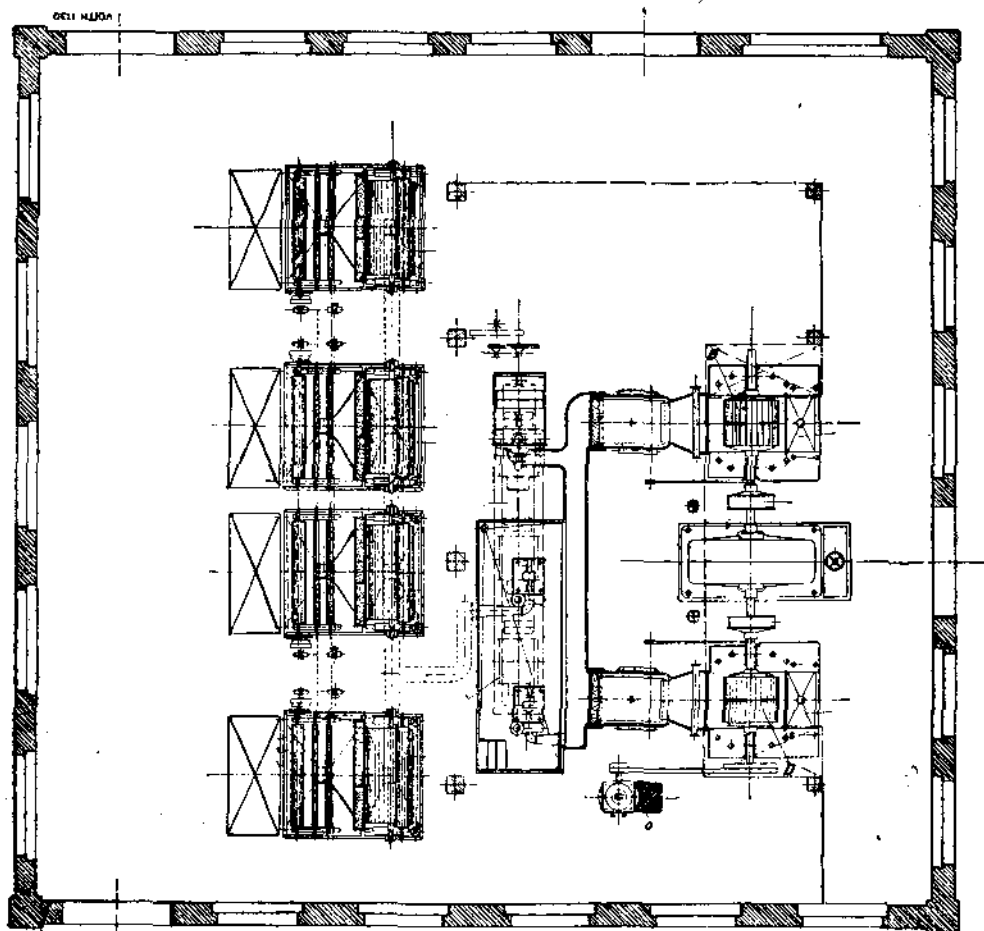


Рис. 155.

Из spryska 1 на обтянутые сукном маленькие распределительные валики 2 и 3 подается 8—10-процентный сульфитный раствор ¹⁾, откуда он равномерно распределяется по форматному валу 4 и далее по мокрому сукну 5, несущему массу, которая при этом отбеливается.

Установка современного древесно-массного производства с непрерывными дефибрерами сист. Фойта видна из рис. 154 и 155.

Два непрерывных дефибрера *a* с приборами для насечки камня *b* соединены с электромотором *e* эластичными муфтами *d*. Для сохранения постоянства числа оборотов мотора предусмотрен регулятор *o*. Выходящая из дефибреров сильно разбавленная древесная масса проходит через 2 щеполовки *c* и поступает по жолобу *u* в центробежный насос *f*, который поднимает ее к находящимся сверху тонким центробежным сортировкам *g*, стоящим на загрузочной площадке *p* дефибреров. Грубая масса из тонких сортировок стекает в немного ниже расположенный чан для рафинерной массы *m*, из него в рафинер *n*, а после рафинирования снова поступает в жолоб *u* и, следовательно, в общий поток массы. Готовая отсортированная древесная масса течет от тонких сортировок по трубопроводу в ванны сетчатых цилиндров папочных машин *h*, на которых она получается в листах на столах *k* и загружается на вагонетки *l*. Содержащая волокно оборотная вода из сетчатых цилиндров поступает по трубопроводу *t* в насос оборотной воды *i* и подается им для разбавления массы между дефибрерами и щеполовками. Сточная вода уходит в канал *s*. Смена сетчатых цилиндров производится с помощью подвижных кошек *q*, а смена дефибрерного камня с помощью крана *r*.

Б. Способ дефибрирования Энге

По патенту Энге (1915 г.) дерево сначала нагревается около 3 ч. в котле под относительно высоким давлением в 12 атм. до 130° и после этого дефибрируется. По этому способу получается крепкая белая древесная масса, из которой можно готовить бумагу без прибавления целлюлозы.

В. Изготовление древесной массы способом раздробления

При изыскании способов усовершенствования обычных методов истирания Раш-Кирхнером (Rasch-Kirchner) и другими производились опыты переработки дерева в древесную массу посредством различных устройств для механического раздробления (рубка, разбивание, разминание, растирание). Однако, все эти способы едва ли могут иметь значение, так как по своему строению получаемое таким образом волокно скорее всего можно отнести к грубой массе, между тем как расход силы лишь немного меньше, чем при изготовлении древесной массы, идущей теперь на изготовление бумаги.

Г. Бурая древесная масса

В 1885-1872 гг. в бумажном производстве стал известен метод изготовления бурой древесной массы; введен этот метод впервые бумажной фабрикой Фарзинер (Varsiner) и вскоре затем О. Мейем (O. Meyh) совместно с инженером Фольтером.

¹⁾ Для отбелки применяют либо раствор бисульфита натрия (NaHSO_3), либо варочную сульфитную кислоту.

Кроме отбелки на папочных машинах возможно производить в бегунах, в сщежах (в виде папки), в чанах с использованием оборотной (содержащей белигель) воды после отжатия отбеленной массы на шнек-прессах или других подобных устройствах. *Ред.*

Изготовление бурой массы протекает следующим образом. Посредством процесса пропаривания выделяются и экстрагируются из хвойного дерева смолы и пр. Таким путем можно с успехом переработать в бурую древесную массу неприменимую для белой древесной массы и часто сильно смолистую сосну, а также ель и пихту. Древесина сосны дает, однако, более короткое волокно и меньший выход, между тем как из елового дерева получается более гибкая масса и лучший выход.

а) Подготовка дерева

Подготовка дерева для производства бурой древесной массы значительно проще, чем это требуется для белой массы. Во многих случаях ограничиваются только предварительной окоркой баланса, длиной по размерам дефибреров: 0,5, 0,66 и реже 1 м, без дальнейшей очистки коры.

б) Пропарочные котлы

Котлы для бурой древесной массы по своей прочности должны удовлетворять не только применяемому в производстве давлению в 6 атм., но, помимо всего, материал для них должен быть выбран такой, который

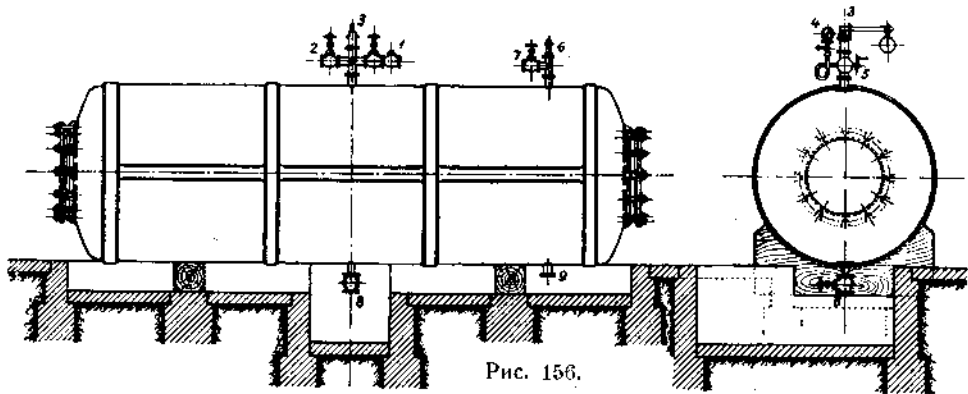


Рис. 156.

смог бы сопротивляться действию выделяющейся при пропарке дерева муравьиной кислоты. Взрывы котлов красноречиво свидетельствуют о том, что это последнее обстоятельство должно быть принято во внимание. Несмотря на то, что чугун довольно долгое время хорошо противостоит этой кислоте, все же для стенок пропарочного котла, всегда подвергающегося сильному охлаждению, следует предпочесть тягучее кованое железо с кислотоупорной медной обкладкой. Изготавливаемые с давних лет фирмой Шуман (Schumann) горизонтальные котлы из кованого железа, выложенные медью толщиной $\sim 3,5\text{--}4\text{ мм}$, достаточно себя оправдали.

Хорошо изолированный снаружи котел (рис. 156) снабжен на лобовых стенках лазами, через которые баланс доставляется в котел и удаляется из него. Необходимая арматура котла (целесообразно на одной крестовине): впускной паровой вентиль 1 с установленным перед ним обратным клапаном, предохранительный вентиль 3, манометр 4 с воздушным краном 5, водяной вентиль 2 и паровой штуцер 7 для впуска отработавшего пара из соседнего котла. Далее предусматриваются выпускной воздушный вентиль 6, выпускной вентиль в нижней части котла 8 и запасной штуцер 9. Штуцеры в верхней и нижней части котла имеют одинаковые диаметры, почему можно употребить ту же арматуру, если после долгого употребления котла его повернуть на 180° , в целях равномерного изнашивания внутренней медной обкладки.

Котлы из кованого железа можно также обмуровывать кислотоупорным кирпичом, однако, это очень уменьшает полезный объем котла.

Котлы изготавливаются диаметром от 1,5 до 2,5 м и длиной от 3 до 8 м. При диаметре в 2,5 м и длине—6 м объем котла ~ 30 м³, он вмещает ~ 22 ск. м баланса, а при диаметре 2 м и длине 5 м объем котла ~ 15 м³ и вместимость ~ 11 ск. м; таким образом, можно считать на 1 м³ полезного объема котла ~ 0,75 ск. м, при чем в последнее время предпочитают котлы больших размеров.

Вертикальный паровой котел

Иногда применяются и вертикальные котлы, строящиеся или из кованого железа со внутренней изолировкой или из чугуна. Аппараты этого типа чаще всего снабжаются поднимающимся на цепях решетчатым днищем, несущим баланс. По окончании процесса пропаривания это ложное днище вытягивается лебедкой вместе с балансом, и котел таким путем выгружается очень скоро и удобно.

В других устройствах такие вертикальные котлы имеют внизу большой люк, через который вываливается пропаренный баланс, при чем в некоторых случаях—в канал с текущей водой, которая не только очищает остатки коры, но и доставляет дерево к дефибрерам.

в) Процесс пропаривания

Пропаривание производится при давлении в 5—6 атм.; в зависимости от времени пропаривания масса приобретает различную окраску:

Время пропаривания в часах	Тон окраски массы
6	светлая,
8—10	средне-бурая,
14—47	темно-бурая.

Во время пропаривания от времени до времени—около 4 раз выпускаются получившиеся из дерева выделения и конденсат.

При наличии нескольких котлов остающийся в котле при окончании варки пар не выпускается на воздух, а направляется во вновь наполненный балансом котел, пока не установится равное давление. После этого на новую варку дается свежий пар 6 атм., который впускается постепенно, пока не будет достигнуто, приблизительно через час, полное давление; после этого подвод пара закрывается и процесс варки предоставляется самому себе. В следующие 4 часа конденсат выпускается каждый час, и давление постепенно понижается по истечении этого времени до примерно 2 атм. После этого пар перепускается во вновь подготовленный к варке котел—до уравнивания давлений, а остаток пара выпускается на воздух, так что в течение одного часа котел может быть открыт и разгружен. Отходящий из котла пар проводится еще через конденсатор для добывания терпентинового масла.

Время оборота котла из кованого железа с медной обкладкой, объемом примерно в 19,5—20 м, т.е. диаметром ~ 2,25 м и длиной ~ 5 м, при вместимости ~ 15 ск м баланса, складывается из следующих операций:

Время наполнения при 4 рабочих:	~ 1—1,5 ч.
„ поднятия давления до 6 атм.	~ 1—2 „
„ пропаривания	~ 4— „
„ разгрузки	~ 1—1,5 „
Всего	~ 7—9 ч.

В иных случаях в продолжение процесса пропаривания добавляют воду, именно тотчас по достижении ~ 1 атм. давления. После этого дерево

пропаривают ~ 3 ч., выпускают воду, и дальнейшие 5 ч. пропаривание ведется при давлении от 5 до 6 атм. Добавлением воды достигают лучшего разбухания дерева; вследствие этого получается масса, годная для переплетного и твердого картона, повышается также и производительность дефибреров. Естественно, что при этом способе работы оборот котла значительно удлиняется (не менее 12 ч.), повышается также расход пара.

Для быстрого заполнения котла последний соединяют со всасывающим трубопроводом диаметром ~ 150 мм освинцованного вентилятора, который протягивает через котел свежий воздух и удаляет последние остатки пара.

г) Расход пара при пропаривании

Расход пара, естественно, находится в большой зависимости от метода работы, качества изоляции котла и т. д. Измерения показали, что при котле без изоляции и нормальном пропаривании в течение 7—9 ч. с подъемом давления и закрытия его через час на 15 ск. м баланса потребовалось 1 320 кг пара в 6 атм., включая и потери в паропроводе. Выход воздушно-сухой массы из 1 ск. м баланса (сосна) составлял ~ 220 кг; следовательно,

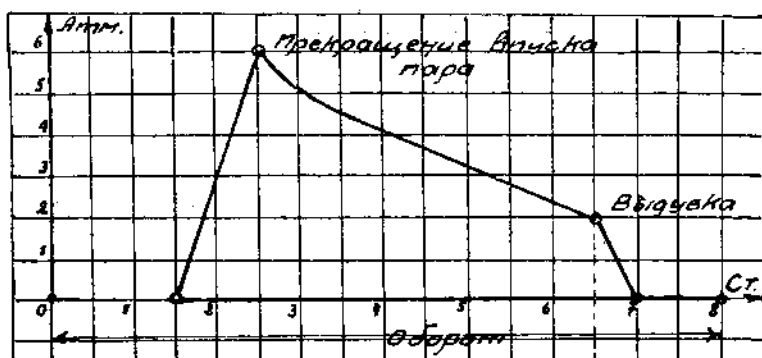


Рис. 157.

получалось всего 3 300 кг воздушно-сухой массы. Отсюда расход пара на 1 ск. м баланса составил 88 кг пара 6 атм. или, в пересчете на 1 кг воздушно-сухой массы ~ 0,4 кг пара 6 атм.

Теоретический подсчет расхода пара для котла приблизительно таких же размеров подтверждает эту величину; диаграмма варки приведена на рис. 157.

Расчет расхода пара для пропаривания дерева при изготовлении бурой древесной массы

При вычислении приняты следующие данные:

Внутренний диаметр котла	2,25 м
Длина котла	5,00 м
Объем нетто котла	20 м³
Толщина медной обкладки	0,004 м
„ железных стенок	0,011 „
„ изоляции из кизельгура	0,030 „
Вместимость баланса примерно (80% абсолютной сухости)	15 ск. м
Выход воздушно-сухой массы	3 300 кг
Давление пара максимальное	6 ат
t° пара максимальная	164°
t° помещения максимальная	20°
Начальная t° дерева	15°
Время подъема давления до 6 атм.	1 ч.

Здесь введены следующие обозначения:

ϑ_4 — средняя наружная t° изоляции $\sim 60^\circ$

t_2 — температура помещения 20°

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \cdot \sqrt{60-20} = 5,533 \text{ кал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{Ц.}$$

$c = 1,23$ (см. стр. 32)

$C = 6,03$ (см. стр. 29)

$$\alpha_2 = 5,533 + 1,23 \cdot 6,03 \cong 10,49 \text{ кал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{Ц}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{4000} + \frac{0,004}{830} + \frac{0,011}{50} + \frac{0,030}{0,15} + \frac{1}{10,49}}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{4000} + \frac{0,004}{830} + \frac{0,011}{50} + \frac{0,030}{0,15} + \frac{1}{10,49} =$$

$$= 0,00025 + 0,0000121 + 0,00022 + 0,2 + 0,09533 =$$

$$= 0,295812$$

$$k = 3,380 \text{ кал/м}^2 \text{ час } ^\circ\text{Ц.}$$

$$Q_2 = 3,38 \cdot 43,3 \cdot (90-20) \cdot 1 \cong 10250 \text{ кал.}$$

Вследствие неполной изоляции потери на лучеиспускание считаются выше на 10%, так что

$$Q_3 \cong 11500 \text{ кал.}$$

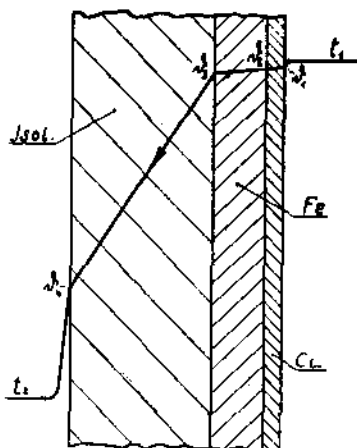


Рис. 158.

4) Расход тепла Q_4 на нагревание котла, обкладки и изоляции.

а) Расход тепла на нагревание медной обкладки:

Вес медной обкладки с прибавлением на заклепки . . . $\sim 1700 \text{ кг}$

Удельная теплота меди $\sim 0,094$

Высшая t° $\sim 164^\circ$

Низшая t° при заполнении и выгрузке $\sim 40^\circ$

$$Q_{Cu} = 1700 \cdot 0,094 \cdot (164 - 40)$$

$$Q_{Cu} = 19800 \text{ кал.}$$

в) Расход тепла на нагревание самого котла.

Вес котла с прибавлением на заклепки $\sim 4000 \text{ кг}$

Удельная теплота железа $\sim 0,115$

Высшая t° $\sim 164^\circ$

Низшая t° $\sim 40^\circ$

$$Q_{Fe} = 4000 \cdot 0,115 \cdot (164 - 40)$$

$$Q_{Fe} = 57000 \text{ кал.}$$

с) Расход тепла на нагревание изолирующего слоя.

Вес изолирующего слоя толщиной в 30 мм $\sim 1350 \text{ кг}$

Удельная теплота кизельгура $0,4$

Повышение t° в среднем на $\sim 70^\circ$

$$Q_k = 1350 \cdot 0,4 \cdot 70$$

$$Q_k = 37500 \text{ кал.}$$

Сопоставление расходов тепла дает следующую картину:

Нагревание дерева абсолютно сухого	Q_1	243 200 кал.
" воды в дереве	Q_2	178 800 »
" Всего содержимого варки		422 000 »
Потери на лучеиспускание	Q_3	11 500 »
Нагревание медной обкладки	Q_4	19 800 »
" железных стенок		57 000 »
" изолирующего слоя		37 800 »
Общий теоретический расход тепла	Q_5	548 100 кал.

Вычисление расхода пара

В распоряжении имеется насыщенный пар 6 атм. с общим теплосодержанием $i'' = 659,5$ кал. на 1 кг пара.

t° материала варки в начале	$\sim 15^\circ$
" " " конце	$\sim 164^\circ$

Следовательно, пар может быть использован до 164 кал. на 1 кг, и, таким образом, 1 кг пара отдает $659,5 - 164 = 495,5$ кал. Отсюда расхода пара за 1 оборот котла получаем:

$$548\,100 : 495,5 = 1\,106 \text{ кг насыщенного пара в 6 атм.}$$

Выход из котла содержит $\sim 3\,300$ кг воздушно-сухой бурой массы, и следовательно, расход пара на 1 кг воздушно-сухой бурой массы составит:

$$1\,106 : 3\,300 = 0,3352 \text{ кг пара 6 атм.}$$

Включая 10% на потери в трубопроводе и пр., для расхода пара на 1 кг воздушно-сухой бурой массы при изолированном котле получим $\sim 0,37$ кг пара 6 атм., против примерно 0,40 кг, полученных измерением при неизолированном котле.

Пересчет расхода пара на баланс дает на 1 ск. м баланса:

$1\,106 : 15 = 73,73$ кг в котле, следовательно, включая 10% на потерю в паропроводе и пр.:

$$73,73 : 0,90 = 82 \text{ кг в месте забора пара.}$$

Значения, дающие расход пара, относятся, как указано, к простому методу пропаривания без прибавления воды. В последнем случае расход пара незначительно повышается на нагревание добавленной воды.

д) Окорка пропаренного баланса

Вышедшее из котла дерево имеет на себе легко отделяющиеся куски коры.

Начиная приблизительно с 1898 г. в производствах бурой древесной массы стали применять особые корообдирочные барабаны из жолобчатого железа с диаметром от 2,5 до 2,7 м и шириной от 2,25 до 3,6 м. Обе лобовые стороны имеют сплошные стенки, а на окружности имеется люк для наполнения и удаления баланса, запираемого прочной железной решеткой.

Барабан наполняется пропаренным балансом, омываемым в барабане сильными струями воды через отверстия в оси; таким образом, благодаря трению баланса и действию воды отделяются последние остатки коры, проваливающиеся в щели и вымывающиеся из-под барабана. Если баланс короток — длина их не превышает 0,5 м, — то барабаны работают хорошо.

В Германии они употребляются реже, в Америке же по этому принципу производится окорка почти всех балансов — и для белой древесной массы, и для целлюлозы; барабаны применяются и в Скандинавии.

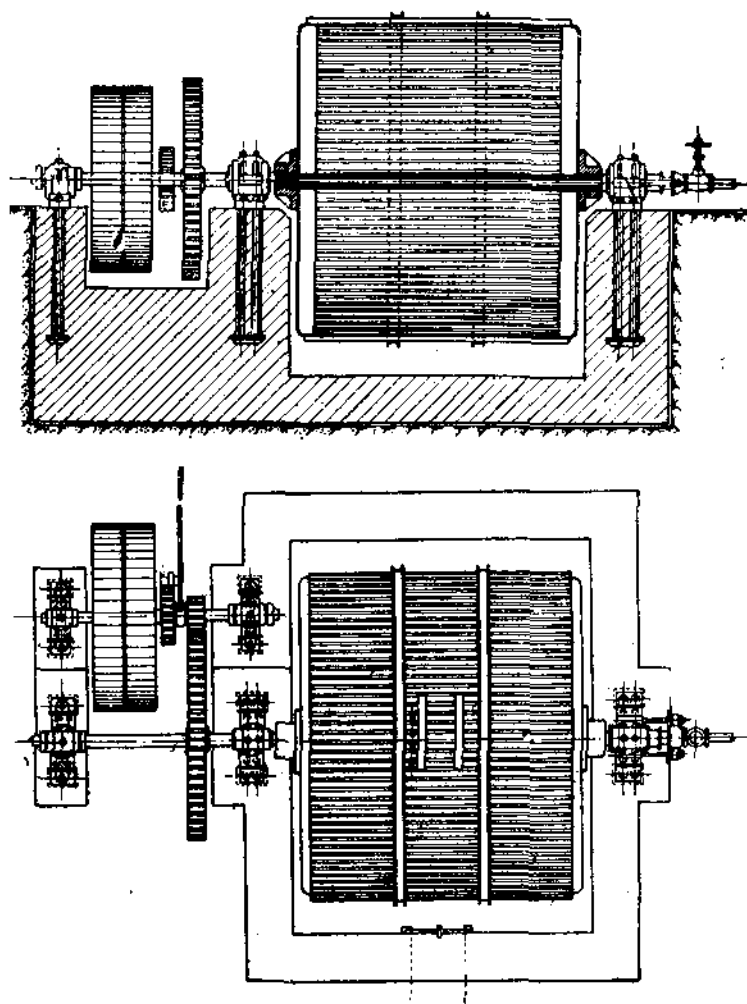


Рис. 159.

Этот способ работы имеет тот недостаток, что черточки, вследствие вращения в железном барабане, расщепляются на концах, что дает потерю в материале. Загруженный в барабан баланс очищается за 4 ч.

В барабане может вестись баланс:

при диаметре	2 500 мм	длина	2 250 м	7 пл.	м³
»	2 700	»	2 500	9	»
»	2 500	»	3 600	11	»
»	2 700	»	3 600	13	»

е) Дефибрирование пропаренного баланса

Пропаренный баланс истирается на обычных типов дефибрерах — механических, многопрессовых и непрерывных с шириной дефибрирования редко большею 0,5 м. Дефибрерные камни употребляются с зернистостью большей частью A_1 , иногда A_2 (камни Геркулес).

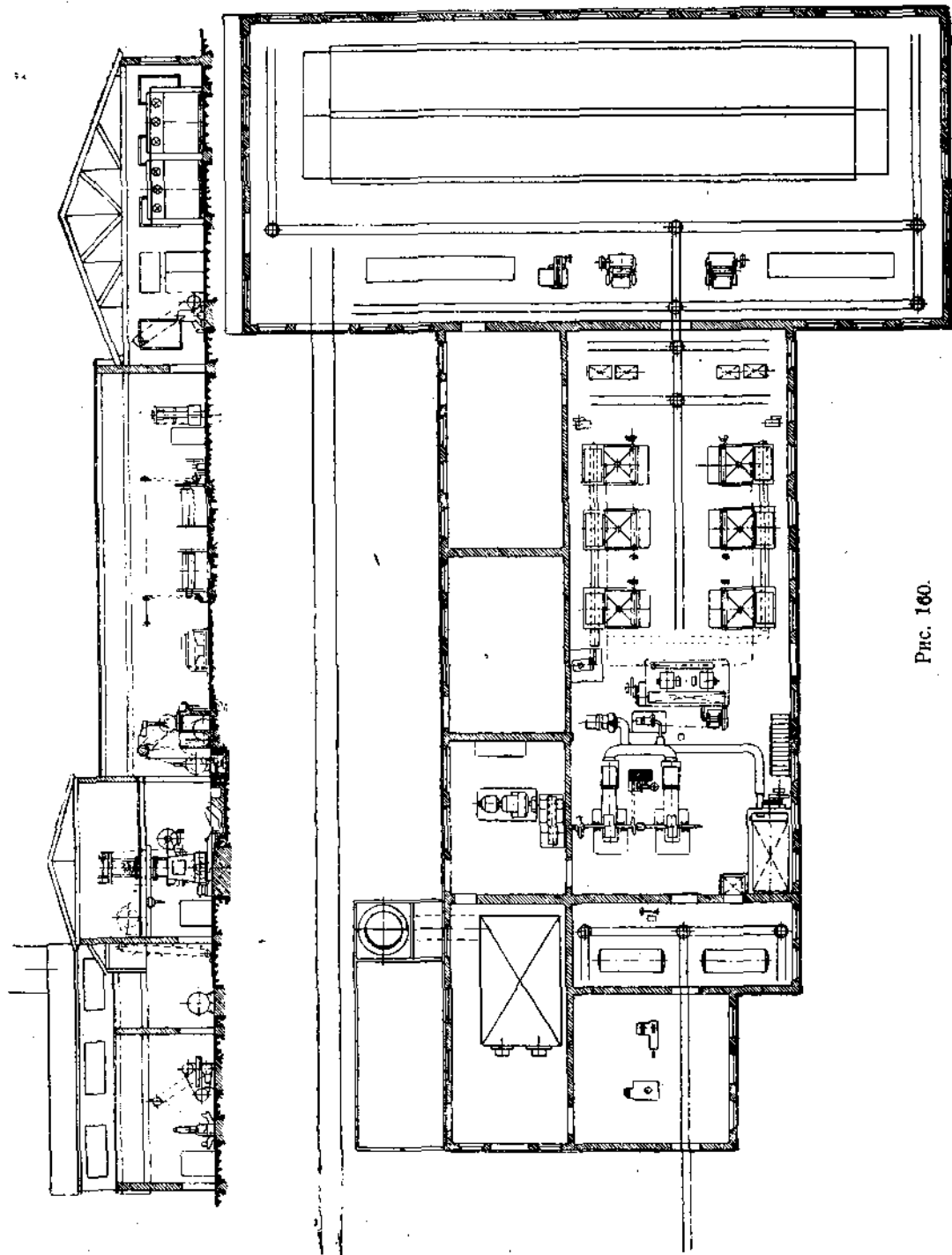


Рис. 160.

Способ истирания зависит от того, готовится ли бурая древесная масса для бумаги, картона ручной съемки или машинного картона. Масса для бумаги и ручного картона употребляется жирная (до 60° помола по аппарату Шоппер-Риглера), а для машинного картона более тощая $\sim 35^\circ$ помола, так как жирная масса трудно соединяется на многоцилиндровых машинах при выработке толстых листов, часто в 250 г/м^2 . Тонкие слои значительно легче формируются из жирной массы на форматном валу обыкновенных папочных машин.

При четырехпрессовом дефибрере с шириной истирания $0,5 \text{ м}$ концентрация выходящей из-под камня массы держится при $50^\circ \sim 40^\circ$ абсолютно-сухого вещества, тогда как при современных непрерывных дефибрерах такой же ширины концентрация составляет от 14 до 16% абсолютно-сухого вещества при $t^\circ \sim 70^\circ$. Непрерывный дефибрер по патенту Фойта перерабатывает в 24 ч. от 30 до 43 ск. м баланса и дает от $7\,000$ до $9\,000 \text{ кг}$ воздушно-сухой массы в 24 ч. ; расход силы при этом — $350 - 400 \text{ л. с.}$ Ширина пресса — 940 мм , подача баланса — свыше 40 мм/мин.^1

В то время как при обыкновенных дефибрерах надо считать собственно на дефибрование $\sim 5 \text{ л. с.}$ на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. , непрерывный дефибрер требует лишь $\sim 4 \text{ л. с.}$ на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч. и дает при этом не более 10% рафинерной массы от общего количества.

Шайбы камня, так же, как и свободные внутренние части вала камня, стягиваются медью, так как муравьиная кислота сильно действует на сталь.

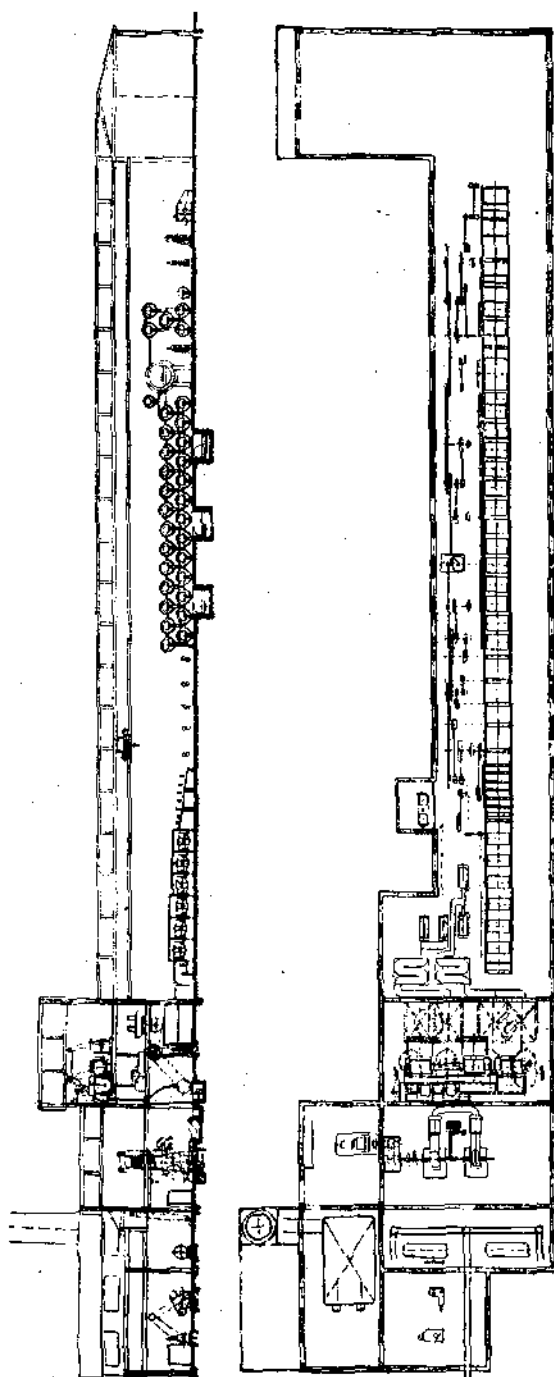


Рис. 161.

¹⁾ В настоящее время имеются как фойтовские, так и других сист. непрерывные дефибреры значительно больших моделей — с затратой силы до $1\,500 - 2\,000 \text{ л. с.}$ на один агрегат (ср., напр., „Производство полуфабр. и бумаги“, т. I, ч. III, стр. 58). Ред.

При производстве бурой древесной массы для разбавления ее после дефибреров в настоящее время по большей части применяется оборотная вода с частичным добавлением свежей.

Количество воды при производстве без оборотной воды достигает примерно 400—450 л свежей воды на 1 кг воздушно-сухой бурой массы, а при применении оборотной воды требуется ~ 180—800 л свежей воды на 1 кг воздушно-сухой бурой массы.

После выхода из дефибрера масса разбавляется до 0,4% содержания абсолютно-сухого волокна и затем освобождается от щепы на грубом медном сите с диаметром отверстий от 9 до 12 мм, после чего очищается в центробежных сортировках. Крыльчатки последних должны быть изготовлены из бронзы, а сита из меди с отверстиями от 2 до 3 мм или в последнее время для обыкновенного машинного картона, идущего для имитации кожи, со щелями в 2,5 мм шириной и 2,5 мм длиной.

Материальные и рафинерные насосы изнутри должны быть выложены бронзой. Отходящая из тонких сортировок грубая масса проходит через мешальный чан, насосы и соответственное число рафинеров, как и при белой древесной массе. Количество рафинерной массы:

- а) при обыкновенных дефибрерах: максимально 25%;
- в) „ непрерывных „ „ 10 % от общего количества массы.

Выход при выработке бурой древесной массы на 1 ск. м баланса:

- 1) из елового дерева примерно от 250 до 270 кг воздушно-сухой массы, т.е. ~ 62—65% от веса баланса;
- 2) из соснового дерева примерно от 215 до 225 кг воздушно-сухой массы, т.е. ~ 55—56% от веса баланса.

ж) Применение бурой древесной массы

Бурая древесная масса после окончательного сортирования, в зависимости от ее применения, обрабатывается различными способами. Главнейшие формы применения бурой массы следующие:

1) Переработка в собственной установке на бумагу или машинный картон. Готовая сортированная масса при этом обезвоживается на сгустителях.

2) Производство картона ручной съемки; массу после окончательного сортирования перерабатывают на папочных машинах.

3) Производство продажной массы; она получается также на папочных машинах. Способы обработки бурой древесной массы аналогичны тем, которые применяются к белой массе за некоторыми незначительными отличиями.

Нумера сеток обезвоживающих цилиндров применяются обычно — от 65 до 70.

Общий расход силы на производство бурой массы, включая и вспомогательные машины на 100 кг воздушно-сухой массы в 24 ч., таков:

- 1) при обыкновенных прессовых дефибрерах ~ 6 л. с.
- 2) при новых непрерывных дефибрерах ~ 4,5—5 л. с.

На рис. 160 и 161 представлены схемы фабрик бурого картона ручной съемки и машинного бурого картона.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Производство бумаги и ее машины.

	Стр.
Предисловие	3
Глава I.	
Сырые материалы и способы превращения их в полуфабрикаты	5
А. Сырые волокнистые материалы для производства бумаги	5
В. Способы приготовления полуфабрикатов из названных сырых материалов	5
Глава II.	
Приготовление тряпичной полумассы	6
А. Сухая очистка тряпья	8
1. Дрешер	8
2. Отпыловочные барабаны	11
Б. Сортировка тряпья	12
В. Резка тряпья	13
1. Тряпкорубка барабанной системы	13
2. Тряпкорубка с движущимися вверх и вниз ножами	14
3. Тряпкорубка с круглыми ножами	16
Г. Отпыловка тряпья	18
1. Отпылитель с сетчатым барабаном	18
2. Отпылитель с барабанами, снабженными билами	19
Д. Варка тряпья	20
Котлы	22
Расход пара на варку	26
✓ Е. Промывка тряпья	38
✓ Ж. Размол тряпья в полумассу	41
✓ Полумассный ролл	41
✓ З. Мокрая очистка тряпья после размола	51
И. Отбелка	52
Общие замечания относительно отбелки и белящих средств	52
1. Отбелка газообразным хлором	52
2. Отбелка раствором безильной извести	53
3. Отбелка жидким хлором	57
4. Приготовление хлора электрическим путем	59
Аппараты для отбелки полумассы	66
К. Окончательные операции заготовки тряпичной полумассы	71
1. Применение тряпичной полумассы для нужд собственного производства	71
2. Изготовление полумассы для продажи	73
Глава III.	
Оборудование заводов для выработки соломенной полумассы и целлюлозы	75
А. Варки соломы с известью для выработки желтой соломенной обертки и соломенного картона	75
а) Измельчение соломы	75
б) Варка соломенной сечки с известковым молоком	76
в) Дальнейшая переработка вареной соломы	79

	Стр.
Б. Оборудование заводов для выработки соломенной целлюлозы	83
Общие сведения	83
а) Солома	85
б) Резка соломы и ее предварительная сухая очистка	85
в) Ссыпка соломенной сечки в силосы над варочными котлами	90
г) Варка соломенной целлюлозы	91
д) Олораживание котла и промывка	99
е) Сортировка массы	106
ж) Сгущение	109
з) Отбелка соломенной целлюлозы	110
и) Окончательная обработка соломенной целлюлозы	111
к) Оборудование для получения варочных щелоков	114
л) Регенерация щелочей из отработанных щелоков	117
а) Оборудование выпарной станции	120
б) Регенерация сгущенного щелока в печах	133
В. Производство целлюлозы при помощи щелочи и хлора	141
Глава IV.	
Получение полумассы из эспарто и альфа	147
Глава V.	
Производство древесной массы	149
А. Белая древесная масса	149
а) Дерево как сырой материал	150
б) Окорка балансов	151
а) Ручная окорка баланса	151
б) Машинная окорка баланса	152
в) Дефибрирование	164
а) Дефибрерные камни	164
б) Способы дефибрирования	165
в) Развитие типов дефибрера	167
Устройство дефибреров	171
I. Малосильные дефибреры с механическим прессовым давлением	171
II. Многокисильные гидравлические прессовые дефибреры	173
III. Автоматические многокисильные дефибреры	184
а) Магазиновые дефибреры	184
б) Непрерывные дефибреры	187
Привод многокисильных дефибреров	191
Регулирование дефибреров	193
а) Различные сорта белой древесной массы	198
б) Сортирование древесной массы	201
г) Обезвоживание древесной массы	210
д) Беление древесной массы	214
Б. Способ дефибрирования Энге	216
В. Изготовление древесной массы способом раздробления	216
Г. Бурная древесная масса	216
а) Подготовка дерева	217
б) Пропарочные котлы	217
в) Процесс пропаривания	218
г) Расход пара при пропаривании	219
д) Окорка пропаренного баланса	222
е) Дефибрирование пропаренного баланса	224
ж) Применение бурой древесной массы	227