

Ф. МЮЛЛЕР

ПРОИЗВОДСТВО
БУМАГИ
И ЕГО
ОБОРУДОВАНИЕ

676
M98

Ф. МЮЛЛЕР

ДЕП 423/634
М. Васильев

ПРОИЗВОДСТВО БУМАГИ И ЕГО ОБОРУДОВАНИЕ

ТОМ I

ЧАСТЬ II

Перевод с немецкого
инж. С. М. ВИШНЕВСКОГО и Л. Д. БАКШТАНСКОГО

Под редакцией
инж. И. И. ХРАМЦОВА

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА



ГОСУДАРСТВЕННОЕ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

МОСКВА

1931

ЛЕНИНГРАД

1/282140

FRIEDRICH MÜLLER
DIE PAPIERFABRIKATION
UND DEREN MASCHINEN

I BAND

II TEIL

НС 1.

ОГИЗ № 1517/М.

Уполном. Главлита № Б—1553. Заказ № 1630. 1931 г. Кв. II. Тираж 5100 экз. 16 $\frac{1}{8}$ п. л.

8-я типография ОГИЗа РСФСР „Красный Печатник“. Ленинград, Международный пр., 75а.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В дореволюционной России книг по бумажному производству на русском языке, которые давали бы возможность почерпнуть из них основательные знания, не было. Широкого спроса на руководства по бумажной промышленности не могло быть, так как руководящий технический персонал, как правило, владел иностранными языками, средний и низший персонал и рабочие являлись лишь исполнителями и творческая инициатива массы трудящихся не использовалась. В настоящее время положение резко изменилось. Творческая инициатива массы трудящихся получила необычайный размах. Необходимость возможно полного использования производительных сил нашей страны и, в связи с этим, крайне острая потребность в квалифицированных кадрах заставляют остро чувствовать отсутствие на русском языке основных руководств по бумажному и полубумажным производствам.

Управлять операциями и процессами производства — „управлять — значит предвидеть“ — немислимо без знаний и знаний основательных.

Выпуском II-ой части 1-го тома книги проф. Мюллера „Производство и его оборудование“ бумажная промышленность обогащается ценным пособием в области изучения оборудования и процесса обработки древесины с ее многообразными органическими составными частями. На ряду со сложностью технологических процессов производства и очень крупными единицами производственного оборудования, бумажная промышленность является потребителем исключительно больших количеств механической энергии: мощность силовых установок современных крупных бумажных фабрик определяется десятками тысяч киловатт.

Книга проф. Мюллера в ряде аналогичных (очень немногочисленных) руководств обладает положительными особенностями в том отношении, что, на ряду с описанием технологических процессов — правда, не затрагивая основ химизма их, — она дает достаточно подробные описания аппаратуры и конструктивных особенностей механического оборудования бумажных фабрик. Эта сторона бумажного производства, как известно, весьма слабо освещена в имеющейся специальной литературе.

Основательное знание автором предмета как практически, так и теоретически, широкий охват всех стадий производства, богато иллюстрированный текст и, в особенности, практический по преимуществу характер содержания книги делают ее совершенно необходимой и для студента, и для молодого инженера и для опытного квалифицированного практика-бумажника. Для последнего книга проф. Мюллера в особенности ценна тем, что теоретическая часть содержания, например: теплотехнические и технологические расчеты даются автором не в виде отвлеченных формул, а в виде насыщенных примерами из практики числовых подсчетов.

Благодаря этому книга проф. Мюллера имеет все основания служить настоящей книгой в повседневной фабричной жизни технического персонала фабрик.

На ряду с этим труд проф. Мюллера имеет некоторые отрицательные характерные особенности, определяющиеся тем, что автор почти исключительно имеет в виду германскую технику бумажного производства и его оборудования.

Очень большие успехи и, нередко, своеобразные направления развития техники бумажного производства Скандинавии и, в особенности, Америки, не нашли должного отражения в хорошей книге проф. Мюллера.

Редактор счел необходимым дать в переводе несколько примеров, иллюстрирующих особенности развития техники бумажного производства в указанных странах. В качестве примера более производительной единицы оборудования при меньших размерах приведена дроворубка американской конструкции. Кратко описанный, широко распространенный в Америке, корообдирочный барабан является примером механизма для очистки дерева от коры, построенного на другом принципе, чем обычные для Европы ножевые корообдирки.

В отделе, трактующем формы варочных котлов, добавлена таблица, характеризующая своеобразное направление в развитии формы варочных котлов в Америке.

Наконец в отделе „сульфатная целлюлоза“ добавлены две схемы: подробная принципиальная схема производства современного сульфатного завода и коммуникационная схема такого завода. Отсутствие подобных схем (в особенности при крайней сжатости описания сульфат-целлюлозного производства в книге проф. Мюллера) крайне затрудняет не только для молодых инженеров, но нередко и для опытных практиков, усвоение подробной схемы производства и в особенности сложной коммуникации сульфат-целлюлозных заводов.

Важнейшая проблема бумажной промышленности—„Утилизация сульфитных щелоков“—закрывающих в себе количество органических веществ, равное по весу количеству получаемой в производстве из дерева целлюлозы—затронута автором лишь весьма бегло.

Желающим ближе ознакомиться с этой важной проблемой необходимо обратиться к специальным источникам, трактующим этот предмет.

Текст, отмеченный звездочками, вставлен редактором.

И. Храмцов.

г. Ленинград.

ГЛАВА VI

Производство натронной или сульфатной древесной целлюлозы

А. Общие сведения

В 1854 г. француз Меллье (Mellier) впервые получил целлюлозу путем воздействия на солому натронной щелочи под давлением пара. Аналогичные опыты с древесиной проделал в 1857 году Хаугтон (Houghton) в Англии.

В 1865—66 гг. были оборудованы первые крупные установки для изготовления древесной целлюлозы по натронно-щелочному способу.

В Германии первое натронно-целлюлозное предприятие было основано в 1871/72 г. Максом Дрессель (Max Dressel) в Дальбке.

Этот, так называемый, содовый или натронный способ держался до 1884 г., когда инженер Даль (Dahl) взял патент на применение сульфата. С этого времени сульфатный метод совершенно вытеснил, особенно при производстве древесной целлюлозы, работу по чисто натронному способу, но часто еще и в настоящее время древесную целлюлозу, изготовленную по сульфатному способу, обозначают термином «натронная целлюлоза».

Схема производства изображена на рис. 162.

При применении сульфатного метода для получения целлюлозы из древесины пользуются, как и при соломе, варочным щелоком, который, кроме едкой щелочи (NaOH), одновременно содержит и большое количество сернистого натра (Na_2S), получающегося при разложении сульфата (Na_2SO_4) в процессе плавления при регенерации щелоков. Однако в этом случае щелок употребляется более крепкий, чем при производстве соломенной целлюлозы, а именно: требуется около 18—20% NaOH по отношению к весу древесины для крафт-целлюлозы и до 25—30% для целлюлозы, поддающейся отбелке.

Тщательные исследования ¹⁾ подтвердили уже прежде сделанные наблюдения, что при сульфатном способе выход целлюлозы на 10—12% выше, чем при чисто натронном, и что волокно получается более крепкое.

В зависимости от характера варки волокно становится более мягким или более жестким.

Бумаги, сделанные из натронной или сульфатной целлюлозы, бывают более пухлыми, чем бумаги из сульфитной целлюлозы.

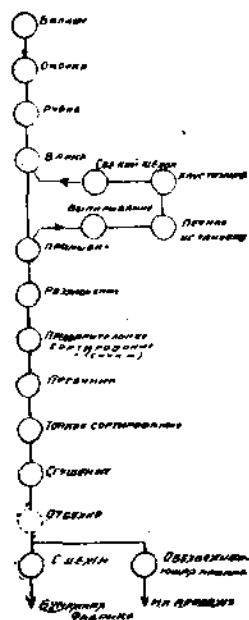


Рис. 162.

¹⁾ Исследования по химии процесса варки натронной целлюлозы Эрика Хегглюнд (Erik Häggglund) в «Pappers och trävaru-tidskrift för Finland» 13, 14 (361) 1925 (см. «Papier-Fabrikant», 1925, 41, стр. 660).

Для получения твердой и крепкой массы применяют давление пара до 9 атм. (173°C)¹⁾, достигаемое уже через 1—2 часа, в то время как для мягкой массы давление медленно доводят до этого же максимума и затем варят целлюлозу еще только в течение 1—1¼ часа. Применение слабого варочного щелока, смешанного со значительным количеством отработанного щелока, дает так называемую крафт-целлюлозу, которая не может быть отбелена, в то время как при употреблении большего количества свежего и крепкого щелока получается хорошо белящаяся целлюлоза.

При применении щелочных варочных щелоков может перерабатываться, кроме еловой древесины, также и более смолистая сосновая. Это является в известной степени преимуществом сульфатного способа в сравнении с позднее найденным сульфитным.

Но все же сульфитная целлюлоза занимает несравненно более значительное место в бумажной промышленности, чем сульфатная.

Объясняется это обстоятельство не только тем, что при сульфатном способе выход целлюлозы бывает значительно меньше, чем при применении бисульфит-кальциевого щелока, но также тем, что самый характер производственных процессов в первом случае часто создает затруднения.

Б. Древесина как сырье

При целлюлозном производстве — в противоположность древесно-массному — дерево должно быть возможно более сухим и притом равномерно сухим, чтобы в процессе варки вся щепка обрабатывалась равномерно.

Равномерная сухость древесины может быть достигнута только искусственным путем, например посредством сушки щепы горячим воздухом, что, однако, до сих пор делалось лишь в исключительных случаях.

Вес елового баланса составляет:

1 м³ пл. = 1 м³ плотной древесины $\cong$ 525 до 530 кг при 80% абс. сух. вещества.

1 м³ пл. = 1 м³ складочной $\cong$ 0,75 м³ пл., $\cong$ 400 кг при 80% абс. сух. вещества.

1 м³ пл. = 1 м³ абс. сух. $\cong$ 453 кг.

1 м³ влажного дерева при 80% абс. сух. вещества занимает в совершенно высушенном состоянии 0,92% своего первоначального объема²⁾.

Для обеспечения снабжения при большой потребности в древесине (балансах) и для сортировки последних, в зависимости от их качества, при каждом целлюлозном заводе так же, как при древесно-массных заводах, устраиваются большие склады балансы — лесные биржи (рис. 96 ч. I т. I).

В Германии на переработку поступают большей частью балансы 2-метровой длины.

В. Окорка балансы

Стволы разрезаются помощью пил на чураки, длиной около 2 м; с лесной биржи балансы подаются в корообдирочное отделение, оборудованное так же, как и на древесно-массных заводах.

Окорка производится как вручную, так и при помощи корообдирочных машин; последние применяются, главным образом, для окоривания длинных чураков (см. древесно-массное производство).

¹⁾ В дальнейшем температура везде дается в градусах Цельсия.

²⁾ См. R. Sieber. «Теплотехническая сторона процесса варки сульфитной целлюлозы», стр. 4, изд. НТС бумиром, 1926 г.

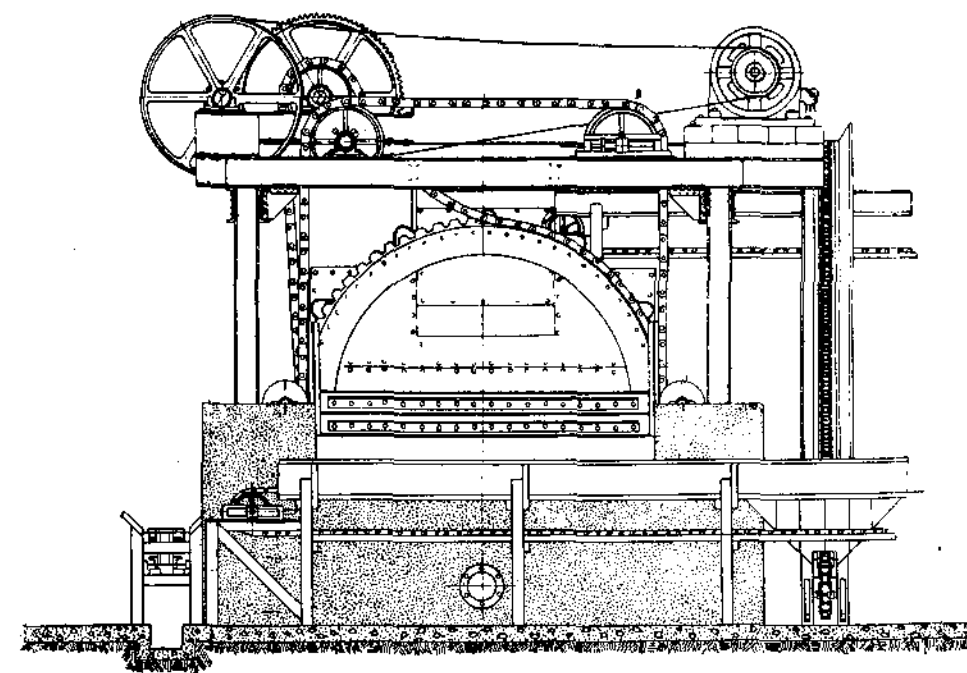
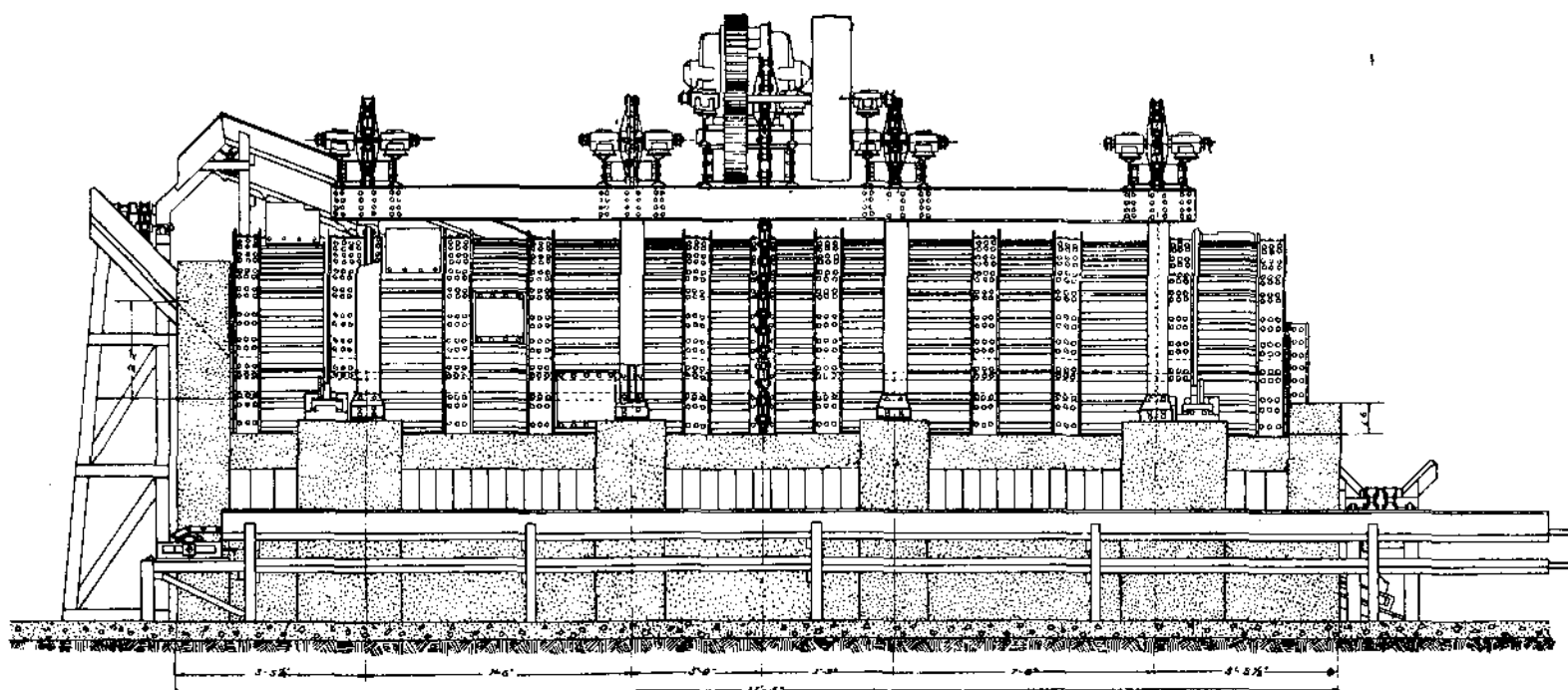
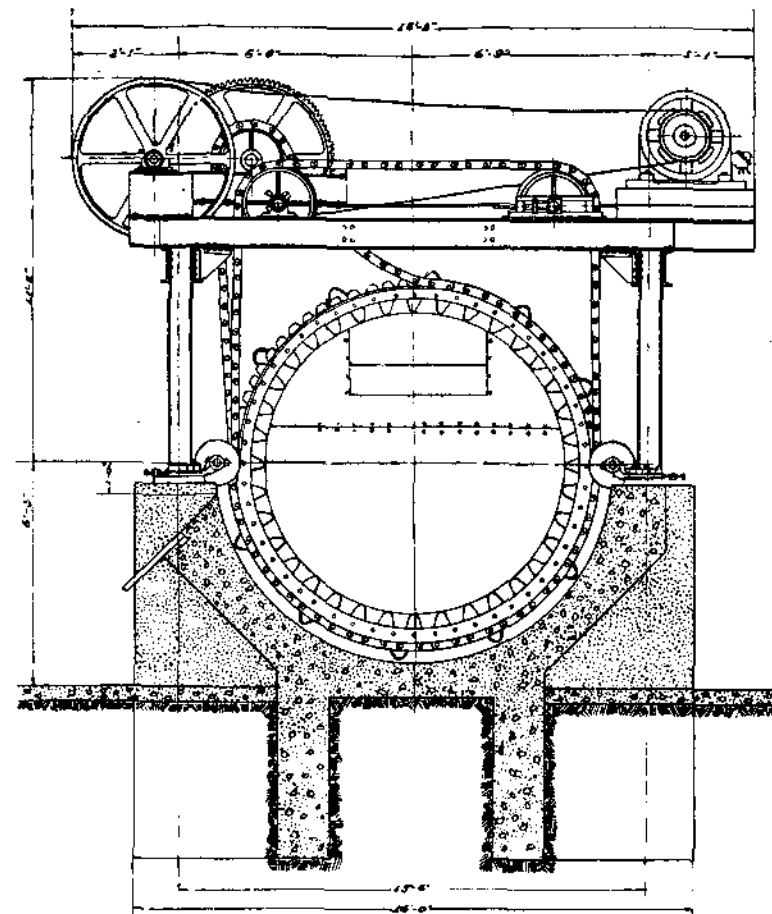
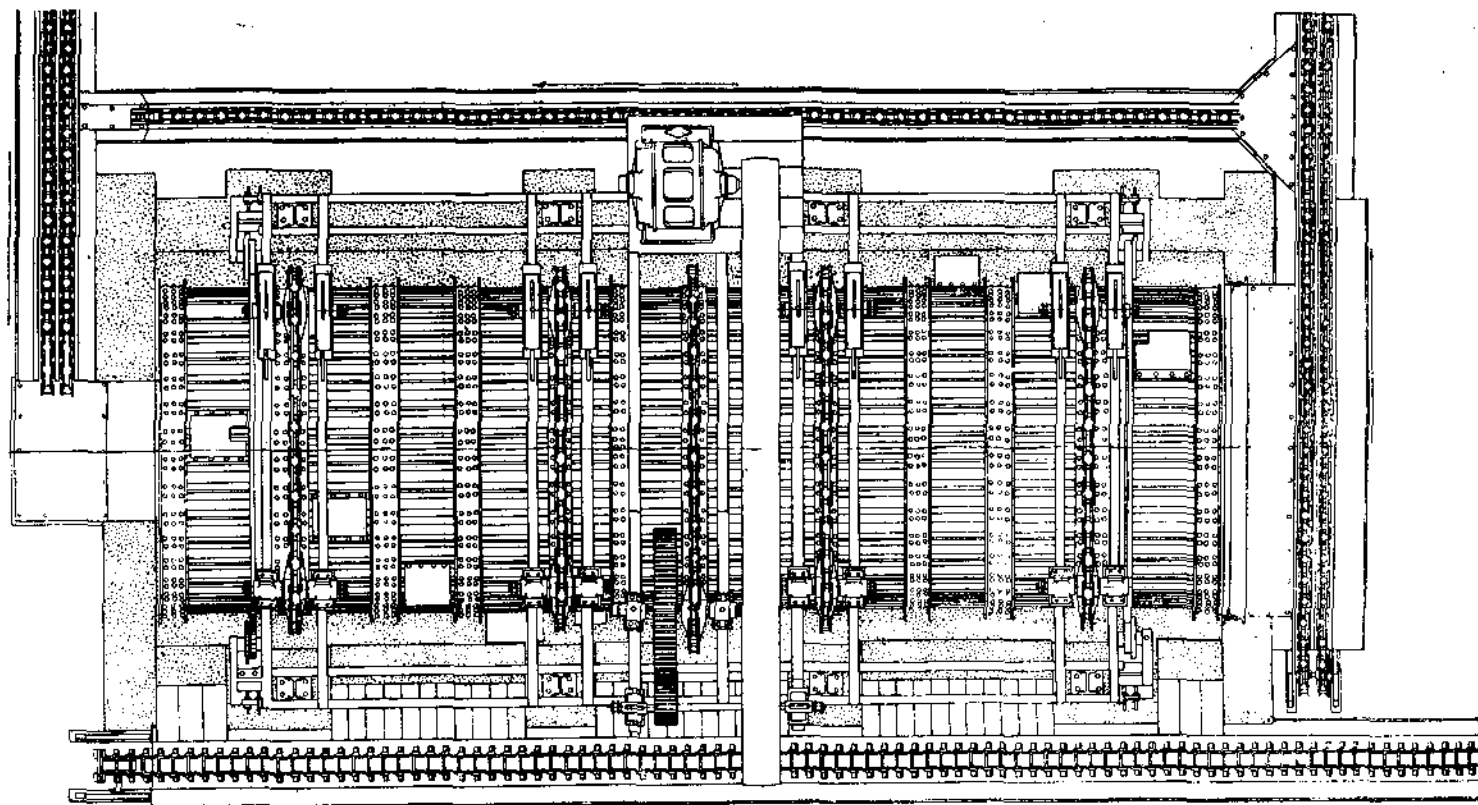


Рис. 162а.

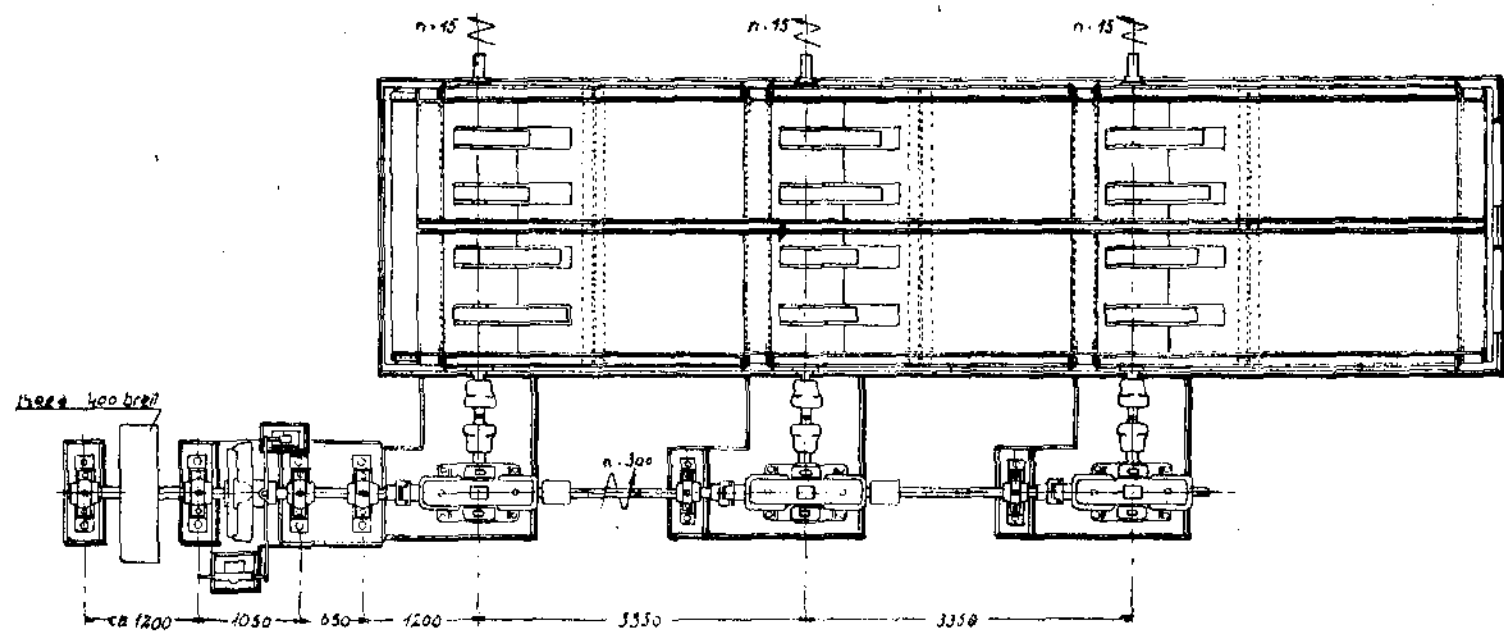
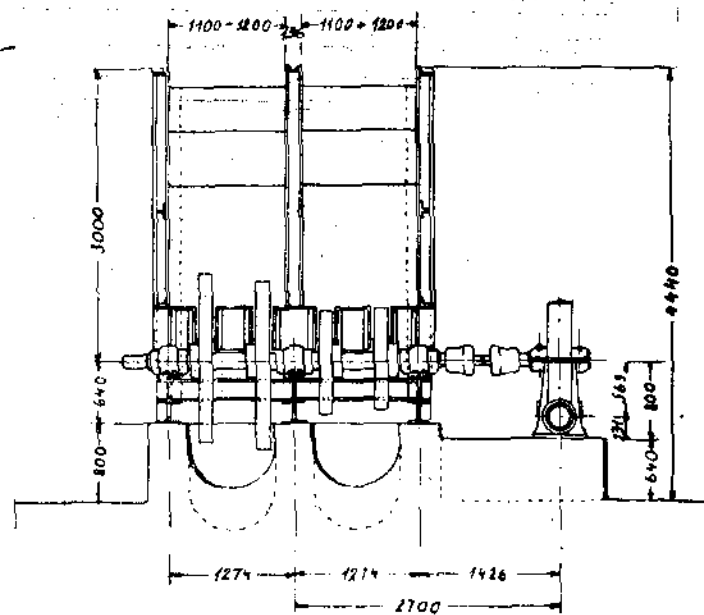
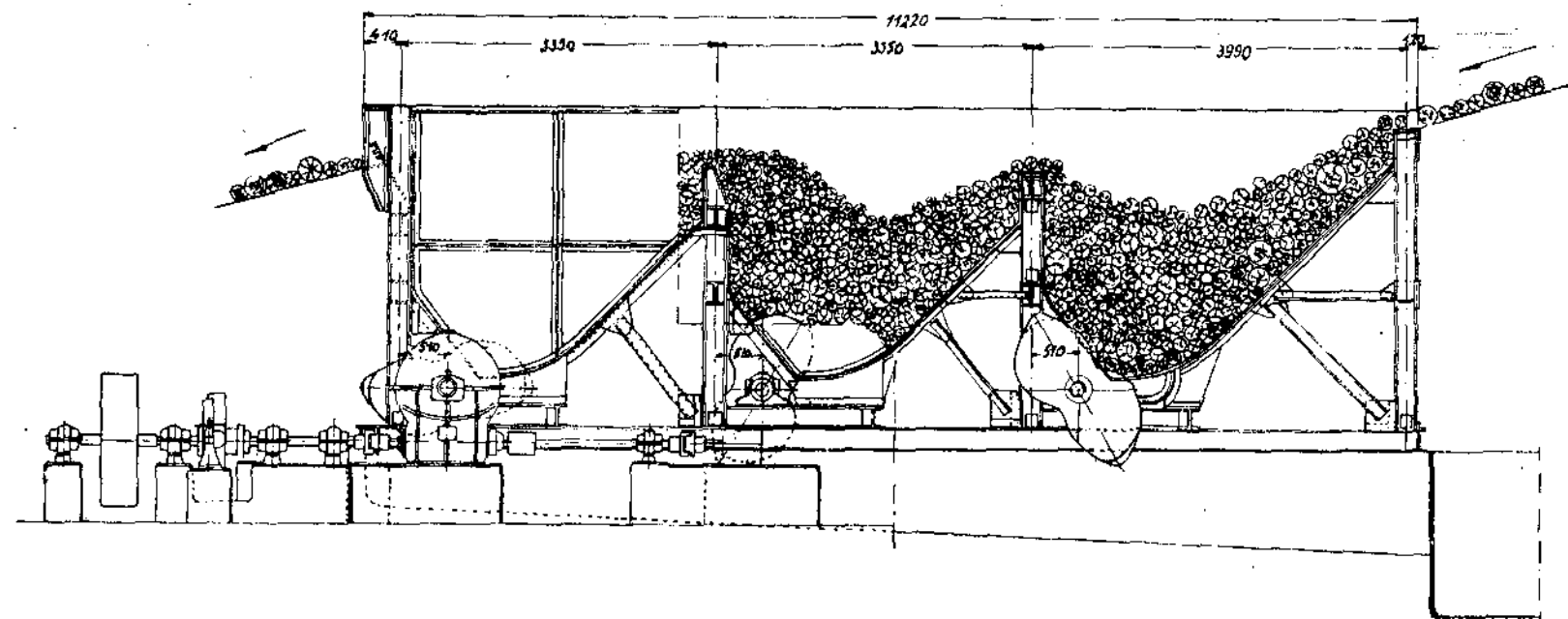


Рис. 1626.

* Для подготовки дерева, в отношении очистки его от коры, в современных крупных предприятиях, кроме описанных в части, касающейся древесно-массного производства, ножевых корообдирочных машин все более начинают входить в употребление короудаляющие машины, работающие по принципу взаимного трения балансов друг о друга.

Конструктивное разрешение этой идеи осуществляется или путем применения корообдирочных барабанов или же корообдирок системы Торне. В американской практике на большинстве крупных предприятий, вырабатывающих бумаги, не требующие особенно чисто окоренного баланса (газетные и т. п. бумаги) барабанная окорка очень распространена и применяется почти всюду. Корообдирочный барабан показан на рис. 162 а. Конструктивное исполнение самого барабана делается очень мощным.

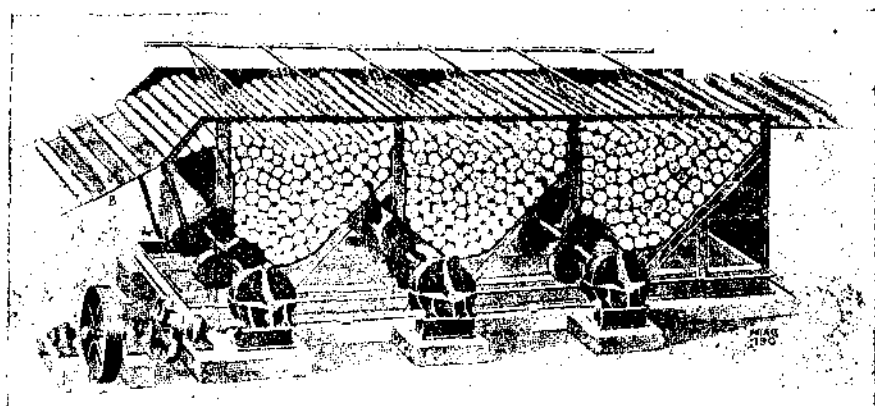


Рис. 162 б.

Обычно барабаны строятся диаметром 9'—12' или 3000—4000 мм. Длина отдельных секций барабана делается по 10'—15'. Вся длина барабана соответствует числу соединенных вместе секций (2—4). Барабаны помещаются в соответствующих размеров железобетонные ванны, служащие одновременно и фундаментами для барабана, его приводных механизмов, равно как и удаляющих кору транспортеров.

Характерные данные для корообдирочных барабанов представлены в нижеследующей таблице ¹⁾.

Диаметр	Число секций барабана	Общая длина барабанов	Число оборотов в мин.	Потребная мощность л. с.	Производит. барабана в м ³ ок.
10' 3 050	3	9 150	7—8	75	35—45
10' 3 050	4	12 200	7—8	100	45—60
10' 3 660	3	13 725	7—8	125	60—75
15' 3 660	4	18 000	7—8	150	75—100

При вращении барабаны опираются на ролики или непосредственно подвешиваются на вращающих барабаны цепях типа Галля ²⁾.

¹⁾ Сравнение результатов работы барабанов и корообдирочных машин см. «The Paper Industry», декабрь, 1923 г.

²⁾ См. также Alfthou. — Über Schältrömmeln, W. f. P. 1912. № 12.

Вторым типом корообдирочной машины, работающей по тому же принципу взаимного трения балансов между собой, является корообдирка системы Торне (рис. 162б и 162в).

Машина Торне состоит из трех вместе расположенных камер с железными стенками. Внизу каждой камеры в проемах днища вращаются на валу мощные толкатели, при помощи которых балансы приходят частью в колебательное, частью во вращательное движение, благодаря чему и очищаются от коры. По мере поступления свежего баланса, очищенный баланс передается движением толкателей из первой камеры во вторую, далее в третью и затем в очищенном от коры виде выходит из машины. Кора сваливается в устроенный под машиною лоток или транспортер.

Валы толкачей делают 15 оборотов в минуту.

Машины строятся для балансов длиной как в 1, так и в 2 м. Благодаря своеобразному и более упорядоченному движению баланса в корообдирке Торне потери древесины при окорке на этих машинах менее, чем при барабанной окорке на 2—3%; сравнительно же с потерей древесины на ножевых корообдирках экономия в древесине составляет 7—8%. Однако при очистке дерева от коры как в корообдирочных барабанах, так и в корообдирках Торне баланс получается менее тщательно очищенным от коры и благодаря этому применение этих машин более целесообразно при невысоких сортах целлюлозы и бумаги.

Более подробные данные о корообдирочных машинах системы Торне приведены автором в III томе немецкого оригинала¹⁾. *

Для производства сульфатной целлюлозы, особенно крафт-целлюлозы большей частью употребляется грубо окоренный баланс. В северных странах весьма часто перерабатывают отходы древесины с лесопильных заводов; из этих обрезков обычно варят менее ценную целлюлозу.

Г. Размельчение дерева и сортировка

При изготовлении целлюлозы необходимо, чтобы древесина возможно лучше соприкасалась с варочным щелоком; при условии, однако, чтобы древесные волокна при этом оставались неповрежденными. С этой целью после окорки производится специальное измельчение баланса в щепу, годную для варки целлюлозы.

Очищенный от коры баланс рубится в щепу, толщиной 25—30 мм; делается это почти исключительно помощью аппарата, представляющего вращающийся массивный диск с сидящими на нем острыми ножами, обрубавшими лобовую часть — торец чурака. Для уменьшения потери волокна, а также для экономии энергии при рубке часто очень толстых чураков, срез ножами производится под известным углом к оси ствола (рис. 163). После рубки следует еще производить измельчение крупных обрубков в маленькие куски от 20 до 30 мм в квадрате в специальных измельчителях, так называемых дезинтеграторах; измельченная в щепу древесина подвергается сортированию.

а) Рубильные машины (дроворубки)

В последнее время установка дроворубок производится таким образом, чтобы длинные чураки, подаваемые с корообдирочных машин помощью ленточных или цепных транспортеров, загружались в дроворубки автоматически.

¹⁾ См. также W. Niethammer — Die Thorne Entrindungs-maschine, W. f. P. 1929. № 25. Thorne Schälmaschine, P. F. 1929. № 39. «Бумажная промышленность», № 11. 1930.

Рубка баланса является весьма важным процессом предварительной обработки дерева, почему в настоящее время устройству дроворубок уделяется со стороны конструкторов очень много внимания. Потребная мощность этих аппаратов на больших установках достигает 60 л. с. и более.

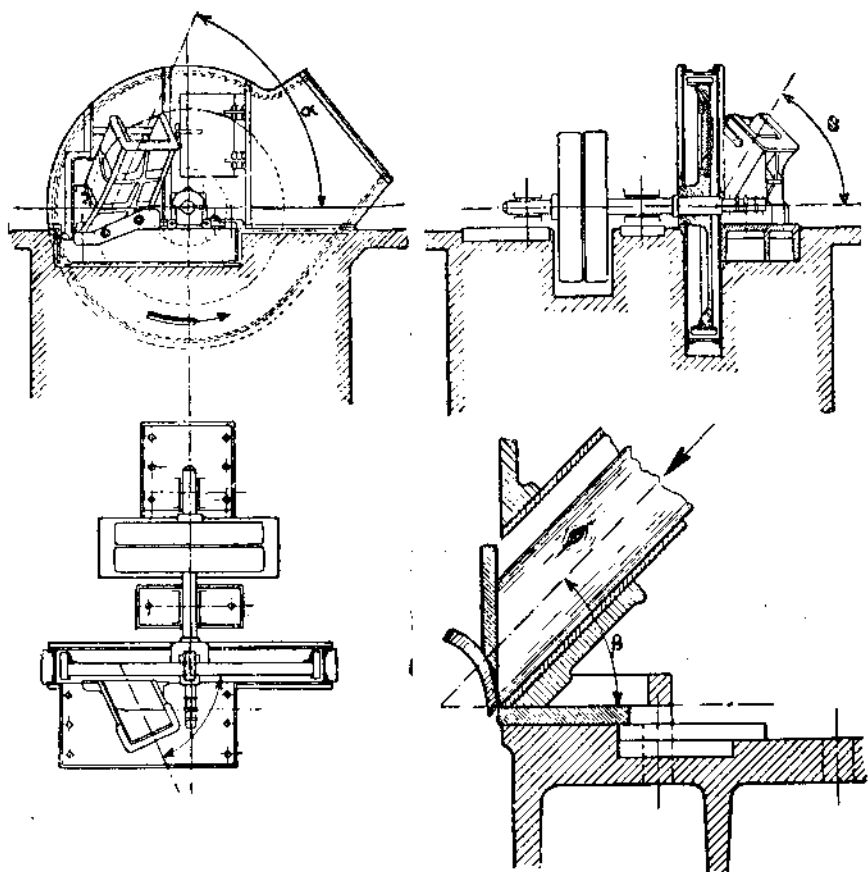


Рис. 163.

Дроворубочные машины подвергаются сильным ударам и должны измельчать с наибольшим производственным эффектом толстые чурaki, давая гладкий и равномерный обрез. Дроворубки строятся с одним, реже с двумя, дисками, которые обыкновенно снабжаются 3 ножами.

Обычная прежде окружная скорость ножевого диска около 12,5 м/сек. возрасла в современных машинах до 26 м/сек., при одновременном увеличении веса рубильных дисков, а также увеличении диаметра последних с 2350 мм до 2800 мм.

Дроворубка старого образца имеет диск диаметром 2350 мм, снабженный 2 ножами. При числе оборотов $n = 100$ в мин. эта машина может измельчить от 16 до 18 м³ древесины в час при потребной мощности в 23—25 л. с. Аналогичная вдвоенная машина, снабженная 2 рубильными дисками, каждый диаметром в 2350 мм, измельчает 32—35 м³ дерева при потребной мощности около 46 л. с.

* Потребляемые дроворубками мощности указаны автором чрезвычайно низкими. Современные дроворубки Фойта строятся при тех же размерах дисков 2500—2800 мм, для наибольшей толщины балансов соответственно.

450—550 мм. Потребная мощность при нормальном числе оборотов диска в минуту около 200—225 указывается Фойтом 60—124 л. с. В действительности же колеблется в пределах 75—150 л. с.

Потребная мощность в очень значительной степени зависит от правильно выбранного и хорошо при эксплуатации дроворубки сохраняемого, своевременной заточки, угла резания ножей дроворубки. Нормальные углы резания показаны на (рис. 163 а). Поддержание правильного угла резания ножей дроворубки является очень важным, и на это в эксплуатации следует обращать серьезное внимание. *

Новейшие дроворубки солидной конструкции системы Фойт (рис. 163) строятся с очень тяжелыми дисками, диаметром от 2500 до 2800 мм, с 3 ножами. При маховике диаметром 2500 мм с 3 ножами и числом оборотов $n = 200$ в мин. при диаметре баланса в 20 см и размере щепы 25—30 мм можно измельчить около 30 м³ в час при потребной мощности от 20 до 35 л. с.

Эти большой производительности рубильные машины состоят из крепких фундаментных рам, на которых устанавливается загрузочный желоб-патрон из литой стали, имеющей обычно 2 канала, для толстых и тонких чурачков. Подводящие патроны для длинного баланса наклонены по отношению к плоскости ножевого листа и образуют в разных направлениях углы в 45—60° (рис. 163), а именно: угол α составляет 60°, а углы β и $\gamma \sim 45^\circ$. Благодаря такому устройству щела отделяется всегда с гладким обрезом тангенциально к оси ствола, с меньшей затратой силы и с меньшим количеством отщепков, чем в случае рубки дерева перпендикулярно к волокнам. Ножевой диск выполняется из литой стали, он не только заклинивается на стальном валу, но также насаживается посредством гидравлического давления.

Рис. 163 а.

Для достижения и поддержания живой силы при рубке толстых чурачков, диаметром до 450 мм, диск выполняется в виде массивного тяжелого маховика. Нормально на диске сидят 3 стальных ножа, длиной около 600 мм; при помощи подкладок они могут устанавливаться на размер щепы от 10 до 60 мм. Средняя длина обреза, т. е. размер отсекаемой от чурача щепы, составляет 25 мм. На конце подводящего баланс патрона, около того места, где происходит разрез, находится стальная накладка, служащая в качестве противоположного ножа (контр-нож). Стальной вал вращается на 3 подшипниках с кольцевой смазкой; на конце вала устанавливается подпятник для восприятия сильных толчков. Рубильный диск заключен в устойчивом оградительном кожухе из листового железа с отверстиями для вынимания и установки ножей. Рабочий и холостой шкивы с приводным рычагом для приводного ремня дополняют машину. Рубленая щепка из углубления под машиной может передаваться далее помощью транспортных лент или ковшевого элеватора. В последнее время, однако, ножевые диски выполняются с лопатками (рис. 163 и 170), которые непосредственно выбрасывают щепу в последующие измельчители (дезинтеграторы), благодаря чему применение особых транспортных устройств становится ненужным. Однако при таком устройстве корпус дроворубки должен быть, конечно, снабжен выкидным каналом из железа.

Современные американские дроворубки при сравнительно очень незначительных размерах дисков 2135—2235 мм (84"—88") имеют очень высокую производительность.

Весьма распространенный на американских целлюлозных заводах тип дроворубки показан на рис. 163 б.

Диск дроворубки отливается из специального сорта чугуна (так назыв. «семи-стил» с сопротивлением 25—26 000 англ. фунт. на квадр. дюйм).

По окружности диск обхватывается прочным железным бандажем (сечением $5 \times 1\frac{1}{2}$ "') и снабжается четырьмя ножами.

Размер ножей (для дроворубки диаметром 88"') $20" \times 8" \times 1"$. Размеры контр-ножа $16" \times 8"$.

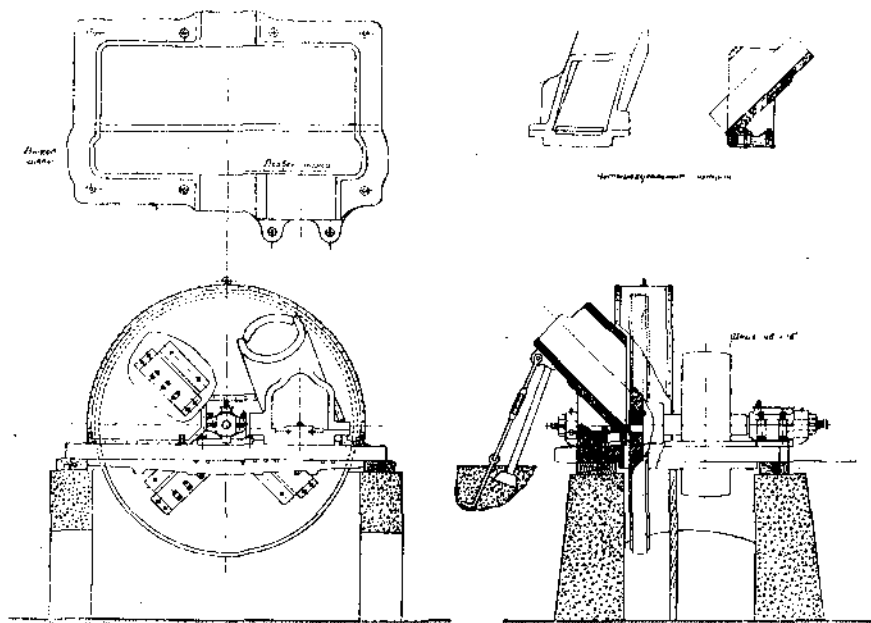


Рис. 163 б.

Ковш дроворубки имеет круглое ($\varnothing 19\frac{1}{2}$ "') или квадратное сечение (18"').

Кожух дроворубки устраивается лишь для верхней половины диска (рис. 163 б), так как щела обычно непосредственно падает вниз и поступает в элеватор или на поперечный транспортер, расположенный под диском дроворубки.

Углы наклона ковша α , β и γ соответственно также имеют другие величины, а именно:

α — обычно $68-70^\circ$ β — обычно 45° γ — обычно 70°

* Следует обратить внимание на то, что дроворубка обыкновенно монтируется не непосредственно на железобетонном фундаменте, а для уменьшения ударов под фундаментную плиту укладываются прочные деревянные (дубовые) прокладки, толщиной около 4"'. *

Число оборотов диска нередко доходит до 300 в мин. и соответственно окружная скорость диска до 33—35 м в секунду. Производительность дроворубки с диаметром диска 2235 мм (88"') выражается в 50 м³ в час и нередко доходит даже до 60—65 м³ в час. Потребная мощность нормально 100—150 л. с.; иногда до 200 л. с.¹⁾ *

¹⁾ В Америке строятся дроворубки с размером диска также 110" — 2750 мм. Однако такие дроворубки применяются в редких случаях. *Ред.*

б) Рубка отбросов

Часто на больших лесопильных заводах, особенно в Скандинавии, на натронную целлюлозу перерабатываются древесные отходы, так называемые горбыли и рейки.

Так как эти обрезки не могут, подобно длинным и тяжелым чуракам, сами скатываться в патрон дроворубки и давить на ножи, то в этом случае

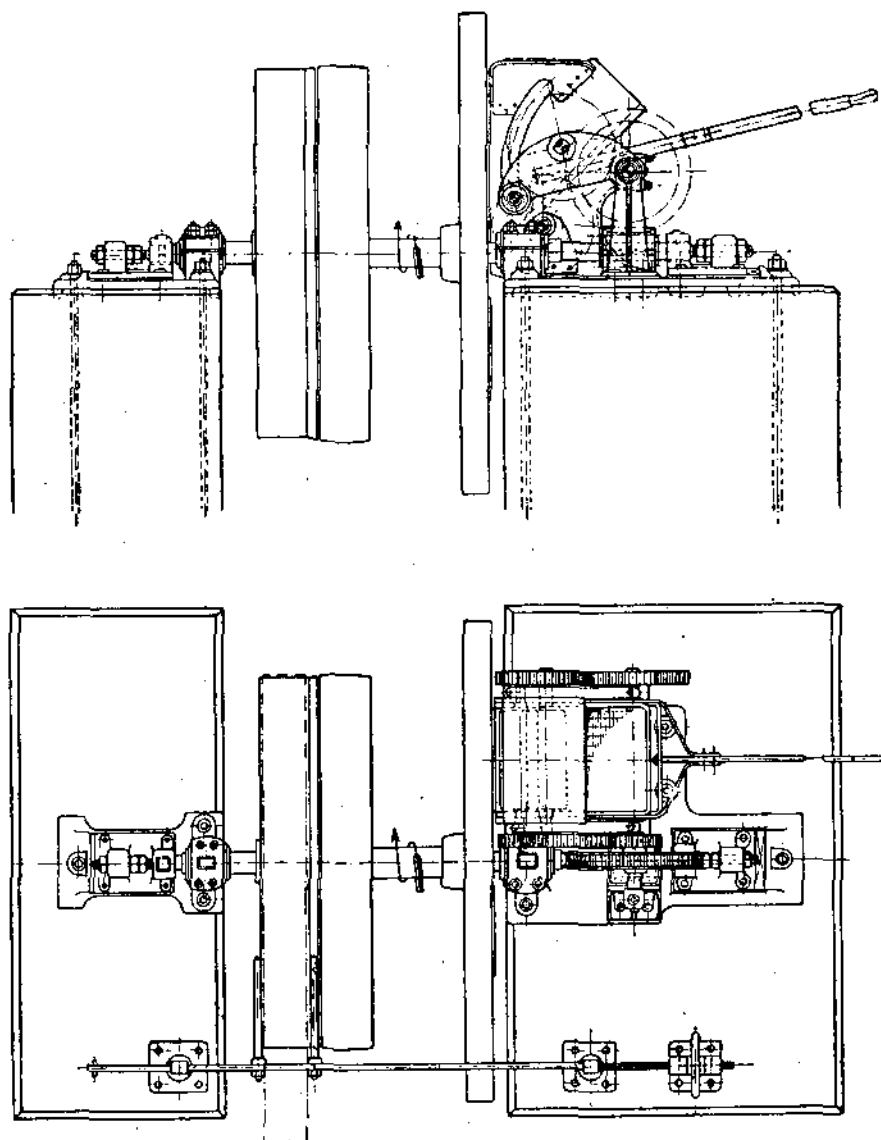


Рис. 164.

применяются специальные рубильные машины со вспомогательными приспособлениями для подачи, как, например, изображенная на рис. 164 рубильная машина завода Баутцен.

Производительность подобных машин для мелкой древесины и горбылей, при длине рубки 25 — 30 мм, составляет:

Диаметр рубильного диска в мм	Число оборотов в минуту n	Производительность в м ³ скл./ч.	Потребная мощность в л. с.
1 800	120 до 140	~ 3 до 5	~ 7 до 8
2 300	100 до 120	~ 6 до 8	~ 12

Эти машины выполняются также и комбинированными; в таком случае, вместо загрузочной камеры со вспомогательным устройством для подачи горбылей, может быть устроен патрон нормального типа для возможности использования баланса кругляка.

Делались также попытки применять рубильные машины, выполненные в виде барабанов; измельчение древесины при таком устройстве происходило в 3 местах, а именно: на торцах и по окружности рубильного барабана.

в) Дезинтеграторы

Выходящая из дроворубок щепы обычно бывает неодинакова по своим размерам и не является пригодной для варки, почему щепу дополнительно измельчают в дезинтеграторах.

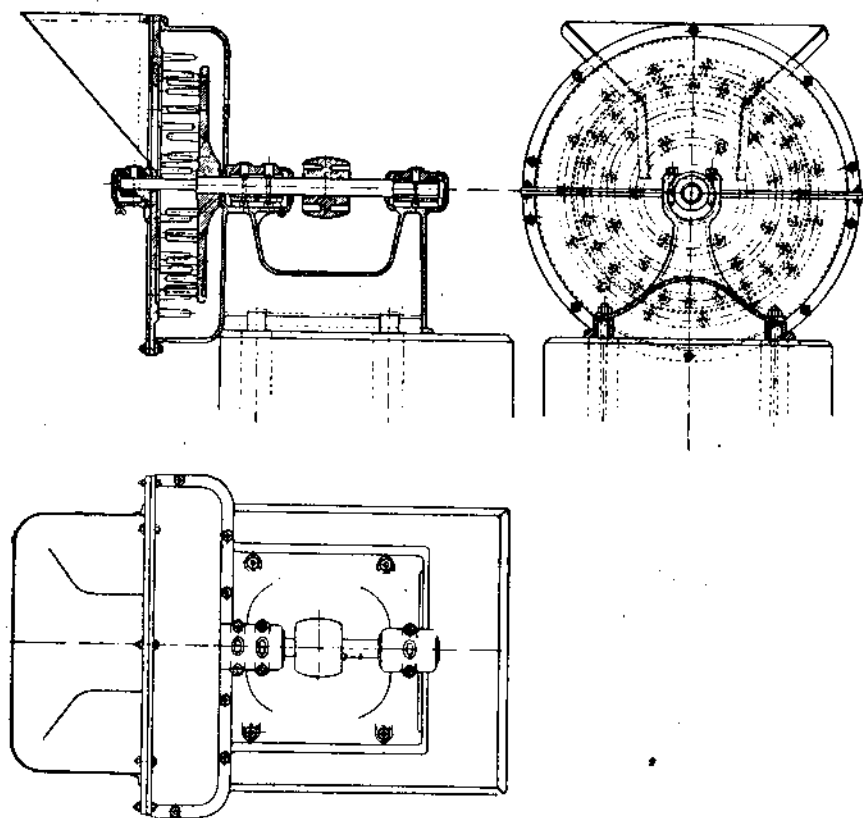


Рис. 165.

Очень часто применяется такой способ работы, при котором, несмотря на то, что часть щепы уже в достаточной степени измельчена, все же все количество ее, поступающее из дроворубки, пропускается через дезинтегратор.

Только в самое последнее время рубленую древесину стали сортировать на крупную и мелкую щепу перед дезинтегрированием ее (рис. 171).

Прежде весьма распространенный и теперь еще иногда применяемый дисковый дезинтегратор (рис. 165) состоит из кожуха, на внутренней сто-

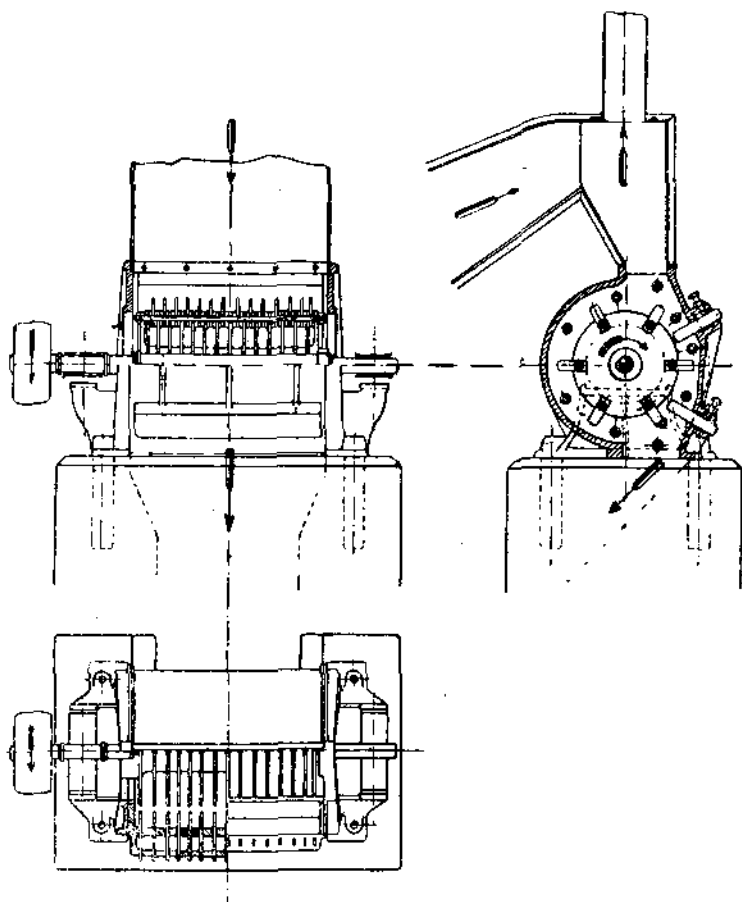


Рис. 166.

роне которого неподвижно сидят стальные била, между которыми проходят встречные била, закрепленные на быстро вращающемся диске. Благодаря такому устройству поступающая в воронку крупная щепа разбивается на мелкие куски.

Нормальные размеры подобных дезинтеграторов примерно следующие:

В е л и ч и н а	I	II	III	IV
Производительность в м ³ скл./ч.	~ 5—6	10—15	20—30	25—30
Потребная мощность в л. с.	~ 4—6	7—8	13—15	14—15
Число оборотов в минуту	1 000	1 200	1 200	850
Число дисков с билами	1	1	2	1
Диаметр диска в мм	850	1 000	1 000	1 300

Новейшего выпуска дезинтегратор конструкции Фойт изображен на рис. 166. На валу насажены диски, на окружности которых сидят свободно качающиеся стальные била, быстро вращающиеся между 2 переставляемыми рядами неподвижных крепких стальных бил и измельчающие поступающую в дезинтегратор сверху древесину.

Некоторые размеры машин следующие:

В е л и ч и н а	I	II	III
Диаметр дискового барабана в мм . . .	680	680	680
Число оборотов в минуту	790 — 1 150	970 — 1 150	970 — 1 150
Ширина дискового барабана в мм . . .	650	1 000	1 250
Производительность в м ³ скл./час. . . .	~ 15	~ 25	~ 35
Потребная мощность в л. с.	~ 8 — 10	~ 10 — 15	~ 15 — 20

При прохождении через дезинтеграторы некоторая часть хорошей щепы освобождается от сучков, при чем последние не измельчаются.

В случае необходимости эти сучки могут быть отделены на последующих транспортерах, которые имеют ширину около 1 м и движутся со скоростью 15 м/мин.

г) Сортирование щепы

Несмотря на обработку в дезинтеграторе, щепы все еще остается различной по величине и содержит некоторое количество уцелевших от измельчения небольших щепочек, осколков, опилок, а также рыхлых частиц грязи и пыли; иногда попадают также и большие сучки. Все эти отбросы нельзя подавать на варку вместе с нормальной щепой, и их необходимо отделить.

С этой целью щепы из дезинтегратора направляется предварительно на сортировку, которые бывают различных систем.

а) Барабанная сортировка

Этот аппарат представляет собою конический барабан (рис. 167), состоящий из деревянного остова, скрепленного железными обручами и гладко обитого с внутренней стороны сеткой. Щепы поступает с узкого конца барабана. До трети, иногда до половины длины барабана, сетка имеет небольшие отверстия, около 4—8 мм в квадрате; здесь отделяются мелкие щепочки, опилки, песок и т. п.

В остальной части барабана отверстия сетки делаются таких размеров, чтобы через них могла проходить щепы определенной и равномерной величины от 18 до 25 мм (прорези сита имеют ширину около 18—25 мм и длину до 120—160 мм).

Остающиеся большие куски и сучки вываливаются из барабана с широкого конца его; их целесообразно еще раз направлять в измельчитель для мелких древесных отбросов.

Привод вращающегося на трех катках сортировочного барабана находится на середине его. Для того чтобы в привод не попала щепы и т. п., часть барабана в этом месте обкладывается гладким непродырявленным листовым железом.

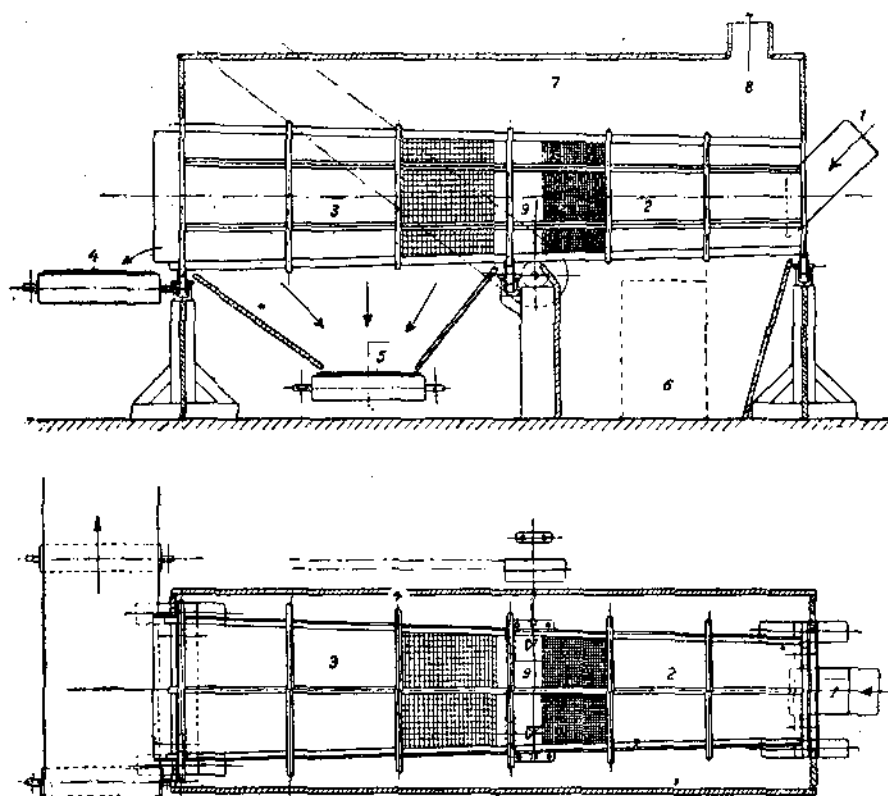


Рис. 167.

Производительность таких сортировок следующая:

Длина барабана в мм	Внутренний диаметр барабана в мм	Число оборотов в минуту n	Производитель- ность в м ³ скл./ч.	Потребная мощ- ность в л. с.
5 200	950/1 400	~ 11 — 12	~ 3 — 4	~ 1
8 500	1 200/1 800	~ 14	~ 10 — 12	~ 2 — 3

Барабан помещается в кожухе, из которого отсасывается пыль. Отходы, состоящие из щепочек и опилок, часто используются для варки менее ценной целлюлозы сорта IIIa, идущей на изготовление оберточной бумаги. Для этой же цели употребляются и сучки. Иногда также кора коротко режется и варится вместе с опилками на оберточную массу.

б) Трясущиеся плоские сортировки

Для сортирования рубленой древесины во многих случаях пользуются трясущими ситами, наклоненными к горизонту под углом $\sim 8^\circ$. Устройство этих сортировок очень простое.

Конструкция их должна быть весьма солидной, так как сотрясательные движения тяжелых длинных сит, на руженных сортируемой щепой, обуславливают высокие требования в отношении прочности рамы для сита, тряски, подшипников и т. д. Эти машины имеют по 2 сита, из которых

верхнее — с большими отверстиями около 50×25 мм, пропускает хорошую щепу на нижнее сито, а крупные сучки и т. п. отводит дальше.

Нижнее сито, снабженное большей частью круглыми отверстиями, диаметром около $3\frac{1}{2}$ мм, отсортировывает мелочь и опилки.

Размеры сита		Число сотрясений в минуту	Производительность в м ³ скл./ч.	Потребная мощность в л. с.
длина м	ширина м			
2,8	1,5	~ 300	~ 12,5	~ 2,5
2,8	2,2	~ 300	~ 18	~ 3,5
4,5 — 5	2,5	~ 175	~ 26	~ 8 — 10

γ) Сортировка Бецнера (роликовый грохот)

Вместо сортировочных барабанов и плоских сортировок в последнее время вводится так называемый рользихтер («роликовый грохот» фирмы А. Бецнер, Равенсбург (рис. 168).

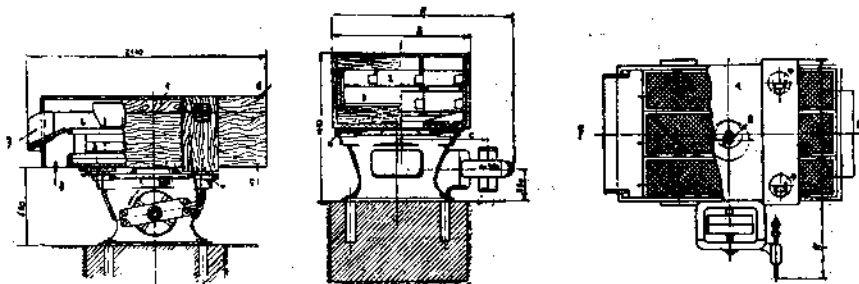


Рис. 168.

В крепком деревянном ящике 1, длиною около 2 м при такой же ширине, находятся 2 сита 2 и 3, одно над другим. Ящик покоится на 4 шарикоподшипниках 4 и помощью эксцентрикового механизма 5 приводится в сотрясательное движение. Щепа падает у 6 на грубое верхнее сито, большие куски выходят у 7 из сортировки, а мелкие куски попадают на второе сито 3. Отсюда готовая к варке щепа подается у 8 на транспортер, а древесная мелочь, опилки и пыль выпадают из ящика у 9 через нижнее сито. Потребная для этой машины площадь незначительна, производительность же машины большая. Благодаря эксцентрически-колебательному движению сита не так легко забиваются щепой.

Величина	Размеры ящика		Высота аппарата мм	Число оборотов приводного вала в мин. n	Производительность в час.		Потребная мощность в л. с.
	длина мм	ширина мм			м ³ скл.	кг	
I	2 110	1 250	1 327	450	20	8 000	3
II	2 110	1 960	1 327	450	35	14 000	5

д) Измельчитель (дизинтегратор) щепы

Отсортированные крупные сучки и другие большие куски древесины часто перерабатываются в мелкую, годную для варки щепу помощью специальных измельчителей. Эта щепа частично используется для варки особого сорта целлюлозы, частично же снова направляется на сортировки.

Устройство измельчителя фирмы А. Бечнер можно видеть на рис. 169. В кожухе, состоящем из 2 отдельных частей, вращается диск-маховик 1, усаженный 3 рядами стальных кулачков; из них 2 и 3 помещаются на загрузочной, а 4 на выходной стороне диска. Падающие через воронку 5 куски древесины подвергаются около ребристых кольцевых стальных сегментов 6 ударам ряда кулачков 2. Щепа частично измельчается и попадает затем между кулачками 3 и ребристым замкнутым кольцом 7 из литой стали. Здесь она разбивается до такой степени, что может пройти через зазор между кольцом кожуха 7 и маховиком 1 во вторую часть кожуха. В последней кусочки древесины окончательно измельчаются кулачками 4, проходят через решетку 8 и выбрасываются (9) из машины.

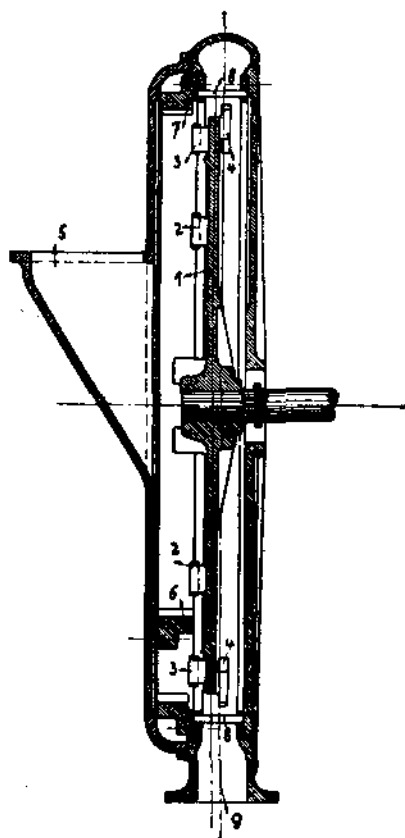


Рис. 169.

Величина	Часовая производительность		Число оборотов в м	Потребная мощность в л. с.
	Древесная мелочь кг	стружка кг		
I	~ 500	1 000	1 200	~ 10 — 15
II	~ 750	1 500	850	~ 18 — 22
III	~ 1 000	2 200	650	~ 25 — 30

В следующей таблице приведены данные об измельчителях для древесной мелочи завода Баутцен:

Величина	I	II	III	IV	V
Диаметр диска, мм	600	800	1 000	1 250	1 500
Производительность для сухого дерева, кг/ч.	600	1 000	1 500	2 500	3 000
Для сырого дерева, кг/ч.	250	400	600	1 000	1 200
Для лесопильных отходов, м³ скл./ч.	2	3	4,5	7,5	10
Число оборотов в минуту	2 500	2 000	1 800	1 400	1 200
Потребная мощность в л. с.	5	10	15	25	30 — 35

При обычно принятом способе предварительной обработки и сортировки дерева (рис. 170) щепы из дроворубок 1 поступает в дезинтегратор 2 и далее на сортировку 4. При этом нельзя избежать измельчения кроме сучков также и щепы нормальных размеров, пригодной для варки; такое измельчение щепы является, конечно, нежелательным.

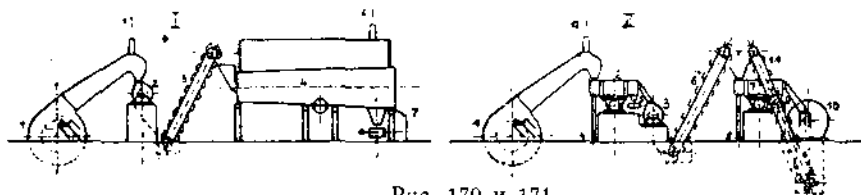


Рис. 170 и 171.

Схема работы, показанная на рис. 171, изменяет процесс таким образом, что щепы из дроворубки 1 попадает сначала на сортировку (рользигтер) Бецнера 2, где отделяется щепы, готовая для варки, составляющая часто ~ 50% всего количества древесины; она направляется по транспортеру 5 в варочное отделение, а в дезинтегратор 3 подаются только крупные куски и сучки.

Из дезинтегратора измельченная древесина направляется для сортирования на вторую сортировку 7; отделенная хорошая щепы попадает на транспортер 9, который или соединяется далее с первым транспортером 5, или же направляет эту несколько сучковатую щепу в отдельные бункера для хранения, откуда она используется для специальных варок.

Оставшиеся неразмельченными сучки и т. п. поступают из сортировки 7 в измельчитель древесной мелочи 10 (рис. 169), а затем помощью элеватора 11 — обратно на сортировку.

е) Удаление пыли

Большое внимание должно быть обращено на удаление пыли, образующейся при измельчении и сортировке щепы. Дезинтеграторы, плоские и барабанные сортировки, сортировки Бецнера и измельчители древесной мелочи должны помещаться в камерах с хорошим отсосом пыли. Пыль должна подаваться через циклоны достаточной емкости для сжигания.

ж) Ручная сортировка

При производстве высоких сортов целлюлозы часто является необходимым применение ручной сортировки. Для этого хорошую, отсортированную на машине щепу подают на горизонтальный транспортер соответствующей длины при ширине свыше 1 м, движущийся со скоростью 15—20 м/мин. Сучки и загрязненная щепы отбираются на транспортере вручную.

з) Транспортировка варочной щепы

Отсортированная, готовая для варки щепы поднимается для загрузки непосредственно в силосы (бункера) над варочными котлами помощью ковшевых элеваторов; иногда подача щепы в циклоны над силосами производится пневматически, путем применения вентиляторов, как было описано при подаче соломенной сечки. Пневматический транспорт требует значительно больше энергии, чем ковшевые элеваторы. Например, для перемещения щепы, полученной из

150 м³ скл. баланса при 8-часовой работе, потребная мощность для разных условий пневматической транспортировки составляет:

- | | |
|--|-------------------------|
| а) в горизонтальном направлении 40 м, в вертикальном — 25 м, давление вентилятора 100 мм водяного столба | $N \cong 35 - 40$ л. с. |
| б) в горизонтальном направлении 100 м, в вертикальном — 25 м, давление вентилятора ~ 200 мм, водяного столба | $N \cong 65 - 70$ л. с. |
| На 1 м ³ баланса требуется мощность: | |
| для перемещения в горизонтальном направлении на 100 м и в вертикальном на 25 м | ~ 3,8 л. с. |
| для перемещения в горизонтальном направлении на 40 м и в вертикальном на 25 м | ~ 1,9 л. с. |

При расчете потребной мощности для пневматического транспорта щепы следует руководствоваться:

а) данными, ранее приведенными для соломенной сечки; в частности и здесь действительно основное правило, что в 1 м³ воздуха должно находиться около 250 г перемещаемой щепы;

б) вышеуказанными величинами давления в мм вод. столба.

Род транспортировки так же, как и потребная мощность, зависит не только от количества перемещаемой щепы, но и от местных условий. Большое внимание должно быть уделено горизонтальным ленточным транспортерам для распределения щепы по силосам: последние должны полностью заполняться щепой без ручного разравнивания ее.

Д. Варочный отдел

а) Силосы (бункера) для варочной щепы

Над каждым котлом (рис. 185) должен находиться запас щепы, рассчитанный приблизительно на 24 часа; он помещается в силосе пирамидальной формы, с крутыми стенками. Для возможности быстро и без затруднений загружать котел щепой, низ силоса устраивается с затворным шибером, перемещающимся на роликах. Силосы бывают или деревянными, обитые листовым железом, или железобетонные с очень гладкими внутренними стенками.

1 м³ свободно-насыпанной, готовой для варки щепы весит около 190 кг при 80% абс. сух. вещества. Для сульфатно-целлюлозного котла, емкостью около 30 м³, при 5 варках в 24 ч. необходим силос, емкостью ~ 150 м³.

Чтобы по окончании процесса варки получилась равномерно обработанная древесина, нужно, чтобы загружаемая в котлы щепка была не только одинаковых размеров, но также и одинаковой сухости, иначе говоря, нельзя смешивать влажную древесину с сухой.

В Америке в настоящее время встречаются устройства для сушки щепы струей горячего воздуха, при чем щепка или падает в рыхлом состоянии в башню или направляется через большой наклонный барабан. В обоих случаях сушка достигается противотоком горячего воздуха.

б) Варочные котлы

В сульфатно-целлюлозном производстве употребляются варочные котлы двух типов:

а. Неподвижные (стационарные) котлы без устройства для циркуляции щелоков.

Неподвижные стационарные котлы с устройством для циркуляции щелоков.

б. Вращающиеся котлы, называемые также штурцерными.

а) Стационарный варочный котел (рис. 172).

Неподвижные варочные котлы могут быть сконструированы с расчетом на большую емкость; однако они имеют тот недостаток, что требуют для варки значительно большее количество щелоков, чем вращающиеся котлы. В случае пользования неподвижными котлами применяют циркуляцию щелоков по способу Мортнеруда. Циркуляция достигается помощью

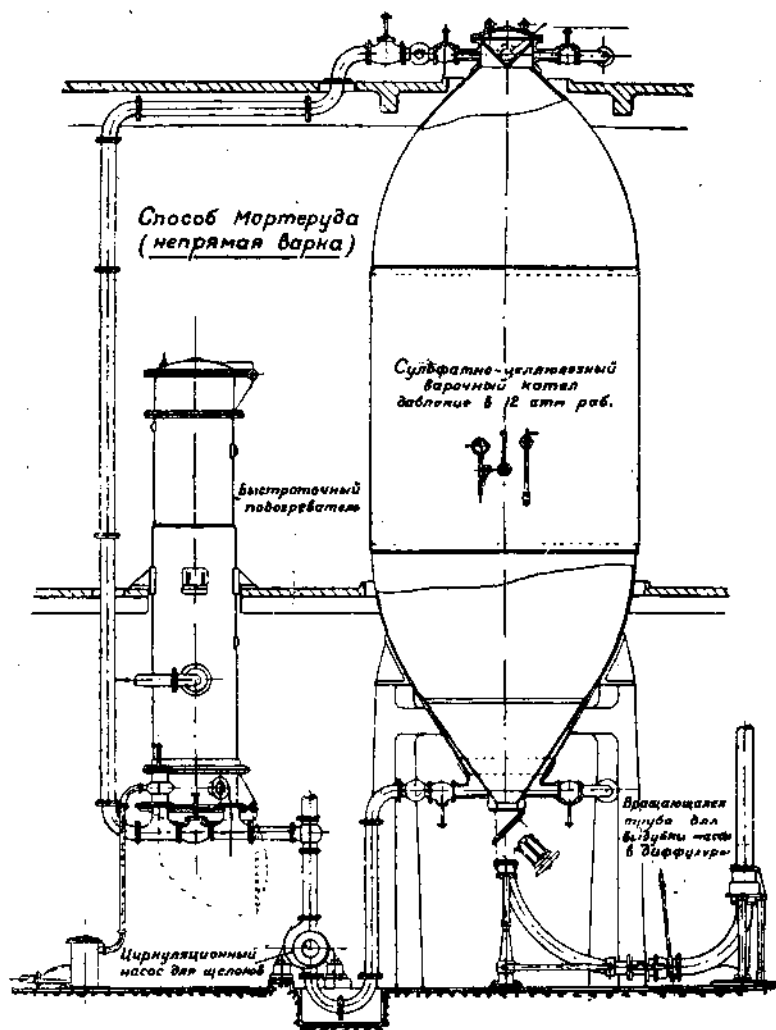


Рис. 172.

насоса, забирающего варочный щелок из нижней части котла с ложным дырчатым днищем и перекачивающего щелок через быстроточный, обогреваемый паром подогреватель опять в котел, в верхнюю, часть его, над щепой.

Котлы делаются из сварочного железа; они должны быть хорошо изолированы; внутренней обмуровки для защиты от действия варочных щелоков не требуется, так как железо стойко по отношению к действию как едкого натра, так и сернистого натра. В верхней части котла находится загрузочное отверстие (горловина); нижняя коническая часть котла снабжена узким выдувным штуцером (с плотно закрывающимся шибером),

диаметром 150—200 мм, через который готовая целлюлоза выдувается в промывные чаны. При неподвижных котлах без циркуляции щелока требуется, в зависимости от плотности загрузки, на каждый кг щепы ~ $3\frac{1}{2}$ л варочного щелока, т. е. ~ 70—75% объема котла; при мортёрудовском способе ~ 50—55%. Максимальное давление в котле достигает до 9 атм. раб., обычно же до 8 атм. раб., чему приблизительно соответствует температура 174°. В соответствии с этим давлением, необходимо рассчитывать толщину стенок котла. В верхней части горловины находится отдувочный вентиль с внутренним диаметром ~ 70 мм.

Применяется также такой способ варки, при котором все количество щелока подогревается до 170° вне стационарного котла в трубчатых подогревателях, и оттуда подается в загруженный щепой котел.

Варка, благодаря этому, протекает быстро, при небольшом давлении пара.

9) Вращающийся (штурцерный) котел

Для варки сульфатной целлюлозы широко распространены благодаря своим преимуществам котлы из сварочного железа, вращающиеся не относительно оси котла, а относительно диаметра цилиндрической части его (Sturzerkocher'ы). В Германии почти исключительно применяются котлы подобного типа (рис. 173).

Они строятся емкостью от 30 до 45 м³ для рабочего давления до 10 атм.; испытание их производится при давлении 20 атм.

Следующая таблица дает представление об употребительных размерах штурцерных котлов:

Диаметр в мм	Высота в мм	Радиус окружности, опи- сываемый выдувным вен- тилем, в мм	Емкость в м ³	Выход возд. сух. целлю- лозы в кг
2 900	5 770	3 520	20	~ 1 500
2 900	6 730	3 900	30	~ 2 200 — 2 300
3 050	7 130	4 100	35	~ 2 600
3 050	8 070	4 800	45	~ 3 300

Оба конца штурцерного котла (рис. 173) имеют коническую форму, в верхней его части находится большое загрузочное отверстие для щепы; на противоположном конусном конце помещается снабженная запорным клапаном (Ø 150—200 мм) труба для выдувки массы по окончании варки. При таких вращающихся котлах требуется значительно меньше щелока, чем при стационарных, а именно, ~ 2 л на 1 кг древесины или ~ 45% емкости котла. Вращающиеся цапфы выполнены из литой стали, одна из них просверлена и снабжена сальником.

Через эту цапфу проходит внутрь котла паропровод, диаметром — 70 мм; целесообразно доводить его ближе к выдувному вентилю или, в более редких случаях, в горловину в виде кольцевой дырчатой трубы.

Подводимый пар ни в коем случае не должен ударять в стенки котла. Варочный щелок заливается в котел во время наполнения его щепой через загрузочное отверстие. Для сдувки газов в крышке котла находится вентиль диаметром ~ 70 мм, снабженный изнутри сетчатой крышкой. Привод осуществляется большей частью помощью червячной передачи, помещенной в масляной ванне. Котел вращается очень медленно и недолго: в начале варки в продолжение $\frac{1}{4}$ ч. для лучшего перемешивания щелока, пара и щепы, и перед самым концом варки также в продолжение $\frac{1}{4}$ ч. Для 1 оборота котла требуется ~ 4 минут, при чем потребная мощность составляет ~ 7 л. с.

Котел устанавливается на высоких фундаментах или на железобетонных траверсах между столбами, благодаря чему он может свободно вращаться, а также отпадает необходимость в устройстве ямы под ним. Так как опорожнение котла производится посредством выдувки, при загрузке щепы редко применяются механические уплотняющие устройства, во избежание затруднений при выдувке очень густой массы. Загрузка щепы на 1 м³ емкости котла достигает максимум ~ 210 кг щепы при ~ 80% абс. сух. вещества, считая 6% на потери при окорке, это соответствует ~ 224 кг, т. е. — 0,56 м³ баланса. Выход из 1 м³ объема котла составляет по имеющимся данным ~ 74 — 75 кг возд. сух. крафт-целлюлозы, а выход из 1 м³ неокоренного баланса ~ 135 кг возд. сух. массы.

Процесс варки при сульфатном способе ведется в зависимости от рода продукции, при различном давлении пара и различной крепости варочного щелока.

В большинстве случаев смешивают свежий белый щелок с уже отработанным, так называемым, черным щелоком. Для этой цели в загрузочном отделении над котлами устанавливаются 2 больших, снабженных змеевиками, и изолированных запасных резервуара для свежего и черного щелоков, с соответствующими измерительными устройствами.

Щелок должен поступать на варку возможно более горячим, благодаря чему можно не только сократить продолжительность варки, но также сэкономить в расходе пара.

Чем больше количество белого щелока по отношению к черному, тем светлее бывает полученная целлюлоза, и тем легче она отбеливается; при обратном соотношении щелоков получается так называемая крафт-целлюлоза, которая не может быть отбелена.

Ниже приводятся 2 примера из практики:

I

Штурцерный котел емкостью 27 м³ содержит 11 м³ = 41% объема котла щелока следующего состава:

	Общее количество варочных щелоков	
	Белый щелок в м ³	Черный щелок в м ³
1. Для светлой белящейся целлюлозы	7	4
2. Для средне-светлой, но еще белящейся целлюлозы	6	5
3. Для обычной целлюлозы	5	6
4. Для крафт-целлюлозы	4	7

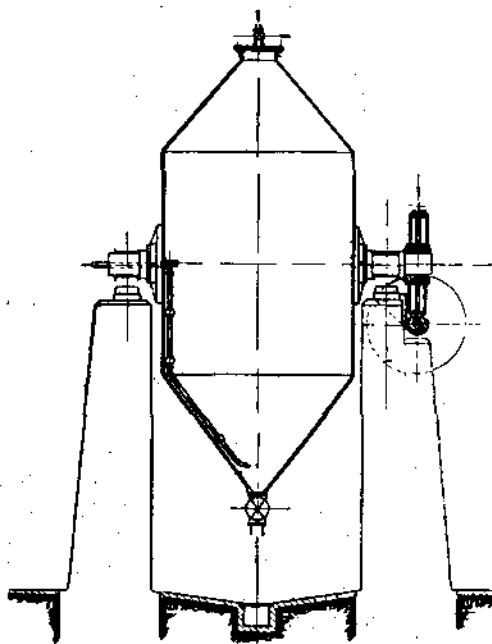


Рис. 173.

При получении крафт-целлюлозы выход из 1 варки составлял ~ 1950—2000 кг возд. сух. массы при загрузке ~ 5600—5650 кг щепы.

Если принять потерю при окорке в 5—6%, то этому количеству щепы соответствует количество баланса на бирже, равное округленно 6000 кг или ~ 15 м³ скл., т. е. ~ 0,56 м³ скл. на 1 м³ емкости котла

Выход из 1 м³ скл. неокоренного баланса составляет ~ 133 кг возд. сух. крафт-целлюлозы т. е. ~ 33,3% от веса древесины. Выход по отношению к весу загруженной щепы выразится в ~ 36%.

На 1 кг загруженной в котел щепы расходуется варочного щелока:

$$\frac{11\,000}{5\,650} = 1,95 \text{ л.}$$

1 м³ объема котла вмещает ~ 210 кг щепы и дает 74 кг возд. сух. целлюлозы.

На каждые 1000 кг возд. сух. целлюлозы требуется щелока ~ 5,5 м³.

II

Данные сульфат-целлюлозного завода для выработки крафт-целлюлозы:

Оборудование варочного отделения и технические коэффициенты:

4 штурцерных котла, емкостью по 30 м³.

Продукция: 52 500 кг возд. сух. целлюлозы в 24 ч. или в 1 ч. ~ 2190 кг.

Число варок: 22 варки в 24 ч.

Оборот котла: каждая варка продолжается около 4,8 ч., округленно — 5 ч.

Выход: из 1 варки 2400 кг возд. сух. целлюлозы.

Выход: из 1 м³ емкости котла ~ 80 кг целлюлозы.

Расход древесины: ~ 375 м³ скл. предварительно окоренного баланса в 24 ч. для 22 варок ($\frac{3}{4}$ сосны и $\frac{1}{4}$ ели).

Выход: около $\frac{52\,500}{375} = \sim 140$ кг возд. сух. целлюлозы на 1 м³ скл. древесины = ~ 35% веса древесины.

Загрузка древесины: на 1 котел = 17 м³ скл. неокоренной древесины = ~ 6800 кг; далее: $\frac{375}{22 \cdot 30} = 0,57$ м³ скл. неокоренной древесины на 1 м³ емкости котла; при 6% потерь при окорке = 6800 · 0,94 = 6400 кг щепы на 1 котел, 6400 : 30 = 213 кг щепы на 1 м³ емкости котла.

Состав варочных щелоков:

а) Белый (свежий) щелок: 12—13° Бэ: 70—80 г NaOH в 1 л, 15—20 г Na₂S в 1 л, 10—25 г Na₂CO₃ в 1 л.

в) черный щелок: 13—14° Бэ.

Варочных щелоков:

на 1 варку:

8,80 м³ белого щелока при ~ 60°

5,70 м³ черного щелока при ~ 75°

Всего 14,50 м³ варочных щелоков,

т. е. = 48% объема котла.

На 1 кг загруженной щепы:

$$\frac{14\,500}{6\,400} = 2,27 \text{ л варочного щелока.}$$

Варочные щелока:

на 1 м³ скл. баланса в щеле:

0,515 м³ белого щелока

0,335 " черного "

Итого 0,85 м³

на 1 000 кг возд. сух. целлюлозы:

3,7 м³ белого щелока

2,4 " черного "

Итого: 6,1 м³.

Количество употребляемых варочных щелоков в 24 ч.:

~ 320 м³ варочных щелоков.

Из них: 195 " белого щелока

125 " черного "

Выпаривается щелоков: всего ~ 470 м³ в 24 ч. при 7° Вё (60°)

$\frac{470\,000}{52\,500} = \sim 9$ л щелоков на 1 кг возд. сух. целлюлозы 470 000 л сла-

бого щелока: в 7° Вё (60°) = 9,5° Вё (15°),

$T_1 = 12\%$ содержания сухого вещества,

$S_1 = 1,07$ удельный вес,

выпаривается до концентрации сгущенного щелока в 30° Вё (60°) $\cong$ 32,5° Вё (15°)

$T_2 = 46\%$ содержание сух. вещества,

$S_2 = 1,29$ — удельный вес,

$Q_1 = 470\,000 : 24 = 19\,583$ л слаб. щелоков в ч.,

$G_1 = 19\,583 \cdot 1,07 = 21\,000$ кг слаб. щелоков в ч.,

с общим содержанием сухого вещества $= 21\,000 \cdot \frac{12}{100} = 2520$ кг,

$$G_2 = \frac{19\,583 \cdot 1,07 \cdot 12}{46} \cong 5\,500 \text{ кг вес сгущен. щелока в ч.}$$

или

$$G_2 = \frac{2\,520 \cdot 100}{46} \cong 5\,500 \text{ кг вес сгущен. щелока в ч.,}$$

$W = G_1 - G_2 = 15\,500$ кг воды в час требуется выпарить; на 1 000 кг возд. сух. целлюлозы $= \frac{15\,500}{2,19} \cong 7\,100$ л воды.

Если принять, что 1 кг свежего пара в 1 атм. раб. выпаривает ~ 2,2 кг воды при 3-корпусном выпарном аппарате, то потребуется: $\frac{15\,500}{2,2} \cong 7\,050$ кг свежего пара в ч. или на 1 000 кг возд. сухой целлюлозы: $\frac{7\,050}{2,19} \cong 3\,220$ кг свежего пара.

Расход энергии всей установкой: 12 000 квч. для получения ~ 52 500 кг возд. сух. целлюлозы в 24 ч. или ~ 23 квч. для производства 100 кг возд. сух. целлюлозы.

Так как 52 500 кг возд. сух. целлюлозы изготавливаются в течение 24 ч., то силовой двигатель должен иметь следующую мощность:

а) для всей установки

$$\frac{12\,000}{24} = 500 \text{ кв. или } 680 \text{ л. с.}$$

б) Для производства 100 кг возд. сух. целлюлозы в 24 ч.

$$\frac{681 \cdot 100}{52\,500} = 1,3 \text{ л. с.}$$

Расчет производится аналогично ранее сделанным расчетам для тряпья и соломы, при чем здесь необходимо добавить еще количество потерь, происходящих при легких сдвухах во время начального периода заварки.

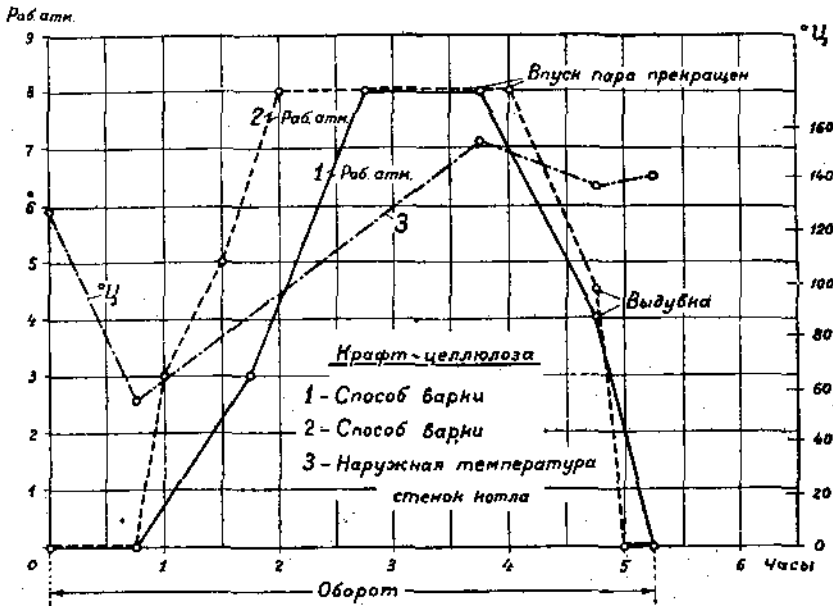


Рис. 174.

1. Расход тепла Q_1 на нагрев абсолютно сухой щепы.

Абсолютно сухой щепы: $6\,300 \cdot 0,80 \cong 5\,040$ кг
 t° щепы $\sim 20^\circ$
 Высшая t° при варке (по измерению) $174,5^\circ$
 Теплоемкость абс. сух. дерева 0,34
 $Q_1 = 5\,040 \cdot 0,34 (174,5 - 20) = 264\,800$ cal.

2. Расход тепла Q_2 на нагрев воды в щепе.

Воды в щепе 1 260 кг
 t° воды в щепе 20°
 Высшая t° при варке (по измерению) $174,5^\circ$
 $Q_2 = 1\,260 \cdot 1,0 (174,5 - 20) = 194\,700$ cal.

3. Расход тепла Q_3 на нагрев щелока.

Удельный вес варочного щелока может быть принят от 1,08 до 1,09, в среднем $\sim 1,0834$. Определенное на основании этого количество минеральных солей в смеси щелоков, составляющее $\sim 1\,055$ кг, состоит не только из одной едкой щелочи. Однако для упрощения расчета в виду того, что разница в расходе тепла получилась бы незначительная, принимается, что эти соли состоят нацело из NaOH.

а) Нагрев $1\,055$ кг NaOH

$$1\,055 \cdot 0,35 (174,5 - 63) \cong 41\,200 \text{ cal.}$$

б) Нагрев $12\,650$ кг воды

$$12\,650 \cdot 1 \cdot (174,5 - 63) \cong 1\,410\,500 \text{ cal.}$$

$$Q_3 = 41\,200 + 1\,410\,500 = 1\,451\,700 \text{ cal.}$$

Вычисление α_2 :

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

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{\delta_2 - t_2^0}$$

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{95 - 20} = 6,4746 \text{ cal (м}^2\text{) ч. } ^\circ\text{Ц}$$

$$c = \frac{\frac{(273 + \delta_2)^4}{100} - \frac{(273 + t_2^0)^4}{100}}{\delta_2 - t_2^0}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 95}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{95 - 20} \cong 1,4627$$

$$C \cong 4,03 \text{ (смотри стр. 29, ч. I т. I)}$$

$$c \cdot C = 1,4627 \cdot 4,03 = 5,8947 \text{ cal (м}^2\text{) ч. } ^\circ\text{Ц}$$

$$\alpha_2 = 6,4746 + 5,8947 \cong 12,37 \text{ cal (м}^2\text{) ч. } ^\circ\text{Ц}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,027}{50} + \frac{1}{12,37}} = 12,257 \text{ cal (м}^2\text{) ч. } ^\circ\text{Ц}$$

Потери тепла через лучеиспускание во время заварки в течение 2 часов составляют таким образом:

$$Q_{\text{за}} = 52,22 \cdot 12,257 \cdot (115 - 20) \cdot 2 = 121\,600 \text{ cal.}$$

б) Расход тепла через лучеиспускание во время варки в течение 1 часа.

t° стенок котла 150° постоянно

» помещения котла 20° »

» содержимого котла $174,5^\circ$ »

Продолжительность варки 1 ч.

Вычисление коэффициента K для периода варки

$$\alpha_1 = 5000 \text{ cal (м}^2\text{) ч. } ^\circ\text{Ц}$$

$$\delta = 0,027 \text{ м}$$

$$\lambda = 50$$

Вычисление α_2 :

$$\alpha_0 + \alpha_k = 2,2 \sqrt[4]{150 - 20} \cong 7,4294 \text{ cal (м}^2\text{) час. } ^\circ\text{Ц}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 150}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{150 - 20} = 1,9$$

$$C = 4,03 \text{ (см. стр. 29, ч. I т. I)}$$

$$c \cdot C = 1,9 \cdot 4,03 = 7,657 \text{ cal (м}^2\text{) час. } ^\circ\text{Ц}$$

$$\alpha_2 = 7,4294 + 7,657 = 15,0864 \text{ cal (м}^2\text{) час } ^\circ\text{Ц}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{5000} + \frac{0,027}{50} + \frac{1}{15,0864}} \cong 15,0 \text{ cal (м}^2\text{) час } ^\circ\text{Ц}$$

Потери через лучеиспускание в период варки в течение 1 часа таким образом составляют:

$$Q_{\text{ва}} = 52,22 \cdot 15,0 \cdot (174,5 - 20) \cdot 1 = 121\,000 \text{ cal.}$$

6. Потери тепла во время сдувок.

Во время заварки производится легкая сдувка. Так как опытные измерения здесь отсутствуют, определяем получающиеся потери тепла из следующих соображений:

Диаметр сдувочной трубы:	0,07 м
Поперечное сечение	0,004 м ²
Сдувочный вентиль открыт во время сдувки на $\sim 1/4$:	0,001 м ²
Среднее давление пара во время сдувки:	3,0 атм. раб.
Удельный вес пара в 3 атм. раб.	2,12
Скорость пара в секунду	25 м

Удаляемое количество пара в течение часа составит:

$$D = F \cdot v \cdot \gamma \cdot 60 \cdot 60$$

$$D = 0,001 \cdot 25 \cdot 2,12 \cdot 60 \cdot 60 = 190,8 \text{ кг пара.}$$

Теплота испарения = 511 cal/кг пара.

$$Q_6 = 190,8 \cdot 511 = 97,500 \text{ cal.}$$

Сводка расхода тепла для одной варки дает следующую картину:

Нагрев абс. сух. щепы	264 800 cal = 11,1%
» воды в щепе	194 700 » = 8,1%
» щелоков	1 451 700 » = 60,9%
» котла	183 400 » = 5,6%
Излучение во время заварки	121 600 » = 5,1%
» » варки	121 000 » = 5,1%
Потери при сдувке	97 500 » = 4,1%
Всего	2 384 700 cal = 100,0%

Применяется насыщенный пар при 8 атм. раб. с теплотой испарения $r = 485 \text{ cal/1 кг пара}$. Расход пара определится, таким образом, округленно

$$D = \frac{2\,384\,700}{485} \approx 4\,920 \text{ кг пара на 1 варку.}$$

Расход пара составит при выходе из 1 варки около 2 400 кг целлюлозы:

$$d = \frac{4\,920}{2\,400} = 2,05 \text{ кг}$$

насыщенного пара при 8 атм. раб. на 1 кг возд. сух. целлюлозы.

Прибавляем 5% на потери в паропроводе:

$$d' = \frac{2,05}{0,95} = 2,15 \text{ кг}$$

насыщенного пара при 8 атм. раб. на 1 кг возд. сух. целлюлозы.

Общее количество пара в $\sim 4\,920 \text{ кг}$ или, включая потери в паропроводе $\cong 5\,200 \text{ кг}$, расходуется почти полностью в течение 2 часов во время заварки, т. е. $\sim 2\,600 \text{ кг}$ в час.

Потери через излучение при неизолированном сульфатно-целлюлозном котле довольно значительны, так как не имеется никакой обмуровки, а варка производится при очень высокой t° .

Применение целесообразной изоляции из пробковых листов или аналогичных изоляционных материалов может значительно уменьшить эти потери, а следовательно, и расход пара на варку.

Так как сульфатно-целлюлозные заводы употребляют для варки большей частью перегретый пар, с теплосодержанием $\sim 710 \text{ cal}$ на 1 кг пара, то расход пара в этом случае составляет:

$$D_1 = \frac{2\,384\,700}{710 - 176,6} \approx \frac{2\,384\,700}{533,4} = 4\,470 \text{ кг на 1 варку.}$$

$$d_1 = \frac{4\,470}{2\,400} = 1,86 \text{ кг на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$$

Е. Отделение щелоков и промывка целлюлозы

а) Конструкция промывных чанов

По окончании процесса варки масса, занимающая к этому моменту $\sim 60-65\%$ объема котла, выдувается при давлении пара в ~ 4 атм. раб.

Посредством поворотного колена выдувная труба, имеющая диаметр 150—200 мм, может быть присоединена к выдвному штурцеру любого из котлов (рис. 180); она ведет в верхнюю часть стационарного, вертикального цилиндрического бака из сварочного железа, емкость которого на 25% превышает емкость варочного котла.

В этих выдувных резервуарах (рис. 175) производится отделение щелоков и промывка массы. Такие аппараты в практике получили название промывных чанов или диффузоров.

На верхнем днище диффузора В (рис. 176) имеется фасонная горловина Ц с впускным штурцером Е. Масса поступает из котла через штурцер Е, проходит по трубе внутрь резервуара и встречает на своем пути распределительный конус. Последний отражает массу к стенкам резервуара, что требуется для того, чтобы сетчатое дно диффузора не подвергалось сильным ударам врывающейся при выдувке массы и не забивалось последней.

Верхняя горловина Ц (рис. 176), кроме массового впускного штурцера Е, ведущего внутрь диффузора, имеет второй штурцер А, диаметром 200—220 мм для отвода пара, поступающего вместе с массой.

Во время промывки штурцеры Е и А должны быть закрыты. Для этой цели на горловине Ц находится специальное приспособление, при поворачивании которого достигается быстрое и точное закрытие или открывание.

Это приспособление представляет собой вращающуюся вокруг болта 1 пластину 2, состоящую из 2 частей: одна из них служит запорной крышкой для обоих штурцеров Е и А, во второй же проделаны 2 отверстия 3 и 5.

При выдувке массы в диффузор пластина поворачивается таким образом, что отверстия 3 и 5 приходятся над штурцерами Е и А, благодаря чему диффузор В соединяется как с трубопроводом котла 6, так и с трубой для выпуска пара.

На горловине Ц имеется еще два патрубка, а именно: один 4 для подвода промывной воды, другой 8 для предохранительного клапана.

Диффузоры строятся на рабочее давление в 5 атм. Они бывают сварные или клепанные. Такой аппарат, емкостью в 38 м³, заполняемый $\sim 30 \cdot 0,65 = 19,5 \sim 20$ м³ массы, имеет диаметр 3 м и высоту 6 м, при толщине

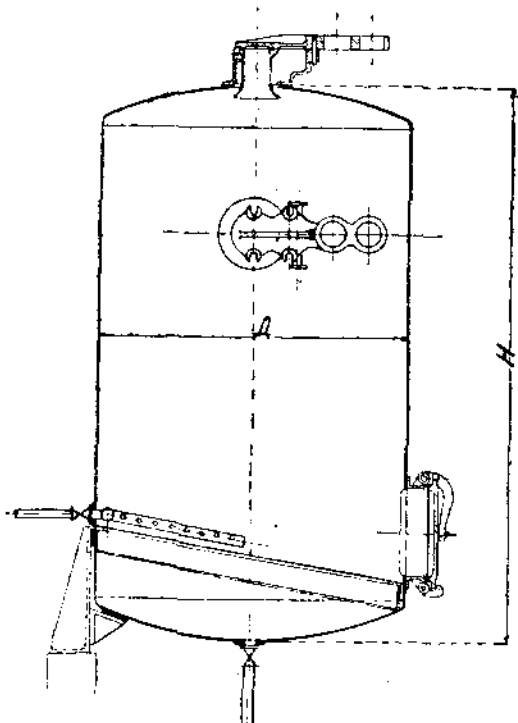


Рис. 175.

стенок цилиндра 12 мм. Высота загрузки массы составляет около 2,75—3,0 м; при такой высоте слоя еще возможно промывать древесную сульфатную целлюлозу.

В нижней части аппарата находится промывная решетка (ложное дно), из листового железа с коническими отверстиями. Диаметры отверстий 1 мм и соответственно снаружи 3 мм, при расстоянии между отверстиями ~5 мм.

Прежде чем выдуть массу из котла в диффузор, необходимо залить промывную решетку минимум на 100 мм высоты водой, или лучше слабым щелоком, чтобы предохранить отверстия от забивания массой.

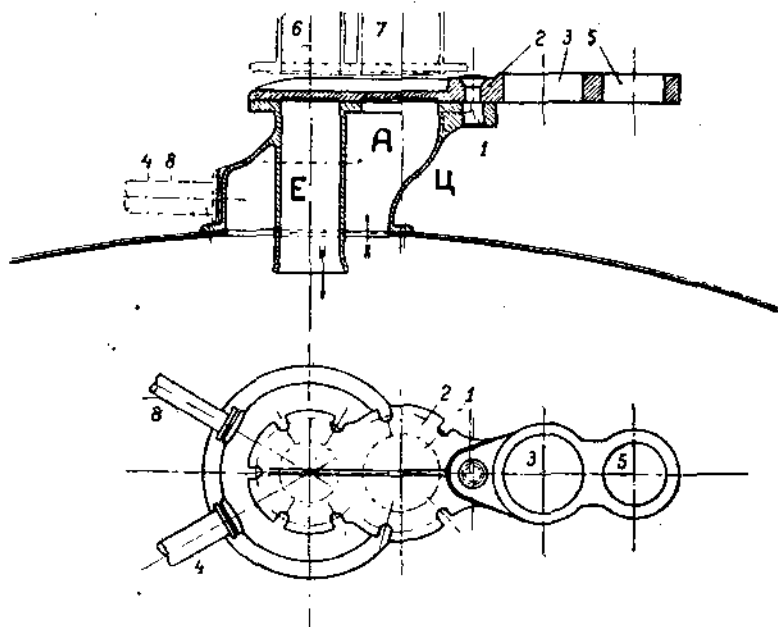


Рис. 176.

Форма нижней части диффузора бывает двух типов:

1. Согласно рис. 175 — промывная решетка с мелкими отверстиями устанавливается на высоте 400—500 мм над нижним днищем и поддерживается прочной дырчатой подкладкой с более крупными отверстиями, расположенной в горизонтальном или несколько наклонном к выгрузочному отверстию положении.

Отверстие для выгрузки массы помещается сбоку, оно бывает прямоугольного сечения, имеет ширину 500 мм, высоту 700 мм и снабжается массивной крышкой с шарнирным затвором.

Против выпускного отверстия находится sprысковая труба большого диаметра, изогнутая в виде полукруга; через нее под большим давлением подается вода для вымывки из диффузора массы после окончания ее промывки.

В нижнем днище диффузора имеется патрубок для спуска так называемого черного щелока, направляемого частично для заливки в варочные котлы, частично на выпарную установку.

Для поддержки диффузора служат четыре стойки. Устанавливается он на высоте 2800—3000 мм от пола, рядом с мешальным бассейном для массы.

2. Опорожнение через боковое отверстие, имеющее место у выше-описанных диффузоров I типа, является затруднительным и требует много времени.

У диффузоров новой конструкции (рис. 177) дно имеет коническую форму, к центру его примыкает цилиндрический патрубок для выгрузки с внутренним диаметром ~ 600 мм. Этот патрубок закрывается посредством крышки Д на шарнирах.

Вымывка массы из такого диффузора происходит без всяких затруднений.

Съемная промывная решетка («ложное дно») из 5-миллиметрового железа с коническими отверстиями, диаметром 1 мм соответственно снаружи 3 мм, лежит не только в конической части днища, но также и в цилиндрической М, служащей для выгрузки.

Щелока удаляются непосредственно через этот патрубок и отводятся по боковой трубе 2 с внутренним диаметром около 80—100 мм. Устройство для входа массы в верхнюю часть диффузора выполнено так же, как описанное выше.

б) Промывные трубопроводы

При каждом диффузоре имеются трубопроводы, внутренним диаметром 80—100 мм для следующих целей (рис. 177):

1. Для подвода сверху свежей чистой теплой промывной воды 1.

2. Для отвода щелоков снизу 2.

3. Труба 3, идущая кверху для подъема слабого промывного щелока из трубы 2 и подачи его в другие диффузоры сверху.

4. Общая соединительная труба 4 к диффузорам для подачи чистой теплой промывной воды или подвода к ним слабого промывного щелока из трубы 3.

5. Присоединяемый к трубе 2 трубопровод 5 для подачи крепких черных щелоков в резервуары, установленные над варочными котлами.

6. Присоединяемый к трубе 2 трубопровод 6 для подачи слабого промывного щелока в выпарную установку.

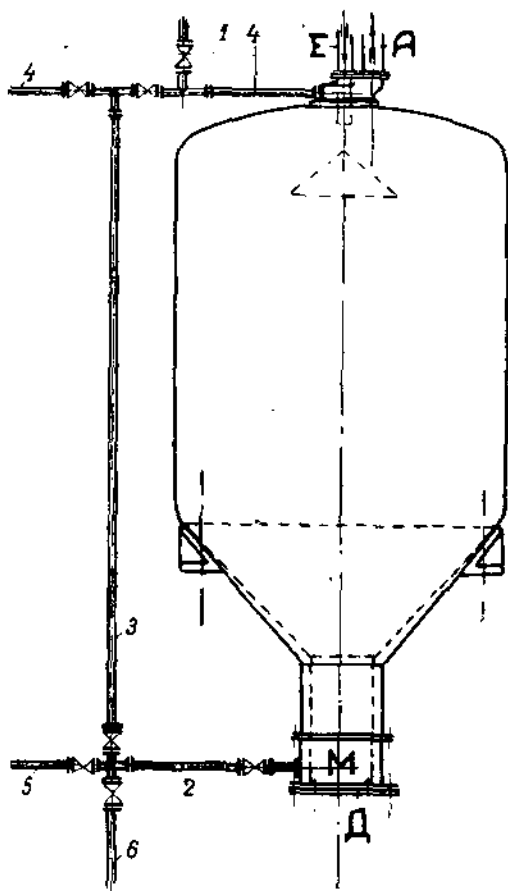


Рис. 177.

в) Установка диффузоров

В зависимости от продолжительности оборота варки считается необходимым иметь для каждого варочного котла 3 промывных резервуара, из которых один находится в резерве и служит в то же время ловушкой для волокна.

К этому диффузору-ловушке для волокна присоединяют мокрый конденсатор для сгущения пара, выделяющегося при выдувке.

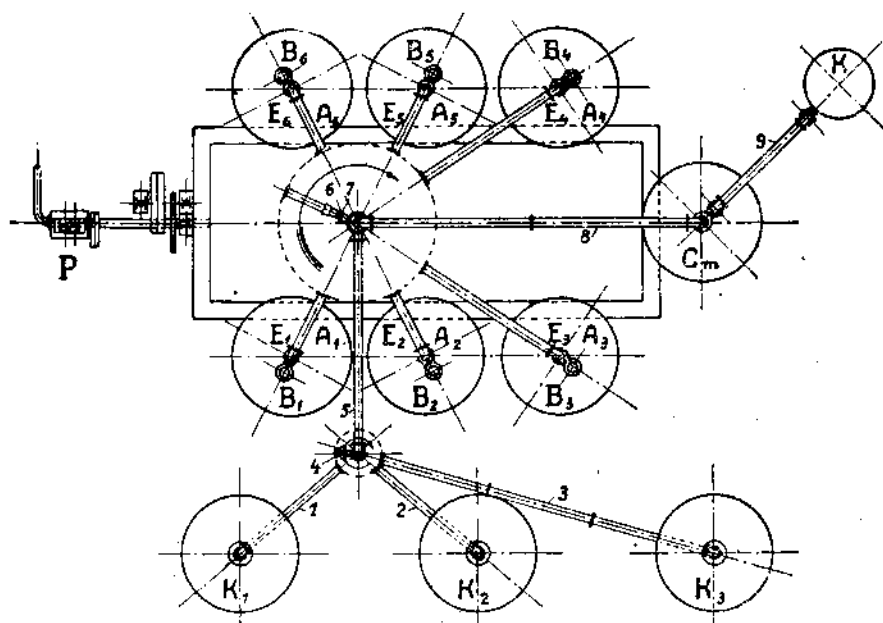


Рис. 178.

Для приема выдуваемой из варочного котла массы — диффузор должен быть предварительно опорожнен от массы предыдущей варки.

Диффузоры устанавливаются в отдельном помещении, рядом со зданием варочных котлов.

Применяются два способа установки диффузоров в батарее:

1) двойным рядом с длинным мешальным массным бассейном для большой емкости между рядами, как показано на рис. 178, или

2) с расположением до 6 диффузоров по окружности, вокруг большого массного бассейна, как показано на рис. 179.

Соединение варочного котла с диффузорами осу-

ществляется посредством вращающейся трубы таким образом, что в любой момент можно выдуть массу каждого из 3-х котлов K_1 , K_2 и K_3 (рис. 178) в любой из 6 диффузоров B_1-B_6 . Каждый диффузор связан с резервуаром, служащим в качестве ловушки волокна и щелока, благодаря чему при промывке в диффузорах не происходит потери массы. Для этой цели трубопровод устраивается следующим образом (рис. 180):

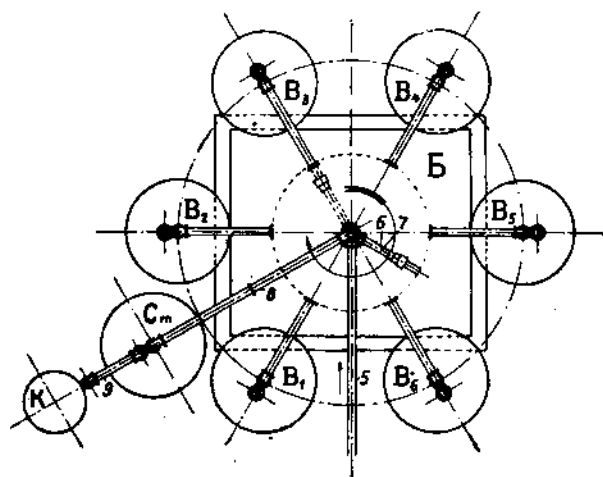


Рис. 179.

Каждый варочный котел имеет выдувную трубу 1—3, которая присоединяется к общей для всех котлов изогнутой трубе 5. Последняя проходит между диффузорами и поднимается кверху.

Для присоединения трубы 1—3 к общей трубе 5 служит вращающееся изогнутое колено 4. Труба 5 проходит в верхний этаж над диффузорами, где закрепляется в сальниковом соединении Φ_1 .

Над последним, под потолком, помещается второе такое же сальниковое соединение Φ_2 . В сальниках Φ_1 и Φ_2 вращается двойная поворотная труба с коленами 6 и 7; посредством последних труба 5, а также труба 8 могут быть соединены с любым патрубком $E_1—E_4$ и $A_1—A_4$.

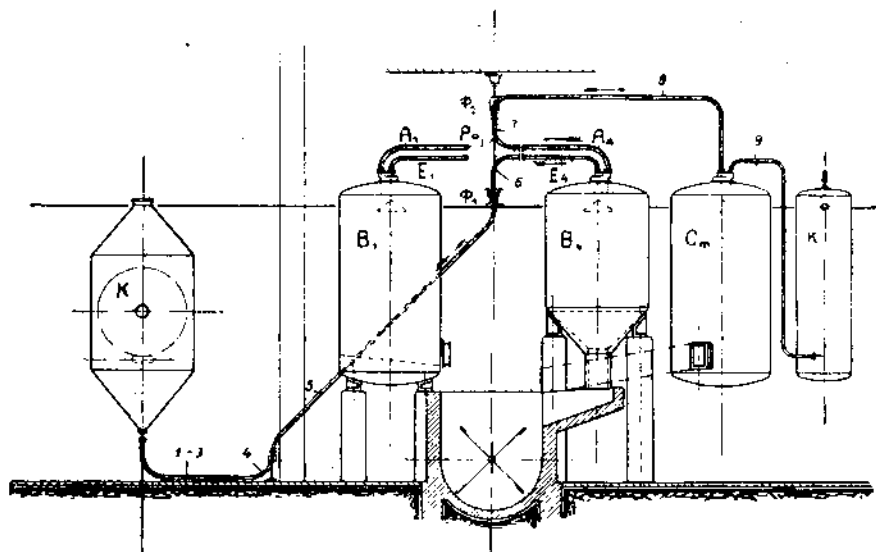


Рис. 180.

При положении, указанном на рис. 180, например, котел К выдувается в диффузор В₄.

Поворотное колено 7 вращается одновременно с нижним поворотным коленом 6 и соединяет любой из диффузорных патрубков $A_1—A_4$ с трубой 8, отводящей пар с увлеченным волокном в резервуар См, служащий в качестве щелоко- и массоуловителя. Последний связан посредством трубы 9 с мокрым конденсатором К, в котором конденсируются остаточные пары.

г) Процесс промывки

По окончании выдувки массы из котла, начинается ее промывка. Отделенные вначале более крепкие черные щелока откачиваются через трубу 5 (рис. 181) в бассейн над варочными котлами, а щелока, отмываемые горячей водой, при температуре 50—60°, подаются насосом по трубопроводу 6 на выпарку до тех пор, пока их плотность не станет ниже 8° Вё.

Диффузоры 1—6 (рис. 179) заполняются массой из варочных котлов последовательно один за другим. Процесс промывки при этом ведется таким образом, что одновременно промываются 3 диффузора.

Например, согласно рис. 181, диффузор В₁ заполняется массой из котла; в диффузоре В₂, предшествующем ему в круговом процессе последовательной промывки, масса уже один раз промыта; в диффузоре В₃ — масса промыта два раза.

Благодаря соответствующему переключению трубопроводов для промывных вод — теплая свежая вода из водяного бака B , помещенного над диффузорами на высоте 8 м, стекает на массу, уже два раза промытую в B_5 , и отмывает от нее остатки щелочи. Образующийся при этом слабый щелок направляется из B_5 по трубопроводам 2, 3 и 4 в следующий диффузор B_4 , масса в котором промыта один раз, и вытесняет отсюда более крепкий щелок; последний подается по трубам 2, 3 и 4 в диффузор B_1 , где находится еще непромытая, свежесыпанная из котлов целлюлоза.

При таком способе работы в начале промывки массы в диффузоре B_1 получается очень крепкий щелок, который, как уже указывалось, частью направляется по трубе 5 в резервуары над варочными котлами для даль-

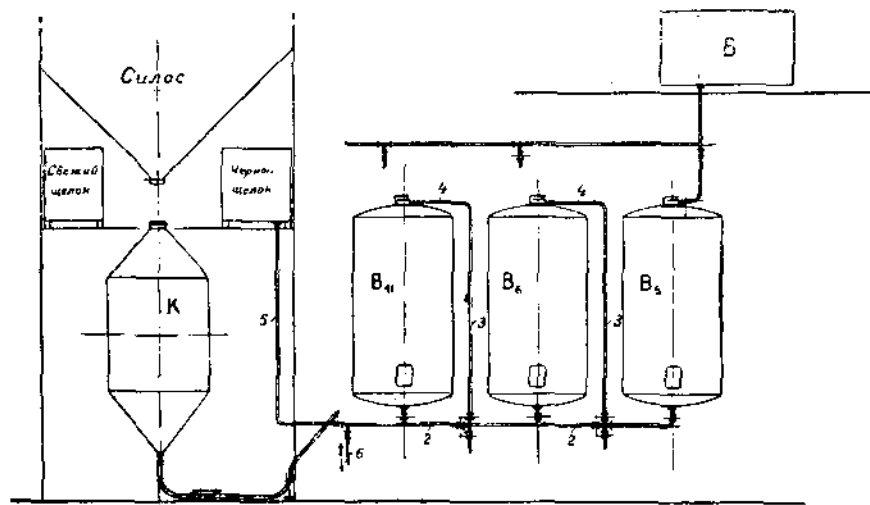


Рис. 181.

нейшего добавления к варочному щелоку, частью же качается по трубопроводу 6 в выпарное отделение. Откачка крепкого щелока производится до тех пор, пока концентрация его не достигнет 8° Бэ. Одновременно с этим заканчивается и промывка массы с остатком щелочи в диффузоре B_5 , откуда целлюлоза выгружается в мешальный массный бассейн. Тотчас же производится соответствующее переключение трубопроводов так, чтобы свежая вода подавалась в B_6 , а промывные щелочные воды в диффузор B_1 , а затем в свежезагруженный массой диффузор B_2 и т. д.

Продолжительность всего процесса промывки (одной варки) составляет около 3½—4 ч. Нижеследующая таблица дает схему промывки шести диффузоров (рис. 179).

Обозначение диффузора	Промыто 2 раза	Промыто 1 раз	Свежая выдувка массы	Промыто 2 раза	Промыто 1 раз	Свежая выдувка массы
I	B_5	B_4	B_1	B_2	B_3	B_4
II	B_6	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
III	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6
IV	B_2	B_3	B_4	B_5	B_1	B_2
V	B_3	B_4	B_5	B_1	B_2	B_3
VI	B_4	B_5	B_6	B_2	B_3	B_4
I	B_5	B_6	B_1			

Из изложенного следует, что для вымывки щелоки из массы требуется большое количество чистой теплой воды при температуре минимум 50—60°. Эту воду можно получить путем хорошего использования отбросного пара, а также установкой при паровых двигателях поверхностных конденсаторов.

Количество направляемых на выпарку черных щелоков сильно варьирует, в зависимости от сорта вырабатываемой древесной сульфатной целлюлозы. Даже в большинстве случаев при производстве белящейся целлюлозы, некоторая часть черных щелоков используется для новой варки.

Количество черных щелоков, подлежащих выпарке, составляет для белящейся целлюлозы 1100—1200 л при 7—8° Вё (60°) на 100 кг воздушно сухой целлюлозы, для крафт-целлюлозы это количество уменьшается до 800—900 л при 7—8° Вё (60°).

При расчете выпарной установки размеры ее необходимо принять достаточно большими, чтобы нагрузка аппаратов не была слишком высокой. В качестве расчетного материала могут служить данные, приведенные для соломенной целлюлозы, так как черные щелока последней немногим отличаются от древесно-целлюлозных.

д) Шнек-пресса

Упомянувшиеся в I части настоящей книги, посвященной соломенно-целлюлозному производству (рис. 75), и более подробно описанные в отд. сульфитной целлюлозы шнек-пресса (или спиральные пресса) нашли себе применение не только для обезвоживания целлюлозы перед обработкой ее на бумажной фабрике, но также и для отделения варочного щелока из сваренной целлюлозы. Употребляемые в настоящее время в сульфатно-целлюлозных заводах диффузоры потребляют довольно большие количества промывной воды, вследствие чего происходит значительное разжижение черных щелоков до 7—8° Вё. Это ведет к удорожанию стоимости выпарки щелоков. При применении шнек-прессов черные щелока получаются более концентрированными. Подлежащее выпариванию количество воды в щелоках благодаря этому сокращается, а следовательно, уменьшается и необходимое для выпарной установки количество греющего пара.

Схема работы при пользовании шнек-прессами следующая. Масса в варочном котле, содержащая ~20% абс.-сух. вещества, еще перед выгрузкой разбавляется до 7% (абс.-сух.) горячим крепким черным щелоком, а в случае необходимости слабым щелоком, и выгружается в мешальный резервуар. В последнем можно произвести ее дополнительное разжижение, если она окажется слишком густой. Масса ~7% концентрации отжимается на шнек-прессах до 50% абс. сухости.

Отходящие черные щелока направляются частично для заливки в варочные котлы и частично на выпарку, известное количество служит для разбавления массы при опорожнении варочного котла. Раз промытая целлюлоза разбавляется горячей чистой водой и вторично отпрессовывается с ~7% до ~50% абс.-сух. вещества, что является достаточным для полного выделения щелока.

Производительность шнек-пресса составляет для древесной целлюлозы ~10—15000 кг в 24 ч. при отжиме с ~7% до ~50% абс.-сух. вещества и при потребной мощности от 8—10 л. с.

Ж. Обработка целлюлозы

Освобожденная от щелоков масса выгружается в большой мешальный бассейн (рис. 180), установленный между диффузорами; при этом ее разбавляют до 3—4% абс.-сух. вещества. Помощью насосов, реже посредством ковшевого элеватора, массу подают из бассейна в аппараты для дальнейшей обработки. Для более жидкой массы применяют центробежные насосы, для более густой — поршневые, многоплунжерные.

а) Сортировка массы

а) Грубое, предварительное сортирование

Поступающая для обработки масса прежде всего разбавляется в отдельном баке до концентрации 0,3—0,4%, а затем подвергается предварительной очистке в сучколовителях различного устройства.

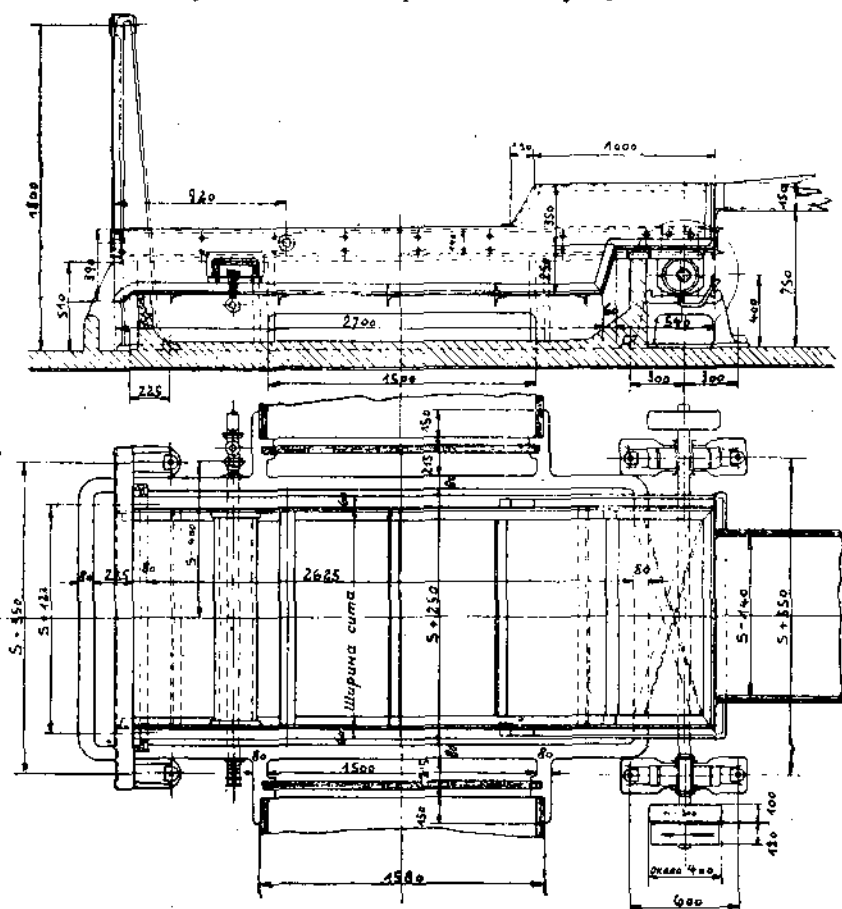


Рис. 182.

Производительность цилиндрического сучколовителя, (рис. 78), диаметром 800 мм, при длине цилиндра 1500 мм и числе оборотов 25—30 в мин., равняется от ~ 10 до 12 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. Затрата силы составляет ~ 1,5 л. с.

Сортировка с трясущимся ситом (рис. 182), длиною—2700 мм и шириною 1400 мм, при 300 колебаниях в минуту, имеет производительность, при диаметре отверстий сита в 5 мм, ~20—25000 кг возд.-сух. массы в 24 ч. и требует около 4—5 л. с.

Отход сучков при предварительном сортировании составляет—2—3% от веса продукции.

β) Сортирование на песочнице

После сучколовителей целлюлоза при концентрации 0,3—0,4% пропускается через песочницу соответствующих размеров.

Поперечное сечение каналов должно быть таким, чтобы скорость массы составляла не более 10—12 м в мин.

Песочница играет важную роль при очистке массы; чем чище должна получиться целлюлоза, тем больше должна быть площадь песочницы, а именно, на каждые 1000 кг возд.-сух. массы в 24 ч. принимают поверхность песочницы:

1. При высоких требованиях (белящаяся целлюлоза)—5—6 м².

2. При менее высоких требованиях (крепкая, небелящаяся целлюлоза) 3—4 м².

3. Для целлюлозы сорта Па и крафт-целлюлозы 2—3 м².

Песочница (рис. 183) состоит из длинных каналов, деревянных или бетонных, шириной от 1500 до 3000 мм и глубиной ~500 мм; в них установлены на расстоянии 300 мм друг от друга поперечные планки (перегородки), высотой ~200—250 мм.

Сбоку каждого канала устроен жолоб для чистки, шириной 500 мм, соединенный с устройством для улавливания волокна.

Количество каналов в песочнице должно быть не менее двух, при чем жолоб между ними должен быть достаточно широким, чтобы чистка песочницы не вызвала производственных затруднений.

γ) Тонкое сортирование

Прошедшая песочницу масса, сохраняя концентрацию в 0,3—0,4%, поступает в окончательные сортировки, которые, большей частью, устраиваются в виде вращающихся на горизонтальном валу сортировочных аппаратов. (Подробное описание и рис. 80 см. на стр. 108, ч. I т. I.)

Отверстия цилиндрического сита имеют диаметр ~2—2½ мм. Производительность этих сортировок была указана при описании древесно-массного производства.

Вместо вышеупомянутых аппаратов могут применяться тонкие сортировки любой конструкции как вращающиеся, так и плоские.

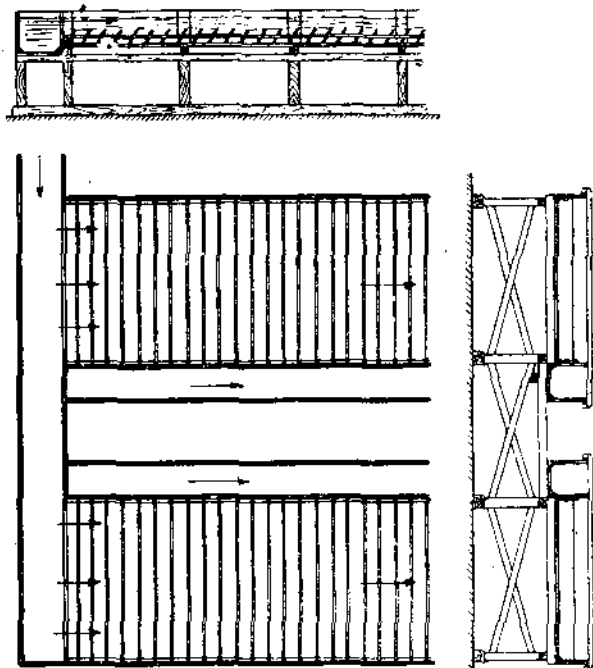


Рис. 183.

б) Переработка сучков

Отделенные при предварительном сортировании сучки надлежащим образом размалываются; получаемая масса разжижается в мешальном бассейне и после грубой сортировки, вместе с уловленным на фабрике волокном, отжимается на палочных машинах.

Переработка сучков и волокна из ловушек может производиться на целлюлозном заводе при непрерывном способе работы помощью оборудования (рис. 184), основную часть которого составляют мельница Биффара (немецкий патент фирмы Ripperger u. Co, Kleinheubach a. M.) и па-

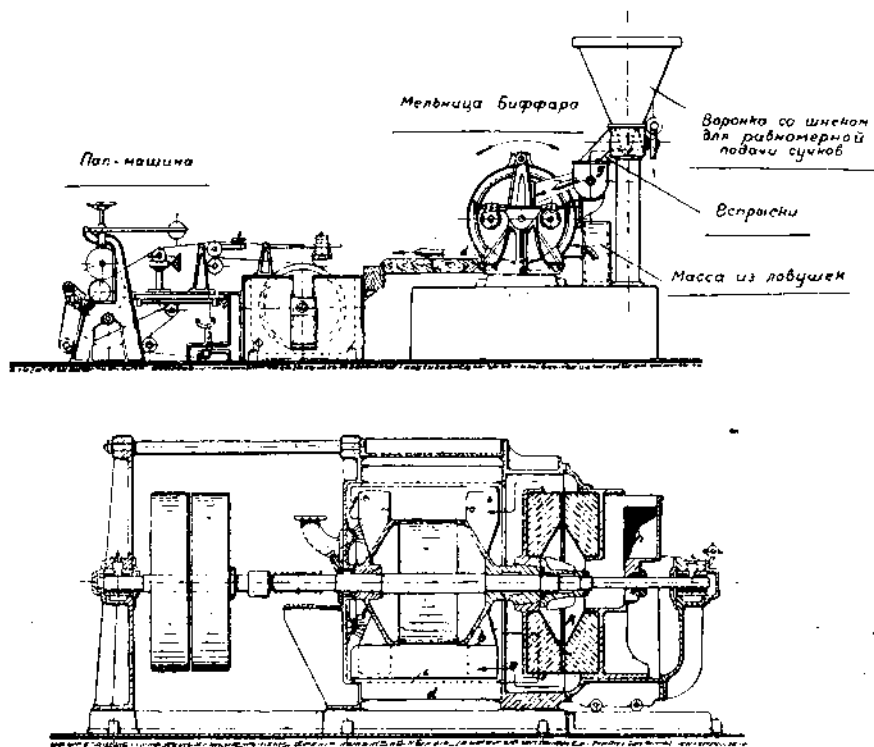


Рис. 184.

почная машина. Масса поступает при *a* в сортировочный цилиндр на крылья мешалки *b*. Посредством центробежной силы хорошая масса отсортировывается через отверстия неподвижно-установленного сита *c* и оставляет машину через патрубков *d*. Грубые же волокна и щепочки вымываются водой из sprays *e* благодаря собственной центробежной силе и попадают при *f* в приемник *g*, мешалка которого перемещает их дальше до *h*, где вместе с сучками, равномерно подаваемыми шнеком из воронки *i*, они поступают в рафинерную зону мельницы и подвергаются размолу между камнями *k*.

Размолотая грубая масса разбавляется при *a* жидкой массой из ловушек и подается снова в сортировочную зону аппарата, чтобы повторить вышеописанный цикл обработки.

Для переработки ~ 2000 кг возд.-сух. сучковой массы в 24 ч. требуется один аппарат Биффара и паппмашина, шириной 1500 мм. Потребная мощность всего устройства составляет при этом ~ 25—27 л. с.

в) Окончательная обработка

Шнек-пресса, упомянутые выше, могут быть использованы также при производстве крафт-целлюлозы, при применении следующего способа работы:

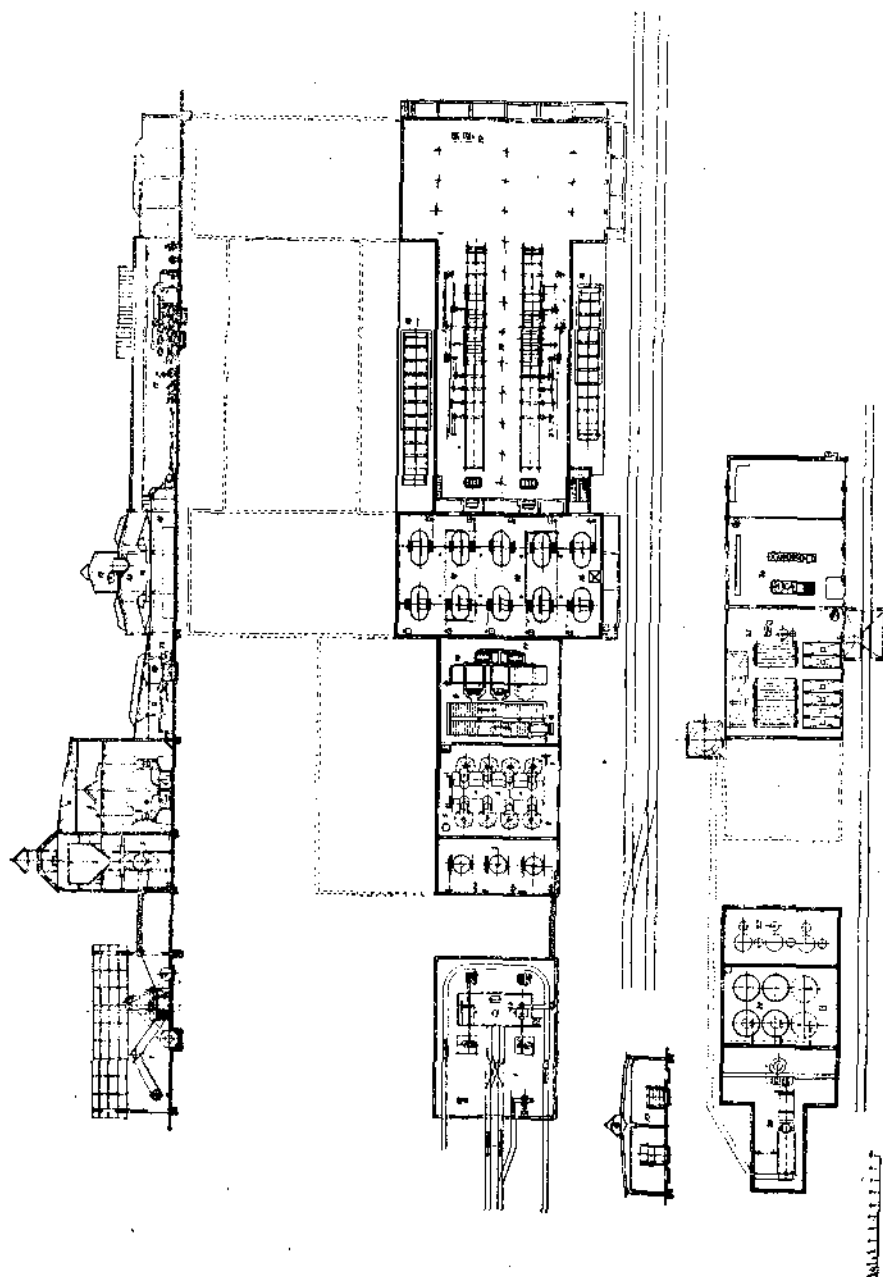


Рис. 185.

Освобожденная от щелоков на шнек-прессах целлюлоза, подводится помощью ленточного или какого-либо иного транспортера к бегунам, где волокна хорошо растираются и расчесываются, а сучки размалываются. Отсюда масса подается в сепаратор, далее на барабанные сучколовители, песочницу и горизонтальные цилиндрические сортировки.

Затем масса сгущается: до 4% концентрации, если она подлежит дальнейшему обезвоживанию на отжимной машине, и до 6—7% концентрации, если она направляется на бумажную фабрику для жидкой зарядки роллов.

Методы работы при отжиме и окончательной обработке целлюлозы, зависящие от характера ее дальнейшего использования, вкратце таковы:

1. Изготовление небеленой целлюлозы в виде влажных рулонов или сухих рулонов и листов. Отсортированная целлюлоза сгущается помощью отчерпывающих барабанов или сгустителей (рис. 81) (концентрация ее повышается с 0,3% абс.-сух. вещества до $3\frac{1}{2}$ —4%), собирается в мешальном бассейне и отсюда непосредственно поступает в обезвоживающую машину (рис. 217 и 218), где она:

а) или навивается после мокрых прессов в мокрые рулоны с 38—40% содержанием абс.-сух. вещества или

б) обрабатывается на сушильном аппарате до 88—90% абс. сух. вещества для продажи в рулонах или листах.

2. Переработка влажной небеленой массы на своей бумажной фабрике (рис. 185):

а) мокрые рулоны изготавливаются реже, так как дальнейшая переработка их затруднительна;

б) сгущенную до 5—6% абс.-сух. массу спускают в счежи с фильтровальными плитками, где она обтекает до ~20% абс.-сух. вещества, а затем подвозится к роллам в вагонетках;

в) масса после сортировки качается насосами в помещение над роллами (рис. 185), обезвоживается в сгустителях до концентрации 6—7% и подается для хранения в большой сборный бассейн. Из последнего сгущенная масса спускается в роллы.

г) Отбелка целлюлозы

После сортирования масса прежде всего обезвоживается до 6% абс.-сух. вещества, затем подается в большой сборный бассейн, откуда спускается в нижеустановленные отбельные роллы.

Для отбелки целлюлозы предпочтительно применять пропеллерные роллы больших размеров, о которых уже говорилось при описании отбельных установок для тряпичной полумассы (рис. 53 и 54). Концентрация целлюлозы при загрузке должна достигать минимум 8%. Отбеливаемая масса подогревается до 40°. Применяемые отбельные растворы были описаны в части, посвященной тряпично-полумассному производству (см. стр. 52 и далее ч. I т. I).

Беленая масса или перерабатывается на своем заводе, как указывалось в пунктах 2 а-в или же готовится для продажи (см. пункты 1а-б)

Подробные данные о размерах и производительности обезвоживающих машин (пресспатов) для целлюлозы смотри ниже в главе „Производство древесной сульфитной целлюлозы“.

3. Приготовление варочного щелока и регенерация щелочи из черных щелоков

Для приготовления свежего варочного щелока применяется такое же оборудование, какое было описано в части книги, посвященной соломенной целлюлозе (рис. 85). В противоположность соломенно-целлюлозному производству, при древесно-целлюлозном производстве образуются только

следы кремнекислоты, а потому при каустизации требуется также меньшее количество извести. Для сульфатной древесной целлюлозы применяются свежие щелока при (16—20° Bé) и в $\sim 75\text{--}90\text{ г NaOH}$, $\sim 15\text{--}20\text{ г Na}_2\text{S}$ на литр. Количествоготавливаемого свежего щелока зависит от того, какую часть в варочном щелоке составляют черные щелока; это соотношение всецело определяется сортом целлюлозы.

Для крафт-целлюлозы употребляют $\sim 18\text{--}20\%$ NaOH от веса сухой древесины, не считая черных щелоков.

Установка для регенерации щелочи из черных щелоков ничем не отличается от аналогичной установки в соломенно-целлюлозном производстве.

То же самое можно сказать и про удельные веса и про содержание сухого вещества в черных щелоках. Поступающие в многокорпусные выпарные аппараты щелока большей частью имеют крепость $\sim 8\text{--}10^\circ\text{ Bé}$ (60°).

Выпарные установки на древесных сульфатно-целлюлозных заводах бывают значительно более обширными, чем установки на соломенно-целлюлозных фабриках.

В северных странах, где источником получения энергии часто являются водяные двигатели, с успехом можно применять выпарные установки работающие под высоким давлением пара. 1-й корпус такого трехкорпусного выпарного аппарата работает под давлением 10—12 атм., а отбросный щелочный пар в 1,5—2 атм. раб. применяется для растворения и каустизации плава или для сушильной части обезвоживающей машины. Там однако, где от паросиловой установки может быть получен отъемный пар низкого давления, в первую очередь, следует применять трехкорпусный вакуум-выпарный аппарат.

Одна установка, рассчитанная на выработку $\sim 55\,000\text{ кг}$ сухой крафт-целлюлозы в 24 ч., выпаривает, напр., в трехкорпусных выпарных аппаратах высокого давления $\sim 470\text{ м}^3$ щелоков в $7\frac{1}{2}\%$ Bé (60°) в сутки. Она имеет 4 подогревателя с поверхностью нагрева, по 45 м^2 .

Поверхность нагрева каждого из 3 выпарных аппаратов равняется 200 м^2 . Давление пара в 1 корпусе — 10 атм.; пар используется до 1,5 атм. раб.; остаточный пар при этом давлении применяется при каустизации и пр.

При пользовании паром высокого давления могут также быть применены выпарные аппараты Лурги с турбо-компрессором. Они выполнены по системе Metallbank-Gensecke и дают, при применении свежего пара под давлением в 12 атм. раб. и при температуре поступающих на выпарку щелоков в 80° коэффициент испарения, равный 3,3 кг воды на 1 кг греющего пара.

Сгущенный до 30—32° Bé щелок регенерируется затем во вращающейся печи, смешивается с сульфатом и сжигается в плавильной печи. При производстве древесной целлюлозы не требуется добавления топлива в плавильную печь, так как черные щелока содержат очень мало кремнекислоты и имеют высокую теплотворную способность. Огарки (пек) черных щелоков древесной сульфатной целлюлозы имеют, за исключением незначительного содержания кремнекислоты, совершенно такой же состав, как и при соломенно-целлюлозных щелоках (см. стр. 139).

Арматура древесного сульфатно-целлюлозного завода, приходящая в соприкосновение с варочным щелоком, должна быть выполнена из железа.

И. Применение древесной сульфатной целлюлозы

Сульфатная крафт-целлюлоза используется для выработки прядильной бумаги (Spinnpapier), бумаги для изоляции кабелей, упаковочной бумаги и особенно для мешков. Беленая целлюлоза с низким содержанием золы особенно пригодна для изготовления нитроцеллюлозы.

Бумаги, сделанные из древесной сульфатной целлюлозы, бывают пухлыми и не столь гладкими и жесткими, как бумаги из сульфитной целлюлозы.

Крафт-целлюлоза отличается большой крепостью. На рис. 185 показано оборудование древесно-сульфатного целлюлозного завода, состоящее из 3 вращающихся варочных котлов, емкостью по 30 м³, которые позволяют выработать около 35—38 000 кг крафт-целлюлозы в 24 ч. Предприятие включает бумажную фабрику для переработки целлюлозы. Расположение производственных отделов следующее:

1 — отдел предварительной обработки дерева, 2 — силосы для щепы, 3 — вращающиеся котлы, 4 — диффузоры, 5 — конденсатор для паров, 6 — мешалка для массы, 7 — массный насос, 8 — предварительная сортировка, 9 — песочница, 10 — мешалка для массы, 11 — сгустители, 12 — сгустители, 13 — резервуар для запаса массы, 14 — роллы, 15 — подъемник, 16 — машинные бассейны для массы, 17 — зал бумажных машин, 18 — установка для улавливания волокон, 19 — паковочные прессы, 20 — установка вращающихся печей, 21 — каустизационное отделение, 22 — выпарная установка, 23 — котельная, 24 — силовая станция.

* Слабое распространение сульфат-целлюлозы в СССР создало неправильное представление об этом продукте, как пригодном только для оберточной бумаги. Древесная сульфатная целлюлоза, надлежащим образом сваренная и обработанная, хорошо отбеливается и в бумагах, особенно печатных, дает им весьма ценное свойство, напр., уменьшает просвечиваемость бумаги. Не только беленая целлюлоза пригодна для печати; так назыв. крафт-целлюлоза иногда в несколько подбеленном виде также дает хороший материал для печати, в особенности для специальных назначений.

Путем надлежащего регулирования процесса варки имеется возможность получать сульфат-целлюлозу очень различных свойств: от очень мягкой — характера полумассы из ситцевого тряпья (легко пергаментирующейся) — до чрезвычайно жесткой, очень прочной крафт-целлюлозы.

Развитие производства сульфат-целлюлозы особенно быстро идет в Америке как в отношении применения этого рода целлюлозы для печатных бумаг, так и крафт-целлюлозы, напр., для очень хорошо развивающегося в Америке производства мешков для упаковки цемента и др. сыпучих продуктов.

Последнее слово техники сульфатного производства было почти целиком осуществлено в установках завода Тонаванда Пэйпер К° в Северной Америке. Варка в неподвижных котлах с циркуляцией и подогревом щелока по сист. Мортелура. Промывка целлюлозы на непрерывно действующих вакуум-фильтрах Оливера. Отбелка на аппаратах Флетчер и последующая промывка на Оливер-фильтрах. Сжигание щелока в револьвере, отапливаемом генераторным газом с утилизацией тепла на нагрев парового котла. Непрерывная каустизация в башнях Маунт; непрерывная декантация Маунт. Промывка грязи на непрерывных фильтрах. Регенерация извести в револьверной печи, отапливаемой генераторным газом.

В виду того, что взаимное расположение оборудования для варки и обработки целлюлозы, а также отделения для регенерации и каустизации и в особенности расположение коммуникационных линий современного сульфат-целлюлозного завода является очень сложным, ниже помещаем

схему, иллюстрирующую производство и коммуникации на заводе Тона-ванда Пэйпер К. (рис. 185а) и, кроме того, схему производства и коммуникационных линий сульфат-целлюлозного завода, комбинированного с бумажной фабрикой (рис. 185б).

Несовершенства револьверных печей, требующих значительной затраты топлива, вызвали в последнее время замену их вертикальными печами для сжигания в них пульверизированного сгущенного щелока. Ранее предложенные для этой цели установки усовершенствованы в печах системы Вагнер, находящих применение на современных сульфат-целлюлозных заводах. Усовершенствование системы регенерации и утилизации щелока дает возможность ведения сульфат-целлюлозного производства без затраты топлива, используя исключительно органические вещества щелоков.

Одной из крупнейших проблем целлюлозного производства является проблема наиболее целесообразного использования тех многочисленных и разнообразных органических веществ, которые содержатся в громадных количествах в отработанных щелоках целлюлозных заводов. Известны установки в заводском масштабе, дающие скипидар, метиловый спирт и жидкую канифоль. Грязь после каустизации является недурным удобрением. Весьма неприятными в сульфат-целлюлозном производстве являются те весьма дурно пахнущие газы, которые связаны с этим производством. Свойства этих газов, обладающих противным запахом, даже при условии содержания их в воздухе в минимальнейших количествах, делали очень неудобным расположение заводов вблизи населенных мест и весьма затруднительным отыскание радикальных методов борьбы с газами.

Введение последних усовершенствований в оборудовании (печи Вагнер и др. приспособления) в очень значительной степени, иногда почти полностью, позволили устранить эту тяжелую особенность сульфат-целлюлозного производства.

Для обработки по сульфатному способу пригодны растительные волокна весьма различного характера: напр., соломы, камыша, лиственных пород дерева, сосны и т. п. Отходы и отбросы лесопильных заводов часто являются основным сырьем сульфат-целлюлозных заводов. В СССР сульфат-целлюлозное производство имеет все условия для широкого развития, как по богатству и разнообразию имеющегося сырья, так и по разнообразию могущих быть покрытыми потребностей страны*.

Практические технические коэффициенты при изготовлении древесно-сульфатной целлюлозы

Потребная мощность: на каждые 100 кг возд.-сух. целлюлозы—в 24 ч.:

- | | |
|------------------|-------------|
| а) для небеленой | ~ 1,8 л. с. |
| б) для беленой | ~ 2,5 " |

Выход: из 1 м³ скл. баланса (на бирже) получается:

- | | |
|------------------------|-------------------------|
| а) небеленой целлюлозы | ~ 135—140 кг возд.-сух. |
| б) беленой | ~ 115 " " |

Расход химических материалов: на 100 кг возд.-сух. целлюлозы:

- | | |
|-----------------|---------|
| сульфата | ~ 20 кг |
| извести | ~ 20 " |
| активного хлора | ~ 5 " |

Расход пара на 1 кг возд.-сух. целлюлозы:

1. Пар на варку:

а) для крафт-целлюлозы: ~ 2,0 кг насыщенного пара в 8 атм. раб. при поступлении в котел и при t° содержимого котла в начале заварки ~ 55°.

б) для белящейся целлюлозы: $\sim 2,2$ кг насыщенного пара в 8 атм. раб. при поступлении в котел и при t° содержимого котла в начале заварки $\sim 55^\circ$.

2. Пар на отбелку:

при 8% загрузке: $\sim 0,8$ кг пара в 1 атм. раб.

3. Пар на сушку. Для сушильной части обезвоживающей машины, включая обогрев потолка и потери в трубопроводах:

При сушке от $\sim 33 - 40\%$ до 88% абс.-сух. и при испарительной способности 1 м^2 сушильной поверхности, соприкасающейся с целлюлозой ~ 10 кг в ч:

$\sim 2,2 - 2,3$ кг пара в 1 атм. раб. в цилиндрах.

4. Для выпаривания черных щелоков в трехкорпусном выпарном аппарате

а) для белящейся целлюлозы при выпаривании всех черных щелоков:

а) при применении дисковых выпарителей, т. е. выпаривании от 8° до 20°Вé , — давление пара в 1 корпусе выварки в 1 атм. раб. ~ 3 кг пара в 1 атм. раб.

б) без применения дисковых выпарителей, т. е. выпаривании от 8° до 30°Вé и при давлении пара в 1 корпусе в 1 атм. раб. $\sim 4,0$ кг пара в 1 атм. раб.

б) Для крафт-целлюлозы, при выпаривании около $\frac{3}{4}$ всего количества черных щелоков:

а) при применении дисковых выпарителей, т. е. при выпаривании от 8° до 20°Вé , а при давлении пара в 1 корпусе в 1 атм. раб. $\sim 2,5$ кг пара в 1 атм. раб.

б) без применения дисковых выпарителей, т. е. при выпаривании от 8° до 30°Вé и при давлении пара в 1 корпусе в 1 атм. раб. $\sim 3,25$ кг пара в 1 атм. раб.

в) На каустизацию и приготовление теплой воды ~ 1 кг пара в 1 атм. раб.

5. Расход воды в производстве на 1 кг возд.-сух. целлюлозы;

а) для небеленой целлюлозы $\sim 180 - 200 \text{ л}$
(при использовании оборотной воды на разбавление массы и т. д.)

б) для беленой целлюлозы $\sim 500 - 550 \text{ л}$
(без применения оборотной воды).

6. Состав варочных щелоков и, соответственно, огарков при среднем расходе сульфата:

Варочные щелока	Огарки
$\text{NaOH} - 91,2 \text{ г л}$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 - 70,9\%$
$\text{Na}_2\text{CO}_3 - 12,7 \text{ »}$	$\text{NaOH} - 1,4 \text{ »}$
$\text{Na}_2\text{S} - 16,0 \text{ »}$	$\text{Na}_2\text{S} - 12,4 \text{ »}$
$\text{Na}_2\text{SO}_3 - 1,3 \text{ »}$	$\text{Na}_2\text{SO}_3 - 2,2 \text{ »}$
$\text{Na}_2\text{SO}_4 - 10,6 \text{ »}$	$\text{Na}_2\text{SO}_4 - 6,6 \text{ »}$
$\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 0,6 \text{ »}$	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 - 5,9 \text{ »}$

нерастворимый остаток $0,6\%$

К. Приготовление древесной целлюлозы по способу Ринманна

Предложенный проф. Ринманном (Rinmann) метод является по существу модификацией натронного способа и отличается от последнего главным образом способом регенерации щелочи. Сгущенные щелока не регенерируются в плавильной печи, а подвергаются сухой перегонке, при чем образуются летучие продукты сухой перегонки, как метил-алкоголь (древесный или метиловый спирт), ацетон, метил-уксусный кетон, а также масла.

Путем конденсации указанные летучие продукты получают в виде водных растворов, а нерастворимые в воде масла отделяются и затем очищаются. Остаток от сухой перегонки содержит щелок в виде углекислого натра.

К сгущенному до $\sim 30-32^\circ$ Вё черному щелоку добавляют едкую щелочь и известь, а, в случае надобности, также свежий щелок с едким натром. Эта смесь сгущается в особых выпарных аппаратах при $t^\circ 110-120^\circ$ до тех пор, пока содержание воды в массе не составит $\sim 30\%$. Затем смесь выгружается в плоские железные ванны, каждая с поверхностью заполнения $0,5 \text{ м}^2$.

Эти ванны устанавливаются по 150 шт. на вагонетки, поступающие в большие обмурованные и отапливаемые газом реторты. Здесь смесь щелоков обугливается, при чем сначала испаряется остаточная влага, затем легко кипящие продукты: метил-алкоголь, ацетон, а также маслообразные кетоны, в конце же выделяются нерастворимые масла. Перегонка происходит при $t^\circ \sim 450^\circ$, при которой органические соединения натрия переходят в его карбонат.

По окончании процесса перегонки вагонетки выкатываются из печей. Остатки от перегонки, плотные лепешки извести, соды и угля разбиваются и каустизируются в чанах, емкостью $\sim 10 \text{ м}^3$ при добавлении жженой извести.

Полученный каустизированный раствор с содержанием $100 \text{ кг Na}_2\text{O}$ в литре, фильтруется и при крепости в 16° Вё подается в варочный отдел. Слабые промывные воды при каустизации снова используются для растворения содового плава. Освобожденный от щелочи, промытый и отжатый до 50% содержания влаги шлам снимается с фильтров и направляется во вращающуюся печь. Устройство последней аналогично печам, применяемым в цементном производстве. В этой обогреваемой газами печи шлам обжигается в известь, т. е. происходит регенерация последней, благодаря чему потеря ее составляет только 10% . Газ для обогрева печей для перегонки, а также вращающейся печи получается от сжигания угля.

Продукты сухой перегонки, предназначенные для продажи, получают при специальных методах работы.

Выходы на 1000 кг воздушно-сухой целлюлозы составляют

- $\sim 3,5-3,8 \text{ кг}$ метилового (древесного) спирта
- $\sim 3,6-4,0$ » ацетона
- $\sim 3,2-3,4$ » метил-уксусного кетона
- $\sim 2,5$ — » кетоновых масел
- $\sim 16,0$ — » тяжелых масел,

затем, как остаток, еще кетоновые масла, которые могут применяться в качестве горючего материала для бензиновых моторов.

Вышеописанная установка для регенерации, оборудована на одном крафт-целлюлозном заводе, снабженном стационарными варочными котлами, емкостью по 28 м^3 , каждый из которых дает 2000 кг воздушно-сухой целлюлозы; наполнение щелоком составляет на каждый варочный котел $\sim 10 \text{ м}^3$ свежего щелока в $15-17^\circ$ Вё, с содержанием $\sim 90 \text{ г NaOH}$ в 1 , а также $6-8 \text{ м}^3$ черного щелока. Щелока отсасываются снизу котла, помощью циркуляционного насоса и через трубчатый подогреватель вновь качаются в котел, в верхнюю его часть (система Мортеруда).

ГЛАВА VII

2. Производство древесной сульфитной целлюлозы

А. Общие сведения

Одним из важнейших и очень распространенных полуфабрикатов является древесная сульфит-целлюлоза.

На бумажных фабриках она употребляется в различных видах: как беленая, так и небеленая; как сырая, так и высушенная. Современное массовое производство бумаги было бы неосуществимо без древесной сульфит-целлюлозы. Поэтому она является, в отношении потребления древесины, наиболее сильным конкурентом древесной массы.

Древесная сульфитная целлюлоза, или просто сульфит-целлюлоза, в смысле ее использования, гораздо более применима, чем сульфат-целлюлоза; кроме того, выход ее из дерева на ~18% больше. При так называемом сульфитном способе в отличие от сульфатного, работа ведется с помощью кислоты с применением SO_2 . При переработке дерева возможна рентабельная работа как путем применения щелочи, так и путем применения кислоты, но при обработке соломы, эспарто и т. п. сырья, содержащего кремневую кислоту, это является затруднительным.

При новейших способах варки для переработки древесины с большим содержанием смолы, кроме бисульфита кальция, употребляется также и сульфит натрия.

Открытие сульфитного метода обработки целлюлозы нужно отнести к 1866/67 годам, когда американец Тильгман (B. C. Tilghman) из Филадельфии получил английские патенты № 2924 от 9/XI 1866 г. и № 385 от 11/II 1867 г. на следующие изобретения:

«Способ приготовления целлюлозы из растительных материалов путем применения раствора сернистой кислоты в воде, с прибавлением сернистоокислого или кислого сернистоокислого кальция к раствору кислоты; эта примесь придает получаемому волокнистому продукту более светлый цвет и облегчает отбелку. Со щелоком такого рода дерево варится под давлением непрямым паром».

Заявленные Тильгманом патенты касались не только «способа варки», но также и «регенерации» неизрасходованного при варке SO_2 . О последнем говорилось следующее:

«Введением их (отдувочных газов) в специальные конденсаторы, SO_2 абсорбируется холодной водой и может быть использован для другого котла, наполненного щепой».

Патенты Тильгмана, — как это часто бывает, — долгое время оставались неиспользованными, и только в 1874 г. шведский инженер Экман (Ung. Ekman) изготовил для продажи значительное количество так называемой сульфит-целлюлозы. К этому же времени (1874/78 гг.) относятся опыты германского ученого Митчерлиха (Prof. Mitscherlich). Последний получил в 1878 г. патент, а в 1879/80 гг. в Ленбергергютте была пущена в ход первая установка, вырабатывавшая сульфит-целлюлозу по его способу, путем варки с непрямым паром. Вслед за этим (в 1880 г.) была построена такая же фабрика в Целле, в Визентале (Баден).

С 1880 по 1895 гг. в одной Германии возникло около 60 сульфит-целлюлозных предприятий, между тем как в 1914 г. в Германии имелось всего только 3 сульфат-целлюлозных завода.

В 1924 г. в Германии работало 58 целлюлозных фабрик, с производительностью приблизительно 700 000 т воздушно-сухой целлюлозы в год; на них было занято около 16 500 штатных рабочих.

Вскоре после изобретения Митчерлиха, в 1882 г., в Австрии был запатентован так называемый способ Риттер-Кельнера (Ritter-Kellner'a), по которому варка целлюлозы производится прямым паром; в 1884 г. этот способ был введен на бумажной фабрике Подгора близ Герца.

В настоящее время применяется как метод Митчерлиха, так и метод Риттер-Кельнера.

1. Варка по чисто Митчерлиховскому способу

Варка целлюлозы по методу Митчерлиха производится медленно, при низкой температуре, доходящей максимально до 130° , при соответствующем давлении 3—3,5 атм. изб. в котле, путем обогривания непрямым паром в змеевиках; она ведется как в горизонтальных, так и в вертикальных котлах, при применении слабой кальцевой (иногда магниевой) бисульфитной кислоты с 3—3,5% общего количества SO_2 , ~3,5 до $4,5^{\circ}$ Вё.

2. Варка по чисто Риттер-Кельнеровскому способу

Варка по способу Риттер-Кельнера производится быстро, при высокой температуре, которая доводится до 145° , при соответствующем давлении 4—5 атм. изб. в котле; обогрев прямым паром в настоящее время ведется исключительно в вертикальных котлах, при применении крепкой кальцевой бисульфитной кислоты ~4—5,5% всего SO_2 , ~5—6° Вё, т. е. значительно более крепкой кислоты, чем при Митчерлиховском способе, в виду происходящего разбавления кислоты конденсатом пара во время процесса варки.

3. Смешанный способ

При этом способе сначала быстро производят заварку прямым паром, а затем ведут варку по Митчерлиховскому способу непрямым паром. По Митчерлиховскому способу получают эластичное, длинное и крепкое волокно. Получать такого рода волокно по Риттер-Кельнеровскому способу в настоящее время удается только очень опытным практикам-специалистам.

В общем нужно сказать, что разница между волокном, полученным вышеописанными способами, безусловно имеется; в противном случае производ-

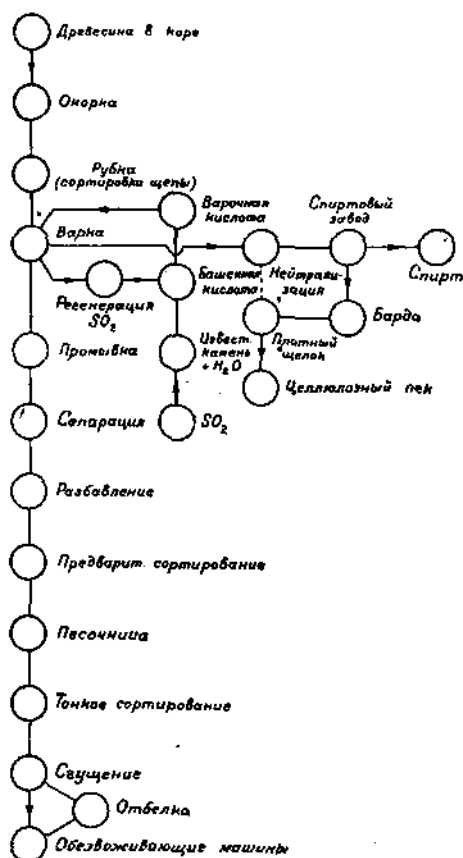


Рис. 186.

ство Митчерлиховской целлюлозы на маленьких горизонтальных котлах с оборотом до 50 часов не сохранилось бы до сих пор.

Риттер-Кельнеровский метод может быть характеризован как быстрый метод варки, даже при котлах емкостью в 300 м^3 , оборот в 18 ч. не является редкостью. В общем волокно Риттер-Кельнеровской целлюлозы гораздо короче и менее эластично, чем у Митчерлиховской целлюлозы.

Производственное оборудование, за исключением варочных котлов и приспособлений для обогрева их, в обоих способах одинаково. Для Митчерлиховской целлюлозы еще до настоящего времени применяются горизонтальные котлы, а для Риттер-Кельнеровской применяются исключительно вертикальные.

На рис. 186 изображена общая схема современного заводского процесса производства сульфит-целлюлозы.

Б. Древесина как сырье

Для производства сульфит-целлюлозы применяется, главным образом, ель, реже — пихта и еще реже — лиственные породы деревьев. Поступающее в переработку дерево должно быть плотным и здоровым, для того чтобы выход из него получился достаточно высокий.

Баланс, длиной около 2 м, в большинстве случаев уже окоренный, складывается на больших лесных биржах в штабеля так, чтобы он мог хорошо просохнуть; биржа должна вмещать запас древесины, рассчитанный на $\frac{3}{4}$ года. В виду того, что в Германии имеются установки с производительностью до $300\,000 \text{ кг}$ возд.-сух. целлюлозы в 24 ч., т. е. установки, перерабатывающие ~ 1800 до 2000 м^3 баланса в сутки, вопросу о лесной бирже нужно уделять величайшее внимание не только с точки зрения хорошего хранения баланса, но и с точки зрения устройства надлежащих транспортных приспособлений. Штабеля здесь имеют высоту до 5 м, а портальные краны — пролеты свыше 100 м; снабженные грейферами, они разгружают вагоны и передают древесину приспособлениям, несущим ее в деревоподготовительный отдел. Последние приспособления нужно устраивать так, чтобы устранить излишнюю транспортировку. В настоящее время уже имеются установки, в которых древесина прямо из вагона укладывается на специальные приспособления для подачи и непрерывно проходит через все машины, пока не достигнет силоса над варочным котлом.

В. Предварительная обработка дерева

Для предварительной обработки дерева применяются машины, описанные уже при сульфатном производстве. Там, где вырабатывается белая целлюлоза, предназначенная для высоких сортов бумаги, для искусственного шелка и т. п., дерево должно быть наилучшего качества. Подготовка его — окорка и сортировка — должна быть выполнена с исключительной тщательностью ¹⁾.

Автором была проделана большая работа по опытному приготовлению белой целлюлозы из горной ели, диаметром от 15 до 24 см; работа эта для деревоподготовительного отделения дала следующие результаты:

Переработано было: $142,23 \text{ м}^3$ пл. = 190 м^3 скл. баланса с содержанием сухого вещества $\sim 80\%$ = 74738 кг скл. древесины: т. е. 1 м^3 пл. = 525 кг .

¹⁾ Следует однако отметить, что известная очень крупная фабрика Кипава-Милл в Канаде, вырабатывающая высокосортную белую целлюлозу для искусственного шелка пользуется для очистки баланса корообдирками системы Торне.

Получено:

1. Сорта Ia измельченного чистого готового к варке дерева	64 148 кг	≈ 86%
2. " На измельченного чистого готового к варке дерева для паковочной целлюлозы	3 187 "	≈ 4%
3. Кору (стружки)	4 175 "	≈ 5,5%
4. Опилки и древесной мелочи	1 328 "	≈ 1,8%
5. Сучков	1 900 "	≈ 2,8%
Всего: 74 738 "		≈ 100%

Данные этого опыта могут быть рассматриваемы как хорошие средние значения вышеуказанных величин.

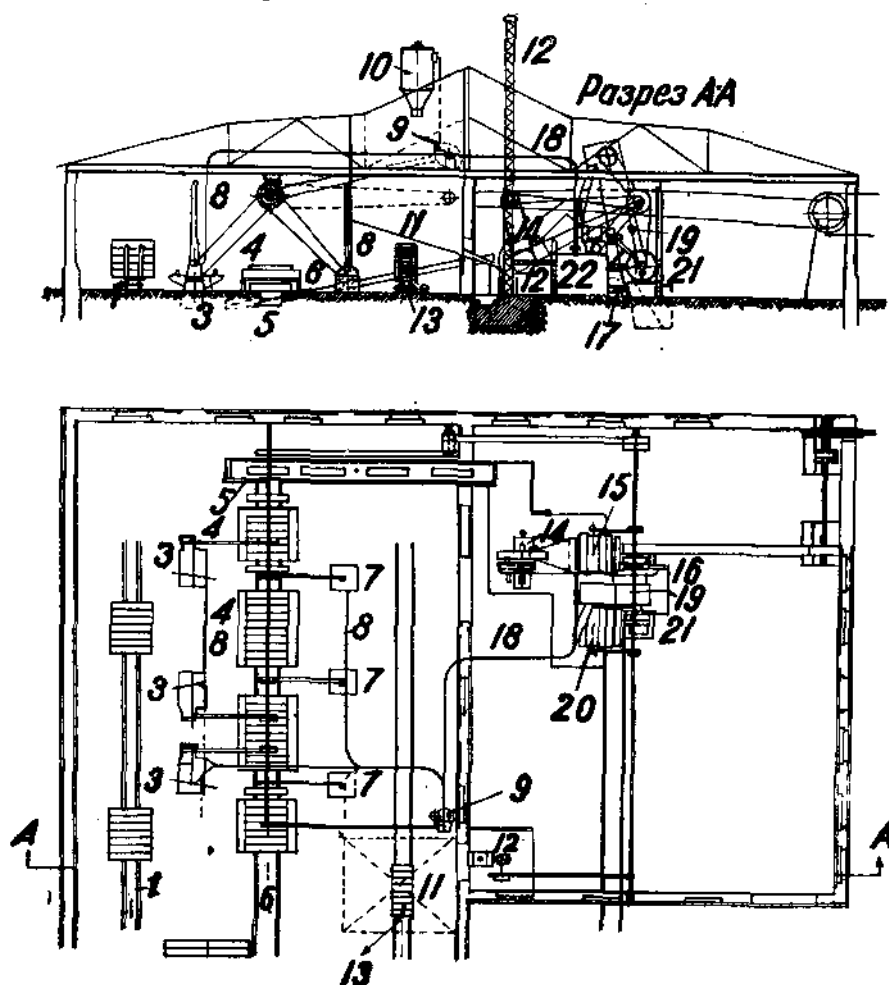


Рис. 187.

Простой и целесообразной является деревоподготовительная установка фирмы Бецнер в Равенсбурге, изображенная на рис. 187. Здесь баланс из 1 через корообдирки для длинного баланса 3 и корообдирки для дочистки 7, помощью транспортеров 5 и 6, поступает на рубильную машину 14; отсюда через трясущиеся сортировки 15 и 20 на транспортерах 17 или 22 он подается в варочный отдел. Кора и другие отбросы отсасываются от машин через трубопроводы 8 помощью вентилятора 9 и направляются через циклон 10 и бункер 11 в пресс 12; последний

спрессовывает их в тюки 13, которые в дальнейшем используются для варки или для других целей.

Деревоподготовительное отделение при больших сульфит-целлюлозных заводах должно быть просторным, чтобы в нем можно было собирать сучки и опилки (древесную мелочь) за много дней и в одной общей варке перерабатывать их в целлюлозу для упаковки. При этом мелкие опилки следует смешивать с более грубыми отбросами, т. е. измельченными сучками и т. п. отходами худшей древесины, в следующей пропорции: на $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ грубой древесины $\frac{2}{3}$ — $\frac{1}{2}$ древесной мелочи и опилок. Выход массы сорта Ша при таком смешивании отбросов составляет все же ~ 70 до 75% нормального выхода для хороших сортов.

Сорта целлюлозы

Бумажная промышленность нуждается в различных сортах сульфит-целлюлозы; для получения их необходимо прибегать как к специальному отбору древесины, так и к специальным методам варки. Согласно нормам Союза германских целлюлозно-бумажных фабрикантов, в продаже различают следующие главнейшие сорта целлюлозы:

1) секунда, небеленая, 2) 1b небеленая, 3) прима нормальная небеленая, 4) прима белая (небеленая), 5) секунда белая, 6) прима белая.

Кроме этих норм, которые служат указателем для расценки при продаже целлюлозы, следует еще различать (т. е. надлежащим образом проводить процесс варки) с точки зрения свойств волокон:

1) особо жесткую небеленую целлюлозу для паковочных бумаг, 2) нормально жесткую целлюлозу, 3) нормально белимую целлюлозу, 4) высоко белимую целлюлозу.

С точки зрения выходов, можно принять, что для прима белимой (небеленой) целлюлозы выход будет ~ на 5% меньше, чем для прима нормальной небеленой массы. Беленые массы дают меньшие выходы из-за потерь при отбелке, которые составляют:

а) для секунда белимой ~ 5 до 6% против небеленой массы;

б) для прима белимой ~ 10% против небеленой массы.

Кроме вышеуказанных сортов, употребляемых в бумажном производстве, в настоящее время часто приходится иметь дело со специальной целлюлозой, идущей на производство искусственного шелка.

По данным лучших специалистов, приготовить равномерную целлюлозу для искусственного шелка очень трудно. Хорошая целлюлоза для этой цели должна отвечать следующим требованиям: быть абсолютно чистой, содержать наименьшее количество смолы, быть свободной от золы, содержать наибольшее количество альфа-целлюлозы, отличаться большой способностью к впитыванию и набуханию и др.

В дальнейшем речь будет идти только о производстве целлюлозы для бумажной промышленности.

Г. Варка

а) Силосы для щепы (бункера)

Готовая к варке щепа, транспортируется на сульфит-целлюлозных фабриках помощью элеваторов или пневматическим путем в большие силосы, находящиеся над варочными котлами (рис. 207). Силосы должны быть такой емкости, чтобы обеспечить быстрое наполнение стоящих под ними котлов. В виду того, что в настоящее время строятся котлы до 310 м³ емкости нетто, потребляющие около 175 м³ скл. древесины на одну варку, силосы должны выполняться достаточно больших размеров для того, чтобы

вмещать надлежащее количество щепы. Один куб. метр объема силоса вмещает около 190 кг щепы. Силосы закрываются снизу шиберами, которые для лучшей подвижности покоятся на роликах.

Исключительно большая высота новейших котлов обуславливает, конечно, соответственно высокое здание, так как силосы для щепы должны быть установлены над котлами. В некоторых случаях иногда щепу подают в котлы помощью пневматического устройства непосредственно из находящегося в деревоподготовительном отделении запасного склада; при этом некоторые преимущества может представить применение описанного ниже и показанного на рис. 198 аппарата Фреска. Однако, для того чтобы загружать котел емкостью 300 м³ в течение около 1 ч., нужно иметь пневматическую установку столь большой производительности что применение ее будет целесообразно только в очень редких случаях.

б) Варочные котлы

1. Общие сведения о котлах и их формах

Употребляемые для варки сульфит-целлюлозы котлы в настоящее время изготавливаются из листов сварочного железа, склепанных при помощи накладок. Эти цилиндрические котлы с концевыми частями различной формы иногда изготавливаются горизонтальными, в большинстве же случаев, однако, вертикальными (рис. 189).

Горизонтальная форма котла (рис. 190) была первоначально введена в 1880 г. Митчерлихом и в настоящее время применяется только для варки митчерлиховской целлюлозы.

Первые вертикальные котлы (рис. 193), появились вместе с открытием Риттер-Кельнеровского способа в 1882 г.; они применялись для варки прямым паром, однако они оказались практичными и при непрямом обогреве, а потому постепенно вытеснили всюду горизонтальные котлы.

Днища у горизонтальных котлов выполняются большей частью плоскими, реже — полусферическими, в то время как старые вертикальные Риттер-Кельнеровские котлы снабжались снизу почти плоскими днищами, а сверху конусом.

У более новых, часто уже очень больших вертикальных котлов, мы находим (рис. 189) концевые части трех видов:

- 1) сверху и снизу полусферические днища (рис. 194);
- 2) сверху полукруглое, а снизу острое, образующее $\angle$ от 72° до 90° (рис. 195);
- 3) сверху параболическое, а снизу острое, образующее также от 72° до 90° ¹⁾.

2^a Конструктивное устройство котлов

Прежде всего нужно принять во внимание, что варка сульфит-целлюлозы как по способу Митчерлиха, так и по способу Риттер-Кельнера производится в присутствии кислоты (бисульфитно-кальциевых соединений), которая очень сильно разъедает железные части. Поэтому не только части, находящиеся внутри котла, но и все остальные соприкасающиеся

¹⁾ * Наиболее распространенными и целесообразными формами концевых частей современных вертикальных варочных котлов являются:

1) нижний конус — с углом ок. 60°,
верхний » » » » 90°, или

2) параболическая форма верхней части при том же нижнем конусе.

с варочной кислотой, должны быть или снабжены защитными средствами против ее разъедающего действия или же прямо изготовлены из кислотоупорных материалов, как-то: бронзы, свинца, керамических и др. материалов. Приспособления для подвода кислоты, равно как и трубопроводы для сдувочных газов и отходящих щелоков, изготавливаются из толстостенного свинца, массопроводы и приспособление для опоражнивания котла — из меди. Арматура же котлов, вентили и штурцера, которые служат как для измерительных приборов, так и для подачи и выпуска кислоты, пара и воды, изготавливаются из наилучшей кислотоупорной и во всяком случае толстостенной бронзы.

1. В начальных стадиях развития сульфит-целлюлозного производства стенки котлов обкладывались изнутри толстым или несколькими слоями тонких листов свинца (рис. 188—1). Обкладки свинцом стоили неимоверно дорого и требовали больших ремонтов, вызывавших частые простои в производстве. Эти недостатки стали устранять, начиная с 1890-х гг., путем применения других кислотоупорных материалов для защиты внутренних частей варочных котлов от разъедания кислотой. Способы защиты были следующими:

2. Обмуровка кислотоупорным кирпичом (рис. 188—2).

3. Метод Венцеля (рис. 188—3) — обмуровка кислотоупорной однородной цементно-подобной массой.

4. Метод Купка (Вена) (рис. 188—4) — обмуровка цементным слоем толщ. до 10 см, и затем облицовка, лучше всего двумя рядами плиток толщ. по ~5 см.

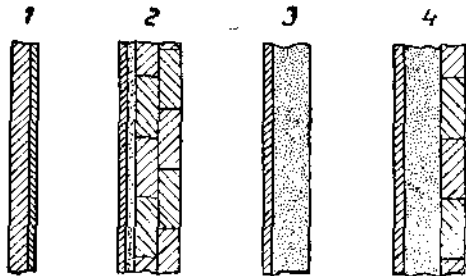


Рис. 188.

Целлюлозные фабрики, работающие с достаточной осторожностью, еще и по сей час применяют свинцовую обкладку, толщиной до 12 мм, которую покрывают сверху не очень толстой обмуровкой ¹⁾.

К сожалению, из-за обмуровки, полезный объем котла, служащий для заполнения щепой и кислотой, уменьшается на 11 до 11,5%. У малых котлов толщина обмуровки составляет от 110 до 140 мм, что соответствует уменьшению объема приблизительно на 11%, а у больших котлов обмуровка доходит до 140—160 мм, что соответствует уменьшению объема также приблизительно на 11,5%. Швы между облицовочными плитками промазываются свинцовым глетом на глицерине, что рекомендуется повторять почаще во время эксплуатации котла, в виду того, что каждая мельчайшая щель пропускает кислоту, которая вызывает быстрое разъедание железных стенок котла.

Плитки должны быть абсолютно кислотоупорными и очень плотно спрессованными, так чтобы их удельный вес был равен ~2,0.

Большое значение имеет для варочных котлов специальная арматура особенно выдувные вентили для массы, специальные кольцевые сетки для отдувок и многое другое. Эта арматура изготавливается фирмами: В. Николай и К^о в Зигене, Р. Жентиль в Ашаффенбурге и другими.

¹⁾ В виду невозможности осуществить хорошее соединение как между железом корпуса котла и свинцовой обкладкой, с одной стороны, так и между свинцовой обкладкой и обмуровкой, с другой, применение свинцовой обкладки, в особенности при современных котлах большого объема, является нецелесообразным и потому всюду оставлено.

Целлюлозные котлы должны быть хорошо изолированы снаружи пробковым слоем толщ. ~ 50 мм или слоем инфузорной земли толщ. ~ 60 мм. Заклепочные швы при этом оставляют открытыми для наблюдения за их плотностью. Во время обследований неизолированного и изолированного котлов диам. 5 м, высотой 9,4 м, ~ 25 мм толщ. стенки, 150 мм толщ. обмуровки и 110 м³ объема нетто, автором были установлены следующие температуры (диагр. на рис. 202):

- | | |
|--|--------------------|
| 1) t° помещения варочного отдела | $\sim 20^\circ$ |
| 2) t° содержимого котла в начале варки | $\sim 30^\circ$ |
| 3) t° " " в конце " | $\sim 145^\circ$ |
| 4) t° неизолированной стенки котла: | |
| а) в начале и в конце варки | $\sim 65-70^\circ$ |
| б) в период заварки до | $\sim 35^\circ$ |
| 5) t° 60-миллиметрового слоя инфузорной земли снаружи в течение всего процесса варки оставалась $\sim$ постоянной | $\sim 40^\circ$ |
| 6) t° 50-миллиметрового пробковой изоляции в течение всего процесса варки $\sim$ постоянной | $\sim 30^\circ$ |
| 7) t° железной стенки под изоляцией: | |
| а) в начале и конце варки | $\sim 97^\circ$ |
| б) в период заварки | $\sim 75^\circ$ |

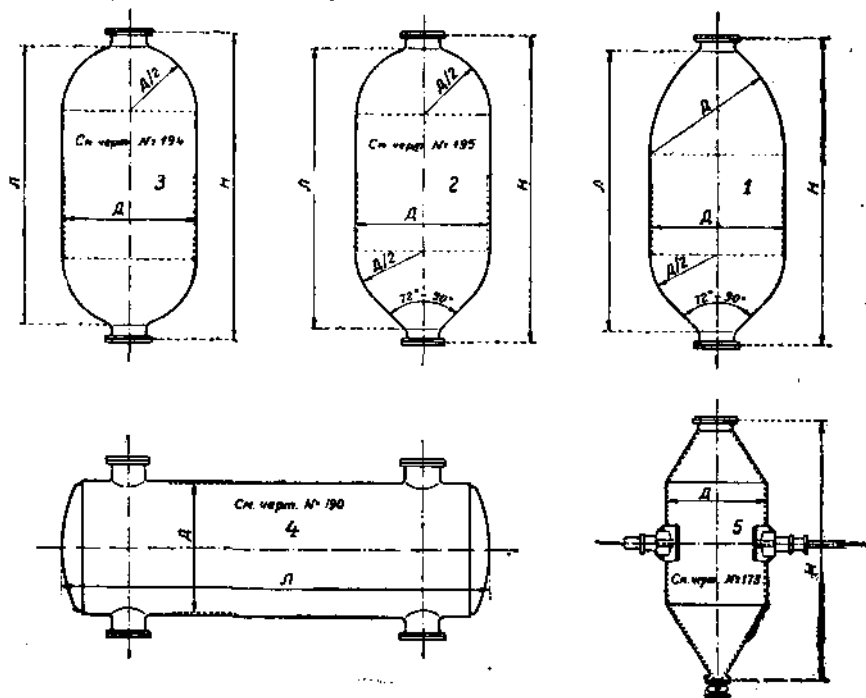
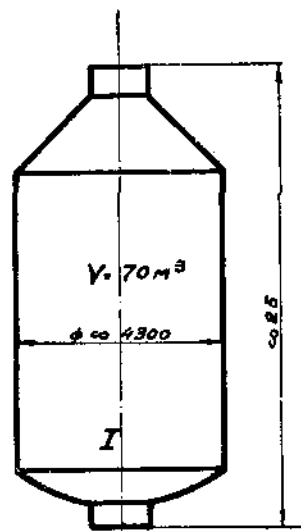
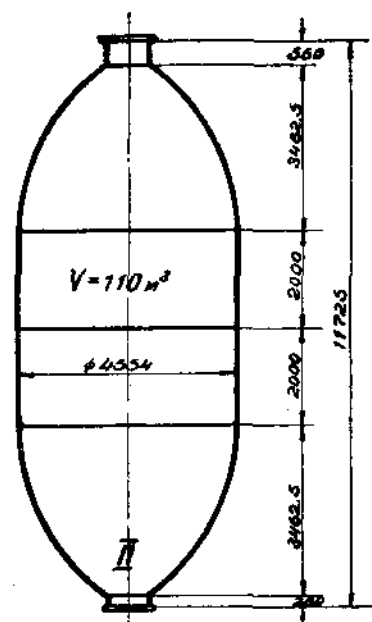


Рис. 189.

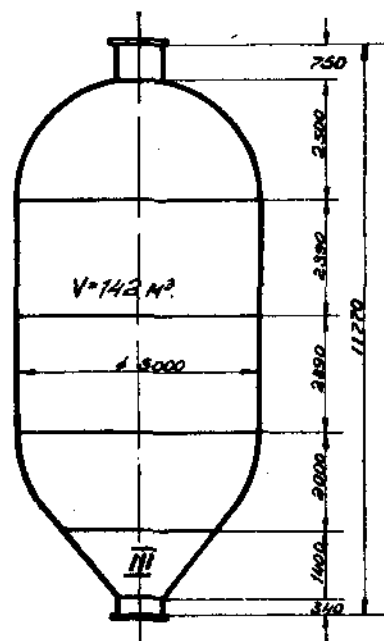
Изоляция варочных котлов не дает значительной экономии пара, но она может принести большую пользу, в случае сильных внешних охлаждающих потоков воздуха. При установке варочных котлов следует обращать внимание на то, чтобы они не были односторонне обращены в сторону больших окон или дверей, через которые они могут подвергнуться сильному охлаждению. В этих случаях может произойти разруше-



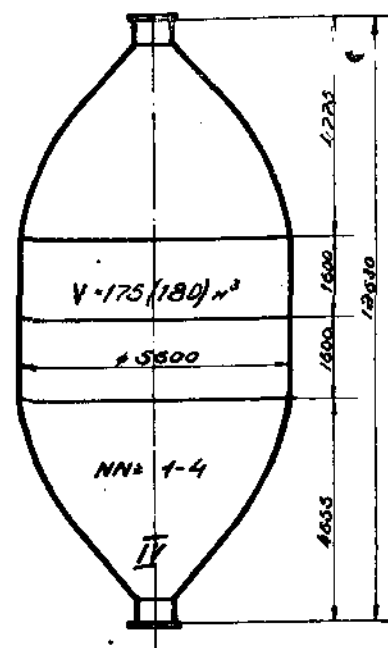
$L:D=1:2,2$



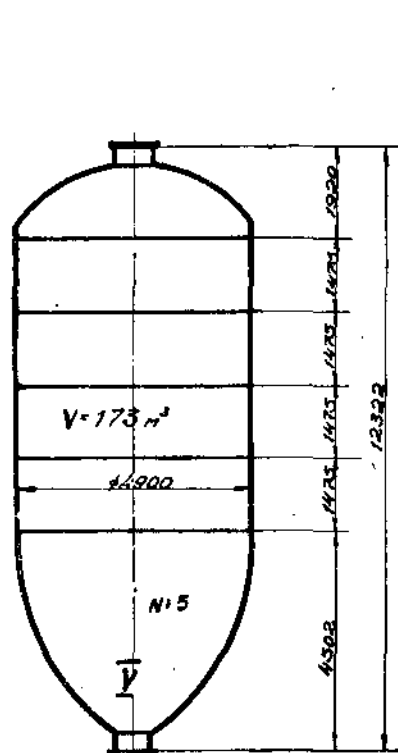
$L:D=1:2,58$



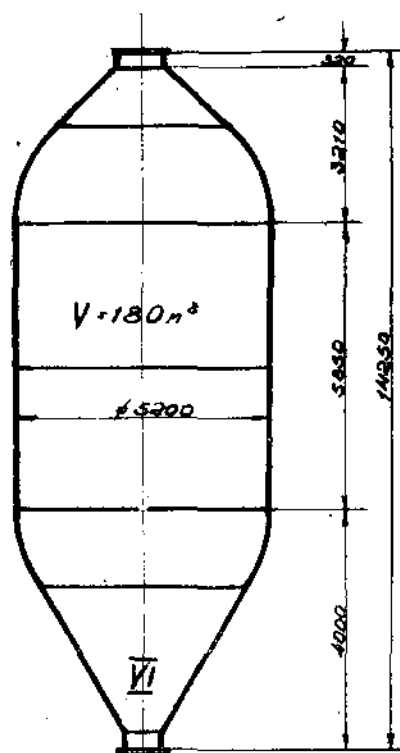
$L:D=1:2,36$



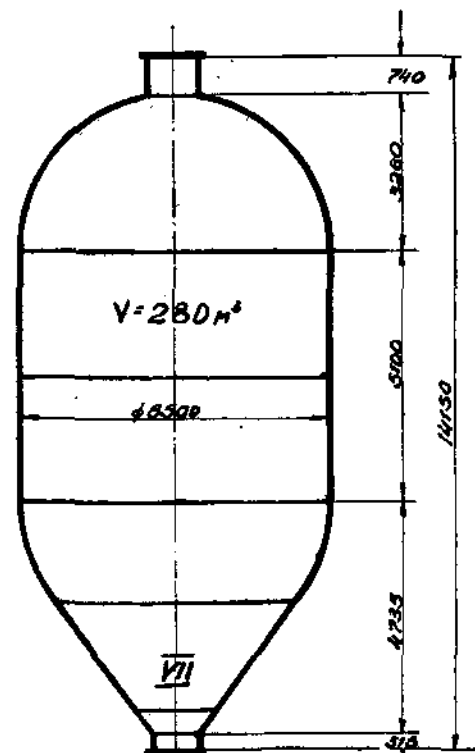
$L:D=1:2,26$



$L:D=1:2,5$



$L:D=1:2,75$



$L:D=1:2,18$

- I Сокольский целл. завод
 II Окуловский " "
 III Кондровский " "
 IV и V Свердловский " "
 VI Балахнинский " "
 VII Сясьский " "

Примечание:

1. Дубровский котел идентичен котлу Кондровскому.
2. V - объему нетто

Форма и размеры котлов установленных на существующих целлюлозных заводах.

ние обмуровки, которое повлечет за собой разъедание кислотой железных стенок котла. Сравнение очень большого числа изготовленных фирмой Э. Бернингауз в Дуисбурге варочных котлов дает приведенную на рис. 189 схему из наиболее употребительных видов; на основании этой схемы можно сделать надлежащий выбор как размеров, так и форм варочных котлов ¹⁾.

Формы и размеры варочных котлов, находящихся в эксплуатации на заводах в СССР см. рис. 189а.

3. Расчет стенки котла

Толщина стенки целлюлозных котлов в Германии рассчитывается согласно существующему законоположению по надзору за котлами «Reichsge-setzblatt» № 2 от 9/1 1909 г., а именно:

а) толщина стенки цилиндрической части:

$$s = \left(\frac{D \cdot p \cdot X}{200 \cdot k \cdot Z} + 1 \text{ мм} \right) + 15\% \text{ запаса,}$$

где s — толщина железа в мм,

D — наибольший внутр. диам. цилинд. части котла в мм,

p — наибольшее рабочее давление в изб. атм. (4 до 6),

k — напряжение на разрыв для листового железа = 36 кг/мм²,

X — коэффициент для двойного ручного заклепочного шва в накладку = 4,25,

Z — коэффициент запаса = 0,82,

Надбавка 15% берется на возможное разъедание железа кислотой.

б) Толщина стенки конических частей:

$$s = \left(\frac{p \cdot R}{200 \cdot k \cdot Z_1} + 2 \text{ мм} \right) + 15\% \text{ надбавки на разъедание}$$

где s — толщина стенки в мм,

p — наибольшее рабочее давление в изб. атм.,

R — внутр. радиус конуса в мм,

k — допускаемое напряжение на разрыв для железа = 6,5 кг,

Z_1 — коэффициент запаса = 0,7.

Для котлов с очень большим диаметром полезно рассчитанную по вышеприведенным формулам толщину стенки в нижних слоях увеличивать минимум на ~ 2 мм для того, чтобы корпус котла оставался совершенно устойчивым и чтобы исключалась возможность всяких деформаций, влекущих за собой повреждение обмуровки. Внутри котла желательно иметь гладкие поверхности железа, для того чтобы удобно было проводить обмуровку. Для этой цели края железных листов в большинстве случаев пригоняют друг к другу и затем, обхватив листы снаружи широкой накладкой, проводят двойную клепку вручную, при чем внутренние головки заклепок делаются потайными.

а) Горизонтальный варочный котел с непрямым обогревом

Горизонтальные варочные котлы (рис. 190) выполняются целиком из сварочного железа и внутри обмуровываются кислотоупорным кирпичом. Они снабжаются четырьмя люками, из коих два нижних служат для опораживания котла, а верхние — для наполнения щепой. Сцежа для массы находится на глубине 2,5—3 м под котлом. Люки закрываются оцинкованными стальными крышками.

¹⁾ Указанные на рис. 189 схемы форм варочных котлов являются устаревшими (см. примеч. на 1 на стр. 52). Ред.

Опоражнивание котлов производится вручную, вымывка массы в данном случае не получила распространения. Система измерительных приборов *e* (рис. 191) находится на одном из днищ и состоит из бронзового штурцера *1* с угловым термометром *2* с делениями до 150° , пробного крана *3* и масляной сифонной трубки с кислотоупорным манометром, снаб-

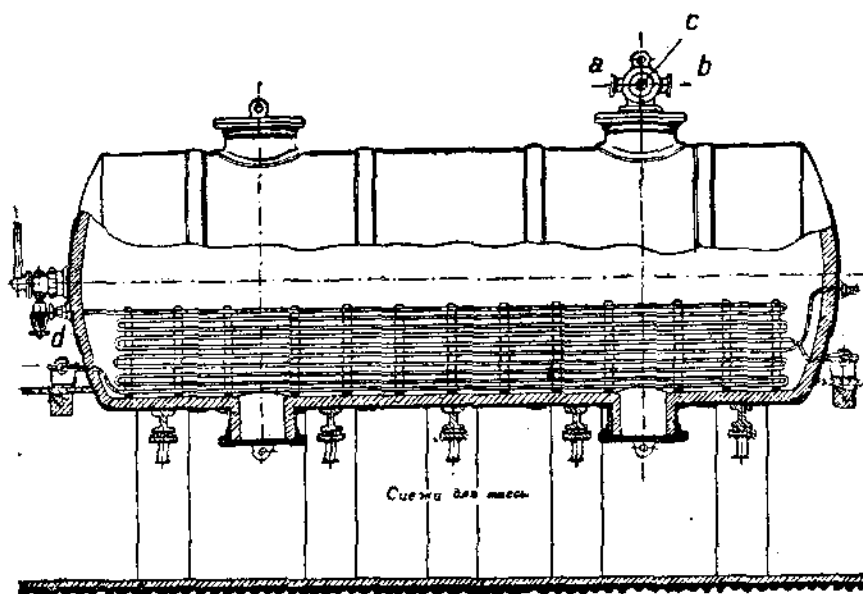


Рис. 150.

женным абсолютно кислотоупорной платиновой или серебряной мембраной. На одном из верхних люков имеется распределительный штурцер из стального литья, предназначенный для присоединения отдувочной линии *a*, водной линии *b* для промывки массы и предохранительного клапана *c*. Закачка кислоты и сток щелока производится либо через один из нижних люков, либо через особый штурцер,

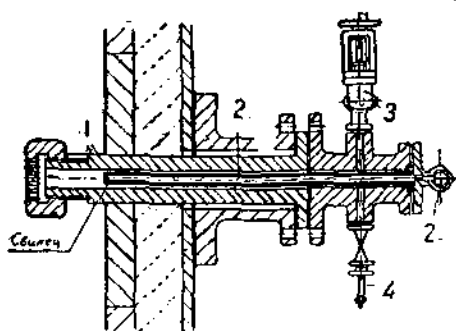


Рис. 191.

также прикрепленный к нижней части котла и снабженный специальной свинцовой или бронзовой сеткой, препятствующей попаданию массы в трубопроводы. Паропроводы также присоединяются к одному из нижних штурцеров. Нагревательное устройство по системе Фольтц (Voltz) состоит из медных трубок, лежащих на свинцовых подставках. Укрепление последних достигается бронзовыми соединительными частями. Котел снабжается 4-мя паровыми змеевиками, равномерно распределенными по нижней половине кожуха. Каждый из них имеет свой впускной ventиль *d* и свой выход для конденсата *f*. Змеевики располагаются таким образом, чтобы был достигнут принцип противотока, благодаря которому происходит хорошее использование тепла и равномерный провар массы. Конденсат проходит через конденсационные горшки и поступает в так называемый кислотообнаруживающий аппарат по патенту Пфотцера (Pfoetzer), который, в случае содержания в конден-

сате кислоты, автоматически приводит в движение специальной конструкции вентиль и направляет конденсат в сток до тех пор, пока он совершенно не освободится от кислоты. Чистый конденсат используется для питания паровых котлов; его среднюю t° можно принять равной 115° .

Изготовление обогревательной системы играет при непрямом обогреве большую роль. Прежде для изготовления змеевиков употреблялись почти исключительно трубки из твердого свинца, которые либо спаивались между собой, либо соединялись внутри котла уплотненными бронзовыми патрубками с винтовой нарезкой (рис. 192). Свинцовые трубки должны быть толстостенными; это необходимо как для их крепости, так и для их устойчивости. Паровой змеевик из твердого свинца внутр. диам. в 33 мм имеет толщину стенки 8 мм, т. е. 54 мм внешн. диам.; вполне понятно, что теплопередача через такую толстую стенку очень низка.

Фирма Фр. Фольтц и сын, во Франкфурте-на-Майне, с большим успехом уже давно изготавливает паровые змеевики из специального медного сплава. Медная трубка с внутр. диам. 50 мм имеет толщ. стенки только в 5 мм, т. е. 60 мм внешн. диаметр; при применении таких сравнительно тонкостенных трубок достигается, конечно, значительно лучшая теплопередача, чем при применении толстостенных свинцовых трубок, вследствие чего время варки сокращается приблизительно на 30—35%.

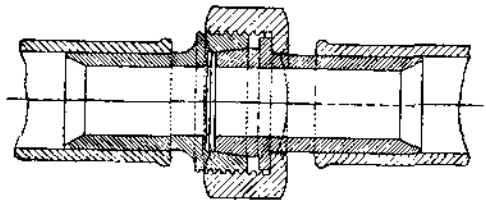


Рис. 192.

Как уже упоминалось выше, каждый горизонтальный котел снабжается минимум четырьмя отдельными змеевиками; каждый змеевик внутри котла состоит по длине из нескольких отдельных частей, скрепленных бронзовыми конусами с нарезками. Благодаря этому, каждая отдельная часть имеет не слишком большую длину, и каждый змеевик при ремонтах может быть выключен отдельно.

Обычные размеры медных трубок большего диаметра следующие:

70 мм внутр. диам. или 80 мм внешн. диам.
80 мм » » » 92 мм » »

Поверхность нагрева всей трубчатой системы у горизонтальных котлов с медными змеевиками составляет $\sim 0,4 \text{ м}^2$ поверхности нагрева на 1 м^3 емкости котла.

Размеры горизонтальных варочных котлов

Увеличение размеров горизонтальных варочных котлов не получило такого развития, как это позднее имело место для котлов вертикальных. Однако установленный в 1880 г. первый горизонтальный котел, емкостью 100 м^3 нетто, можно назвать достаточно большим, если вспомнить, что первый вертикальный котел имел емкость 28—30 м^3 .

Первые митчерлиховские котлы имели следующие размеры:

$D = 4000 \text{ мм}$ — внутр. диам.
 $L = 12000 \text{ мм} - 12500 \text{ мм}$ — длина,

т. е.

$$\frac{L}{D} \cong 3.$$

Толщ. стенки цилиндрич. части = 18 мм
» » днищ = 22 мм

2 верхних люка по 500 мм, 2 нижних по 650 мм диаметром.

На заводах для производства целлюлозы по способу Митчерлиха постепенно переходили к горизонтальным котлам с

$$D = 4500 \text{ мм внутр. диам.}$$

$$L = 17000 \text{ мм длины,}$$

т. е.

$$\frac{L}{D} \cong 3,8$$

с емкостью нетто 230 м³.

Горизонтальный котел (рис. 190) смонтирован на двутавровых балках высотой около 400 мм, на которых установлены стальные подушки высотой 450 мм. Средние горизонтальные стойки неподвижно привинчены к подушкам, в то время как крайние покоятся на роликах, для того чтобы котел мог свободно расширяться. Установлен он настолько высоко, что от низа подушек до пола остается для удобства выгрузки массы расстояние от 2,5 до 3 м.

Продолжительность варки при горизонтальных котлах Митчерлиха

Время варки целлюлозы по способу Митчерлиха бывает очень различным. Оно зависит от сорта вырабатываемой целлюлозы:

18 до 24 ч.	для Ia небеленой митчерлих-целлюлозы
22 » 26 »	» Ia белимой »
23 » 28 »	» Ia высоко-белимой »

° варки редко доводится выше 130°; соответственно этому нагревающий пар имеет 5 атм. изб. давл. и t° 160° перед входом в змеевики. Искключительно крепкая митчерлих-целлюлоза достигается при длительной варке и сравнительно низкой температуре. Такого рода варка продолжается до 40 ч.

β) Вертикальные варочные котлы

Вертикальные варочные котлы получили применение с введения варки по способу Риттер-Кельнера (1882 г.). Благодаря своим преимуществам, они в настоящее время применяются не только при прямом способе обогрева, но и при непрямом. Рост размеров вертикальных котлов следует признать совершенно исключительным. Последнее видно на рис. 193.

Первые малые риттер-кельнеровские котлы имели следующие размеры:

$$D = 3000 \text{ мм внутр. диам.}$$

$$L = 6180 \text{ мм высота между местами стыка горловин с конусами}$$

$$L_1 = 7180 \text{ мм общая высота}$$

$$\frac{L}{D} = 2,06 \text{ при емкости нетто в } \sim 28 \text{ м}^3$$

Такой котел вмещал ~15 м³ скл. древесины и выпускал при 16-часовом обороте ~2400 кг возд.-сух. целлюлозы. Уже в 1912 г. в Реденфельде был установлен фирмой Бернингауз изображенный на рис. 193 варочный котел со следующими размерами:

$$D = 6500 \text{ мм внутр. диам.}$$

$$L = 12600 \text{ мм высота между горловинами}$$

$$L_1 = 14000 \text{ мм общая высота}$$

$$J = \sim 310 \text{ до } 315 \text{ м}^3 \text{ объема нетто}$$

$$\frac{L}{D} = 1,95$$

Объем брутто составляет $\sim 360 \text{ м}^3$.

Такой грандиозный по размерам котел вмещает около 175 м^3 скл. древесины и выпускает при 24 ч. обороте ок. $27\,500 \text{ кг}$ возд.-сух. целлюлозы. Емкость его $\sim$ в 11 раз больше первого малого риттер-кельнеровского котла, но оборот варки в нем увеличивается отнюдь не в 11 раз, а всего лишь на максимум 8 часов, т. е. $\sim 50\%$ более оборота на малых котлах.

Вертикальные котлы благодаря своим преимуществам распространились чрезвычайно быстро не только потому, что они могут быть построены большой емкости и производительности, но также и потому, что они гораздо удобнее для загрузки и выгрузки, чем котлы горизонтальные.

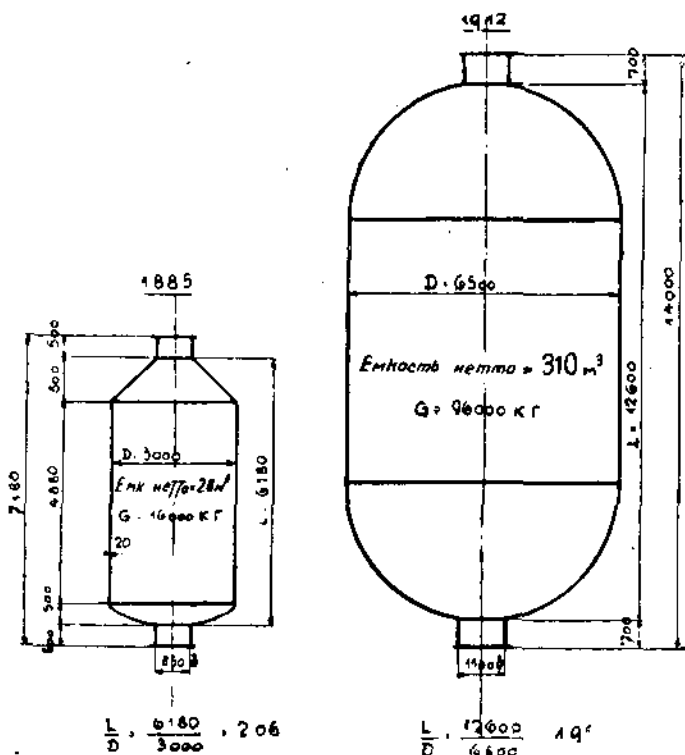


Рис. 193.

Площадь пола, занимаемого вертикальными котлами, значительно меньше занимаемой горизонтальными даже при котлах наибольшей емкости.

В Германии имеются котлы почти любого размера между 28 и 310 м^3 емкости нетто; однако в последнее время больше склоняются к установке котлов большей емкости, так как процесс варки в них можно проводить без особых затруднений. Исполнение котлов большего диаметра чем 6500—6700 мм является затруднительным из-за сильно возрастающей толщины стенок, но надо полагать, что со временем эти затруднения будут преодолены.

Во всяком случае вновь строящиеся целлюлозные заводы должны снабжаться по крайней мере тремя котлами (и даже лучше еще большим числом их), при чем, однако, котельные единицы не должны быть слишком малы и нерентабельны.

Типовые соотношения американских варочных котлов по данным фирмы Стейббинс К° (Stebbins Engineering and Manufacturing Co Watertown - N. Y) характеризуются следующей таблицей:

Высота котла фут.	мстр.	Диаметр 4,270 м (14 фут.)		Диаметр 4,570 м (15 фут.)		Диаметр 4,880 м (16 фут.)		Диаметр 5,180 м (17 фут.)		Диаметр 5,490 м (18 фут.)		Диаметр 5,850 м (19 фут.)		H : D
		Емкость м³ брутто	т	Емкость м³ брутто	т	Емкость м³ брутто	т	Емкость м³ брутто	т	Емкость м³ брутто	т	Емкость м³ брутто	т	
65	19,810	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
64	19,500	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
63	19,200	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
62	18,900	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
61	18,560	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60	18,290	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
59	17,990	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
58	17,680	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
57	17,370	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
56	17,070	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
55	16,760	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
54	16,460	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
53	16,150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
52	15,850	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
51	15,550	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
50	15,240	183,0	9,10	205,0	10,15	230,0	11,40	251,0	12,60	280,0	13,85	307,0	15,25	2,56
49	14,940	179,0	8,90	204,0	10,15	218,0	10,85	218,0	10,85	273,0	13,50	299,0	14,90	2,56
48	14,630	175,0	8,67	199,3	9,00	212,0	10,55	241,0	12,00	266,0	13,15	292,0	14,45	2,50
47	14,330	170,0	8,45	194,0	9,65	207,0	10,30	234,0	11,65	258,0	12,80	284,0	14,05	2,46
46	14,030	166,0	8,25	189,0	9,40	201,5	10,00	228,0	11,35	250,0	12,50	275,0	13,60	2,40
45	13,730	161,5	8,05	184,5	9,15	196,0	9,70	222,0	11,00	244,0	12,10	268,0	13,25	2,35
44	13,430	157,0	7,80	179,0	8,90	190,0	9,42	215,0	10,70	236,0	11,75	259,0	12,90	2,29
43	13,130	152,5	7,59	174,0	8,65	184,5	9,15	208,0	10,40	228,0	11,40	250,0	12,45	2,24
42	12,830	148,0	7,37	169,0	8,40	178,5	8,90	202,0	10,05	222,0	11,00	243,0	12,05	2,19
41	12,530	144,0	7,15	164,0	8,15	173,0	8,60	196,0	9,75	214,0	10,65	232,0	11,55	2,14
40	12,230	140,0	6,94	159,0	7,90	167,0	8,30	190,0	9,40	207,0	10,30	224,0	11,10	2,08
39	11,930	135,0	6,70	154,5	7,65	162,0	8,00	185,0	9,15	202,0	10,05	219,0	10,65	2,03
38	11,630	131,0	6,50	149,0	7,40	157,0	7,75	180,0	8,90	197,0	9,80	214,0	10,30	2,00
37	11,330	126,5	6,27	144,0	7,15	152,0	7,47	175,0	8,65	192,0	9,55	209,0	10,00	1,96
36	11,030	122,0	6,07	139,0	6,92	147,0	7,20	170,0	8,40	187,0	9,30	204,0	9,75	1,92
35	10,730	118,0	5,85	134,0	6,65	142,0	6,95	165,0	8,15	182,0	9,05	199,0	9,50	1,88
34	10,430	113,5	5,64	129,0	6,43	137,0	6,70	160,0	7,90	177,0	8,80	194,0	9,25	1,84
33	10,130	109,0	5,42	124,0	6,20	132,0	6,45	155,0	7,65	172,0	8,55	189,0	9,00	1,80
32	9,830	104,5	5,20	119,0	6,00	127,0	6,20	150,0	7,40	167,0	8,30	184,0	8,75	1,76
31	9,530	100,0	5,00	114,0	5,78	122,0	5,95	145,0	7,15	162,0	8,05	179,0	8,50	1,72
30	9,230	96,0	4,76	109,0	5,56	117,0	5,73	140,0	6,90	157,0	7,80	174,0	8,25	1,68
29	8,930	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
28	8,630	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27	8,330	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26	8,030	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25	7,730	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание 1. Числам обозначены размеры наиболее часто встречающихся в американской практике марочных котлов.

Примечание 2. Цифры производимости котлов приведены для низкосортного американского баланса. Для нормального олового баланса производительность котлов считается на 15-20% выше.

Гед.

Производительность завода при ремонтах не падает очень резко, если работа производится более чем на 3 котлах; кроме того, большее количество котлов рентабельнее еще и потому, что паровые пики при заварках могут быть восприняты паросиловой станцией без применения больших аккумуляторов, а в некоторых случаях можно даже совсем обойтись без последних. При определении числа котлов и их размеров для заданной годовой производительности завода необходимо брать надбавку минимум в 10%, так как всегда следует учитывать понижение производительности из-за ремонтов и простоев по разным другим причинам. Кроме того не следует забывать того, что не вся продукция получается всегда первого сорта, а около 10% получается второго сорта из-за могущих иметь место неудачных варок или худшего качества баланса и других причин.

Согласно вышеприведенным примерам высота котла нормально должна быть в два раза больше его диаметра. Без особой необходимости от этого соотношения отступать не следует, так как соотношение боковой лучеиспускающей поверхности и емкости котла становится тем хуже, чем больше увеличивается отношение $L:D$. Идеальный случай, с точки зрения уменьшения поверхности котла, был бы при $L:D=1$, т. е. при шаровой форме, которая при наибольшем объеме имеет наименьшую поверхность. О шаре, однако, речи быть не может, так как у вертикальных варочных котлов между шаровыми частями всегда включается часть цилиндрическая, чтобы больший объем поместился на меньшей площади. В Америке не обращают внимания на столь важный для нас фактор; там строятся котлы с соотношением, достигающим $L:D=4^1$). При максимальном диаметре 17 фут., высота достигает 70 фут., что соответствует 5,2 м диам. и высоте 21,4 м, при емкости ~ 410 м³ брутто или $\sim 355-360$ м³ нетто (см. H. E. Weston, Pulp and Paper Mach 127, 1925).

Развитие строительства вертикальных варочных котлов в Германии²⁾ видно из следующей таблицы:

Год постройки	Размеры варочных котлов		
	Внутр. диам. железн. кожуха D в мм	Соотношение высоты кожуха котла L к диам. D ($L:D$)	Соотношение всей высоты котла H к диаметру D ($H:D$)
1884	$\sim 3\,000$	2,00 до 2,20	2,20 до 2,30
1886	~ 4 до 4 250		
1893	~ 5 до 5 400		
1906	$\sim 5\,500$		
1910	$\sim 6\,000$		
1911	$\sim 6\,300$		
1912	$\sim 6\,500$		

Если при реконструкции и расширении фабрик решающими факторами для выбора размеров варочных котлов часто являются местные условия, то при постройке новых фабрик в большинстве случаев придержива-

¹⁾ Для характеристики употребляемых в Америке варочных котлов помещена таблица на стр. 60.

²⁾ Наибольший по высоте варочный котел был построен в Германии в 1925 г. фирм. Бернингауз — в 14 700 мм при диам. 6 500 и $L:D=2,27$. Наибольший по диам. варочный котел был построен той же фирм. в 1926 г. в 6 600 мм при высоте 14 130 и $L:D=2,14$. Наиб. по диам. вар. котел в Швеции был построен Карлштадтским мех. зав. в 1920 г. — 6 200 мм при объеме котла 300 м³.
Ред.

ются вышеуказанного соотношения между высотой собственно кожуха L к диаметру D , т. е. $L:D=2$ до 2,20.

Принимаем $L:D=2$ для котла с двумя шаровыми конечными частями, тогда:

$$J = \frac{5\pi \cdot D^3}{12} = \text{емкости брутто котла в м}^3 \text{ при диаметре } D \text{ в м,}$$

или:

$$D = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot J}{5 \cdot \pi}} = \text{м внутр. диаметр. железного кожуха, при емкости } J \text{ в м}^3.$$

Если толщина обмуровки нормальная, то приблизительный объем нетто J_n будет следующий:

$$J_n = 0,88 \text{ до } 0,9 \quad J \text{ для малых котлов}$$

$$J_n = 0,87 \text{ до } 0,88 \quad J \text{ » больших котлов}^1).$$

Установка вертикальных варочных котлов

К установке вертикальных варочных котлов больших размеров следует подходить с большей осторожностью, так как нагрузка на фундаменты в таких случаях бывает весьма значительной. Железный корпус небольшого вертикального котла с диам. 3 м и высотой 7,18 м, при толщине стенки в 20 мм, — весит 16 000 кг, тогда как новейшие котлы с диам. 6,5 м и высотой 14 м, при толщине стенки 32—34 мм в цилиндрической части и 27—29 мм в шарообразных частях, имеют вес около 96 000 кг.

Общий вес такого котла складывается из следующего:

- | | |
|---|--------------|
| 1. Вес железа корпуса котла | ~ 96 000 кг |
| 2. Вес варочной щепы | ~ 65 000 кг |
| 3. Наполнение кислотой: ~ 8,5 м ³ на | |
| 1 000 кг возд. сух. целлюлозы | ~ 235 000 кг |
| 4. Обмуровка: 160 мм толщины | ~ 85 000 кг |
| 5. Вес арматуры | ~ 14 000 кг |

Всего ~ 495 000 кг

Котел устанавливается на четырех стойках с квадратным основанием по $1,1 \times 1,1 = 1,21 \text{ м}^2$.

Общая поверхность, следовательно, составляет: $4 \times 1,21 = 4,84 \text{ м}^2$, таким образом, нагрузка на 1 м^2 опорной поверхности равняется:

$$\frac{495\,000}{4,84} = \sim 103\,000 \text{ кг.}$$

Устройство вертикальных варочных котлов

1. Вертикальный варочный котел для непрямого обогрева с верхней и нижней полушаровыми частями

Изображенный на рис. 194 вертикальный варочный котел приспособлен для непрямого обогрева паром и для вымывки массы.

Кожух котла изготовлен из сварочного железа и обмурован изнутри кислотоупорным кирпичом. К верхнему люку прикреплена бронзовая горловина со штурцером a для отдувочной линии внутр. диам. 100—150 мм, штурцер b для подвода воды вн. диам. 150—200 мм и штурцер c для предохранительного клапана. Верхний и нижний люки закрываются стальными оцинкованными крышками, которые закрепляются с помощью шарнирных болтов со специальной нарезкой. Верхнюю крышку целесообразно приподнимать и отводить в сторону краном. На боковой части котла устанавливается система измерительных приборов d . Высота от пола, предназначен-

¹⁾ См.: Lassberg—Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff-und Papierindustrie Ped.

ного для обслуживания до середины системы измерительных приборов составляет $\sim 1,5$ м. Указанная система измерительных приборов сконструирована точно так же, как система, относящаяся к горизонтальным котлам, показанная на рис. 191. Наполнение котла производится через верхнюю горловину. К нижней горловине присоединяются различного рода трубо-

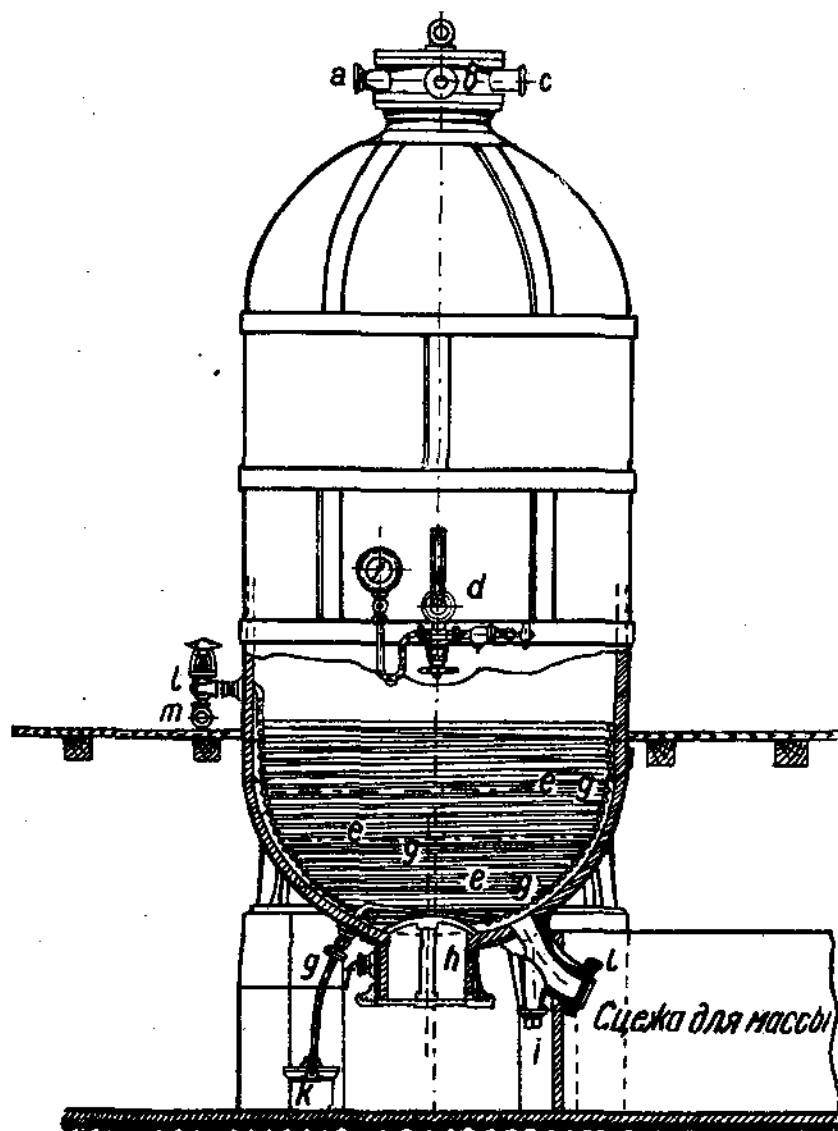


Рис. 194.

проводы, как-то: штурцер *f* для впуска кислоты и выпуска щелоков, штурцер *h* с диам. 40—50 мм для прямого впуска пара с целью предварительного пропаривания щепы перед варкой. На дне котла, над нижней горловиной, устанавливается бронзовая сетка, поддерживаемая бронзовой стойкой. Эта сетка предохраняет нижнюю горловину и трубы для сточных щелоков от засорения массой во время спусков щелоков. В самой нижней части

нижнего полушария имеется штурцер *l* с диам. от 400 до 500 мм, служащий для опоражнивания котла. Масса поступает в ссезу или непосредственно через выпускное отверстие этого штурцера, или через медную трубу, служащую продолжением его. Закрытие штурцера производится посредством стальной освинцованной шарнирной крышки или же посредством запорного шибера. На штурцере *l* имеется патрубок *i* диам. 150 мм для впуска воды во время опоражнивания котла.

Котел снабжается обогревательной системой из медных трубок фирмы Фольтц, во Франкфурте-на-Майне. Эти трубки лежат на свинцовых подпорках, свободные концы которых опираются сверху и снизу на бронзовые кольца, благодаря чему вся система приобретает корзинообразное закрепление. Нагревательное устройство состоит из нескольких паровых змеевиков, из которых каждый снабжен паровпускным вентилем *e* с находящимся перед ним обратным клапаном, а также отдельным выходным отверстием *g* для конденсата. Последний проходит через конденсационные горшки *k* и может быть использован таким же образом, как было указано при описании горизонтальных котлов. Подвод пара *e* производится из общей паровой магистрали *m*.

Оборот варки в среднем составляет:

для прима небелимой митчерлих-целлюлозы	: . 18 — 24 ч.
» прима белимой	» . 22 — 26 »
» прима высоко белимой	» . 24 — 28 »

Оборот варки в сильной степени зависит от способа ведения процесса варки, а также от требуемого качества продукта.

Обогревающее устройство устанавливается таким образом, чтобы иметь:

при котлах с диам. 4 м	. 2 змеевика
» » » 5 »	. 3 »
» » » 6 »	. 4 »

из медных трубок 50 — 80 мм внутр. диам.

Поверхность нагрева всей системы составляет для вертикальных котлов и медных змеевиков $\sim 0,35 \text{ м}^2$ поверхности нагрева на 1 м^3 емкости котла.

При прямом способе варки по Риттер-Кельнеру, подвод свежего пара производится через нижнюю часть котла (рис. 196). Для этой цели нижний конус снабжается двумя штурцерами соответствующего диаметра, устанавливаемыми один против другого.

Каждое отверстие для впуска пара закрывается вентилем, перед которым устанавливается обратный клапан.

К направленным вовнутрь котла бронзовым штурцерам прикрепляются 2 парораспределительные трубы кольцеобразной формы, закрепленные на обмуровке котла и расположенные друг над другом на расстоянии около 1 м. Концы распределительных труб наглухо закрыты, а пар из них выходит через распределенные по их поверхности отверстия диам. 15 — 20 мм и равномерно нагревает содержимое котла. В последнее время котел стали снабжать большим числом расположенных друг над другом кольцеобразных паровых труб; это делается не только для возможно быстрого достижения при заварке необходимой температуры но и для того, чтобы содержимое котла нагревалось равномерно.

Нижние распределительные трубы служат также и для впуска воды, между тем как подвод кислоты производится через вышеупомянутый, находящийся под бронзовой сеткой, штурцер *f*. Небольшая паровая трубка *h* на нижней горловине служит для провара находящейся внизу котла щепы.

2. Вертикальный котел с коническим дном и шарообразной верхней частью

Эта форма котлов, изображенная на рис. 195, отличается только некоторыми конструктивными особенностями от котлов с двумя полушариями. Верхняя часть здесь шарообразная — редко параболическая — снаб-

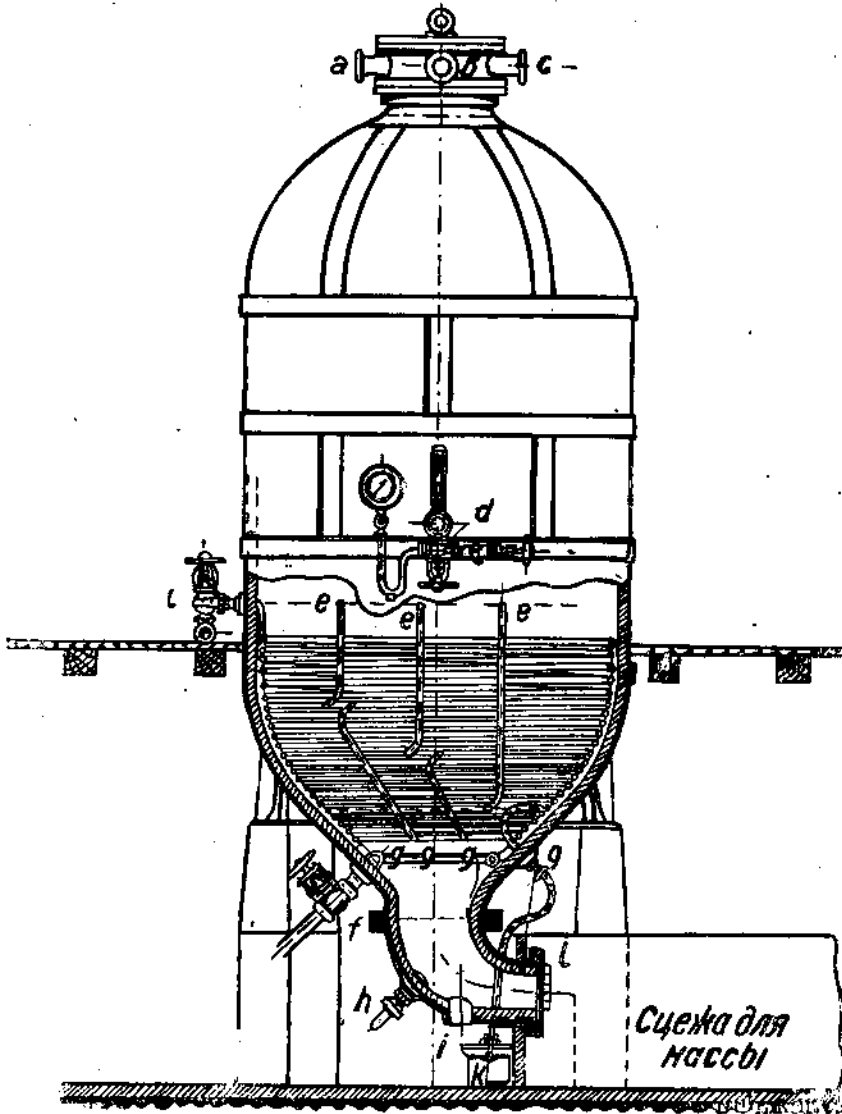


Рис. 195.

женная люком. Нижняя часть конусообразная с углом в 72° — 90° , к которой или прикрепляется большое колено из оцинкованной литой стали, ведущее к опораживающему штурцеру *l*, или же непосредственно примыкает запорный шибер по рис. 196.

Эти котлы опораживаются гораздо лучше и быстрее, чем котлы с полушаровым дном, а нагреваются они не хуже последних, поэтому в последнее время они нашли себе большое применение.

Устройство верхнего люка аналогично описанному в § 1; не прямой обогрев производится точно также змеевиками; устройство для измерительных приборов *d* также не отличается от предыдущего. На конце горловины, в нижней части котла, сетки не имеется, а щепы и кислота наполняют горловину до опораживающей крышки *l*. Наполнение кислотой и сток щелока производится через штурцер *f*, который внутри котла соединяется с перфорированной медной трубкой кольцеобразной формы. Небольшая паровая трубка *h* служит для провара находящейся в горловине щепы, а также для предварительного пропаривания. Большой водяной штурцер *i* обеспечивает быстрое опораживание котла.

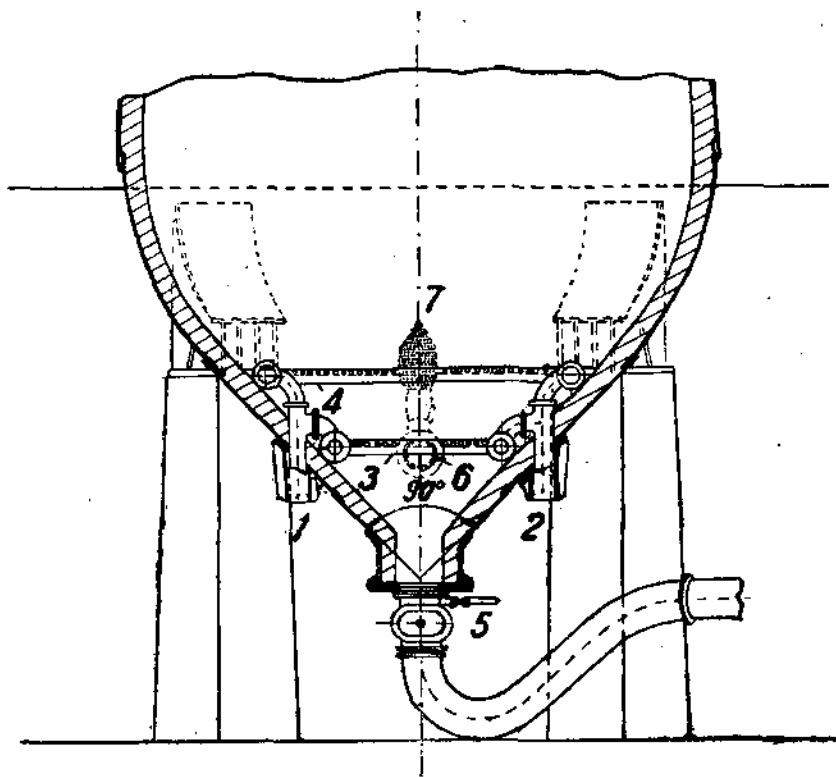


Рис. 196.

При прямом обогреве (рис. 196) пар вводится в нижнюю часть котла через 2 штурцера соответственных диаметров *1* и *2*, которые снабжаются 2 дырчатыми парораспределительными трубами *3* и *4* кольцеобразной формы, лежащими на расстоянии ~ 1 м одна над другой. Также и здесь небольшая паровая трубка *5* служит для провара щепы, заполняющей нижнюю часть котла. Штурцеры *1* и *2* так же, как и трубы *3* и *4*, служат не только для подвода пара, но и для подвода воды. Большой штурцер *6* с сетчатым колпаком *7* внутри котла обеспечивает подвод кислоты и сток щелоков. Чрезвычайно важным является хорошее уплотнение горловин, в особенности верхней, в виду возможности повреждения при наполнении и опораживании, а также из-за разъедания кислотой в этом ответственном месте котла.

Верхняя горловина варочного котла (рис. 197) обмазывается слоем кислотоупорной обмуровки толщиной 8—10 см, на которой плотно насаживается толстостенное бронзовое кольцо с фланцами. Над этой бронзовой футеровкой помещается специальное приспособление также из бронзы, на которое накладывается защищенная твердым свинцом стальная крышка котла.

В горловине котла лежит толстая бронзовая сетка, зажатая крепко с помощью дырчатого патрубка между футеровкой котла и крышкой. На бронзовой части между горловиной и крышкой находится отдувочный штуцер, а часто также большой штуцер для воды, идущей на промывку. На крышке котла устанавливается манометр.

Закрепление крышки производится с помощью 24 болтов ~ 40 мм диаметром с гайками высотой в 80 мм. Закрытие в нижней части производится двумя путями:

1. Либо к нижнему конусу прикрепляют колено (рис. 195), снабженное быстро закрывающейся шарнирной крышкой или запорным шибером.

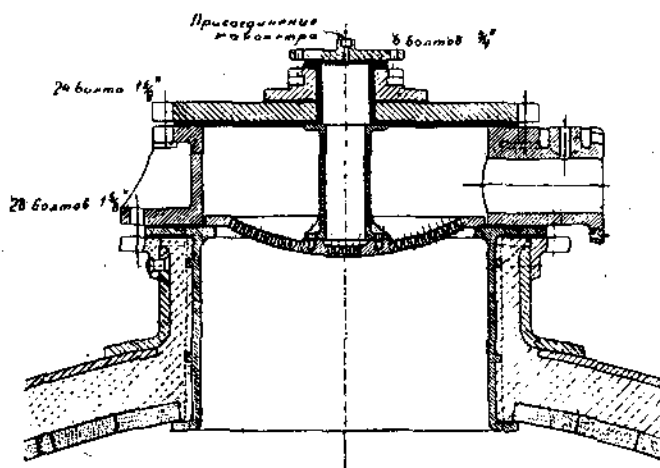


Рис. 197.

2. Либо, что гораздо проще, устанавливают только запорный шибер (рис. 196).

Вполне понятно, что при котлах с остроугольным нижним конусом можно очень быстро производить опоражнивание через большие изогнутые трубы как путем вымывки содержимого котла водой в открытые ссечи, так и путем выдувки под давлением в закрытые ссечи. Кроме того при длинных и остроконечных формах котлов из массы получают большее количество щелоков для спиртовых заводов.

Время оборота вертикальных котлов

Оборот вертикальных варочных котлов является величиной в высшей степени различной; он зависит не только от величины котлов, но главным образом от рода вырабатываемой целлюлозы.

Следующая таблица дает средние величины оборота варочных котлов для небеленой нормальной Риттер-Кельнеровской целлюлозы.

Наименование процессов	Емкость котлов в м³		
	~ 60	~ 100 — 150	~ 290 — 310
Нагрузка щепой	1 1/2 ч.	1 1/2 ч.	1 ч.
Наполнение кислотой	1 1/2 >	3/4 >	1 >
Заварка от 30° до 110°	2 1/2 >	3 до 3 1/2 ч.	4 >
Варка до ~ 145°	~ 6 1/2 >	~ 9 >	~ 11 >
Сдвуха газа и спуск шелока	1 1/2 >	1 1/2 >	2 >
Промывка и опоражнивание	3/4 >	3/4 >	3 >
Общий оборот	~ 12 ч.	~ 15 1/2 — 16 ч.	~ 22 ч.

в) Загрузка котла щепой

Важным моментом для экономичности целлюлозной установки является правильное использование имеющейся в распоряжении емкости котлов. Осуществляться оно может различными путями:

1. Быстрым оборотом, т. е. возможно большим уменьшением так называемого мертвого времени, как-то: заварки, наполнения, промывки, опоражнивание и т. п.

2. Наибольшим уплотнением щепы на 1 м³ емкости наполнения, так как благодаря этому достигаются следующие преимущества:

- а) большая производительность каждой котельной единицы,
- б) меньший расход кислоты, т. е. химикалий,
- в) меньший расход пара, т. е. экономия топлива, вследствие уменьшения количества кислоты на каждый котел.

а) Загрузка вручную

Обычный способ состоит в том, что щепу, свободно ссыпавшуюся из силоса в котел, уплотняют ручной трамбовкой, либо оставляют неутрамбованной.

б) Пропарка во время наполнения щепой

Выше, т. е. при описании производства соломенной целлюлозы, было установлено, что пропарка влечет за собой увеличение загрузки щепой. Повышение плотности наполнения в котле зависит как от влажности щепы, так и от степени пропаривания; плотность наполнения растет с увеличением влажности перерабатываемой древесины и с усилением пропаривания. Это видно из следующей таблицы¹⁾:

Время пропаривания	Влажность щепы в %	Увеличение плотности наполнения в % по весу
2 3/4	15	5
2 3/4	20	9
2 3/4	40	11

1) Из доклада г. Фреска, Робертсфорс V. 28, S. a. a. O.

γ) Наполнение путем механического трамбования

Трамбование щепы пневматическими трамбовками в свое время было предложено Франкфуртским машиностроительным акц. об-вом бывш. Покорный и Виттекинд. Наполнение щелей при этом увеличивается на ~8%, однако оно требует гораздо большего времени, чем в том случае, когда щепа свободно сыпается сверху. Потребная мощность компрессора, служащего для получения сжатого воздуха, для установки с 6 котлами, емкостью по 160 м³, достигает ~25 л. с. Пропарка щепы во время уплотнения внутри котла невозможна; она может быть произведена лишь после окончания загрузки.

δ) Наполнение с помощью вдувания щепы (способ Фреска)

При загрузке большого количества щепы — особенно при очень высоких котлах — последняя плотно не укладывается, вследствие возникновения внутри котла некоторого давления. Это объясняется тем, что загруз-

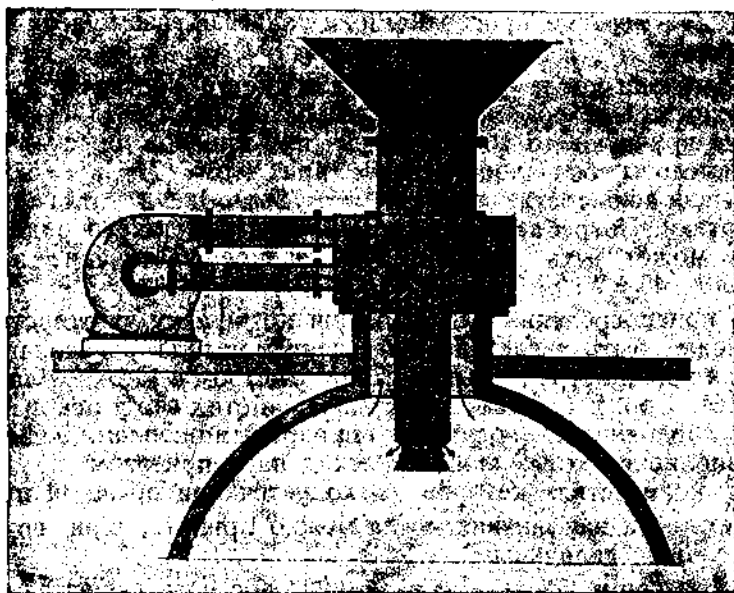


Рис. 198.

очная воронка, вставляемая в верхнюю горловину, уменьшает отверстие последней, и вытесняемый из котла воздух встречает большое сопротивление. Щепа падает в атмосфере до некоторой степени сжатого воздуха и таким образом теряет при падении часть своей скорости. На одном целлюлозном заводе этот недостаток устранили тем, что воздух из котла, при загрузке последнего щепой, отводился через специально установленный на верхней горловине большой штурцер. При таком устройстве щепа достигает дна котла без потери скорости падения и плотно укладывается. Однако это мероприятие не дает превышения нормальной плотности наполнения, а потому в настоящее время общее внимание привлекает новый метод, при котором не только устраняется сопротивление воздуха в котле, но и происходит вдувание щепы в котел с большой скоростью, благодаря чему увеличивается плотность наполнения.

Альберт Фреск (Albert Fresk) в Робертсфорсе, Швеция¹⁾, изобрел изображенное на рис. 198 приспособление для загрузки щепы, при котором, с одной стороны, щепы с помощью сжатого воздуха вдуваются в котел с большой скоростью, а с другой стороны, внутреннее пространство котла само по себе освобождается от воздуха. Аппарат состоит из телескопообразной трубы с распределительными конусами, с присоединенными к ней всасывающей и нагнетательной трубами эксгаустера, который вместе с мотором устанавливается на подвижной тележке. Вакуум в верхней части котла достигает 30—40 мм водяного столба, при скорости выходящего воздуха от 1,0 до 2,0 м/сек., и скорости нагнетаемого воздуха от 60 до 80 м/сек. Щепы из находящегося над котлом силоса поступает в воронку аппарата. Одновременно с загрузкой котла можно пускать пар и наполнять котел кислотой, что представляет большое преимущество. Пробный аппарат Лурги во Франкфурте-на-Майне (фирма, которая строит эти новые аппараты), имеющий довольно большие размеры, отчетливо показывает этот своеобразный процесс наполнения по методу Фреска, при котором все кусочки щепы под сильным давлением воздуха плоско укладываются, заполняя каждое мертвое пространство и таким образом увеличивая плотность наполнения.

Время загрузки котла емкостью 115 м³ нетто составляет, по Фреску, ~45 мин. Выход из 1 м³ объема котла возрос от 78 кг возд.-сух. целлюлозы (при загрузке вручную) до 102 кг массы (при способе Фреска). Потребное количество кислоты оказалось равным при этом ~77 м³ = 67% объема котла, тогда как оно достигало 83 м³ = ~72% объема котла при старом способе загрузки. Потребная мощность мотора для такого рода аппарата, при котором может быть достигнуто указанное увеличение наполнения, составляет 30—45 kW.

Вместо приспособления для вдувания по Фреску, плотность наполнения щепы может быть увеличена применением метода Свенсона (Svensson), принятого на машиностроительном заводе Экстрём в Стокгольме и применяемого на некоторых шведских фабриках. Метод этот основан на том, что верхняя горловина котла снабжается паровыми соплами, действующими во время наполнения котла щепой. Расход пара при этом не превышает ~70% того количества, которое расходуется при обычной пропарке.

Для плотности наполнения котла можно принять, при вертикальных котлах, следующие величины:

На 1 м³ емкости котла — щепы с 80% абс. сух. вещества:

1. При свободной нагрузке из силоса ~195 кг
2. » нагрузке с механической трамбовкой ~210 кг
3. » нагрузке по способу Фреска, согласно данным ~245 кг.

Так как при нормальной окорке и хорошей сортировке дерева нужно считать 8% потери от древесины, сложенной на бирже до готовой к варке щепы, то на 1 м³ емкости котла требуется складочной древесины с ~80% абс. сух. вещ.:

при 1 ~ 212 кг = ~0,53 м³ скл.
 » 2 ~ 230 » = ~0,575 » »
 » 3 ~ 258 » = ~0,645 » »

¹⁾ Доклад на ежегодном собрании Союза шведских инженеров бумажников и целлюлозников в Стокгольме 28/III — 1925 г.

г) Наполнение котла кислотой

Варочная кислота из кислотных баков накачивается в нижнюю часть котла с помощью мощных центробежных бронзовых насосов. В котел необходимо подавать такое количество кислоты, чтобы она во время процесса варки целиком покрывала щепу, иначе щепы может обугливаться. При этом необходимо принять во внимание, что при непрямом способе варки количество жидкости в котле не увеличивается, как это бывает при варке прямым паром. Чем плотнее нагрузка котла щепой, тем меньше потребное количество кислоты, так как щепы во время закачки кислоты впитывает в себя очень небольшую долю последней. Следствием этого является значительная экономия химикалий.

Размеры центробежных насосов должны быть выбраны такими, чтобы время закачки сократилось до минимума: от $\sim 1/2$ до 1 ч. Кроме того, необходимо озаботиться об установке резервных кислотных насосов.

По данным, собранным автором на основании производственных опытов, средний расход составляет: 8,5 до 9 м³ кислоты на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы.

1. Нагрузка щепой с $\sim 80\%$ абс. сух. на 1 м ³ емкости котла	$\sim$	195 кг
2. Средний выход возд.-сух. целлюлозы на 1 м ³ котла	$\sim 83 -$	85 кг
3. Среднее количество кислоты на 1 м ³ емкости котла	$\sim$	0,75 м ³
4. 195 кг щепы с 80% абс. сух. вещества составляют при 525 кг на 1 м ³ пл.		
$= \frac{195}{525} =$	$\sim$	0,37 м ³
5. Свободного пространства между кусочками щепы в 1 м ³ объема котла		
(1 - 0,37)	$\sim$	0,63 м ³
6. Кислота, впитавшаяся в щепу: 0,75 - 0,63 =	$\sim$	0,12 »
7. В отношении к общему количеству кислоты: $\frac{0,12}{0,75}$	$\sim$	0,16 »
8. 1 кг щепы поглощает кислоты: $\frac{120}{195} =$	$\sim$	0,615 л
9. Колич. кислоты на 1 кг щепы: $\frac{750}{195}$	$\sim$	3,85 »

По данным Фреска, он работает со следующими величинами:

1. Емкость нетто котла	115 м ³
2. Наполнение котла кислотой всего	77 »
3. » » на 1 м ³ котла	0,67 »
4. Выход возд.-сух. целлюлозы 1 м ³ котла	102 кг
5. Нагрузка щепой 245 кг, т. е. $\sim \frac{245}{525}$	$= 0,465$ м ³
6. Свободное пространство между щепой (1 - 0,465)	0,53 »
7. Согласно этому кислота, впитавшаяся в щепу, $0,67 - 0,535 =$	0,135 »
8. В отношении к общему количеству кислоты: $\frac{0,135}{0,67} =$	$\sim 0,20$ »
9. 1 кг щепы поглощает кислоты: $\frac{135}{245}$	$\sim 0,55$ л
10. Количество кислоты на 1 кг щепы: $\frac{670}{245} =$	$\sim 2,74$ »

Предпринятые автором опыты относились к наименьшим величинам, в то время как опыт Фреска — к наибольшим величинам плотности наполнения; древесина, употреблявшаяся Фреском, содержала 30% влажности, а древесина, которую использовал автор, — 20%. Принимая во внимание короткое время закачки, при нормальных условиях, можно считать, что 1 кг щепы без пропарки впитывает $\sim 0,55 - 0,60$ л варочной кислоты в период закачки, а остальное потребное количество кислоты определяется в зависимости от плотности наполнения.

Количество кислоты

Род загрузки котла щепой	На 1 м ³ котла		Процентное отнош. количе- ства кислоты к емкости котла в %	Количество кислоты на 1 кг щепы в л
	щепы—80% абс. сухого в кг	общ. колич. кислоты в м ³		
1. Нормальная загрузка	195	0,75	75	~ 3,85
2. Более плотная загрузка	210	0,71	71	~ 3,40
3. Очень плотная загрузка	245	0,67	67	~ 2,74

Из приведенных данных вытекает, что для стационарных котлов при нормальных условиях на 1 кг щепы требуется около 3,85 л щелока против ~ 2 л, нужных при вращающихся котлах (см. др. сульфат-целлюлоза, солом. целлюлоза и др.), т. е. на

$$1,85 \text{ л соответств. } \frac{1,85}{2} = 0,92 \sim 92\% \text{ больше.}$$

Как указано ниже (см. гл. 3. Расход пара на варку), приблизительно две трети общего расхода пара падают на нагревание кислоты от ~ 30° до ~ 143°.

Непрекращающиеся стремления специалистов уже с давних пор были направлены к тому, чтобы снизить количество кислоты, а также добиться того, чтобы последняя поступала в котел с более высокой t° , чем ~ 20°.

Теплоемкость дерева составляет 0,340, в то время как для варочной кислоты она равняется 1,0 (т. е. превышает приблизительно в три раза). Кроме того, вес щепы при свободной загрузке составляет только ~ 26% общего веса содержимого котла.

Из последующих теоретических расчетов потребного расхода пара на варку видна будет экономия его, в зависимости от различного рода методов наполнения щепой и кислотой. Экономия, достигаемая от подогрева кислоты, видна из следующего: котел, емкостью в 293 м³, с выходом 25 750 кг массы, 88% абс. сух. вещества наполняется 220 000 л варочной кислоты.

Для нагревания кислоты от 30° до 143° нужно:

$$220\,000 \cdot 1(143 - 30) = \sim 24\,860\,000 \text{ cal.}$$

Всего на варку требуется: 37 200 000 cal (см. ниже) или 2,7 кг пара при 5 изб. атм. на 1 кг возд.-сухой целлюлозы.

Для нагревания кислоты от 30 до 143° требуется:

$$\frac{24\,860\,000}{37\,200\,000} = 0,67 = \sim 67\% \text{ общего количества тепла;}$$

пара на нагрев кислоты нужно $2,7 \cdot 0,67 = 1,8$ кг на 1 кг целлюлозы, а на остальные нужды $2,7 - 1,8 = 0,9$ кг.

Если варочная кислота поступает в котел с t° в 60° и нагревается до 143°, то для этого потребуется: $220\,000(143 - 60) \cdot 1 = \sim 18\,250\,000 \text{ cal}$; при насыщенном паре 5 атм. изб. используется $659 - 143 = 516 \text{ cal}$ на 1 кг пара.

Для нагревания кислоты при этом потребуется:

$$\frac{18\,250\,000}{516 \cdot 25\,750} = 1,29 \text{ кг пара на 1 кг возд. сух.-массы.}$$

Общее количество пара:

$$1,29 + 0,9 = 2,19 \text{ кг пара на 1 кг возд.-сух. массы}$$

$$\text{или} = 2,7 \text{ кг насыщ. пара 5 атм. изб.}$$

Экономия: $2,7 - 2,19 = 0,51 \text{ кг пара на 1 кг возд.-сух. массы}$

или

$$\frac{0,51}{2,7} = 0,19 = 19\%, \text{ если кислота поступает в котел при } 60^\circ \text{ вместо } 30^\circ.$$

Подогрев кислоты дает еще другие практические преимущества, которые сводятся к уменьшению, а при некоторых обстоятельствах, к устранению пик в расходе пара во время заварки (см. ниже).

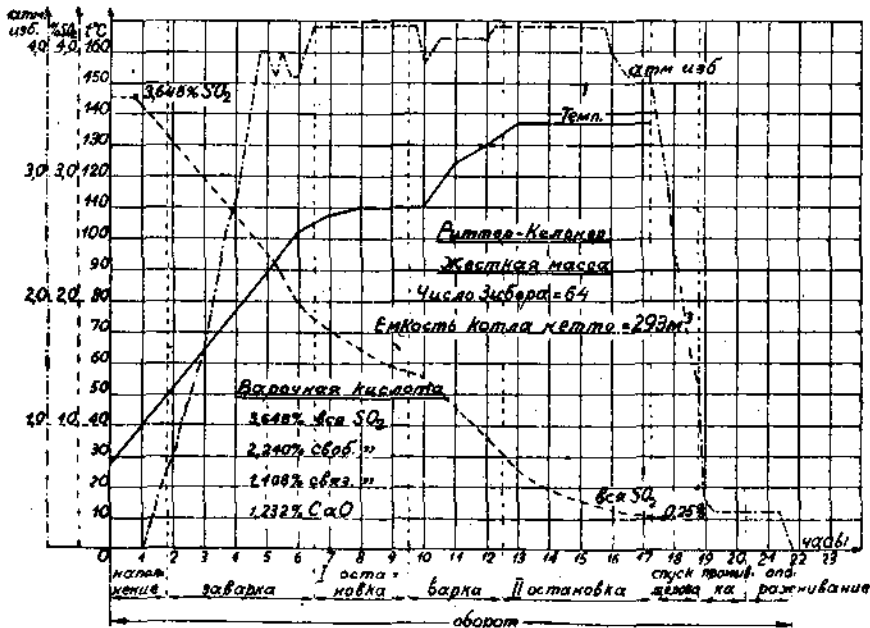


Рис. 199.

д) Процесс варки

Сразу же, после того как котел накачан и закрыт, начинается заварка. Пар, поступающий в котел, должен быть сухим; еще лучше, если он поступает перегретым до $210^\circ - 220^\circ$ для того, чтобы ненужный конденсат не попадал в змеевики или котел и, в последнем случае, не разбавлял бы кислоту уже в самом начале варки. Кроме того, нужно обеспечить достаточно высокое давление, что особенно важно при высоких котлах, где пар должен преодолеть давление столба жидкости высотой до 14 м.

Содержимое котла (кислота и щепы) уже после загрузки воспринимает тепло от стенок котла и перед началом заварки имеет $t^\circ 25 - 30^\circ$, в том случае, если не происходит предварительного подогрева или пропарки. Последняя производится при горизонтальных митчерлиховских котлах всегда, при вертикальных же — в более редких случаях. По возможности быстро, содержимое котла доводится до $t^\circ 105^\circ - 110^\circ$, при которой начинается энергичное растворение инкрустирующих веществ дерева. Этот процесс очень хорошо характеризуется кривыми плотности варочной кислоты во время всего процесса варки (диаграммы рис. 200,

202 и 203). В особенности из диаграммы рис. 200 (Риттер-Кельнеровская целлюлоза) хорошо видно, как варочная кислота, имевшая в начале варки плотность 5,2° Бэ, разбавляется влагой из щепы и конденсатом пара до 3,7° Бэ, пока при t° содержимого котла в 100° не начнется растворения древесных инкрустов, вследствие чего щелок все более обогащается продуктами распада древесины и в конце процесса варки достигает плотности ~ 6,4° Бэ (при 20°). Время заварки колеблется в нормальных случаях между 3 и 8 часами (в зависимости от величины котла и сорта целлюлозы) без применения особых источников пара, как-то: аккумулятор Рутса или подогрев кислоты и т. п. При нагревании большая часть SO_2 выделяется из кислоты

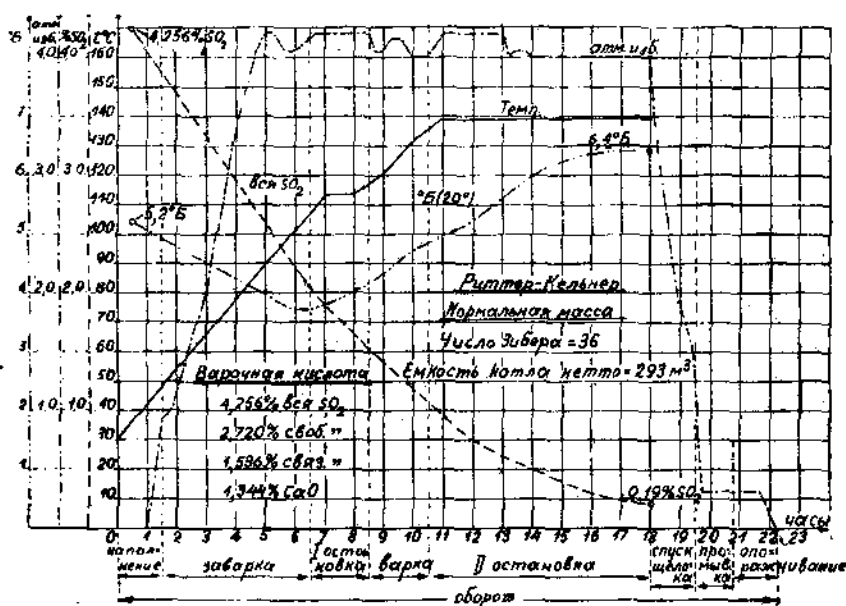


Рис. 200.

и повышает давление внутри котла выше допустимой величины ¹⁾, что, конечно, следует предупреждать путем так называемой «отдувки», т. е. путем отвода газа SO_2 с паром по трубопроводу из твердого свинца к регенерационной установке сернистого газа, где последний используется; в последнее время этими горячими газами подогревают свежую кислоту, которая достигает $t^\circ \sim 40 - 45^\circ$ ²⁾.

В усовершенствованных предприятиях регенерируется около 30—35% заданного в котел SO_2 . Процесс варки издавна контролируется отбиранием проб массы и щелока. После заварки до температуры начала разложения дерева при 100—110°, в большинстве случаев производят дросселирование пара для достижения равномерной t° , и после этого медленно, с остановками продолжают процесс собственно варки (или доварки), так что общее время всего процесса варки для митчерлиховской целлюлозы достигает 24 ч. и выше, а для риттер-кельнеровской оно редко продолжается более 12—16 ч. Из этого видно, как различно проводятся процессы варки, при чем еще и различного рода химические процессы, как-то: раство-

¹⁾ См. Landolt-Börnstein, Physikalisch-Chemische Tabellen Sättigungsdruck: von SO_2 . Издание Julius Springer, Berlin, 1929.

²⁾ См. Р. Зибер. Теплотехническая сторона процесса сульфитной варки целлюлозы.

рение сахара в щелоках и многое другое, ставят перед химиками целый ряд задач. Поэтому для изучения этого вопроса следует прибегать к помощи специальной литературы, как напр., труды Р. Дикмана (R. Dieckmann) о сульфитной целлюлозе, издательство Otto Elsner, Berlin и др.

Риттер-кельнеровский способ характеризуется, как способ быстрой варки; при изготовлении же чистой митчерлих-целлюлозы, медленной не-прямой варкой, со сравнительно слабой кислотой и при низкой температуре—достигается исключительно полное выделение волокна и выход поэтому бывает больше.

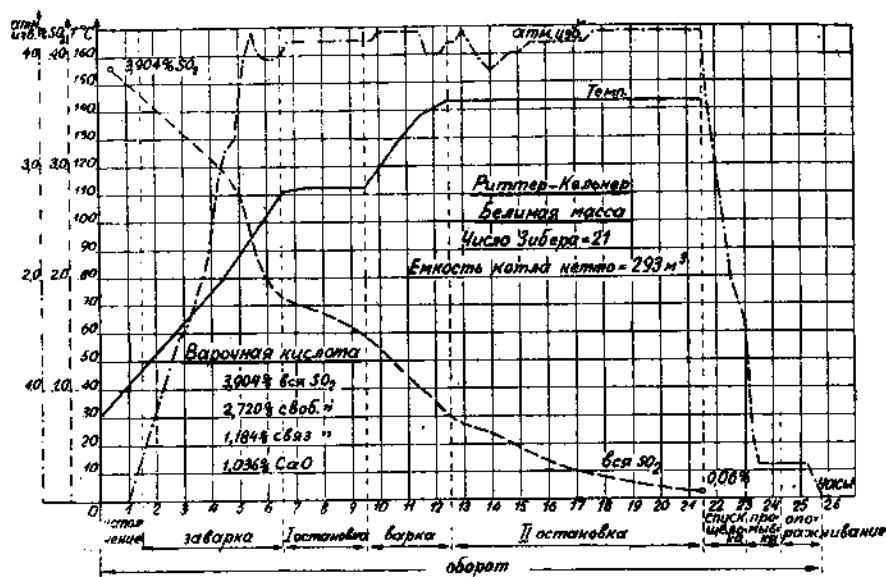


Рис. 201.

Из диаграмм рис. 199, 200 и 201 видны процессы прямых варок с важнейшими данными для вертикального котла, емкостью около 300 м³. При этих очень больших котлах, после достижения t° в $\sim 105-110^\circ$, на некоторое время закрывают пар для того, чтобы все количество массы могло равномерно нагреться, т. е. целиком принимало бы участие в процессе варки. После этого варят с дальнейшими остановками до достижения наивысшей t° .

Следующая таблица показывает различия между тремя типами варки:

Сорт массы	Продолж. варки в ч.	Содержан. SO_2 к концу варки в %	Число Зибера	Содержание лигнина (по Швальбе-Зиберу) в %	Теоретич. расх. хлора (по Швальбе-Зиберу) в %
1. Жесткая масса	15 $\frac{1}{2}$	0,25	64	5,1	—
2. Нормальная масса	18 $\frac{1}{2}$	0,19	36	2,1	7,3
3. Белая масса	20	0,06	21	1,05	2,3

При меньших котлах по диагр. рис. 202, процесс варки ведут так, чтобы возможно быстрее достигнуть $t \sim 110^\circ$ и после небольшого останова, медленно, но непрерывно доваривают массу до $143-145^\circ$, в зависимости от сорта целлюлозы.

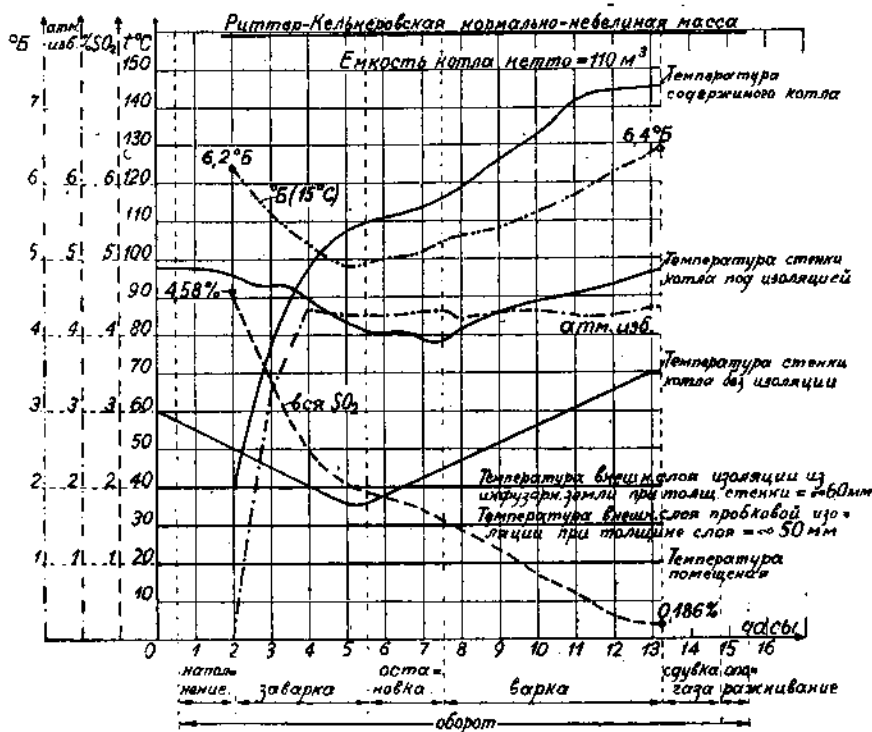


Рис. 202.

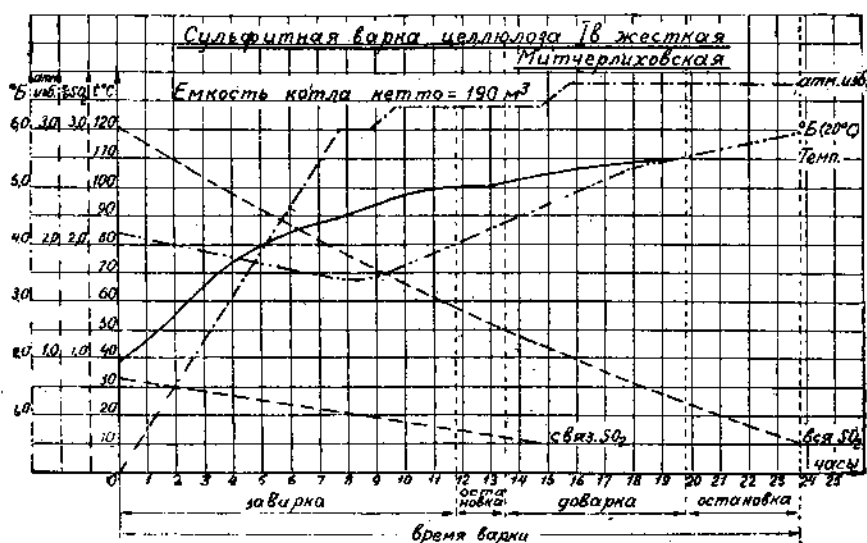


Рис. 203.

Диаграмма рис. 203 показывает митчерлиховскую варку с характерной для этого метода медленной заваркой и такой же осторожной доваркой.

По окончании процесса варки сдувают газ и спускают щелок, а также во многих случаях производят промывку массы еще в котле, после чего котел опоражнивается.

Опоражнивание производится:

1. При горизонтальных котлах вручную.
2. При вертикальных котлах масса выдувается в так называемые промывные баки (сцежи) при 3 атм. изб.
3. При вертикальных котлах, в большинстве случаев, путем вымывки водой в открытые сцежи.

е) Выход целлюлозы

Дерево содержит по Класону следующие составные части: целлюлозу, гнин, сахар, смолы и жиры, в следующей пропорции:

целлюлоза	53,0%
пентозаны	14,0 "
лигнин	29,0 "
протеин	0,7 "
жиры и смолы	3,3 "
Всего	100,0 "

Выход воздушно-сухой целлюлозы из 1 м³ скл. древесины 80% абс. сух. вещества весом ~ 400 кг составляет по средним данным:

	Митчерлих. целл.		Риттер-кельнеров. целл.	
	На 1 м ³ скл.	В % от веса	На 1 м ³ скл.	В % от веса
1. Прима нормальная небеленая	~ 163 кг	~ 41,3	~ 158 кг	~ 39,5
2. Прима белая	~ 155 "	~ 39,5	~ 150 "	~ 37,5
3. Секунда белая	~ 147 "	~ 37,0	~ 142 "	~ 35,5
4. Прима белая	~ 140 "	~ 35,3	~ 135 "	~ 34,0

Из 1 м³ емкости котла получается в среднем воздушно-сухой целлюлозы:

Нагрузка щелой 80% абс. сух. вещ. на 1 м ³ емкости котла кг	Риттер-Кельнера:		Митчерлиха:	
	жесткая	белая	жесткая	белая
~ 195	~ 83—84	~ 80	~ 86—87	~ 82
~ 210	~ 90—91	~ 85—86	~ 92—93	~ 88—89

Из чистой готовой к варке щепы получаем, как показывают вышеуказанные числа, по Риттер-Кельнеру, для небеленой массы: на 1 м³ емкости котла при ~ 195 кг чистой щепы с 80% абс. сух. вещества и ~ 156 кг

абс. сух. древесины, выход целлюлозы ~ 84 кг возд.-сух. массы (88%) или ~ 74 кг абс. сух. массы, что составляет:

$$\frac{74}{156} \cdot 100 = 47,5\% \text{ целлюлозы из дерева.}$$

Эта целлюлоза, однако, представляет собою технический продукт, т. е. она не является химически чистой клетчаткой. Разница между теоретически и практически достижимыми выходами происходит от того, что, с одной стороны, часть целлюлозы при варке переходит в щелок, с другой стороны, в сырой технической целлюлозе остается лигнин и проч. Очень чисто приготовленная беленая целлюлоза, идущая на приготовление искусственного шелка, не содержит ощутимого количества золы и при этом содержит от 84 до 90% абс. сух. альфа-целлюлозы.

ж) Расход пара на варку

Потребное для варки целлюлозы количество пара колеблется в очень сильной степени, так как оно зависит от многих условий:

1. От плотности наполнения щепой и влажности последней,
2. » количества кислоты и ее температуры,
3. » температуры всего содержимого котла при начале варки, т. е. начальной температуры кислоты и щепы,
4. » конечной температуры варки,
5. » продолжительности и метода проведения варочного процесса,
6. » конструкции котла (обмуровка, изоляция),
7. » состояния самого пара (влажный, сухой или перегретый).

В течение многих лет автором собирались практические данные, определяющие расход пара на варку.

Ниже приводятся средние величины расхода пара.

а) При испытании работы горизонтального неизолированного митчерлиховского варочного котла на основании опытов установлено, что для получения 1 кг возд. сух. небеленой очень крепкой целлюлозы нужно:

~ 2,35 кг пара на варку с теплосодержанием 730 cal	
~ 0,30 » » » пропарку	» »
~ 2,65 » » » всего	» »

Пар давл. — 4 атм изб., t°	~ 280°
t° при начале варки	~ 30°
Предельная t° варки	~ 125°

При непрямой варке со змеевиками общий тепловой к.п.д. увеличивается еще и потому, что конденсат, со средней t° за все время варки минимум 115°, может быть использован снова; таким образом 1 кг митчерлиховской массы соответствует (2,35 · 115) ~ 270 cal регенерируемой теплоты конденсата.

б) Измерения, произведенные для жесткой риттеркельнеровской массы в неизолированных вертикальных котлах, показали:

~ 2,5 кг пара давл. 6 атм. абс., t° 230 — 240° (и теплосодержание 700 cal) на 1 кг возд. сух. массы.

Начальная t° варки	~ 30°
Предельная t° варки	~ 145°

Расходы пара определялись у входа в котел, а следовательно для определения количества пара, получаемого от его источника, нужно прибавить ~ 5% на потери в паропроводе.

Приведенные в дальнейшем теоретические расчеты расхода пара дают величины, близкие к вышеуказанным; это заставляет думать, что положенные в основу расчетов данные в достаточной мере верны и для практики могут быть допущены. Температуры стенок котла, кислоты и щелы на больших предприятиях определяются непосредственными измерениями.

Главнейшими факторами, влияющими на расход пара, являются:

- а) количество кислоты,
- б) начальная t° содержимого котла.

Количество кислоты определяется плотностью заполнения щелы. Начальная t° содержимого котла, главным образом, зависит от начальной t° варочной кислоты.

Работы специалистов издавна были направлены на снижение расхода пара при варочном процессе по обоим из вышеуказанных направлениям ¹⁾.

При производстве сульфат-целлюлозы щелок, как известно, готовится в горячем состоянии и поступает в котел, в большинстве случаев, с $t^\circ \sim 75^\circ$, кроме того, при варке во вращающихся котлах количество щелока составляет только 2 кг щелока на 1 кг щелы. Если противопоставить этому сульфитно-варочный процесс, где начальная t° достигает в большинстве случаев только $25-30^\circ$, а расход кислоты 3,85 кг на 1 кг щелы, то вполне понятным становится, почему расход пара при сульфитном способе больше, чем при сульфатном.

Уменьшение количества щелока, как об этом уже упоминалось при описании процесса наполнения котла, дает значительную экономию в расходе пара. В этой области достижения получились по двум направлениям:

1. По новому методу варки д-ра Петца (D-r Peetz) и генерального директора Акц. об-ва целлюлозно-бумажной промышленности в Ашафенбурге Зюрета (Süreth) необходимое для варки количество тепла значительно снижается уменьшением количества щелока в котле во время процесса варки.

2. Приблизительно такой же результат получается при применении вышеописанного аппарата для наполнения щелой сист. Фреска, при котором плотное наполнение настолько уменьшает свободное пространство котла, что кислоты требуется на 25—29% меньше, чем при загрузке котла вручную, и на ~ 18—20% меньше, чем при загрузке с механической трамбовкой.

Способы повышения начальной t° содержимого котла предварительным подогревом варочной кислоты заявлены в целом ряде патентов. Из них отметим немецкий патент № 394349 класс 55в, группа I от 5/IV-1922 г. ²⁾, который защищает следующее:

«Метод и оборудования для утилизации освобождающихся при сдвудке целлюлозно-варочных котлов газов, тепла и конденсата, путем введения отдувочных газов и паров в свежую кислоту». (Другие патенты № 350471 и 425195.)

¹⁾ См. Р. Зибер. «Теплотехническая сторона процесса сульфитной варки целлюлозы». Dr. von Lassberg. «Die Wärmewirtschaft in der Zellstoff-und Papierindustrie» Изд. Jul. Springer, Berlin, 1926 г.

²⁾ Владельцы патента: Нижне-Баварские целлюлозно-предприятия, Акц. об-во в Кельгейме, д-р Ганс Клемм в Мансгейме-Вальдгоф и д-р инж. Адольф Шнейдер в Кельгейме.

Следующие патенты были заявлены обществом «Коголит» под № 404504/404505 класс 55в, группа I от 1924 г. на подогрев сырой кислоты отходящими щелоками. О последнем процессе, однако, уже докладывал д-р Лассберг (D-r Lassberg) в «Zeitschrift des Bayer. Rev.-Vereins» № 1 от 15 января 1920 г.

Охлаждение отходящих щелоков по этому методу рекомендуется только в том случае, если они не перерабатываются на спирт или целлюлозный пек, так как необходимая нейтрализация требует горячей кислоты минимум в $90-100^{\circ}$, так что только небольшой температурный перепад может быть использован для предварительного подогрева свежей кислоты. При использовании всего количества отбросного тепла, как это предусматривается в немецком патенте № 394349 и др., можно подогреть свежую кислоту до $t^{\circ} = 80^{\circ}$, благодаря чему, конечно, экономится очень большая часть времени оборота варки.

Подогрев свежей кислоты отдувочными газами из котла по рис. 239 введен в Скандинавии уже с давних пор и производится по тому способу, который будет указан дальше при описании регенерации SO_2 ¹⁾.

По патенту № 365572 Вальдгофа (Waldhof) используют горячие отходящие газы колчеданных печей для подогрева варочной кислоты.

При процессе Деккера (Decker) (см. «Wochenblatt für Papierfabrikation» 1924 г. стр. 100, 214, 332) пары от сдувок отводятся в свеженаполненный котел, вследствие чего там повышается начальная t° . При повышении t° свежей кислоты уже при $50-60^{\circ}$ выделение SO_2 становится ощутительным; поэтому этот процесс следует производить в закрытых сосудах. В журнале «Pappers och trävaru-Tidskrift för Finland» 1925 г. № 4, на стр. 93—99, приводятся данные, из которых видно, что указанный процесс можно проводить без выделения SO_2 до t° выше, чем $50-60^{\circ}$.

Уменьшение количества варочной кислоты, равно как и повышение начальной t° , влечет за собою, кроме экономии пара, уменьшение паровых пик, а также снижение продолжительности варки, т. е. всего оборота в варочном отделе. Следствием этого является более рентабельное использование имеющегося оборудования варочных котлов, которое, при некоторых условиях, может выразиться увеличением продукции до 10%.

При рассмотрении расхода пара в течение всего варочного процесса видно, что больше половины всего количества пара идет на подогрев содержимого котла от $\sim 30^{\circ}$ до 110° . Это обстоятельство очень важно не только потому, что в сравнительно короткий период заварки (от 3 до 5 ч.) приходится затрачивать большое количество пара, но и потому, что необходимо устройство паропроводов с соответствующими большими сечениями для подвода всего этого пара в котел в столь короткое время. Расчет паропроводов сделать легко, если известно потребное количество пара и продолжительность периода заварки. Однако потребление такого большого количества пара в столь короткое время на некоторых фабриках влечет за собой сильные паровые пики, вследствие чего возникают различного рода затруднения, особенно, если в производстве имеется небольшое количество крупных варочных котлов, а размеры паровой котельной установки недостаточно велики. Большое число мелких варочных котлов ослабляет вышеуказанные пики в расходе пара, но неминуемо влечет за собой удорожание продукции.

¹⁾ См. «Wärmeprobleme in der Zellstofffabrikation: Sundblatt» в журнале «Zellstoff und Papier» 1924 г. № 9, стр. 224. Рисунок 1, из которого видна подогревательная цистерна (5) для варочной кислоты.

Вышеуказанные паровые пики могут быть снижены:

1. Увеличением количества варочных котлов.
2. Повышением начальной t° содержимого котла.
3. Установкой парового аккумулятора Рутса.

Вопрос о том, насколько возможно соблюдение вышеуказанных условий, должен разрешаться особо для каждого отдельного случая. Котел емкостью $\sim 293 \text{ м}^3$ нетто дает выход $\sim 25\,750 \text{ кг}$ возд. сух. массы и требует для этого $\sim 70\,000 \text{ кг}$ пара, при чем $36\,800 \text{ кг} \cong 53\%$ всего количества пара падают на период заварки и расходуются на подогрев от 30° до 110° . Если считать время заварки $\sim 4 \text{ ч.}$, то расход пара выразится в $\sim 9\,200 \text{ кг}$ в час. Если отъемного пара от парового двигателя оказывается недостаточно, что бывает в большинстве случаев, то следует обращаться к помощи паровых котлов или паровых аккумуляторов, при чем последнее конечно экономичнее. В этом случае предварительный подогрев свежей кислоты в больших варочных котлах бывает особенно полезен, так как при начальной t° всего содержимого котла в $\sim 55^\circ$ вместо 30° , при $\sim 57\,500 \text{ кг}$ щепы и $220\,000 \text{ кг}$ кислоты на заварку требуется калорий на следующее количество меньше:

1. $220\,000 \text{ кг}$ кислоты $\cdot 220 \cdot 1,25 \dots = 5\,500\,000 \text{ cal.}$
2. Щепы абс. сух.: $57\,500 \cdot 0,8 \cdot 0,34 \cdot 25 = 390\,000 \text{ ,}$
3. Влага щепы: $57\,500 \cdot 0,2 \cdot 1,25 \dots = 290\,000 \text{ ,}$

За 4 ч. времени заварки меньше всего на $= 6\,180\,000 \text{ cal.}$

При использовании $\sim 550 \text{ cal/kg}$ пара во время заварки — это составляет в течение 4 часов $\sim 11\,200 \text{ кг}$ пара или $= 36\,800 - 11\,200 = 25\,600 \text{ кг}$ всего пара на заварку, т. е. в час $25\,600 : 4 \cong 6\,400 \text{ кг}$ пара на заварку, против требуемых $9\,200 \text{ кг}$ при работе без предварительного подогрева кислоты.

При этом уменьшении количества пара на заварку до $\sim 6\,400 \text{ кг}$ в час, паровой пик при нормальной установке не выйдет за пределы рассчитанного оборудования или необходимый, в крайнем случае, паровой аккумулятор будет только небольших размеров.

Применяемый для варки пар в хорошо оборудованных предприятиях получается от отъема силовой установки; он должен быть свободным от масла и в достаточной мере сухим, особенно при прямом способе варки; лучше, если пар имеет некоторый перегрев, который, однако, не должен переходить за определенные пределы, чтобы не производить слишком быстрого нагрева кислоты и не подвергать щепу опасности обугливания. При слишком быстром нагревании кислоты, часто наступает выпадение гипса, поэтому t° пара не должна превышать $210 - 220^\circ$. Поступающий от паровых двигателей отъемный пар для целей варки часто бывает слишком перегретым. Для регулирования t° пара на паропроводах перед варочными котлами устанавливаются так называемые охладители пара. Такого рода приспособление представляет собой котел из листового железа, снабженный несколькими водяными соплами, из которых установленное температурными регуляторами количество воды вытекает навстречу проходящему пару. Другого рода — очень распространенный метод точной регулировки t° пара состоит в том, что часть пара, поступающего на варку, отводится в так называемый паровой умформер, в котором он превращается в насыщенный пар и, как таковой, примешивается, по мере надобности, к перегретому пару (конструкция машиностроительного завода Акц. О-во Аугсбург-Нюрнберг). Если для варки применяется пар от паровой машины, содержащий масло, то необходима установка маслоотделителя.

Содержащий масло пар не должен поступать непосредственно на варку. Маслоотделители устанавливаются непосредственно за паровой машиной, а также перед варочным котлом.

Если является необходимой установка парового аккумулятора, то его размеры должны определяться особо для каждого случая.

Выбор размеров парового аккумулятора зависит от величины паровых пик, которые легко определяется после вычерчивания диаграммы расхода пара. В аккумулятор направляется избыток пара от парового двигателя с давлением, присущим пару, поступающему на варку, например, 6—7,5 атм. абс. По мере надобности, пар из аккумулятора выпускается и давление его снижается до степени давления пара, идущего на сушку и отопление, например, до 2—3,5 атм. абс.

Нижеследующая таблица дает в кг приблизительные количества пара, освобождающегося из одного м³ емкости водяного пространства аккумулятора:

Начальн. давл., атм. абс.	Конечное давление, атм. абс.					
	1,2	1,6	2,0	2,5	3,0	3,5
	ки л о г р а м м ы					
2,5	39	25	13	—	—	—
3,0	50	35	24	11	—	—
3,5	58	44	33	21	10	—
4,0	66	52	40	29	18	8,5
5,0	80	66	55	43	32	23
6,0	91	77	66	55	45	35
7,0	101	87	76	65	55	46
7,5	105	92	81	70	60	51
8,0	109	96	86	74	64	56
9,0	117	104	93	82	72	64

Емкость аккумулятора должна быть на 10—11% больше необходимого водяного пространства. Количество пара на доварку массы от $t^{\circ} \sim 110^{\circ}$ до макс. $143—145^{\circ}$ меньше потребного количества пара на заварку; в особенности часовой расход пара во время периода доварки значительно ниже, чем в период заварки.

Для доварки требуется около 47% всего количества пара, т. е. при вышеприведенном котле с 293 м³ емкости, 25 700 кг выхода массы и ~ 12-часовым временем доварки от 110° до 143° , получается общий расход пара ~ 32 900 кг давл. 6 атм. абс. за ~ 12 ч., следовательно, $32\,900 : 12 = 2740$ кг пара 6 атм. абс. в час, против 9 200 кг/ч. за время заварки. Часовой расход пара на доварку составляет только:

$$\frac{2740}{9200} \cong 0,30 = 30\%$$

часового расхода пара на заварку. Это относительно небольшое количество пара на доварку сравнительно легко получить, и в это время может заполняться описанный выше аккумулятор.

Нижеследующие теоретические расчеты расходов пара для неизолированных котлов при различных методах наполнения щепой и кислотой так же, как и варка с предварительно подогретой кислотой, вполне подтверждают произведенные на практике наблюдения. В основу этих расчетов положены данные, полученные на основании большого количества испытаний, произведенных на существующих предприятиях.

Теоретические расчеты расхода пара на варку для риттер-кельнеровской сульфит-целлюлозы

1. Вертикальный неизолированный варочный котел по рис. 195 с приспособлением для нагрева по рис. 196

Внутренний диаметр:	6,300 м
Высота	13,650 м
Емкость котла нетто:	~ 293 м ³
Внутренняя боковая поверхность	240 м ²
Толщина железа	0,028 м
Толщина обмуровки	0,180 м
Вес железного корпуса котла	~ 70,000 кг
„ обмуровки	~ 95,000 „

Теплоемкости:

Дерево, абс. сухое	0,34
Варочная кислота	~ 1,0
Обмуровочный материал	~ 0,21
Железо	0,115

Температуры:

Дерева	~ 20°
Кислоты	~ 25°

Теплоотдачей от стенок котла уже при загрузке средняя t° содержимого котла повышается до ~ 30°. Следовательно:

Начальная t° содержимого котла (щепы и кислоты) ~ 30°

Измерение t° стенок котла:

к началу варки	~ 60°
к концу заварки	~ 35°
„ доварки	~ 70°

Средняя t° обмуровки:

к началу варки	~ 55°
к концу заварки	~ 70°
„ доварки	~ 120°

t° содержимого котла:

к концу заварки	110°
„ доварки	143°

t° помещения 20°

время заварки 4 ч.

время доварки 12 „

общее время варки 16 „

давление при варке 5 атм. изб.

а) Наполнение без уплотнения.

На 1 м³ емкости котла 195 кг щепы, 80% абс. сух. вещества.

Вес щепы: $293 \cdot 195 \sim 57\,500$ кг.

Наполнение кислотой 3,85 кг на 1 кг щепы ~ 220 000 кг.

Выход: 25 000 кг массы I сорта; включая II сорт — 25 700 кг нормально-жесткой целлюлозы с 88% абс. сух. массы, число Зибера = 36.

а) Период заварки от 30° до 110°

1. Расход тепла Q_1 для нагрева абс. сух. дерева:

Всего дерева: 57 500 кг, с 80% абс. сух. вещества $57\,500 \times 0,8 = 46\,000$ кг абс. сух. вещества.

$$Q_1 = 46\,000 \cdot 0,34 (110 - 30) = 1\,251\,000 \text{ cal.}$$

Сводка расходов тепла на заварку дает следующую картину:

1) нагревание абс. сух. дерева Q_1	1 251 000 cal.
2) " влаги из дерева Q_2	920 000 »
3) " кислоты Q_3	17 600 000 »
4) " обмуровки Q_4	299 300 »
5) " железного корпуса котла Q_5	—
6) Потери от лучеиспускания Q_6	118 100 »
Всего 20 188 400 cal.	

При применении насыщенного пара давл. 5 атм. изб. с используемым перепадом тепла равным:

$$659 - 110 = 549 \text{ cal/кг пара,}$$

расход пара на заварку определяется:

$$D = \frac{20\,188\,400}{549} = 36\,773 \text{ кг пара 5 атм. изб.}$$

в течение 4-х ч., т. е. 9 193 кг/ч.

б) Период варки от 110° до 143° Ц

1. Расход тепла Q_1' для нагрева абс. сух. щелы.

$$Q_1' = 46\,000 \cdot 0,34 (143 - 110) = 516\,000 \text{ cal.}$$

2. Расход тепла Q_2' для нагрева влаги дерева

$$Q_2' = 11\,500 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = 379\,500 \text{ cal.}$$

3. Расход тепла Q_3' для нагрева кислоты

$$Q_3' = 220\,000 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = 7\,260\,000 \text{ cal.}$$

4. Расход тепла Q_4' для нагрева обмуровки

$$Q_4' = 95\,000 \cdot 0,21 \cdot (120 - 70) = 997\,500 \text{ cal.}$$

5. Расход тепла Q_5' для нагрева железного корпуса котла:

$$Q_5' = 70\,000 \cdot 0,115 (70 - 35) = 281\,800 \text{ cal.}$$

6. Потери тепла от лучеиспускания:

Температуры:

Содержимое котла:

начальная t°	$\sim 110^\circ$
конечная "	$\sim 143^\circ$
средняя геометрическая t°	130°

Обмуровка:

внутренняя начальная t°	$\sim 100^\circ$
конечная	$\sim 140^\circ$
средняя геометрическая t°	$\sim 125^\circ$

Внешняя t° стенки котла:

в начале	35°
в конце	70°
средняя	$\sim 55^\circ$

$$Q_6' = k \cdot F (t_1^4 - t_2^4) \cdot z$$

$$\alpha_o + \alpha_z = 2,2 \sqrt{55 - 20} = 5,351 \text{ cal/м}^2 \text{ } ^\circ\text{Ц}$$

$$c = \frac{(273 + 55)^4 - (273 + 20)^4}{55 - 20} = 1,201$$

$$C = 4,03 \text{ (см. стр. 29 ч. I т. I)}$$

$$\alpha_2 = 5,351 + 1,201 \cdot 4,03 = 10,191 \text{ cal/м}^2 \text{ ч.}^\circ \text{Ц}$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{3000} + \frac{0,18}{0,6} + \frac{0,028}{50} + \frac{1}{10,191}} = 2,51 \text{ cal/м}^2 \text{ ч.}^\circ \text{Ц}$$

Потери от лучеиспускания за период доварки в 12 ч. составляют:

$$Q_6' = 2,51 \cdot 240 (125 - 20) \cdot 12 = 757900 \text{ cal.}$$

7. Потери тепла Q_7' со сдувочными газами.

Исследования отдувок производились Рихтером (Richter)¹⁾ и автором (см. ниже).

При емкости котла в 106 м³, по Рихтеру, было перегнано 4000 л конденсата, теплосодержание которого должно быть компенсировано паром. Теплота испарения была принята ~ 505 cal.

Так как в рассматриваемом случае емкость котла = 293 м³, то потери тепла от сдувок исчисляются:

$$Q_7' = \frac{293}{106} \cdot 4000 \cdot 505 = 5580000 \text{ cal.}$$

8. Потери тепла Q_8^1 для подогрева конденсата пара в 36773 кг, поступившего в котел за время периода заварки, от 110 до 143°.

$$Q_8 = 36773 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = 1213500 \text{ cal.}$$

Сводка расходов пара за период доварки дает следующую картину:

1.	Нагревание абс. сух. дерева . . .	516 000 cal.
2.	» влаги из дерева . . .	379 500 »
3.	» кислоты . . .	7 280 000 »
4.	» обмуровки . . .	997 500 »
5.	» железн. корпуса котла . . .	281 800 »
6.	Потери от лучеиспускания . . .	757 900 »
7.	» от сдувок . . .	5 580 000 »
8.	Подогрев конденсата . . .	1 213 500 »

Всего 16 986 200 cal.

Использование пара в 5 атм. изб. в данном случае дает:

$$659 - 143 = 516 \text{ cal/кг.}$$

Расход пара на период доварки определяется:

$$D' = \frac{16\,986\,200}{516} = 32\,919 \text{ кг пара 5 атм. изб. за 12 ч., т. е. } 2\,743 \text{ кг/ч.}$$

Общий расход пара на варку:

$$36\,773 + 32\,919 = 69\,692 \text{ кг пара}$$

давл. 5 атм. изб., т. е.

$$\frac{69\,692}{25\,750} = 2,71 \text{ кг насыщенного пара}$$

при давл. 5 атм. изб. на 1 кг возд.-сух. целлюлозы.

При применении пара с давл. 5 атм. изб. и $t^\circ 238^\circ$ (т. е. перегрев $238 - 158 = 80^\circ$) с теплосодержанием 700 cal/кг расход пара определяется:

а) для заварки:

$$\frac{20\,188\,400}{700 - 110} = 34\,220 \text{ кг пара } \sim 8\,525 \text{ кг/ч.}$$

¹⁾ «Wochenblatt für Papierfabrikation, Festheft» 1922, стр. 72.

б) для доварки

$$\frac{16\,900\,000}{700 - 143} \approx 30\,340 \text{ кг пара} \sim 2\,540 \text{ кг/ч.}$$

Всего пара $\sim 64\,560 \text{ кг}$

т. е. $\frac{64\,560}{25\,750} \approx 2,51 \text{ кг пара давл. 5 атм. изб. с } t^{\circ} 238^{\circ} \text{ на 1 кг возд.-сух. целлюлозы.}$

Количество тепла для всей варки от 30° до 143°C при
паре с теплосодержанием 700 cal/кг.

	Калории	%
1. Нагревание дерева	1 767 000	4,75
2. » влаги из дерева	1 299 500	3,50
3. » кислоты	24 860 000	67,15
4. » обмуровки	1 296 800	3,50
5. » железного корпуса котла	281 800	0,75
6. Потери от лучеиспускания	876 000	2,30
7. Потери при сдувах	5 580 000	15,00
8. Подогрев конденсата	1 129 200	3,05
Всего	37 090 300	100,00

Следовательно, на 1 кг возд.-сух. целлюлозы требуется $\sim 1\,440 \text{ cal.}$

б) Нагрузка щелой с утрамбовкой

Наполнение щелой: на 1 м^3 емкости котла 210 кг дерева с 80% абс. вещества:

Общий вес загруженной щелы: $293 \cdot 210 \approx 61\,500 \text{ кг.}$

Наполнение кислотой: $3,4 \text{ кг}$ на 1 кг щелы $= 61\,500 \cdot 3,4 = 209\,000 \text{ кг.}$

Выход: $26\,700 \text{ кг}$ нетто возд. сух. массы I сорта.

$27\,500 \text{ „}$ брутто » » » со II сортом.

Остальные данные такие же, как в п. а.

з) Период заварки от 30° до 110°C

1. Расход тепла Q_1 для нагрева абс. сух. дерева:

а) количество дерева, 80% абс. сух. вещества $= 61\,500 \text{ кг}$

б) » » абс. сух. вещества $= 61\,500 \cdot 0,8 = 49\,200 \text{ кг.}$

$$Q_1 = 49\,200 \cdot 0,34 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 1\,338\,000 \text{ cal.}$$

2. Расход тепла Q_2 для нагрева влаги дерева:

вес влаги: $61\,500 - 49\,200 = 12\,300 \text{ кг,}$

$$Q_2 = 12\,300 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 984\,000 \text{ „}$$

3. Расход тепла Q_3 для нагрева кислоты:

наполнение кислотой: $209\,000 \text{ кг,}$

$$Q_3 = 209\,000 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 16\,720\,000 \text{ „}$$

4. Расход тепла Q_4 для нагрева обмуровки: как в п. а,

$$Q_4 = \dots\dots\dots 299\,300 \text{ „}$$

5. Расход тепла Q_5 для нагрева железного корпуса котла: как в п. а.

$$Q_5 = \dots\dots\dots 0 \text{ „}$$

6. Потери тепла от лучеиспускания: как в п. 1.

$$Q_6 = \dots\dots\dots 118\,100 \text{ „}$$

Сводка расходов тепла за период заварки:

1. Нагревание абс. сух. дерева	1 338 000 cal.
2. " влаги дерева	984 000 "
3. " кислоты	16 720 000 "
4. " обмуровки	299 300 "
5. " железного корпуса котла	...
6. Потери на лучеиспускания	118 100 "

Всего 19 459 400 cal.

Расход насыщенного пара давл. 5 атм. изб.: может быть использовано: $659 - 110 = 549$ cal/кг.

$$D = \frac{19\,459\,400}{549} = 35\,445 \text{ кг пара 5 атм. изб. за 4 ч.,}$$

т. е. 8 861 кг/ч.

3) Период варки от 110° до 143°

1. Расход тепла Q_1' для нагрева абс. сух. дерева:	
$Q_1' = 49\,200 \cdot 0,34 \cdot (143 - 110) =$	552 000 cal.
2. Расход тепла Q_2' для нагрева влаги:	
$Q_2' = 12\,300 \cdot 1 \cdot (143 - 110) =$	406 000 "
3. Расход тепла Q_3' для нагрева кислоты:	
$Q_3' = 209\,000 \cdot 1 \cdot (143 - 110) =$	6 897 000 "
4. Расход тепла Q_4' для нагрева обмуровки: как в п. а.	
$Q_4' =$	997 500 "
5. Потери тепла Q_5' от лучеиспускания: как в п. а.	
$Q_5' =$	757 900 "
6. Расход тепла Q_6' для нагрева железного корпуса котла как в п. а.	
$Q_6' =$	281 800 "
7. Потеря тепла Q_7' со сдувочными газами: как в п. а.	
$Q_7' =$	5 580 000 "
8. Расход тепла Q_8' для нагрева конденсата от 110 до 143° .	
$Q_8' = 35\,445 \cdot 1 \cdot (143 - 110) =$	1 169 700 "

Сводка расходов тепла за период варки:

1. Нагревание абс. сух. дерева	552 000 cal.
2. " влаги дерева	406 000 "
3. " кислоты	6 897 000 "
4. " обмуровки	997 500 "
5. " железного корпуса котла	281 800 "
6. Потери от лучеиспускания	757 900 "
7. " при сдувах	5 580 000 "
8. Нагревание конденсата	1 169 700 "

Всего 16 641 900 cal.

Использовано тепла в паре = $659 - 143 = 516$ cal/кг.

Расход пара за период заварки составляет:

$$D' = \frac{16\,641\,900}{516} = 32\,252 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 12 ч.,}$$

т. е. 2 688 кг/ч.

Общий расход пара на варку составляет:

$$35\,445 + 32\,252 = 67\,697 \text{ кг насыщ. при 5 атм. изб. пара, т. е.}$$

$$\frac{67\,697}{60} = 2,46 \text{ кг насыщ. при 5 атм. изб. пара на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$$

в) Загрузка щепой с очень сильным уплотнением
(метод Фреска)

Загрузка щепой: на 1 м³ емкости котла 245 кг дерева с 80% абс. сух. вещества.

Общий вес загруженного дерева:

$$293 \cdot 245 = 71\,785 \text{ кг дерева с 80% абс. сух. вещества.}$$

Наполнение кислотой: 2,74 л/1 кг щепы = $2,74 \cdot 71\,785 = 196\,700$ кг или л.

Выход: 31 400 кг нетто массы I сорта, с 88% абс. сух. вещества,

32 300 кг брутто вместе со II сортом, с 88% абс. сух. вещества.

Остальные данные, как в п. а.

а) Период заварки от 30° до 110°.

1. Расход тепла Q_1 для нагрева абс. сух. дерева:

количество абс. сух. дерева: $7\,185 \cdot 0,8 = 57\,430$ кг.

$$Q_1 = 57\,430 \cdot 0,34 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 1\,562\,000 \text{ cal.}$$

2. Расход тепла Q_2 для нагрева влаги дерева:

вес влаги: $71\,785 - 57\,430 = 14\,355$ кг.

$$Q_2 = 14\,355 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 1\,148\,000 \text{ „}$$

3. Расход тепла Q_3 для нагрева кислоты:

вес кислоты: 196 700 кг.

$$Q_3 = 196\,700 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 15\,736\,000 \text{ „}$$

4. Расход тепла Q_4 для нагрева обмуровки: как в п. а.

$$Q_4 = \dots\dots\dots 299\,300 \text{ „}$$

5. Расход тепла Q_5 для нагрева железного корпуса котла: как в п. а.

$$Q_5 = \dots\dots\dots 0 \text{ „}$$

6. Потери тепла Q_6 от лучеиспускания: как в п. а.

$$Q_6 = \dots\dots\dots 118\,100 \text{ „}$$

Сводка расходов тепла за период заварки:

1. Нагревание абс. сух. дерева 1 562 000 cal.

2. „ влаги дерева 1 148 000 „

3. „ кислоты 15 736 000 „

4. „ обмуровки 299 300 „

5. „ железного корпуса котла —

6. Потери от лучеиспускания 118 100 „

Всего 18 863 400 cal.

Насыщенный пар при 5 атм. изб. с теплосодержанием 659 cal на 1 кг пара.

Используется здесь $659 - 110 = 549$ cal/кг.

$$D = \frac{18\,863\,400}{549} = 34\,360 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 4 ч.,}$$

т. е. 8 590 кг/ч.

б) Период варки от 110° до 143°.

1. Расход тепла Q_1' для нагрева абс. сух. дерева:
 $Q_1' = 57\,430 \cdot 0,34 (143 - 110) = \dots\dots\dots 644\,500 \text{ cal.}$
2. Расход тепла Q_2' для нагрева влаги дерева:
 $Q_2' = 14\,355 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 473\,500 \text{ ,}$
3. Расход тепла Q_3' для нагрева кислоты:
 $Q_3' = 196\,700 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 6\,491\,000 \text{ ,}$
4. Расход тепла Q_4' для нагрева обмуровки: как в п. а.
 $Q_4' = \dots\dots\dots 997\,500 \text{ ,}$
5. Расход тепла Q_5' для нагрева железного корпуса котла: как при а.
 $Q_5' = \dots\dots\dots 281\,800 \text{ ,}$
6. Потери тепла Q_6' от лучеиспускания: как в п. а.
 $Q_6' = \dots\dots\dots 757\,900 \text{ ,}$
7. Потери тепла Q_7' со сдувочными газами: как в п. а.
 $Q_7' = \dots\dots\dots 5\,580\,000$
8. Расход тепла Q_8' для нагрева конденсата от 110 до 143°.
 $Q_8' = 34\,360 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 1\,133\,900 \text{ ,}$

Сводка расходов тепла за период варки:

1. Нагревание абс. сух. дерева	644 500 cal.
2. » влаги дерева	473 500 ,
3. » кислоты	6 491 000 ,
4. » обмуровки	997 500 ,
5. » железного корпуса котла	281 800 ,
6. Потери от лучеиспускания	757 900 ,
7. » со сдувками	5 580 000 ,
8. Нагрев конденсата	1 133 700 ,
Всего	16 360 100 cal.

Использование насыщенного пара здесь будет:

$$659 - 143 = 516 \text{ cal.}$$

$$D' = \frac{16\,360\,100}{516} = 31\,706 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 12 ч.,}$$

т. е. 2642 кг/ч.

Общий расход пара на варку:

$$34\,360 + 31\,706 = 66\,066 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара, т. е.}$$

$$\frac{66\,066}{32\,300} = 2,05 \text{ кг насыщ. при 5 атм. изб. пара на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$$

2. Варочный котел с изоляцией

Описанный в п. А котел покрыт изоляционным слоем из инфузорной земли, толщиной 60 мм.

Загрузка щепой здесь, как в п. А_а, т. е. на 1 м³ емкости котла 195 кг древесины с 80% абс. сух. вещества.

$$\text{Вес загруженной в котел щепы} = 293 \cdot 195 = 57\,500 \text{ кг.}$$

Закачено кислоты:

$$3,85 \text{ кг/1 кг щепы} = 220\,000 \text{ кг.}$$

Температуры:

Начальная t° содержимого котла 30° . t° внешней изолированной стенки (измерено) $\sim 40^\circ$ постоянно. t° обмуровки:к началу периода варки 70° ;к концу " " 120° . t° железного корпуса котла:к началу периода варки 75° (измерено);к концу " " 97° " "а) Период заварки от 30° до 110° .1. Расход тепла Q_1 на нагрев абс. сух. дерева весом 46 000 кг.

$$Q_1 = 46\,000 \cdot 0,34 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 1\,251\,000 \text{ cal.}$$

2. Расход тепла Q_2 на нагрев влаги дерева весом 11 500 кг.

$$Q_2 = 11\,500 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 920\,000 \text{ "}$$

3. Расход тепла Q_3 на нагрев кислоты весом 220 000 кг.

$$Q_3 = 220\,000 \cdot 1 \cdot (110 - 30) = \dots\dots\dots 17\,600\,000 \text{ "}$$

Как показывают произведенные испытания, при изолированных котлах во время заварки, не расходуется тепла на нагрев обмуровки, железного корпуса котла и изоляционной массы, что также видно из кривых.

4. Расход тепла Q_4 на лучеиспускание:

Последнее вычисляется по формуле:

$$Q_4 = k \cdot F \cdot (t_1^\circ - t_2^\circ) \cdot z \text{ (см. стр. 84).}$$

Теплопередача протекает по температурной схеме, изображенной на рис. 205.

 t_1° = сред. температура стенки 70° . t_2° = температура помещения 20° .

t_3° = температура внешней поверхности стенки железного корпуса котла в среднем 85° .

Расчет коэффициента теплопроводности k :

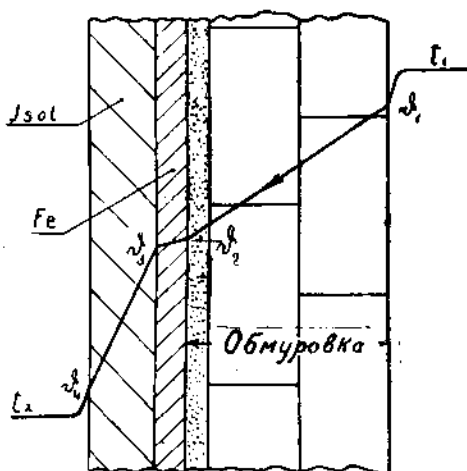
 t° внешнего изоляционного слоя: $t_4 = 40^\circ$ (постоянно).

Рис. 205.

$$\alpha_0 + \alpha_x = 2,2; \quad \sqrt[4]{40 - 20} = 4,444;$$

$$C = 4,03 \text{ (см. стр. 29, ч. I т. I).}$$

$$c = \frac{\left(\frac{273 + 40}{100}\right)^4 - \left(\frac{273 + 20}{100}\right)^4}{40 - 20} = 1,113;$$

$$\alpha_2 = 4,444 + 1,113 \cdot 4,03 = 8,93;$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{3\,000} + \frac{0,18}{0,6} + \frac{0,028}{50} + \frac{0,06}{0,15} + \frac{1}{8,93}} = 1,23 \text{ cal/м}^2 \text{ ч. } ^\circ\text{Ц.}$$

$$Q_4 = 1,23 \cdot 240 \cdot (70 - 20) \cdot 4 = 59\,000 \text{ cal.}$$

Сводка расходов тепла за период заварки:

1. Нагревание абс. сух. дерева	1 251 000 cal.
2. » влаги дерева	920 000 »
3. » кислоты	17 600 000 »
4. Потери от лучеиспускания	59 000 »
Всего	19 830 000 cal.

$D = \frac{19\,830\,000}{549} = 36\,120$ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 4 ч.,
т. е. 9030 кг пара/ч.

β) Период варки от 110° до 143°.

- Расход тепла Q_1' на нагрев абс. сух. дерева:
 $Q_1' = 46\,000 \cdot 0,34 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 516\,000$ cal.
- Расход тепла Q_2' на нагрев влаги из дерева:
 $Q_2' = 11\,500 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 379\,500$ »
- Расход тепла Q_3' на нагрев кислоты:
 $Q_3' = 220\,000 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 7\,260\,000$ »
- Расход тепла Q_4' на нагрев обмуровки:
 $Q_4' = 95\,000 \cdot 0,21 \cdot (120 - 70) = \dots\dots\dots 997\,500$ »
- Расход тепла Q_5' на нагрев железного корпуса котла:
 $Q_5' = 70\,000 \cdot 0,115 \cdot (97 - 75) = \dots\dots\dots 177\,000$ »

Изоляционная масса также и за период доварки расхода тепла не требует.

- Потери тепла Q_6' на лучеиспускание.
Так как t° внешней поверхности изоляционного слоя также и в период варки остается неизменно равной 40° (по измерению), то коэффициент k и в этом случае имеет ту же величину, что в период заварки:

$$k = 1,23.$$

$$Q_6' = 1,23 \cdot 240 \cdot (135 - 110) \cdot 12 = \dots\dots\dots 88\,500$$

- Потери тепла Q_7' при сдувах: как в п. A_a (стр. 86).
 $Q_7' = \dots\dots\dots 5\,580\,000$ »

- Расход тепла Q_8' на нагрев конденсата:
 $Q_8' = 36\,120 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 1\,192\,000$ »

Сводка расходов тепла за период варки:

1. Нагревание абс. сух. дерева	516 000 cal.
2. » влаги дерева	379 500 »
3. » кислоты	7 260 000 »
4. » обмуровки	997 500 »
5. » железного корпуса котла	177 000 »
6. Потери на лучеиспускание	88 500 »
7. » при сдувах	5 580 000 »
8. Нагрев конденсата	1 192 000 »
Всего	16 190 500 cal.

$D' = \frac{16\,190\,500}{516} = 31\,375$ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 12 ч.,
т. е. 2615 кг. пара/ч.

Общий расход пара на варку:

$$36\,120 + 3\,1375 = 67\,495 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара, т. е.}$$

$$\frac{67\,495}{25\,750} = 2,62 \text{ кг насыщ. при 5 атм. изб. пара на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$$

При сравнительно толстом слое обмуровки изоляция приносит только очень небольшую пользу, однако всегда полезно производить изоляцию для того, чтобы не подвергать железные стенки котла резким колебаниям t° .

3. Варочный котел, как в п. А без изоляции, с предварительным подогревом кислоты.

Нагрузка щепой, как в п. А_а: 195 кг на 1 м³ с 80% абс. сух. вещества = 57 500 кг.

Закачено кислоты: 220 000 кг.

Выход: как в п. А_а.

t° кислоты при закачке: 60°.

t° щепы при загрузке: 25°.

t° смеси содержимого котла при начале варки ~ 55°.

а) Период заварки от 55° до 110°.

1. Расход тепла Q_1 на нагрев абс. сух. дерева:

общий вес дерева: 57 500 кг с 80% абс. сух. вещества;
дерева абс. сух. 57 500 · 0,8 = 46 000 кг.

$$Q_1 = 46\,000 \cdot 0,34 (110 - 55) = \dots\dots\dots 860\,000 \text{ cal.}$$

2. Расход тепла Q_2 на нагрев влаги из дерева весом 11 500 кг.

$$Q_2 = 11\,500 \cdot 1 \cdot (110 - 55) = \dots\dots\dots 632\,500 \text{ „}$$

3. Расход тепла Q_3 на нагрев кислоты весом 220 000 кг.

$$Q_3 = 220\,000 \cdot 1 \cdot (110 - 55) = \dots\dots\dots 12\,100\,000 \text{ „}$$

4. Расход тепла Q_4 на нагрев обмуровки: как в п. А_а.

$$Q_4 = \dots\dots\dots 299\,300 \text{ „}$$

5. Расход тепла Q_5 на нагрев железного корпуса котла: как в п. А_а.

$$Q_5 = \dots\dots\dots 0 \text{ „}$$

6. Потери тепла Q_6 на лучеиспускания: как в п. А_а.

$$Q_6 = \dots\dots\dots 118\,100 \text{ „}$$

Сводка расходов тепла за период заварки:

1.	Нагревание абс. сух. дерева	860 000 cal.
2.	„ влаги дерева	632 500 „
3.	„ кислоты	12 100 000 „
4.	„ обмуровки	299 300 „
5.	„ железного корпуса котла	—
6.	Потери на лучеиспускание	118 100 „

Всего $\dots\dots\dots 14\,009\,900 \text{ cal.}$

Насыщенный при 5 атм. изб. пар дает здесь используемый перепад в 549 cal на 1 кг пара.

Расход пара на заварку:

$$D = \frac{14\,009\,900}{549} = 25\,519 \text{ кг насыщенного при 5 атм. изб. пара за 4 ч.}$$

т. е. 6 380 кг пара/ч.

3) Период варки от 110° до 143°.

Расходы тепла на нагрев: 1) абс. сух. щепы, 2) влаги дерева, 3) кислоты, 4) обмуровки, 5) железного корпуса котла, 6) потери на лучеиспускание, 7) потери со сдувками здесь остаются те же, что и в п. А.

Q_1' = нагревание абс. сух. щепы	516 000 cal.
Q_2' = » влаги дерева	379 500 »
Q_3' = » кислоты	7 260 000 »
Q_4' = » обмуровки	997 500 »
Q_5' = » железного корпуса котла	281 800 »
Q_6' = потери на лучеиспускание	757 900 »
Q_7' = » со сдувками	5 580 000 »

8) Расход тепла Q_8' на подогрев 25 519 кг конденсата от 110° до 143°:

$$Q_8' = 25\,519 \cdot 1 \cdot (143 - 110) = \dots\dots\dots 824\,100 \text{ »}$$

Расход тепла за период варки всего . . . 16 614 800 cal.

Использование тепла насыщенного пара 5 атм. изб. здесь будет: 659—143 = 516 cal/кг.

Расход пара за период варки:

$$D' = \frac{16\,614\,800}{516} = 32\,199 \text{ кг за 12 ч., т. е. } 2\,683 \text{ кг насыщенного при}$$

5 атм. изб. пара/ч.

Общий расход пара на варку:

$$25\,519 + 32\,199 = 57\,718 \text{ насыщенного при 5 атм. изб. пара, т. е. } \frac{57\,718}{25\,750} = 2,24 \text{ кг насыщ. при 5 атм. изб. пара на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$$

Если принять для случая В перегретый пар с теплосодержанием ~700 cal/кг (т. е. с перегревом ~80° и t° 238°), то тогда расход пара определится:

а) для периода заварки $\frac{14\,009\,900}{700 - 110} \cong 23\,750 \text{ кг или } \sim 5\,950 \text{ кг/ч.}$

б) для периода доварки $\frac{16\,558\,000}{700 - 143} \cong 29\,800 \text{ кг или } 2\,480 \text{ кг/ч.}$

Общий расход пара $\cong 53\,550 \text{ кг, т. е. } \frac{53\,550}{25\,750} = 2,06 \text{ кг пара 5 атм. изб. с } t^\circ 238^\circ (\sim 700 \text{ cal/кг теплосодержание}) \text{ на 1 кг возд. сух. целлюлозы.}$

Общий расход пара на всю варку от 55° до 143° при паре с 700 cal/кг.

	Калории	%
1. Нагревание дерева	1 376 000	4,5
2. » влаги дерева	1 012 000	3,5
3. » кислоты	19 360 000	63,10
4. » обмуровки	1 296 800	4,25
5. » жел. корпуса котла	281 800	0,95
6. Потери на лучеиспускание	876 000	2,85
7. » со сдувками	5 580 000	18,20
8. Нагрев конденсата	783 750	2,65
Всего	30 566 350	100,00

Следовательно на 1 кг возд. сух. целлюлозы нужно ~ 1190 cal.

Сопоставление расчетов

№№	Состояние стенки котла	Емк. котла нето	°° содерж.		Наполнен. котла на 1 м³	Вых. массы 88% абс. сух. вещ.	Расход пара (насыщен. пар 5 атм пзб. t = 659 cal.) для запарки				В с е г о	Расх. пара на 1 кг (сух. абс. 88% вещ.)				
			начальн., °C	конечн., °C			за 4 ч., кг	в средн. в ч., кг	за 12 ч., кг	в средн. в ч., кг		насыщ. пар t = 659 cal., кг	перегр. пар t = 700 cal., кг			
Аа	Не изолировано	293	30	143	195	750	25750	88	~ 1440	36773	9193	32919	2743	69692	2,71	2,51
Аб	»	293	30	143	210	710	27500	94	~ 1310	35445	8861	32252	2688	87697	2,46	2,28
Ав	»	293	30	143	245	670	32300	110	~ 1090	34360	8590	31706	2642	86066	2,05	1,90
Б	Изолировано	293	30	143	195	750	25750	88	~ 1400	36120	9030	31375	2615	87495	2,62	2,43
В	Не изолировано	293	55	143	195	750	25750	88	~ 1190	25519	6380	32199	2683	57718	3,24	2,08

Из этих расчетов, которые очень близко совпадают с действительными расходами пара на существующих фабриках, с достаточной ясностью видно, какие меры нужно принимать для достижения более рациональной работы предприятия. На ряду с сильным уплотнением, необходимо достижение по возможности высокой начальной температуры (предварительный подогрев кислоты).

Опыты по определению потерь со сдувочными газами во время варки сульфит-целлюлозы

В литературе до настоящего момента встречаются только данные Рихтера (см. «Wochenblatt für Papierfabrikation», Festheft 1922 г.), которые дают представление о потерях со сдувочными газами. Для уточнения этих данных, на одной целлюлозной фабрике под руководством автора были произведены опыты, результаты которых приведены ниже.

Сперва были определены количества загруженной щепы и закачанной кислоты.

Измерение расхода пара производилось двумя аппаратами: паромером Вентури и диафрагмой с паровыми часами.

Для этих измерительных приборов допускается предел погрешности 2%. В целях определения потерь со сдувками тепло отдувочных газов, проходящих через змеевики, передавалось охлаждающей воде, при чем точно измерялись температуры отдувочных газов (у горловины котла, в начале и в конце змеевиков холодильника), а также и охлаждающей воды (при начале и конце каждой отдувки). Измерения, приведенные к 30°, дали удовлетворительные результаты.

а) Опыт по варке целлюлозы по способу Риттер-Кельнера (котел не изолирован)

Нормальная масса, доварка до содержания 0,26% SO_2 в щелоке и варка от 30° до 145°.

Емкость котла нето: 120 м³.

Загрузка щепой: 23300 кг с 79,6% абс. сух. вещества, при 8% потерь при окорке = 63,4 м³ скл. окоренного дерева.

Наполнение кислотой: 87 м³ крепостью 6° Bé (SO_2 всей = 4,01%; свободной SO_2 = 2,28%; CaO = 1,51%).

Оборот котла:

Загрузка щепой и наполнение кислотой	ч. 50 м.
Заварка	2 » — »
Доварка	10 » 35 »
Сдвуха газа, спуск щелока, опоражнивание и промывка	1 » 35 »

Выход: 10 000 кг целлюлозы с 88% абс. сух. вещества.

Из 1 м³ скл. окоренного дерева . . . ~ 158 кг возд. сух. целлюлозы

На 1 м³ емкости котла ~ 83,3 » » » »

Расход пара (среднее из 4 варок): получено непосредственным измерением 25 420 кг на 1 варку, из коих:

1) на заварку (30° до 108°): 14 180 кг

$$\frac{14\,180 \cdot 100}{25\,420} = 55,0\% \text{ общего расхода пара;}$$

2) на доварку (108° до 145°): 11 240 кг

$$\frac{11\,240 \cdot 100}{25\,420} = 45,0\% \text{ общего расхода пара.}$$

Теплосодержание пара: ~ 700 cal при ~ 5 атм. изб.

Общий расход тепла: 14 076 000 cal.

На 1 кг целлюлозы с 88% абс. сух. вещества 2,54 кг пара

» 1 » » » » » » » » ~ 1 410 cal.

Потери тепла с отдувками:

1) с отдувками во время заварки	~ 13 000 cal
2) с отдувками к началу доварки	~ 179 000 »
3) с отдувками за период доварки	~ 1 913 000 »

Всего 2 105 000 cal.

Потери тепла со сдвухами составили:

$$\frac{2\,105\,000 \cdot 100}{14\,076\,000} \cong 15\% \text{ общего расхода тепла.}$$

6) Опыт по варке целлюлозы по способу Риттер-Кельнера (котел не изолирован)

Прима белимая целлюлоза; доварка до содержания SO₂ в щелоке 0,04% и варка от 30° до 145°.

Общий расход тепла на варку ~ 14 794 000 cal.

Потери тепла с отдувками:

1) с отдувками во время заварки	~ 5 000 cal
2) с отдувками к началу доварки	~ 207 000 »
3) с отдувками за время доварки	~ 2 087 000 »

Всего 2 299 000 cal.

Потери со сдвухами составили:

$$\frac{2\,299\,000 \cdot 100}{14\,794\,000} \cong 15,5\% \text{ общего расхода тепла.}$$

з) Опоражнивание котла

1. Сдувка газа, спуск щелока и промывка массы

По окончании варки обычно сдувают газы и пар, направляя их в регенерационную установку, а затем приступают к спуску щелока.

Последний процесс имеет место только в том случае, если опоражнивание котла производится вручную или если после промывки масса вымывается из котла водой. В тех случаях, когда котел опоражнивается выдувкой под давлением, сначала сдувают газы, а затем массу под давлением выдувают в закрытые промывные баки, из которых откачивают щелока. В настоящее время на крупных фабриках щелока иногда утилизируются путем переработки на алкоголь или целлюлозный пек. Количество поступающего в переработку щелока колеблется от 5 до 8,5 м³ на 1 000 кг возд. сух. целлюлозы (см. ниже, производство спирта).

После окончания спуска щелока, масса по возможности промывается теплой водой, при чем в большинстве случаев бывает достаточно подавать промывную воду два раза.

2. Выгрузка из котла

Количество массы в котле после варки составляет 60—65% емкости котла. Выгрузка вручную обычно производится только из горизонтальных котлов.

а) Выдувка массы

Выдувка под давлением в Германии производится только на некоторых фабриках. Этот метод имеет то преимущество, что при нем опоражнивание производится с большой быстротой. Кроме того целлюлоза промывается вне котла в специальных промывателях, благодаря чему не происходит ненужного охлаждения котла.

Все это определяет меньший оборот котла. В Америке почти все котлы опоражниваются выдувкой.

Непременным условием для выдувки является применение котла I с остроконической нижней частью (рис. 206).

Длинная толстостенная медная труба 3 ведет от выдувного штурцера 2 к промывному аппарату — ссече 4, который имеет круглую или овальную форму и выполняется из дерева или железобетона. Из последнего материала строятся также, ради большей емкости, прямоугольные ссечи, стенки которых хорошо армируются, ввиду возможного образования трещин и распора стенок, а изнутри облицовываются кислотоупорными плитками.

* Арматура ссеч в Америке делается чрезвычайно мощной и состоит из системы двутавровых балок, расположенных на расстоянии 800—1 000 мм одна от другой. Конструкция типичной американской ссечи представлена на рис. 206а. *

Емкость такого рода ссечи должна равняться двойной емкости котла. Целесообразно направлять выдувку в верхнюю часть ссечи приблизительно на 1 м ниже верхнего перекрытия. Для защиты стенки ссечи от разрушения, массу следует направлять на установленную против выдувного отверстия бронзовую плиту или аналогичное устройство, служащее для той же цели—5. Газы и пар уходят через широкую вытяжную трубу, при чем их тепло следует использовать.

Высота ссечи может достигать до 9 м. На высоте около 300 мм от дна на массивной решетке устанавливается ложное дно 8, толщиной минимум 50 мм. В нем устраиваются конические отверстия с диам. 3 мм соответственно 12 мм.

Это дно может выполняться как из дерева, так и из фильтровальных плиток. Плиты иногда покрываются кокосовыми матами для того, чтобы отверстия сетчатого дна не забивались массой.

Перед выдувкой в ссезу заливаются вода или щелок в таком количестве, чтобы фильтрующее дно находилось на глубине не менее 300 мм под жидкостью.

После наполнения ссези массой щелок спускается по трубе 9, а масса промывается 1—2 раза чистой (по возможности теплой) водой, поступающей по трубе 7.

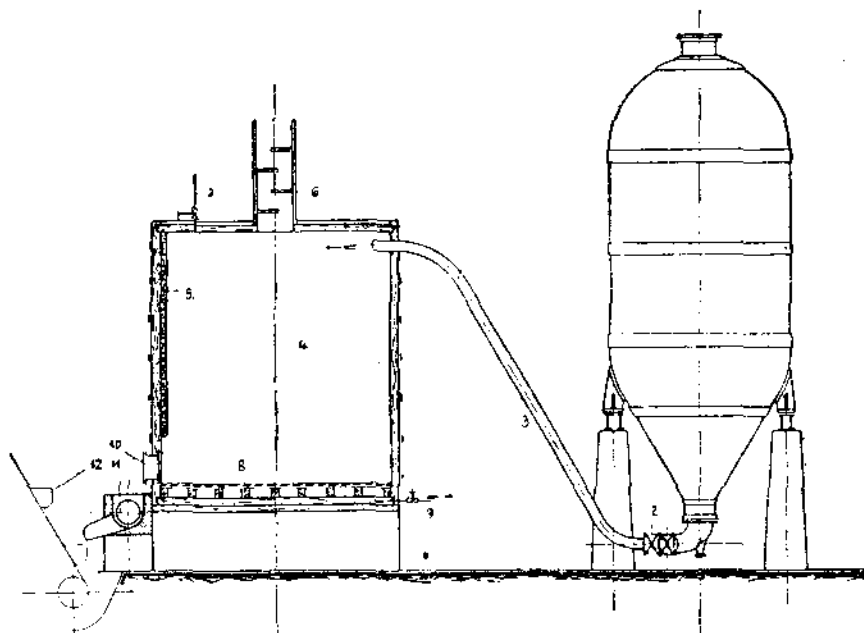


Рис. 206.

После этого производится опоражнивание ссези через люк 10. Целесообразна установка жолоба 11 с бронзовым транспортировочным шнеком, который направляет массу к элеватору, подающему ее в сортировочный отдел.

β) Вымывка массы

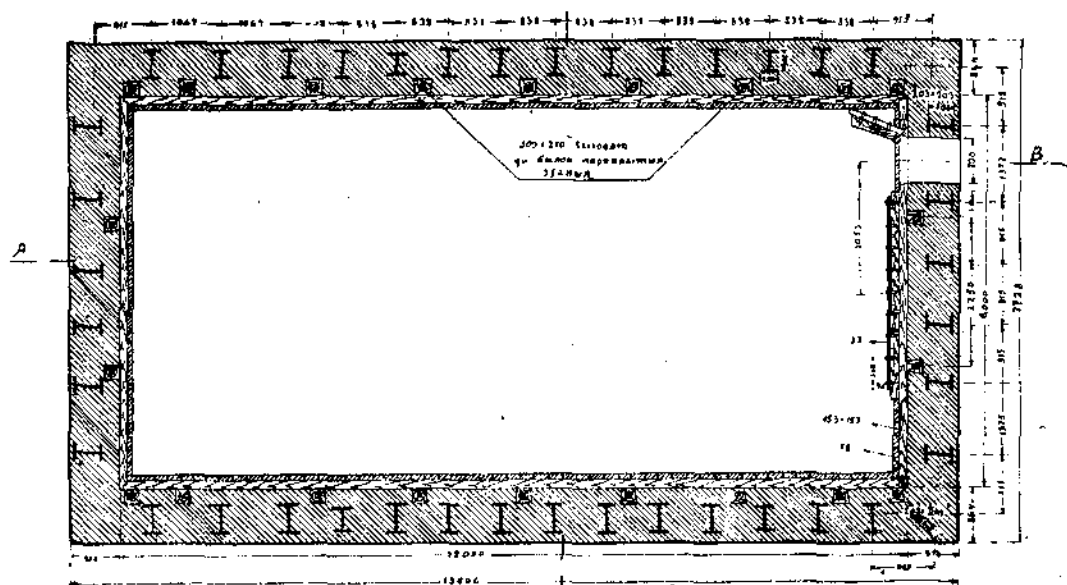
Очень широко распространенным является способ опоражнения котлов путем вымывки массы в большие открытые ссези (рис. 207).

Котел 5, масса из которого вымывается в ссезу 7, должен быть установлен довольно высоко, чтобы получился достаточный наклон к ссезе и чтобы последняя из-за канализационных условий не была заглублена слишком сильно в землю.

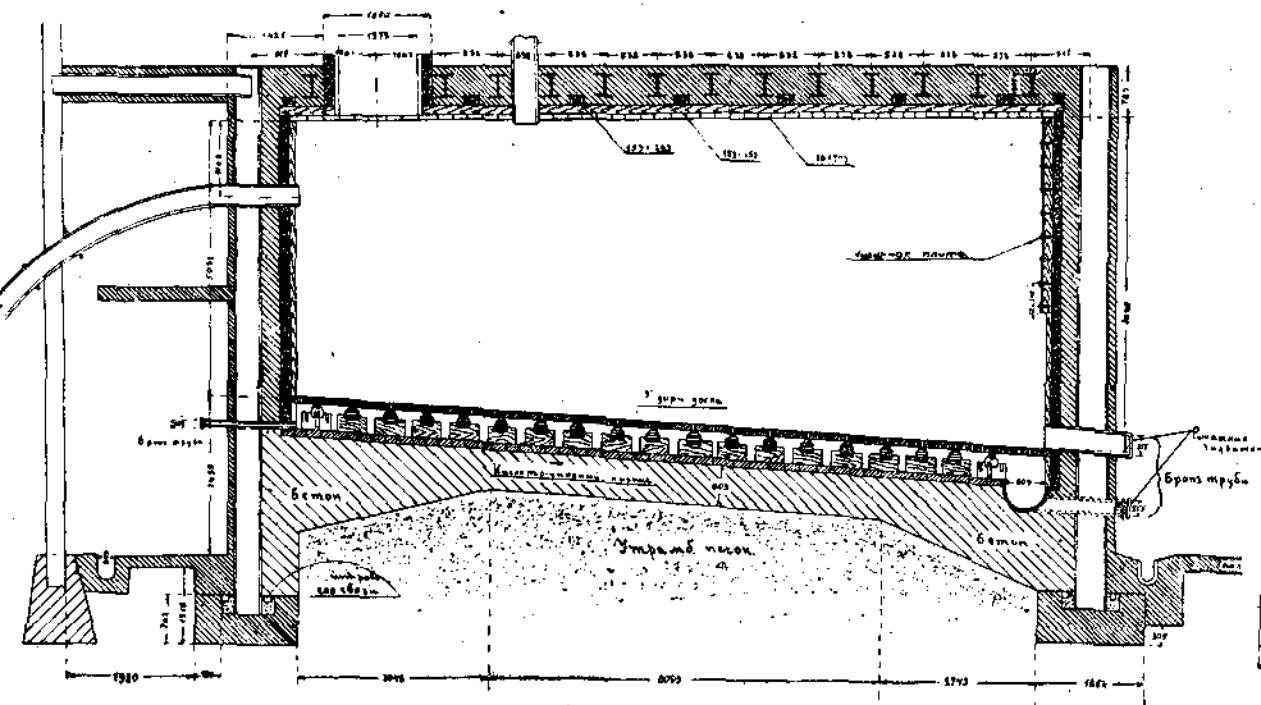
Однако достаточно хорошо опоражниваются и не очень высоко установленные котлы, снабженные изогнутыми трубами, что видно из рис. 196 и 209а, относящихся к котлам емкостью ~300 м³.

Каждый котел снабжается минимум одной ссезей; в случае, если вырабатываются различные сорта целлюлозы, полезно иметь число ссез на одну больше, чем число котлов. Емкость ссези, основная форма которой представляет собой вытянутый прямоугольник, должна быть на ~25% больше

ПЛАН

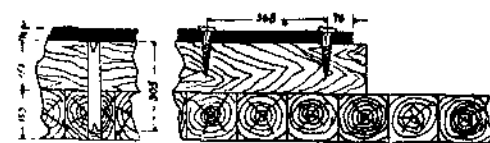


РАЗРЕЗ ПО АВ



Тип Американского сунка

Чугунная плита и подушка под ней.



РАЗРЕЗ ПО СД

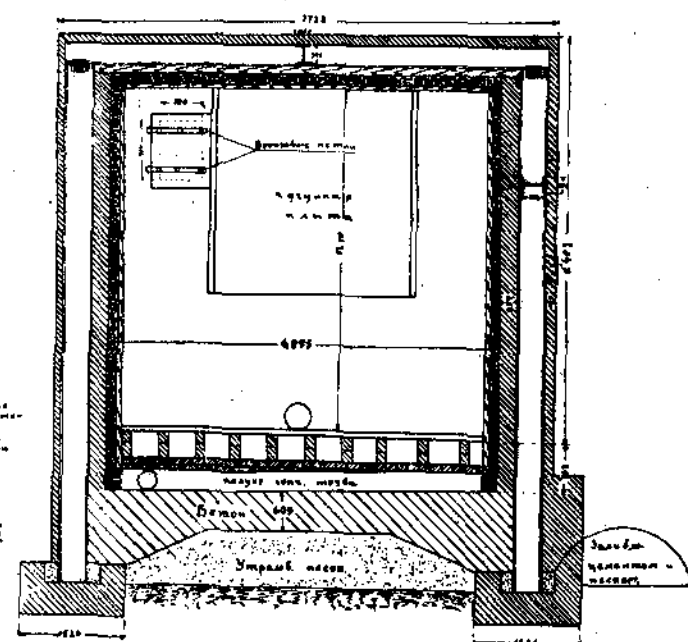


Рис. 206а.

емкости котла. Для сжеж выбирают преимущественно вытянутую прямоугольную форму; сжежи такой формы удобнее широких, так как они позволяют производить выгрузку массы как вручную, так и с помощью баггеров. Дно сжеж выкладывается фильтровальными плитками, для того чтобы щелока и промывные воды могли стекать в лежащий ниже канал.

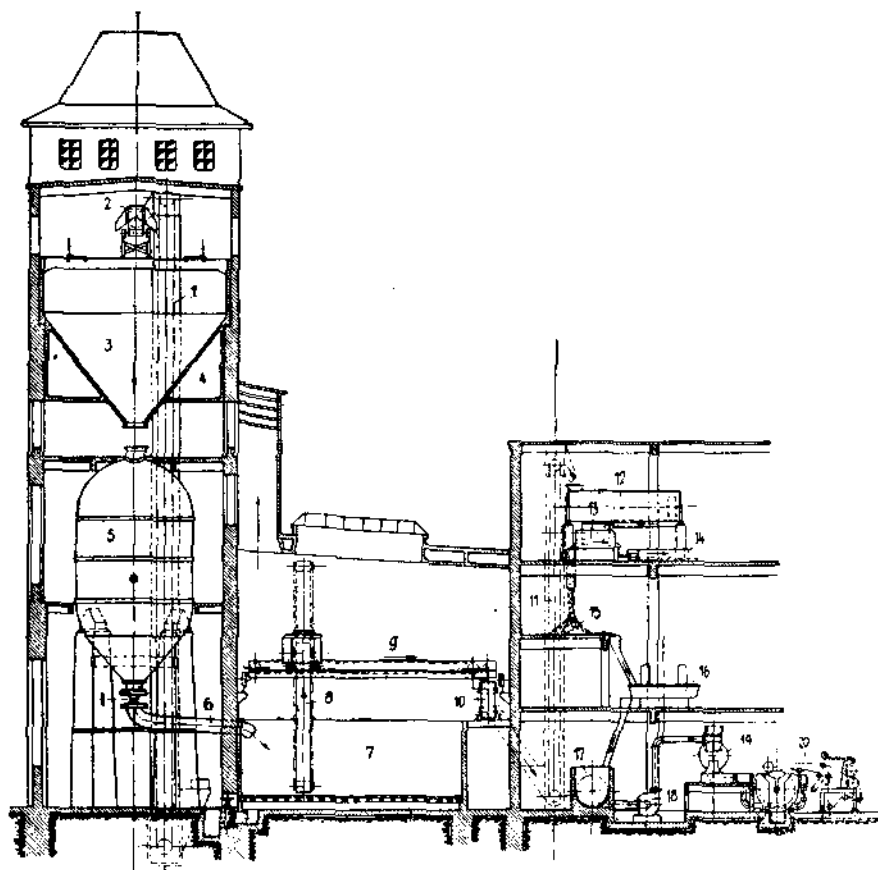


Рис. 207.

Практические размеры сжеж приблизительно следующие:

Емкость котла в м ³	С с е ж и		
	длина мм	ширина мм	высота мм
100	~ 11 000	5 000	2 500
300	~ 17 - 18 000	7 500	3 000

Масса обезвоживается в сжежах до ~20—25% содержания сух. вещества и занимает объем, равный 60—65% емкости котла.

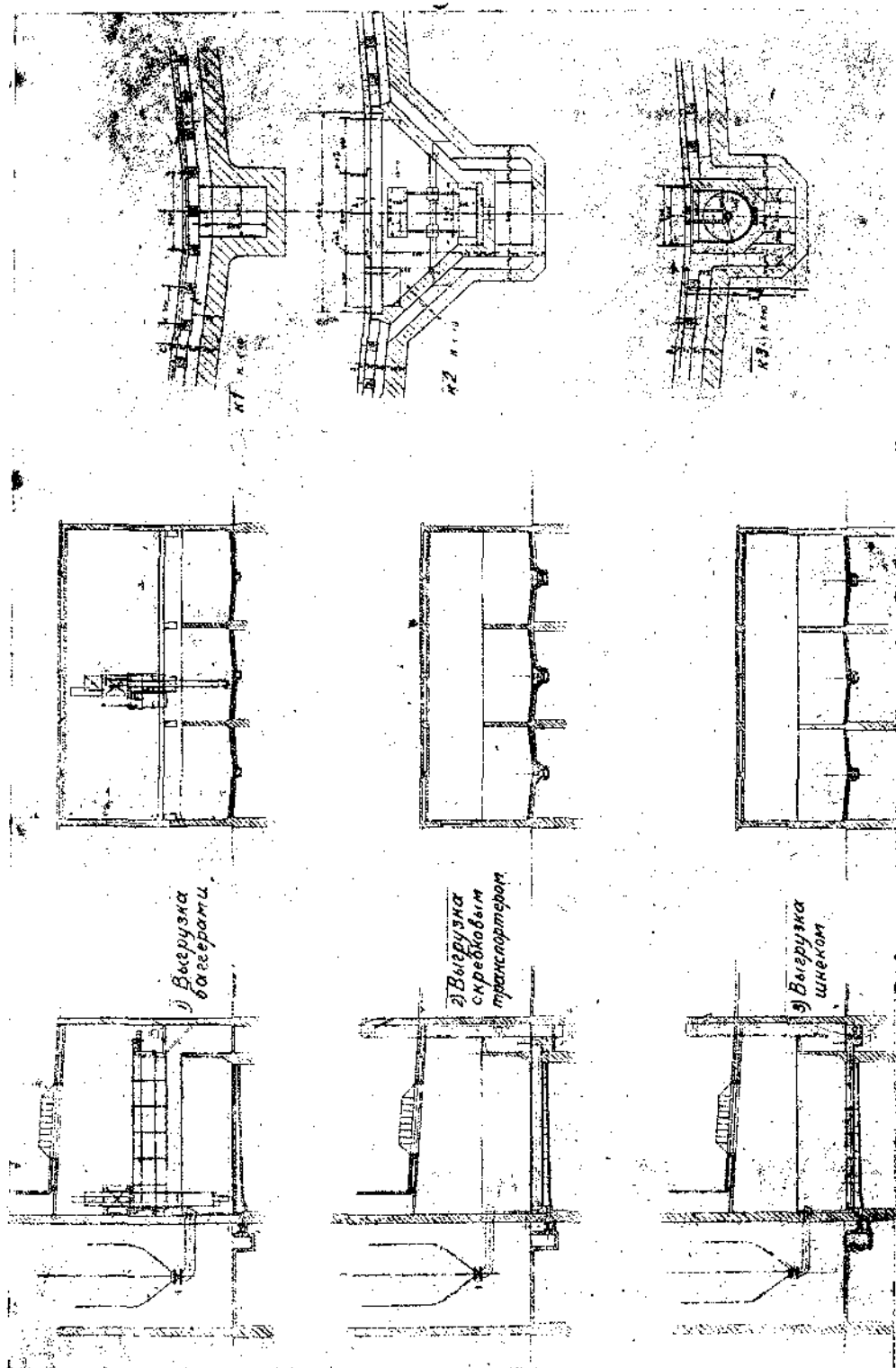


Рис. 20

и) Выгрузка массы из сжег

Промытая целлюлоза из сжег должна равномерно подаваться на дальнейшую переработку. Для подачи массы применяются различного рода

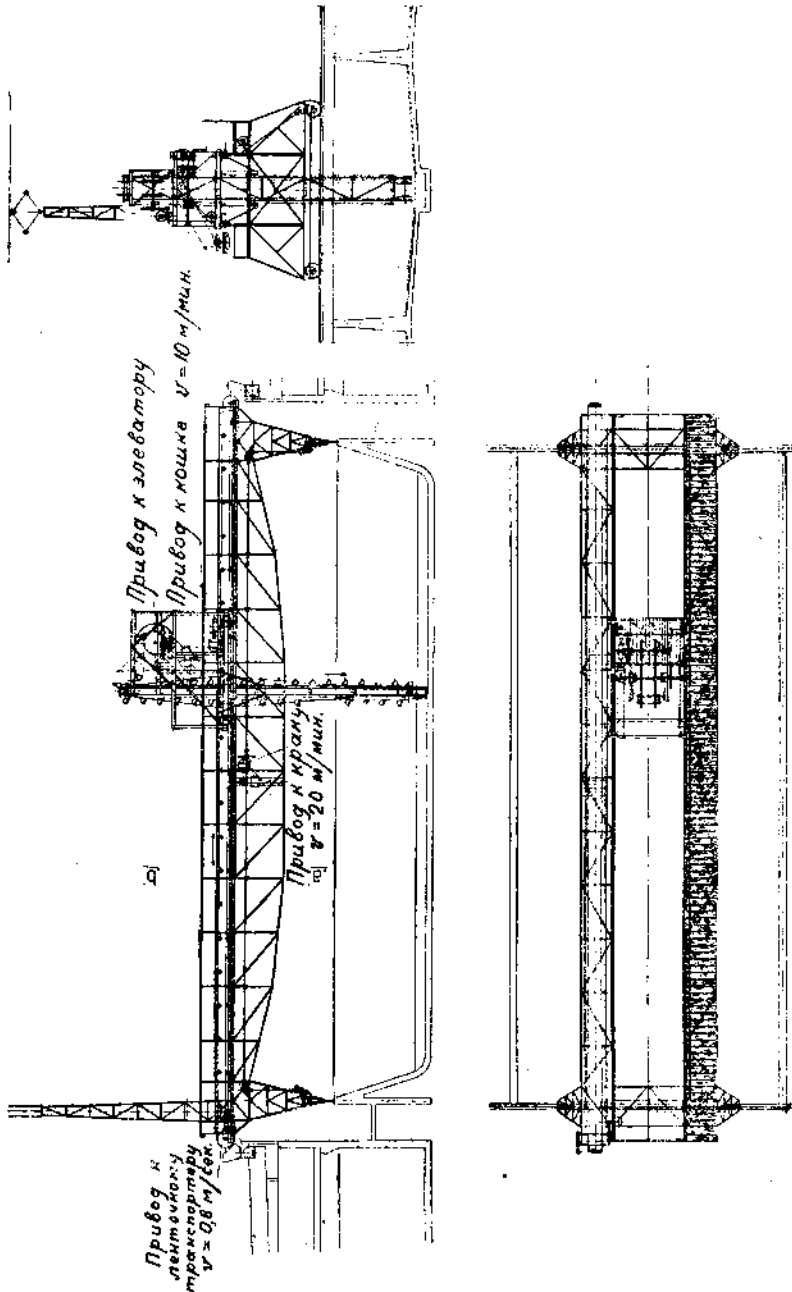


Рис. 209.

транспортные приспособления, которые частично обслуживаются вручную, или же целиком механизуются. При неравномерной подаче массы происходят затруднения на песочнике, а особенно на аппаратах для тонкого сортирования.

а) Выгрузка вручную с дальнейшей транспортировкой на ленточных транспортерах и ковшевых элеваторах, или же выгрузка с помощью скребковых транспортеров или транспортных шнеков

При выгрузке массы вручную применяются хлопчатобумажные ремни шириной до 700 мм, установленные в продольном направлении по середине сжег. Масса нагружается на транспортер лопатами, по возможности равномерными количествами.

Сборный транспортер приводит массу к вертикально установленному ковшевому элеватору, который подает ее непосредственно в переработку на сухой сепаратор; при больших количествах массы она подается к отдельным сепараторам помощью горизонтального распределительного транспортера.

Скребковые транспортеры или транспортные шнеки из бронзы, установленные в канале сжег, изображены на рис. 208.

б) Выгрузка баггерами

За последнее время, в особенности на больших заводах, широкое распространение получили механические баггеры (рис. 209), которые выгружают массу из сжег автоматически и с гораздо большей равномерностью, чем вручную.

Баггер устанавливается на подвижном кране, передвигающемся по рельсам над всеми сжегами, как изображено на рис. 209, и подает массу на сборный транспортер, а оттуда ковшевым элеватором на сепараторы. Баггеры выполняются машиностроительным заводом В. Фреденгаген, Оффенбах на Майне.

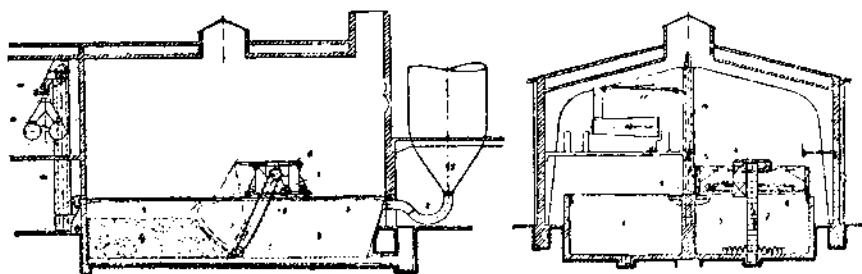


Рис. 209 а.

Баггерное устройство (рис. 209а) устанавливается таким образом, что для каждой сжеги имеется отдельный баггер. Из варочного котла 1 масса поступает по трубе 2 в длинную сжегу 3. Кран баггера 5 может передвигаться по всей длине сжеги; верхняя часть 6, несущая остов баггера с черпаками, устанавливается подвижно, в наклонном направлении к сжеге. Масса 4 подается черпаками 7 на небольшой поперечный транспортер 8, а оттуда передается на длинный продольный транспортер 9. С последнего масса через ковшевой элеватор 10 и вспомогательный транспортер 11 попадает в сепаратор 12. Баггер устанавливается по возможности низко. Кроме того элеватор 7 устраивается вращающимся, благодаря чему не требуется высокого перекрытия. Чертеж дан машиностроительным заводом Вильгельма Штер в Оффенбахе на Майне.

На рис. 207 изображен полный поперечный разрез варочного помещения с примыкающей к нему сжегой, а также и дальнейшая транспортировка массы в переработку, включая установку для переработки сучков.

Вертикально установленный ковшевой элеватор 1 подает щепу на расположенный над бункером 3 распределительный транспортер 2. По бокам бункера устроены хранилища для теплой воды 4, предназначенной для промывки варочных котлов 5. Из этих котлов масса по трубе 6 поступает в сцезу 7, откуда она баггером 8 подается на поперечный транспортер 9, а с него на расположенный вдоль всех сцез длинный транспортер 10, который подводит ее к ковшевому элеватору 11. С последнего целлюлоза подается в сепараторы 12, а оттуда, после разбавления, — в цилиндрические предварительные сортировки (сучколовители) 13.

Предварительно отсортированная масса поступает на песочник 14, а сучки 15 измельчаются на бегунах 16 и сучковая масса направляется в сборный бассейн 17, где разбавляется водой. Насос 18 подает ее на сортировку 19 откуда она вместе с поступающим с ловушек волокном передается на обезвоживающую кругло-сеточную машину 20.

7) Выгрузка гидравлическим способом ¹⁾

Масса разбавляется в сцезах водой и центробежными насосами перекачивается к мокрым сепараторам.

Д. Переработка массы

а) Общие сведения

Устройство для переработки массы располагается преимущественно в верхнем этаже соседнего с варочным отделом здания. Такого рода расположение удобно тем, что при нем целлюлоза, равномерно поступающая в переработку, может самотеком, без установки промежуточных насосов, последовательно подаваться к машинам.

Переработка массы подразделяется на: 1) Разбивание в сепараторах. 2) Разбавление и предварительное сортирование. 3) Очистку, прохождением через песочницы. 4) Тонкое сортирование, чаще всего на центробежных сортировках. 5) Обезвоживание сильно разбавленной массы.

Если на более крупных предприятиях вырабатывается беленая и небеленая целлюлоза, то переработку ее целесообразно проводить отдельными потоками для каждого сорта.

б) Разбивание в сепараторах

Сепараторы, изображенные на черт. 210, представляют собой горизонтальные аппараты с одним или двумя вращающимися валами, помещенными в кожух из соснового дерева или бетона.

Сепараторы строятся на среднюю производительность ~ 25 000 кг возд. сух. целлюлозы в 24 ч. для каждого аппарата. При этом, кожух имеет длину ~ 4—5 м, при ширине ~ 1,4—1,5 м. Кожух при достаточной высоте боковых стенок может быть сверху открытым, однако целесообразно предусмотреть верхнюю крышку. Внутри кожуха вращается толстый деревянный вал (реже 2 вала) с проходящей сквозь него стальной осью, на котором по спирали насажены пальцы диам. 50 мм из гибкого твердого дерева (ясень). Поступающая целлюлоза передвигается от одного конца кожуха к другому, при чем проваренные частицы дерева хорошо расщепляются без разбивания сучков.

В большинстве случаев массу до поступления на предварительную сортировку пропускают только через сухой сепаратор, прежде чем она

¹⁾ Гидравлический способ удаления массы из сцез имеет в настоящее время очень широкое применение. По вопросу об очень тесной связи этого вида транспортирования массы и способами дальнейшей обработки целлюлозы см. «Бумажн. пром.» — 1923 г. И. Храмцов — «Современные способы удаления сульфит-целлюлозной массы из сцез». *Ред.*

поступает на предварительную сортировку; однако в некоторых случаях массу, разбитую в сухом виде, пропускают, еще до поступления на предварительную сортировку, через так называемые мокрые сепараторы, куда она поступает после соответствующего разбавления.

а) Сухой сепаратор

Сухой сепаратор перерабатывает массу при концентрации $\sim 20\%$ сухого вещества, т. е. в таком виде, в каком она поступает из сжег.

Разбивающий вал при этом вращается со скоростью 70—100 об/мин. В конце кожуха устраивается перегородка или, как это изображено на рис. 210, специальный ящик с мешалкой; разбитая масса разбавляется здесь до концентрации 0,3—0,4% и направляется на сучколовители.

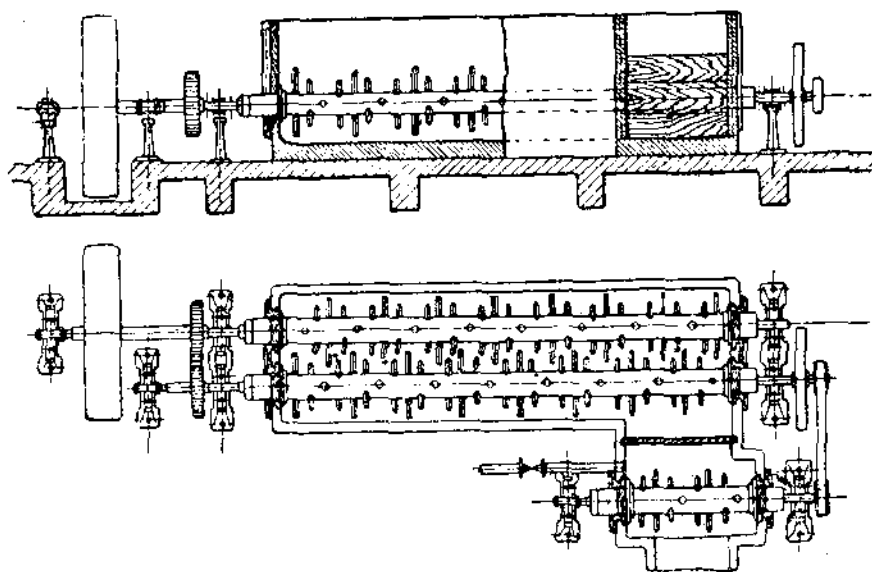


Рис. 210.

Для разбавления употребляется, при небеленой целлюлозе, так называемая, оборотная вода, т. е. вода, отходящая от сгустителей и содержащая волокно; при беленой же целлюлозе, из-за высоких требований чистоты, не следует употреблять оборотную воду совершенно или, в крайнем случае, использовать ее в размере не более 10%.

Размеры и производительность сухих препа- раторов.

Диаметр в мм	Длина в мм	Производи- тельность возд. сух. целлюлозы в 24 кг/ч.	Потребная мощность в л. с.
1 200	3 500	20 000	23
1 400	4 250	25 000	28—30

Потребная мощность колеблется в зависимости от плотности заполнения.

б) Мокрый сепаратор

Массу, выпущенную из котла помощью выдувки под давлением, пропускают через сепаратор точно такой же конструкции (рис. 210), который однако работает с прибавлением воды. Этот аппарат поэтому называется мокрым сепаратором.

Производительность его, при равных размерах, в 2—2½ раза больше производительности сухого сепаратора при приблизительно одинаковой потребной мощности.

в) Разбавление массы и предварительное сортирование на сучколовителях

Масса, разбавленная до концентрации ~0,3—0,4% абс. сух. вещества, направляется на предварительную сортировку для отделения сучков.

Сучколовители (рис. 78) в большинстве случаев представляют собой медленно вращающиеся цилиндрические барабаны, обтянутые сеткой с крупными отверстиями.

Внутри они состоят из литых бронзовых колец с призматическими бронзовыми прутьями.

Диаметр барабана ~800 мм, длина ~1500 мм; щели имеют ширину 2—3 мм и прочищаются водой, подаваемой spryskami.

Производительность и потребная мощность таких барабанов следующие:

Ширина щели мм	Производи- тельность возд.-сухой целлюлозы в 24 ч. кг	Число оборотов в минуту	Потребная мощность в л. с.
2	8—10 000	28—30	1,5
3	12—15 000	28—30	2,0

г) Переработка сучков

Сучки, составляющие ~2—3% от готовой продукции, перерабатываются непосредственно после их отделения.

а) Переработки на бегунах (рис. 207)

Бегуны 16 следует преимущественно устанавливать под сучколовителями, с тем чтобы сучки 15 поступали на них простейшим путем. Размолотая сучковая масса попадает в ниже установленную мешалку 17, разжижается здесь до концентрации ~3% и направляется (если это нужно) на центробежную сортировку 19 с крупными отверстиями; прошедшая эту сортировку и смешанная с уловленным волокном масса поступает на папочную машину или в ссезу для обезвоживания.

б) Переработка на мельнице Биффара

Переработка сучков производится в сортировке Биффара, соединенной с рафинером так же, как это было описано в части, посвященной сульфат-целлюлозному производству (рис. 184).

д) Сортирование на песочнице

Хорошая целлюлоза с сучколовителей направляется по широким жолобам для дальнейшей очистки на песочницы.

Концентрация массы при прохождении через песочницу $\approx 0,3 - 0,4\%$ абс. сух. вещества; скорость протекания массы $v = 10 - 12$ м в мин. Размеры песочницы целиком зависят от сорта и количества изготавливаемой целлюлозы.

В тех случаях, когда требуется большая чистота целлюлозы, необходимо предусмотреть $\sim 5 - 6$ м² поверхности песочницы на 1000 кг возд. сух. целлюлозы в 24 ч. Для небеленой целлюлозы достаточно $2 - 3$ м² на 1000 кг целлюлозы в 24 ч. Конструкция песочниц точно такая же, как и описанная в части, касающейся сульфат-целлюлозного производства (рис. 183).

е) Тонкое сортирование

После песочниц масса поступает на аппараты для тонкого сортирования. Для этой цели в настоящее время в большинстве случаев применяются или горизонтальные центробежные или плоские мембранные сортировки; встречаются в эксплуатации и вертикальные центробежные сортировки.

Вращающиеся центробежные сортировки с горизонтальным валом (рис. 80)¹⁾.

Диаметр отверстий сортировочных сеток составляют:

а) для риттер-кельнеровской целлюлозы 1,7—2,5 мм,

б) для митчерлиховской целлюлозы 1,8—2,7 мм.

Величина — модель сортировки	0	1	II	III
Производительность кг в 24 ч.	4—7 000	4—7 000	8—14 000	12—25 000
Диаметр цилиндра в мм.	775	1 075	1 300	1 560
Длина цилиндра в мм.	1 000	700	1 000	1 500
Высота входа массы в мм.	710	1 000	1 450	1 600
Число об/мин.	550—600	400—450	320—370	300—350
Потребная мощность в л. с.	~ 10	~ 10	~ 20	~ 35

Е. Сгущение, отбелка и обезвоживание целлюлозы

а) Сгущение целлюлозы

После тонкого сортирования следует сгущение целлюлозы путем применения промывных (водоотливных) барабанов или же сгустительных цилиндров (ср. данные при соломенной целлюлозе рис. 81).

Отходящая от сгустителей, содержащая волокно сточная вода употребляется при небеленой массе для разбавления последней между сепараторами и сучколовителями, в то время как неиспользованная вода направляется на волокоуловительную установку.

Сгущенная масса может вырабатываться как в беленом, так и в небеленом виде (ср. сульфат-целлюлоза).

Степень сгущения зависит от способа дальнейшей переработки массы и колеблется от 3 до 7% содержания абс. сух. вещества.

б) Отбелка целлюлозы

Беленая сульфит-целлюлоза является весьма важным полуфабрикатом как для бумажной промышленности, так и для производства искусственного шелка.

¹⁾ См. Papierfabrikant 1926 г. № 13, стр. 197: Сортировочный аппарат патент Thaler; Американский патент № 1556372.

В настоящее время отбелка производится в большинстве случаев в открытых роллах с пропеллерным аппаратом для движения массы. Железобетонные ванны отбельных роллов облицовываются кафельными плитками. Главное внимание следует обращать на достижение хорошего перемешивания массы в роллах, а также на то, чтобы промывной барабан имел надлежащие размеры и был погружен в массу на достаточную глубину.

Размеры применяемых роллов по черт. 53 и 54 и соответствующим таблицам стр. 66—72 ч. I т. I колеблются между 20 и 400 м³ емкости, т. е. при 8% концентрации вместимость их равняется 1 600—32 000 кг возд. сух. массы.

Время оборота отбельного ролла колеблется очень сильно и зависит от многих обстоятельств.

Одним из факторов, в наибольшей степени влияющих на удлинение оборота, является, к сожалению, еще практикуемый на многих фабриках метод медленного наполнения отбельного ролла с последующим сгущением массы. Роллы должны наполняться из больших запасных бассейнов (рис. 211) или из горизонтальных мешальных бассейнов (рис. 244), емкость которых должна быть по меньшей мере равна емкости самого ролла; при таком условии время оборота ролла значительно сокращается (рис. 211 бр. Бельмер, Ниферн).

Средние обороты пропеллерных роллов для отбелки целлюлозы:

Вместимость возд. сух. массы в кг	Время оборота ч.
~ 2 000	8
~ 3 500	12—13
~ 7 000—8 000	18—20
~ 25 000—30 000	20—30

Запасные резервуары должны устраиваться в виде прямоугольных сборников или лучше в виде больших бассейнов с мешальными приспособлениями, при чем необходимо предусматривать: 1) сильный уклон дна и 2) достаточный диаметр трубы для выпуска массы.

Кроме того целесообразно уже в запасных бассейнах подогревать массу до ~40° и тут же ее предварительно отбеливать, при чем раствор хлора следует или вводить непосредственно в бассейны, или пропускать его по свинцовым трубам с мелкими отверстиями вдоль длинных стенок мешальных бассейнов.

Устройство на дне запасного бассейна широкого плоского канала, перекрытого фильтровальными плитками и запирающегося шибером, дает возможность производить основательную промывку массы теплой водой перед спуском в отбельный ролл, благодаря чему достигается значительное снижение времени оборота ролла, т. е. лучшее использование последнего.

Сама отбелка производится хлором, а приготовление белильных растворов ведется по методам приведенным на стр. 52—66 ч. I т. I (см. «Отбелка»).

Расход хлора на отбелку целлюлозы зависит как от степени отбелки, так и, в большей мере, от степени обработки массы во время процесса варки, а кроме того от степени удаления щелока из массы и ее промывки.

Расход активного хлора не должен превышать 5% по отношению к беленой возд.-сух. целлюлозе.

Отбелка производится, как об этом уже упоминалось выше, в большинстве случаев при нагревании массы до $t^{\circ} \sim 40^{\circ}$. Расход пара при этом не особенно велик и составляет $\sim 0,8$ кг пара, давл. 0,5 до 1 изб. атм. на 1 кг небеленой целлюлозы, при начальной $t^{\circ} 15^{\circ}$, конечной температуре отбелки 40° и концентрации массы в отбельном роле $\sim 8\%$. Очень важно подавать в ролл по возможности густую массу с тем, чтобы сэкономить на расходе пара.

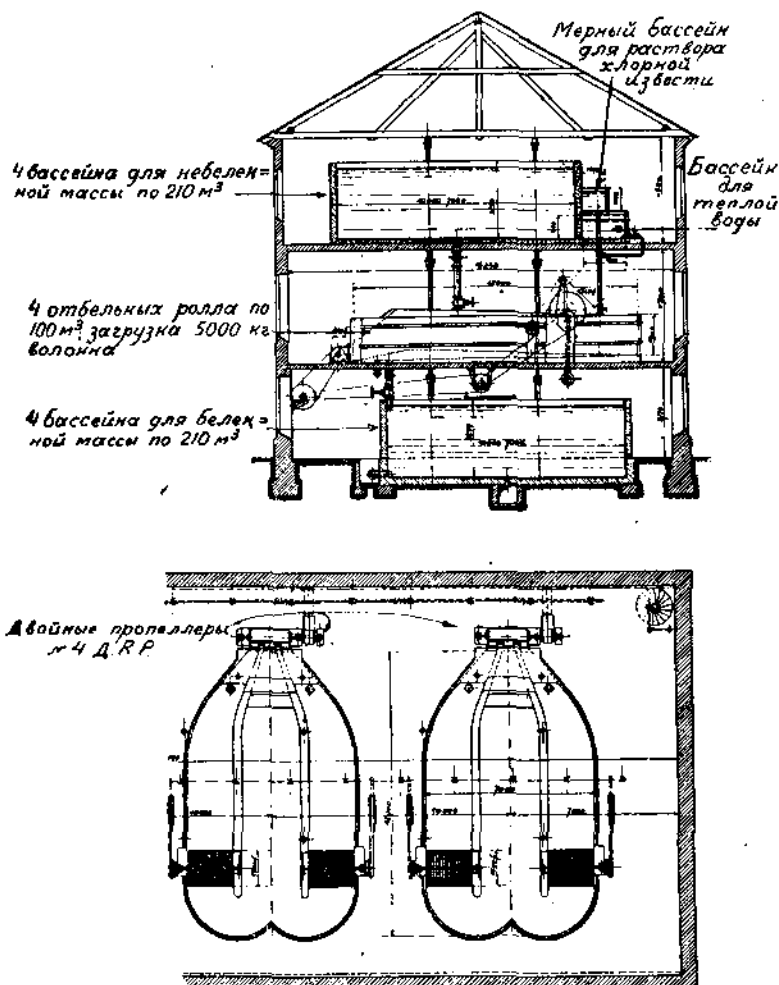


Рис. 211.

Отбельные роллы больших размеров снабжаются двумя пропеллерами: по одному пропеллеру с каждого конца ролла (рис. 53, фиг. III). Потребная мощность отбельных ролов с пропеллерами:

а) при малых роллах в 20—30 m^3 емкости для каждой 1000 кг загруженной возд.-сух. целлюлозы $\sim 5-6$ л. с.;

б) при больших роллах свыше 50 m^3 емкости для каждой 1000 кг загруженной возд.-сух. целлюлозы $\sim 4-5$ л. с.

Целлюлоза, к которой предъявляются высокие требования, после отбельных роллов часто снова разбавляется до концентрации 0,2—0,3% и пропускается (иногда после песочниц) через сортировки с тонкими прорезами в 0,25 до 0,3 мм ширины, затем сгущается до концентрации ~1% и лишь после этого поступает на обезвоживающую машину.

а) Отбелька в сцехах

На ряду с отбелкой, сопровождающейся перемешиванием массы, еще и в настоящее время встречаются установки, при которых масса отбеливается в совершенно неподвижном состоянии. Целлюлоза смешивается в роллах с белильным раствором и после подогрева до ~30°—40° выпускается в большие плоские сцехи, глубиной 2—2,5 м, облицованные изнутри изразцовыми плитками.

В этих ящиках, несмотря на спокойное состояние массы, через некоторое время процесс отбелики становится интенсивным. Отбелька волокон протекает повсюду равномерно; затем беленая масса выгружается и подается для промывки в отбельные роллы с промывными барабанами.

б) Отбельные аппараты сист. Вольф

Предназначенная к отбелке масса подводится к аппарату шнеком, что дает возможность отбеливать как сгущенную влажную, так и измельченную высушенную целлюлозу. Отбельный раствор задается либо непосредственно к шнеку, либо же смешивается с целлюлозой в специальном смесителе, откуда с помощью скребкового приспособления или особого транспортирующего шнека масса подается к отбельному аппарату.

Башнеобразный, цилиндрический аппарат (рис. 211а) снабжается в центре трубой, в которой установлен шнек с вертикальной осью; этот шнек непрерывно передвигает массу снизу вверх и, благодаря нагнетанию сжатого воздуха, перемешивает ее с отбельной жидкостью. Так как отбельный аппарат закрыт, то для ускорения и улучшения процесса отбелики является возможным применение сильных воздушных потоков.

Последние, на ряду с отбеливающей способностью вводимого с ними кислорода, имеют еще то значение, что они отделяют и уносят продукты распада непосредственно по их возникновении. Посредством регулирования ко-

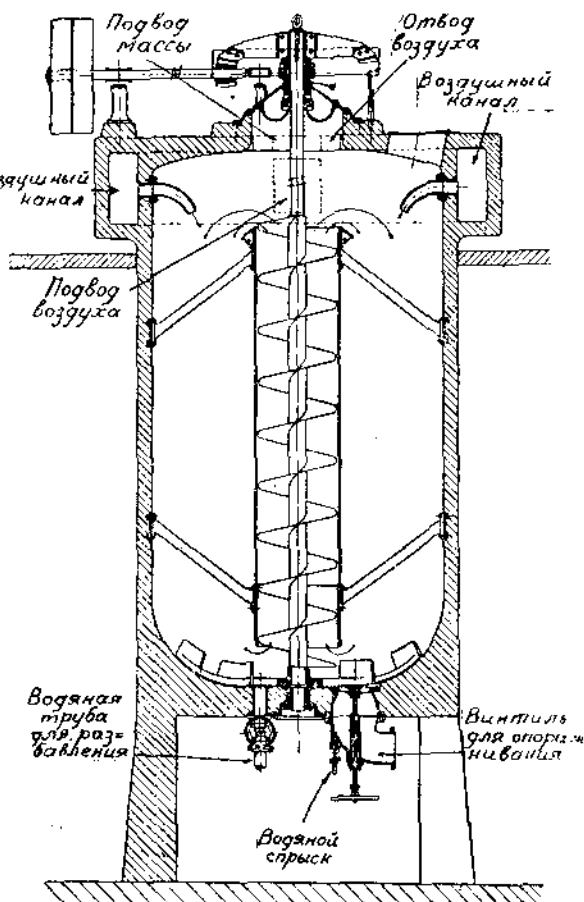


Рис. 211а.

личества подаваемого воздуха можно поддерживать внутри аппарата сравнительно низкую t , не превышающую $\sim 27-30^\circ$, благодаря чему уменьшается опасность перебеливания волокон. Пара для отбелки не требуется, что дает соответствующую экономию топлива.

Отбельные аппараты для целлюлозы сист. Вольфа за очень короткое время получили широкое распространение в Америке, где эксплуатируется большое число их.

Опытным путем установлено, что при применении этих аппаратов достигается, по сравнению с существовавшими до сих пор методами отбелки, значительная экономия в белильных материалах, а также в зарплате обслуживающего персонала.

Беленая масса разбавляется водой до концентрации $\sim 2\frac{1}{2}-3\frac{1}{2}\%$ и спускается или перекачивается из башни в большой бассейн, снабженный мешальными лопастями или устроенный по образцу отбельного ролла с пропеллером. Оставшаяся белильная жидкость вымывается промывными барабанами или отжимается на шнек-прессах. В первом случае масса после промывки вырабатывается на обезвоживающей машине в виде валиков или листов, или же спускается в бассейны с черпаками, откуда она поступает на сушильную машину. Обезвоживание шнек-прессами до содержания сухого вещества около 30% целесообразно в том случае, если масса в дальнейшем транспортируется пневматическим путем, как это указано на рис. 247.

Производительность отбельных аппаратов Вольфа (которые строятся фирмой Фойт в Гейденгейме, различных размеров) зависит от качества отбеливаемой массы и от работы имеющихся в распоряжении установок для сгущения сырой массы, а в случае отбелки сухой массы — от степени измельчения последней.

На одном аппарате Вольфа можно достигнуть $\sim 6-8$ спусков в 24 ч. Оптимальная концентрация — $\sim 18\%$, что подтверждается данными ниже-следующей таблицы.

Величина аппарата	Емкость м ³	Концентрация массы абс. сух. %	Производительность		Число оборотов в минуту		Приблизительная потребляемая мощность в л.с.
			одного оборота кг	в 24 ч. кг	шнека л	привода л	
I	18	18	2 000	16 000	22	132	32
II	27	18	3 000	24 000	22	132	39
III	36	18	4 000	32 000	22	132	46

Новейшие методы отбелки ¹⁾, относящиеся специально к целлюлозе, все более и более стремятся к непрерывности процесса, как об этом уже упоминалось раньше (см. стр. 52—66 ч. I). Здесь мы хотим указать на способ Торне, по которому сильно сгущенная масса предварительно отбеливается в так называемых отбельных башнях, а затем добеливается в роллах. При 20% концентрации массы, в отбельных башнях достигается экономия $\sim 30\%$ хлора, $\sim 50\%$ пара и $\sim 30\%$ времени при небольших установочных затратах.

Потеря волокна при процессе отбелки зависит от степени отбелки и колеблется от ~ 5 до 10% .

¹⁾ См. Papierfabrikant «Das Thorne Bleichverfahren», 1926, № 15, стр. 217.

в) Обезвоживание целлюлозы

а) Сгустительные барабаны

В тех случаях, когда целлюлоза перерабатывается на объединенной с целлюлозным заводом бумажной фабрике, целлюлозу обезвоживают на сгустительных барабанах (рис. 81) до концентрации 6—7% и собирают в больших мешальных бассейнах. Эти последние располагаются преимущественно над массными роллами, в которые масса может быстро загрузиться самотеком.

б) Сцежи

На некоторых фабриках, где в переработку поступают различные сорта и количества целлюлозы, всю ее как небеленую, так и беленую спускают в сцежи (рис. 29 и 84); здесь масса обтекает и обезвоживается до содержания сухого вещества ~20%, а затем транспортируется ваго-нетками к массным роллам.

г) Шнек-прессы

В последнее время так называемые шнек-прессы получили успешное применение не только при отделении щелока (рис. 75), но и при обезвоживании волокна. Эти машины обладают исключительно простой конструкцией, а производительность их можно считать вполне удовлетворительной.

Шнек-прессы фирмы Фойт, Гейденгейм (рис. 212), состоят из полого литого корпуса, снабженного внутри массивной, конической формы бронзовой рубашкой с мелкими отверстиями. В горизонтально установленном литом цилиндре вращается приводимый в движение от зубчатки с червячной передачей шнек, диам. ~ 240 мм, длиной ~ 1900 мм и числом оборотов ~ 25—30 в мин. Поступающая для обезвоживания целлюлоза, содержащая от ~ 4 до 7% сухого вещества, подводится

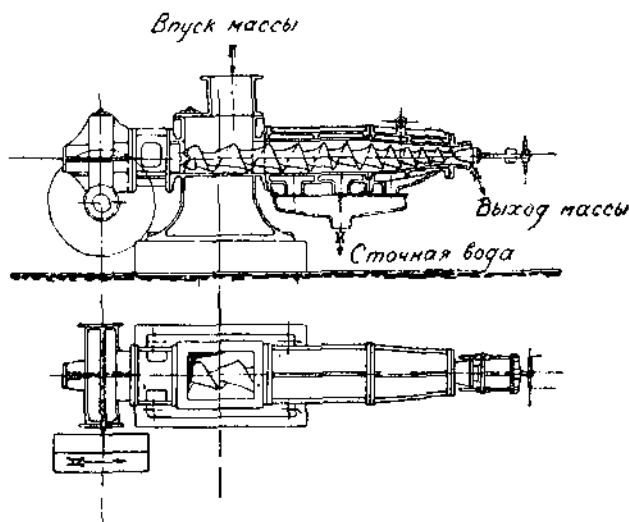


Рис. 212.

к загрузочной воронке шнек-пресса, при чем количество ее регулируется шибером. Большая загрузочная воронка пресса снабжается мешальным приспособлением для того, чтобы масса поступала на шнек-пресс хорошо распределенной. Шнек продавливает массу по направлению к суживающейся части конической рубашки, благодаря чему значительная часть содержащейся в массе воды стекает через отверстия рубашки. Обезвоженная масса выходит из пресса в конце цилиндра и может быть в дальнейшем транспортирована любым способом: она или непосредственно падает в вагонетки, в большие массные ящики, или на ленточный транспортер, или же на более далекие расстояния транспортируется по трубопроводам пневматическим путем, как это изображено на рис. 247.

Габаритные размеры нормального шнек-пресса следующие:

~ 3 060	мм	общая длина
2 300	»	» высота,
1 200	»	» ширина,
950	»	высота центра пресс-цилиндра.

Число оборотов в мин. главного ременного шкива около 180 до 240.

» » » » шнека » 25 » 30.

По опытным данным производительность такого пресса составляет ~ 14—15 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. Содержание абс. сух. волокна при этом около 4—5% при поступлении и около 40% при выходе из пресса. Потребная мощность ~ 6 до 8 л. с.

Прессование можно проводить и таким образом, чтобы масса выходила из пресса с содержанием абс. сух. вещества до 50—60%, но при этом, конечно, увеличивается расход сил и уменьшается производительность.

Для обезвоживания около 60—65 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. от ~ 4—5% абс. сух., необходимо иметь 5 прессов нормальной величины, с общей потребной мощностью ~ 40 л. с.

Для отжима такого же количества целлюлозы от 1% абс. сух. до 40% абс.-сух. нужна обезвоживающая машина с рабочей шириной в 3 м, снабженная сеткой, гаучем, 3 мокрыми прессами и воздушным насосом с приводом. При скорости ~ 25 мин. при плотности листа 600 г/м² она потребует около 30 л. с.

Если принять во внимание стоимость сетки, сукон, рабочей силы, а также амортизацию зданий и первоначальные затраты, то нетрудно убедиться в том, что шнек-прессы должны применяться с большим успехом.

б) Секционные (вакуумные) фильтры

Очень сильно распространенным в химической промышленности (в особенности в Америке) аппаратом ¹⁾, применяющимся для обезвоживания

шламов каменного угля, бурого угля, калийных солей, гипса, мела, каолина и др., а также для отделения из шлама щелока после каустизации, является секционный фильтр, изображенный на рис. 213. Секционный вакуумный фильтр непрерывно отсасывает воду от материалов, очень сильно разбухших, протекающих по его поверхности. Отсасывание производится с помощью мощных воздушных насосов. Главной составной частью машины

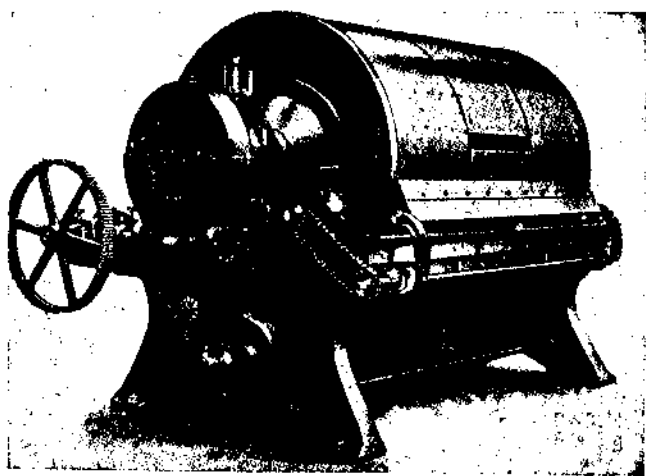


Рис. 213.

¹⁾ См. „Wochenblatt für Papierfabrikation“ 1925 г. № 10. Доклад Гойя (Gou) относительно вакуум-фильтров машиностроительного завода Вольф в Магдебурге-Букау.

является фильтрующий барабан диам. от 1400 до 2500 мм и шириной от 750 до 1400 мм (рис. 214) с радиально-расположенными секциями. Барабан обтянут по боковой поверхности продырявленным листовым железом, а также медной сеткой. Секции сужаются по направлению к оси

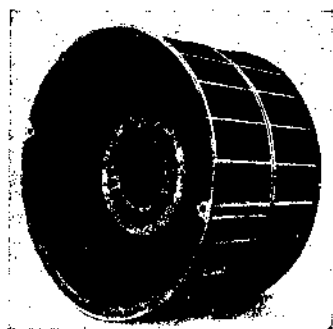


Рис. 214.

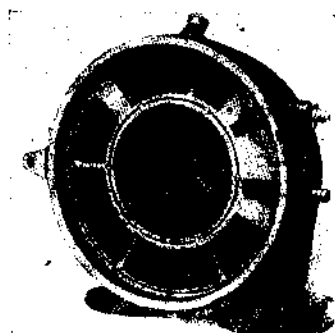


Рис. 215.

барабана и соединяются с неподвижно-укрепленной распределительной головкой (рис. 215). Работа фильтра протекает следующим образом: при вращении фильтровального барабана со скоростью одного

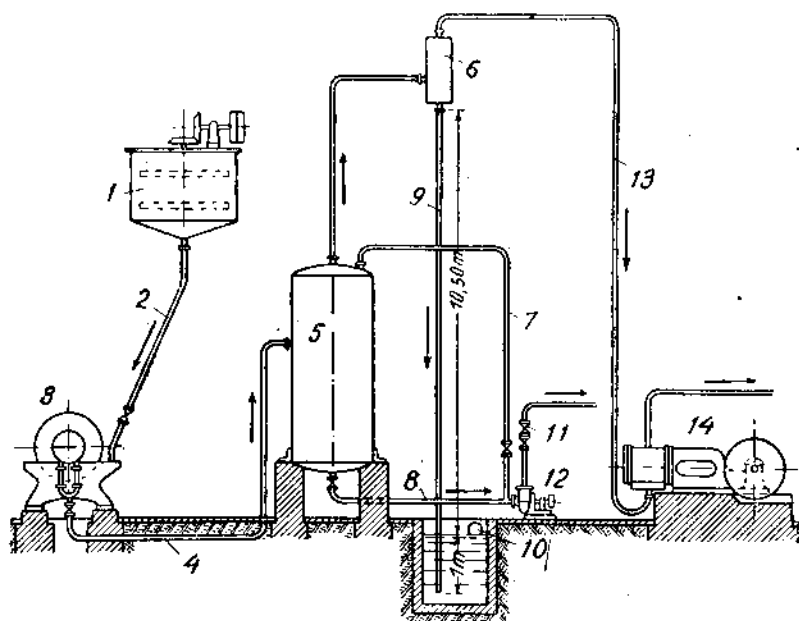


Рис. 216.

оборота в минуту, его секции последовательно соединяются, при помощи распределительной головки, с вакуумным воздушным насосом. При вращении фильтров в одной из секций его вначале происходит присасывание массы, в то время как в следующей зоне происходит наибольшее отсасывание воды.

Далее эта секция при вращении барабана сообщается с внешней атмосферой, благодаря чему обезвоженная масса отжимается от сетчатой поверхности барабана и может быть снята с фильтра. Из мешалки 1 разбавленная масса поступает в ванну фильтра 3 (рис. 216). Сухой воздушный насос 14 с барометрической трубой 9 производит нужное разрежение в трубе 4 и резервуаре 3, благодаря которому вода и отсасывается из массы. Далее вода непрерывно откачивается из резервуара 3 насосом 12.

Размеры вакуум-фильтров следующие:

Диаметр барабана мм	Длина барабана мм	Фильтрующая поверхность м ²
1 400	750	~ 3
1 400	1 500	~ 6
2 500	1 400	~ 10

Производительности вакуум-фильтров, патент K. Wolf A.-G. по данным Машиностроительного завода, следующие:

Фильтрующая поверхность м ²	Для сгущ. массы от 1% до 20% абс. сух. вещества кг/ч.	Для обезвожив. массы от 1% до 40% абс. сух. вещества кг/ч.	Как волокно-уловит. и для сгущен. от 0,02% до 8 — 14% абс. сух. вещ. м ² /ч.	Потребная мощность л. с.
3	900—1 200	—	—	4,5
3	—	900—1 200	—	15,0
3	—	—	180—240	4,0

Производительность фильтров зависит от свойства перерабатываемого материала. Время должно показать, насколько экономически выгодными окажутся фильтры для обезвоживания таких волокнистых материалов, как целлюлоза и т. п.

е) Круглосеточная машина

Для обезвоживания целлюлозы, вырабатываемой в виде валиков или так называемых пачек с ~ 33—35% возд.-сух. волокна, может применяться описанная в отделе, посвященном древесно-массовому производству (рис. 150 и 151), круглосеточная машина, имеющая большие преимущества благодаря своей компактности и сравнительно высокой производительности.

Для повышения степени обезвоживания съемное сукно пропускают на сетчатый цилиндр диам. 1 250 мм, шириной 2 400 мм, по некоторой длине окружности цилиндра прежде чем оно подведет массу под гауч-вал диам. ~ 370 мм.

Предназначенная для сгущения целлюлоза благодаря этому подвергается сильному предварительному отжиму. Далее между гауч-валом и мокрым прессом устанавливается сосун для сукна, соединенный со специальным воздушным насосом.

Масса снимается в виде валиков или в виде пачек. Скорость машины достигает 30—35 м/мин., при чем производительность ее выражается в 18—19 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч., при рабочей ширине 2 350 мм и потребной мощности, включая воздушный насос, около 9—10 л. с.

2) Длинносеточная обезвоживающая и сушильная машина (пресс-пат)

В тех случаях, когда целлюлоза выпускается для продажи, ее преимущественно обезвоживают на так называемых целлюлозных длинносеточных пресс-патах, с которых она снимается или в виде намотанных сырых валиков, или в высушенном состоянии. Такого рода машины, в зависимости от требуемой производительности, имеют рабочую ширину обычно около 2 до 3 м.

Скорость хода машины имеют около 20—30 м, при плотности целлюлозного листа 500—600 г/м²; таким образом, при рабочей ширине, равной 3 м, и обезвоживании массы от 1% до 88% абс. сух. вещества, производительность пресс-пата составляет ~ 65 000 кг возд.-сухой целлюлозы в 24 ч.

Общее устройство пресс-пата

Поступающая с сортировок масса с концентрацией 0,3—0,4% абс. сух. вещества обычным путем сгущается до концентрации ~ 5% абс. сух. волокна и поступает в мешальный бассейн, емкость которого равняется 4—6-часовому запасу массы. Если в переработку поступает, чередуясь, беленая и небеленая целлюлоза, то как мешальные бассейны, так и вся аппаратура для сгущения должны быть разделены.

Для суточной производительности в 65 000 кг целлюлозы ~ 88% абс. сух. вещества бассейн должен иметь емкость до 300 м³, при длине 16 м, ширине 6,5 м, высоте 3,5 м, и два мешальных приспособления.

Из машинного бассейна масса поступает в специальный бачок, где она разбавляется оборотной водой до 1% абс. сух. вещества и оттуда вытекает на сетку пресс-пата.

Сеточная часть (рис. 217) устраивается без тряски и состоит из сетки длиной ~ 18—20 м, 5-ти сосунов, соединенных с мощным воздушным насосом, предварительного отжимного валика диаметром до 400 мм и гауч-пресса. Далее следуют три мокрых пресса с сильной прессовкой. Нижние валы прессов обтянуты резиной; верхние валы при обыкновенной целлюлозе делаются чугунными, в то время как при беленой массе они обтягиваются бронзовой рубашкой или целиком выполняются из камня.

Мокрые прессы снабжаются нижними и верхними сукнами длиной ~ 8 м. Сукна должны обладать хорошей водопроницаемостью; они ткнутся толстыми и имеют плотность ~ 1 100—1 500 г/м². При помощи трех прессов масса может быть отжата до 38—40% абс. сух. вещества; достижение этой степени отжима облегчается при подогреве массы перед поступлением ее на сетку до ~ 40°; однако расход пара при этом довольно велик, как это видно из следующего расчета:

Выработка: 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы в час с 88% абс. сух. вещества = 880 кг абс. сух. целлюлозы.

1. Количество массы в час перед сеткой, при концентрации 1% абс. сух. вещества и удельном весе = 1

$$G = \frac{880 \cdot 100}{1} = \text{общ. весу} = 88\,000 \text{ кг/ч.}$$

Это весовое количество должно быть подогрето до 40°.

2. Количество массы в час из мешального бассейна, при концентрации 4% абс. сух. вещества, $t^{\circ} = 15^{\circ}$ и уд. весе = 1

$$G_1 = \frac{880 \cdot 100}{4} = \text{общ. весу} = 22\,000 \text{ кг/ч.}$$

3. Количество воды, необходимое для разбавления перед сеткой

$$G_2 = G - G_1 = 66\,000 \text{ кг/ч.},$$

циркулирующее в кругообороте при $t^\circ \sim 35^\circ$.

4. t° смеси количеств жидкости G_1 и G_2 :

$$t_m^\circ = \frac{c_1 \cdot G_1 \cdot t_1^\circ + c_2 \cdot G_2 \cdot t_2^\circ}{c_1 \cdot G_1 + c_2 \cdot G_2} = \frac{1 \cdot 22\,000 \cdot 15 + 1 \cdot 66\,000 \cdot 35}{1 \cdot 22\,000 + 1 \cdot 66\,000} = 30,6^\circ$$

где $c_1 = c_2 = \sim 1$ теплоемкости разбавленной массы.

Весовое количество $G = 88\,000 \text{ кг}$, следовательно нужно нагреть на $40 - 30,6 = 9,4^\circ$, при теплоемкости также $= 1$. Для нагрева употребляется пар при давл. $p = 0,5 \text{ атм. изб.}$, с теплосодержанием $i'' = 643,6$ и теплотой использования $r = 643,6 - 40 = 603,6 \text{ кал/кг}$.

Следовательно требуется:

$$D = \frac{88\,000 \cdot 1 \cdot 9,4}{603,6} = 1\,370 \text{ кг пара/ч.}$$

при давл. $0,5 \text{ атм. изб.}$ на $1\,000 \text{ кг}$ возд.-сух. целлюлозы, т. е. $\sim 1,37 \text{ кг}$ пара необходимо для подогрева массы, соответствующей 1 кг возд.-сух. целлюлозы.

Если целлюлозу подавать на сетку с концентрацией 2% абс. сух. вещества, то расход пара соответствующим образом уменьшится до $\sim 1,1 \text{ кг}$ на 1 кг возд.-сух. целлюлозы.

Подогрев массы можно производить также при помощи теплой воды, прибавляемой как при разбавлении, так и в сосунах. Теплую воду следует получать за счет отбросного тепла фабрики ¹⁾.

Путем установки обычно двух сушильных цилиндров диам. $1\,500 \text{ мм}$, расположенных друг над другом между 2-м и 3-м мокрыми прессами (по патенту Педерсона D. R. P. № 246643, кл. 55d), содержание сухого вещества в массе увеличивается после 3-го пресса, максимально на 5% . Расход пара при этом не очень велик; он выражается по определению Нильсона (Nilson) ²⁾ в $\sim 0,155 \text{ кг}$, при давл. $2,5 \text{ атм. изб.}$ на 1 кг возд.-сух. целлюлозы, при применении двух цилиндров по 900 мм диаметром.

В Скандинавии нередко 3-й пресс устраивается в виде «пресса высокого давления», благодаря чему обезвоживание повышается до $\sim 50\%$ абс. сух. вещества, при потребной мощности этого пресса $\sim 10 \text{ л. с.}$, скорости $20\text{—}25 \text{ м/мин.}$ и рабочей ширине $\sim 3 \text{ м}$. Исключительно сильное давление чрезвычайно уплотняет массу, что создает большие затруднения при ее дальнейшей переработке.

После последнего пресса целлюлозу, разрезанную spryskami на сетке на соответствующие полосы, можно скатывать в виде валиков любой ширины.

Размеры сушильной поверхности машины (рис. 218) всецело зависят от производительности последней, при чем обезвоживание массы в Германии в редких случаях доводится выше, чем до 88% абс. сух. волокна. Диаметры цилиндров достигают, в зависимости от размеров сушильной части, $1\,250 \text{ мм}$, $1\,500 \text{ мм}$, $1\,800 \text{ мм}$ или $2\,000 \text{ мм}$. Если число цилиндров не превышает $20\text{—}24$, то они устанавливаются в 2 ряда один над другим. При большем числе цилиндров их устанавливают в 3 ряда один над

¹⁾ См. Лассберг (Lassberg), «Влияние тепла на обезвоживание целлюлозы и бумажной массы» в «Zeitschrift des Bayerischen Revisions-Vereins», 1921, № 2, 3, 4, 5 и 6.

²⁾ См. «Swensk Pappers Tidning» 1918 г., вып. 8 и 9.

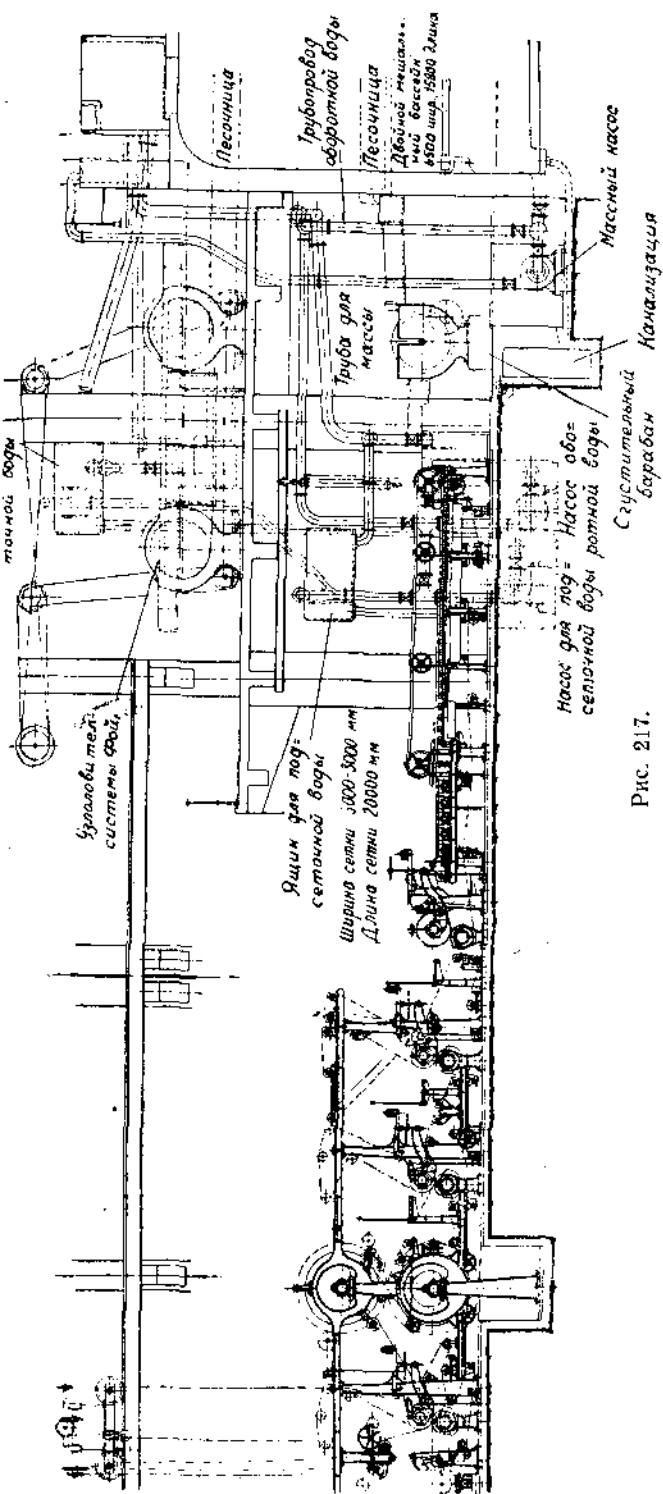


Рис. 217.

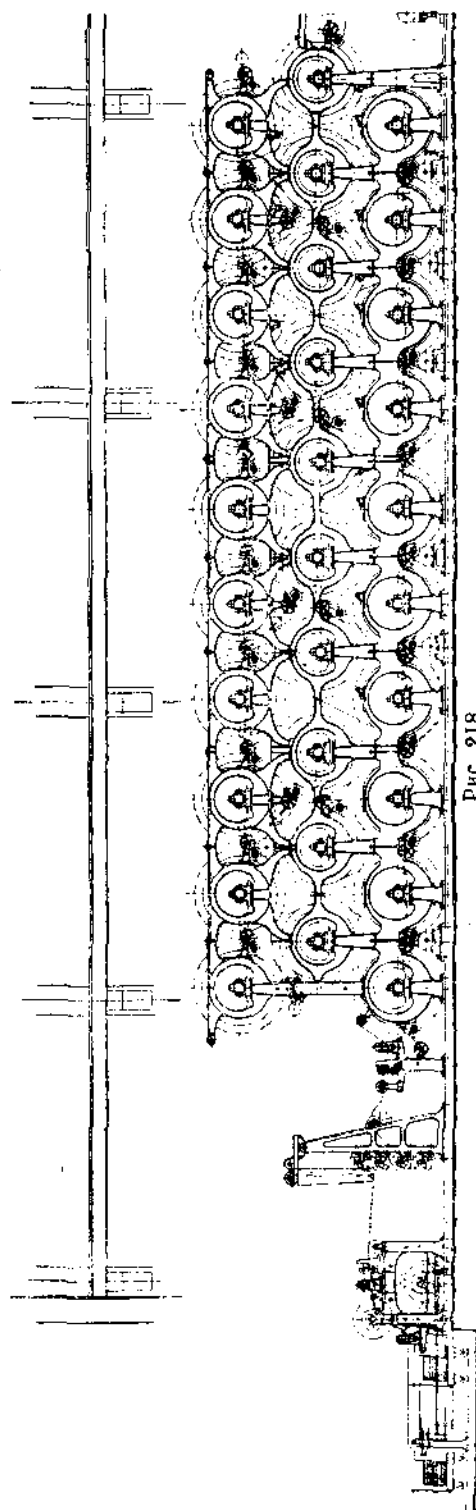


Рис. 218.

другим, как это видно из рис. 218. Цилиндры работают без суконов, редко с ленточными приводами, и обычно для 10—12 цилиндров устраивается один групповой привод.

После сушильной части устанавливается аппарат для продырявливания целлюлозного полотна, затем, в случае широких машин, следуют расположенные друг над другом круглые ножи, приспособленные для продольного разрезания толстой папки, а за ними часто устанавливается накат с 3-мя или 4-мя наматывающими патронами. В конце машины устанавливается вращающаяся поперечная саморезка с 2-мя отдельными поперечно-резательными аппаратами, с помощью которых получают листы различных форматов.

Листы упаковываются в кипы весом 100—150 кг, последние запрессовываются на гидравлических прессах и обтягиваются паковочным железом.

Пресс-пат снабжается трансмиссией, расположенной вдоль машины, а также коническими или червячными передачами к поперечным валам для отдельных частей пресс-пата. Весь привод пресс-пата может быть устроен также в виде так называемой параллельной трансмиссии.

Потребная мощность для длинносеточных обезвоживающих машин определяется так же, как для аналогичных им бумажных машин, при чем однако принимается во внимание более сильное прессование, а также меньшие скорости (см. том II).

Пресс-пат с рабочей шириной 3 м, снабженный длинной сеткой, гауч-прессом, 3-мя мокрыми прессами, 30-ю сушильными цилиндрами диам. 1500 мм, при производительности ~ 65 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч., требует, при скорости 25 м в минуту, около 55 л. с., считая от грудного вала до саморезки, включая воздушный насос и насос для подсеточной воды. Источником энергии служит обычно паровая машина с противодавлением, или электро-мотор.

Для доказательства того, что малая паровая машина с противодавлением является непрактичной, так как она может дать только часть пара для сушки, приводится следующий расчет, относящийся к вышеприведенному пресс-пату. Нужно высушить 65 000 кг целлюлозы в 24 ч. = 2700 кг/ч. Общий расход пара при высушивании от 38 до 88% абс. сух. составит:

$$2700 \cdot 2,3 = 6200 \text{ кг/ч.}$$

Небольшая паровая машина, мощностью 55 л. с. = 62 индикаторных л. с., требует ~ 10 кг пара на 1 индикаторную л. с., или в час ~ 620 кг/пара, т. е. ~ 10% всего потребного на сушку количества пара.

Следовательно гораздо целесообразнее производить отъем пара от большого паросилового двигателя центральной станции, который в современных условиях дает на 620 кг пара минимум 100—120 л. с., против всего лишь 55 л. с., получаемых при малой паровой машине.

Давление пара для пресс-патов

Производительность сушильной части обычных пресс-патов часто форсируется, т. е. сушку часто ведут при слишком высоких температурах, с тем, чтобы повысить производительность машины. По исследованиям профессора Швальбе целлюлозные волокна, благодаря сушке при слишком высоких t° , теряют свою эластичность. В результате такого рода пересушенная целлюлоза вызывает затруднения у бумажников при выработке высокого качества бумаг, в особенности если к последним предъявляются известные требования в отношении растяжимости и крепости. Подобно тому, как при производстве бумаги с высокими механическими свойствами

процесс сушки бумаги следует вести осторожно, точно так же и целлюлозу не следует сушить при слишком высокой t° , — особенно на первых цилиндрах сушильной части. Насколько это условие является важным, видно из того, что каждая бумажная фабрика предпочитает получать для переработки по возможности влажную целлюлозу, что однако бывает не всегда осуществимо, в связи с высокой стоимостью фрахта. Однако, и по другим соображениям экономического порядка, давление пара при сушке не следует слишком повышать.

Так как в хорошо оборудованных предприятиях для сушки безусловно должен применяться пар отъемный от паросиловых двигателей, то вполне очевидно, что чем выше будет выбрано противодействие силового двигателя при определенном начальном давлении, тем менее будет тепловой перепад и следовательно тем более ущерба понесет предприятие от потери так называемой «отбросной энергии». Последнее видно из следующего расчета:

Предположим, что фабрика вырабатывает 3000 кг в час возд.-сух. целлюлозы, при расходе $= 3000 \times 2,3 \cong 6900$ кг/ч. пара, пропущенного через двигатель с отъемом пара.

а) Число цилиндров слишком мало для производительности сушильной части, т. е. машина работает с форсированной нагрузкой, и давление пара при отъеме должно быть сравнительно высоким: 2,5 атм. изб. $= 3,5$ атм. абс.:

начальное давление паросилового двигателя	30 атм. абс.
начальный перегрев	$\sim 350^\circ$ »
противодавление, как указано выше	3,5 атм. абс.
при перепаде от 30 атм. абс. и 350° до 3,5 атм. абс. для выработки отбросной энергии используется λ	111 cal.

Расход пара идеального двигателя составляет:

$$D = \frac{632}{111} = 5,7 \text{ кг на 1 л. с. в час.}$$

Общий коэффициент использования пара в новейших двигателях составляет: $\eta_D = 0,8$; следовательно действительный расход пара на 1 л. с. в ч.:

$$D_e = \frac{5,7}{0,8} \cong 7,15 \text{ кг.}$$

От 6900 кг пара может быть получено:

$$N = \frac{6900}{7,15} = 965 \text{ л. с.}$$

б) Предположим, что сушильная поверхность достаточно велика и двигатель может работать с противодавлением 1 атм. изб. $= 2$ атм. абс. В этом случае те же 965 л. с. можно получить уже при начальном давлении 16 атм. абс. и перегреве 350° , при расходе тех же 6900 кг пара. В самом деле при 16 атм. абс. и 350° при перепаде до 2 атм. абс. получаем расход пара $\frac{632}{110} = 5,75$ кг пара на 1 л. с. в час для идеальной машины, что соответствует, при коэффициенте полезного использования пара $\eta_D = 0,8$, действительному расходу пара:

$$D_e = \frac{5,75}{0,8} = 7,2 \text{ кг пара на 1 л. с. в час,}$$

и следовательно от всего пара, требующегося для сушки, получим:

$$N = \frac{6900}{7,2} = 960 \text{ л. с.}$$

в) Начальное давление = 30 атм. абс. 350°.

Противодавление = 2 атм. абс.

Перепад тепла $\lambda = 132$ cal.

Расход пара на 1 л. с. в час в идеальной машине $D = \frac{632}{132} = 4,72$ кг, при к.п.д. 0,8 действительный расход пара

$$D_e = \frac{4,72}{0,8} = 5,9 \text{ кг пара на 1 л. с. в час.}$$

Следовательно $N = \frac{6900}{5,9} = 1170$ л. с. мощности получаются от 6900 кг пара, против 965 л. с., получаемых при том же общем расходе пара, но при противодавлении 3,5 атм. абс., т. е. на ~ 21,3% больше.

Приведенная ниже таблица указывает начальное давление и противодавление, при которых 1 кг пара дает одинаковую мощность:

Начальн. давление пара p_1 атм. абс.	Начальная t° пара	Противо- давление двигателя p_2 атм. абс.	Перепад тепла на 1 кг пара λ cal.	Расход пара в идеальн. двигателе на 1 л. с. (ч/кг)	К.п.д.	Действит. расход пара на 1 л.с. (ч./кг)
30	350	3,5	111	~ 5,7	0,8	7,15
26	350	3,0	112	~ 5,7	0,8	7,15
20	350	2,5	109	~ 5,7	0,8	7,15
16	350	2,0	110	~ 5,7	0,8	7,15
12	350	1,5	111	~ 5,7	0,8	7,15

Теплосодержание i'' отъемного пара в пределах от 1,4 до 3 атм. абс. разнится друг от друга в незначительной степени. Так как теплосодержание жидкости (конденсата) i' растет с увеличением давления, то используемое тепло пара $r = i'' - i'$ увеличивается при понижении давления, что видно из приводимой таблицы Knoblauch'a, Raisch, Hausen 1923:

p атм. абс.	i' cal	i'' cal	$r = i'' - i'$ cal
1,4	108,95	643,1	534,15
1,5	110,9	643,8	533,1
1,6	113,0	644,5	531,5
1,8	116,7	645,8	529,1
2,0	120,0	646,9	526,9
2,6	128,5	649,9	521,4
3,0	133,5	651,2	517,7

Там, где это только возможно, следует производить сушку при более низкой температуре, т. е. следует применять возможно более низкое давление пара, снижая таким образом противодавление первичного двигателя. Это очень важно не только по термическим соображениям, но также и по производственным — ввиду сохранения эластичности волокон целлюлозы при сушке ее при более низкой t° . Конечно, в соответствии с этим должны быть выбраны достаточные размеры паропроводов и сушильной поверхности машины.

Такого рода мероприятие (понижение давления) ведет не только к улучшению качества продукции, но и одновременно к значительному повышению количества отдаваемой энергии паросиловым двигателем, работающим с противодавлением, при сравнительно низком начальном давлении. Отъемный пар от двигателя даже при небольших давлениях бывает еще настолько перегрет, что опасности в отношении конденсирования пара в хорошо изолированных паропроводах не представляется.

Для каждого отдельного случая следует вопрос о давлении и t° пара решать особо, так как кроме сушки играют существенную роль еще и другие условия.

Давление в паровых котлах, при хорошо оборудованной установке для производства целлюлозы, зависит не только от противодавления в паропроводах, ведущих в сушильный отдел, но также и от давления пара, необходимого для варки целлюлозы. Общая необходимая для целлюлозного завода потребность в энергии может и должна быть покрыта за счет пара, идущего на варку и сушку целлюлозы, без особо высокого начального давления в паровых котлах.

Для производства 1000 кг в час возд.-сух. нормальной небеленой сульфит-целлюлозы, при прямой варке по Риттер-Кельнеру (без дальнейших вспомогательных установок, как-то: отбелка, переработка щелоков и др.), необходимо в среднем около 250 kW на клеммах турбогенератора.

Нормальная мощность последнего однако должна быть по крайней мере на 12—14% больше средней мощности, так как по определениям автора последняя составляет около $V = 0,75 - 0,8$ той мощности, которая необходима при работе всех машин. Этот коэффициент V автор называет коэффициентом полноты («Volligkeitsgrad»), т. е. мощность двигателя должна быть выбрана больше (полнее) против средней потребляемой суточной мощности на величину, соответствующую этому коэффициенту. Поэтому паровая турбина должна иметь нормальную мощность

$$N = \frac{250}{0,75} = \text{около } 330 \text{ kW.}$$

Давление пара в отборе, идущем на варку, при выходе из турбины ~ 8 атм. абс.

Расход пара для производства 1000 кг возд.-сух. целлюлозы в час (без предварит. подогрева кислоты и вспомогательных установок):

пар на варку 7 атм. изб. при выходе из турбины . . .	~ 2700 кг
» » сушку и отопление » » » » . . .	~ 2500 „

Общий расход пара при выходе из турбины . . . ~ 5200 кг

1. Давление пара, идущего на сушку = 3,5 атм. абс.

Мощность пара в 1-й ступени давления ~ 8 атм. абс. в kW = N_1 .

Мощность пара во 2-й ступени давления — от 8 атм. абс. до 3,5 атм. абс. в kW = N_2 .

Общая потребная мощность = $N_1 + N_2$.

Коэффициент использования пара в турбине для обеих ступеней давления в среднем:

$$\eta_D = \eta_{thd} \cdot \eta_m = 0,75 \cdot 0,975 \approx 0,73.$$

Начальное состояние пара при входе в турбину: 20 атм. абс. при 350° . Перепад тепла от 20 атм. абс. 350° до 8 атм. абс. $\lambda = 55$ cal.

$$D_1 = \frac{860}{\lambda \cdot \eta_D} = \frac{860}{55 \cdot 0,73} \approx 21,4 \text{ кг пара на } 1 \text{ kWh.}$$

Отдаваемая мощность в первой ступени давления

$$N_1 = \frac{5200}{21,4} = 247 \text{ kW.}$$

t° пара, идущего на варку при выходе из турбины, $\sim 255^\circ$.

Вторая ступень турбины работает от 8 атм. абс. и 255° до 3,5 атм. абс. и дает перепад тепла $\lambda = 43 \text{ cal.}$

$$D_2 = \frac{860}{43 \cdot 0,73} = 27,4 \text{ кг пара на 1 kWh.}$$

Отдаваемая мощность во второй ступени давления

$$N_2 = \frac{2500}{27,4} = 91 \text{ kW.}$$

Пар, идущий на сушку, оставляет турбину с $t^\circ \sim 180^\circ$.

Общая отдаваемая турбиною мощность:

$$N = N_1 + N_2 = 247 + 91 = 338 \text{ kW.}$$

II. Давление пара, идущего на сушку = 2,0 атм. абс.

Если при соответствующем выборе сушильной поверхности и т. п. процесс сушки производить при давлении пара вместо 3,5 атм. абс. в 2,0 атм. абс., то вышеупомянутая установка может быть доведена до следующей мощности:

1. В первой ступени давления $N_1 = 247 \text{ kW.}$

2. Во второй ступени давления перепад тепла между 8 атм. абс. 255° и 2 атм. абс. $\lambda = 66 \text{ cal.}$ и $D_2 = \frac{860}{66 \cdot 0,73} = 17,8 \text{ кг/kWh.}$

Отдаваемая мощность во второй ступени давления

$$N_2 = \frac{2500}{17,8} = 140 \text{ kW.}$$

Пар, идущий на сушку, оставляет турбину с $t^\circ \sim 142^\circ$.

Общая отдаваемая турбиною мощность:

$$N = N_1 + N_2 = 247 + 140 = 387 \text{ kW}$$

при 2,0 атм. абс., или на $387 - 338 = 49 \text{ kW} =$ на 14,5% более, чем при противодавлении в 3,5 атм. абс.

Выбор низкого давления пара во второй ступени в особенности важен для целлюлозного завода, имеющего производство спирта и выпарку щелоков, так как эти процессы также требуют пар низкого давления.

В тех случаях, когда имеет место утилизация избытка энергии, например путем продажи ее другим предприятиям, установка новейших паросиловых агрегатов высокого давления (которое уже сейчас достигает 40 атм. и выше) будет, разумеется, весьма рентабельной.

Теплосодержание 1 кг пара при перегреве 400° следующее:

При атм. абс.	Cal.
20	774,5
26	772,5
30	771,5
40	768,0
60	762,0

Из этих чисел видно, что расход топлива для производства 1 кг пара, при одинаковом использовании, уменьшается с увеличением давления.

Производительность и расход пара сушильной части.

Что касается производительности сушильных частей ¹⁾ целлюлозных пресс-патов, то она на различных фабриках чрезвычайно сильно колеблется. Автору удалось установить, что испарительная способность 1 м² соприкасающейся с целлюлозой (рабочей) сушильной поверхности в час составляет от 10 до 18 кг. При обычных сушках с цилиндрами, расположенными в несколько рядов друг над другом, рабочая сушильная поверхность f может быть принята равной $f = \frac{2}{3} F$, т. е. общей сушильной поверхности всех цилиндров, при чем F = произведению из общей окружности всех сушильных цилиндров на данную рабочую ширину.

Это соотношение ($f : F$) зависит от диаметра выбранных сушильных цилиндров и конструкции сушильной части.

На основании обмеров аппаратов с двумя рядами расположенных друг над другом в шахматном порядке цилиндров приводятся следующие данные:

1. При цилиндрах с диам. 1250 мм $f : F = 0,668$
2. " " " " 1500 " " = 0,660
3. " " " " 1800 " " = 0,639

Обычно не следует превышать нормальной испарительной способности 1 м² рабочей сушильной поверхности = 10—12 кг воды в 1 ч., так как требуемое давление пара p и температура t_1 в цилиндрах, применительно к сушке от ~40% абс. сух. вещества до ~88% абс. сух. вещества, по определениям автора дает следующие, собранные в таблицу, значения.

k_p	k_{p1}	k_{p2}	W	p	t_1°
130	5,42	8,12	9,78	~ 0,8—1,0	116—120
150	6,25	9,37	11,29	~ 1,0—1,2	120—123
190	7,92	11,87	14,30	~ 1,5—1,8	126—130
230	9,58	14,37	17,31	~ 2,2—2,6	135—139

где k_p — кг возд.-сух. целлюлозы с 1 м² общей сушильной поверхности в 24 ч.

k_{p1} — кг возд.-сух. целлюлозы с 1 м² общей сушильной поверхности в 1 ч.

k_{p2} — кг возд.-сух. целлюлозы с 1 м² рабочей сушильной поверхности в 1 ч.

W — испарительная способность 1 м² рабочей сушильной поверхности в 1 ч. в кг.

p — требуемое давление пара в атм. изб. в сушильных цилиндрах.

t_1° — температура пара в °Ц в сушильных цилиндрах.

Испарительная способность W определяется: $W = \frac{T_e - T_a}{T_a} = \text{кг испаренной воды на 1 кг целлюлозы при:}$

конечном содержании T_e = напр. 88% абс. сух.
начальном " T_a = напр. 40% " "

$$W = \frac{88 - 40}{88} = 1,2 \text{ кг испаренной воды на 1 кг целлюлозы 88\% абс. сух.}$$

¹⁾ См. также: Pfarr. Festnummer „Wochenblatt für Papierfabrikation“, 1910.

Редко превышаемой в прежние годы, средней производительностью считалась $k_p = 150 - 155$ кг возд.-сух. целлюлозы на 1 м^2 общей сушильной поверхности в 24 ч. Для выработки ~ 65000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. требовалось поэтому $\sim 424 \text{ м}^2$ общей сушильной поверхности, т. е. при 3-метровой рабочей ширине машины необходимо было иметь 30 сушильных цилиндров с диам. 1,5 м.

Тепловой расчет расхода пара для сушки целлюлозы

$$Q_{th} = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

где: Q_{th} — теоретическому количеству тепла для сушки 1 кг массы,
 $Q_1 =$ » » » » испарения воды из массы,
 $Q_2 =$ » » » » нагрева абс. сухой массы,
 $Q_3 =$ » » » » нагр. остаящ. в массе воды.

В дальнейшем принимаем следующие условные обозначения:

T_a — % содержания сухого вещества перед первым сушильным цилиндром,

t_1 — температура массы перед первым сушильным цилиндром,

T_e — % содержания вещества после последнего суш. цилиндра,

t_2 — температура массы » » » » »

i'' — теплосодержание удаленного из массы водяного пара,

W — количество воды, подлежащее испарению из массы в 1 кг между начальным T_a и конечным T_e содержанием сухого вещества в целлюлозе.

c — теплоемкость абс. сух. целлюлозы.

i_1 — теплосодержание воды при t_1 .

Расчетные данные относятся к 1 кг целлюлозы с конечным содержанием сухого вещества $= T_e$.

$$Q_1 = W \cdot (i'' - i_1)$$

$$W = \frac{T_e - T_a}{T_a} \text{ кг испаренной воды}$$

$$Q_1 = \frac{T_e - T_a}{T_a} (i'' - i_1) \text{ — количество тепла, необход. для испарения воды.}$$

Количество абс. сух. вещества в 1 кг целлюлозы при конечном состоянии T_e составляет: $\frac{T_e}{100}$ кг, откуда: $Q_2 = \frac{T_e}{100} \cdot c \cdot (t_2 - t_1) =$ количеству тепла, необходимому для нагрева абс. сух. целлюлозы от t_1 до t_2 . Количество остающейся в 1 кг целлюлозы воды, при конечном содержании сухого вещества T_e , составляет: $(1 - \frac{T_e}{100})$ кг, откуда $Q_3 = (1 - \frac{T_e}{100}) \cdot (t_2 - t_1)$ количеству тепла, необходимому для нагрева оставшейся в массе воды от t_1 до t_2 .

Следовательно:

$$Q_{th} = \frac{T_e - T_a}{T_a} \cdot (i'' - i_1) + \frac{T_e}{100} \cdot c \cdot (t_2 - t_1) + (1 - \frac{T_e}{100}) \cdot (t_2 - t_1).$$

Без особой погрешности можно допустить, что наивысшая t° целлюлозной полосы при сушке $t_2 \approx 100^\circ$ тогда последняя формула примет следующий вид:

$$Q_{th} = \frac{T_e - T_a}{T_a} \cdot (i'' - i_1) + \frac{T_e}{100} \cdot c \cdot (100 - t_1) + (1 - \frac{T_e}{100}) \cdot (100 - t_1).$$

Численный пример:

Дано:

 t_1 — начальная t° массы перед первым цилиндром = 15° . T_a — % начального содерж. сух. вещества перед 1-м цил. = 38% абс.-сух. T_s — % конечн. содерж. сух. вещества после последн. цил. = 88% абс.-сух. c — теплоемкость абс. сух. целлюлозы = 0,34. i'' — напр. при 1 атм. абс. (атмосферн. давление) = 639,45 cal. i' — теплосодержание воды (15°) = 15 cal.

Откуда получаем:

$$Q_{th} = \frac{88-38}{38} \cdot (639,45 - 15) + \frac{88}{100} \cdot 0,34 (100 - 15) +$$

$$+ \left(1 - \frac{88}{100}\right) \cdot (100 - 15) \text{ cal.}$$

$$Q_{th} = 821,6 + 25,43 + 10,20 \text{ cal.}$$

 $Q_{th} = 857,23 \cong 857 \text{ cal.}$, теорет. необх. для сушки 1 кг массы при 88% абс. сух.

Термический к.п.д. для сушильной части с цилиндрами без сукон определен автором $\eta_{th} = 0,85$ до $0,86$. Этот к.п.д. повышается для начала сушильной части ($\sim 0,95$) и понижается к концу ее. Так как производственные условия (конструкция машины и пр.) в различных случаях сильно колеблются, то при расчетах следует принимать для термических к.п.д. среднее значение $\eta_{th} = 0,83$ для всей сушильной части.

Действительный расход тепла будет:

$$Q_e = \frac{Q_{th}}{\eta_{th}},$$

откуда:

$$Q_e = \frac{857}{0,83} \cong 1\,030 \text{ cal действ. потр. тепла для сушки 1 кг возд.-сух. целлюлозы.}$$

Пар для сушки применяется 2 атм. абс:

с теплосодержанием	$i'' = 649,9 \text{ cal.}$
, , , , , жидкости	$i' = 120,0 \text{ ,}$

$$\text{испарительная способность } r = 526,9 \text{ cal/кг,}$$

откуда:

$$D = \frac{1\,030}{526,9} = 1,95 \text{ кг насыщ. при 1 атм. изб. (ср. давл. пара) в цилиндрах.}$$

Если принять, что t° целлюлозной полосы на мокрой части = 30° перед первым цилиндром, то расход тепла на сушку выразится:

$$Q_{th} = 831 \text{ cal.}$$

$$Q_e = \frac{831}{0,83} \cong 1\,000 \text{ cal.,}$$

т. е. экономия $1\,030 - 1\,000 = 30 \text{ cal.}$ на 1 кг массы или:

$$\frac{30 \cdot 100}{1\,030} = 2,9\%.$$

Количество испаренной воды в данном случае составляет:

$$W = \frac{T_s - T_a}{T_a} = \frac{88 - 38}{38} = 1,316 \text{ кг на 1 кг возд.-сух. целлюлозы.}$$

1 кг пара при давлении 1 атм. изб. испаряет из целлюлозной полосы:

$$\frac{1,316}{1,95} \approx 0,7 \text{ кг воды,}$$

одновременно нагревая остающееся количество воды в массе до 100° .

Для испарения 1 кг воды требуется $\sim 1,43$ кг пара при давлении 1 атм. изб.

Теплопередача в сушильных цилиндрах

На основании наблюдений над работой сушильных аппаратов автор пришел к заключению, что при теоретическом рассмотрении процесса сушки вполне допустимо, с точки зрения теплопередачи, принимать всю сушильную часть как однообразную поверхность. Только в одном исключительном случае представляются интересными частичные значения внутри групп сушильных цилиндров, а именно: при изготовлении бумаг односторонней гладкости на машинах с предварительной сушильной частью и большим гладким цилиндром.

В дальнейшем примем следующие условные обозначения:

q = теоретически необходимое количество тепла на внешней стенке сушильного цилиндра в $\text{cal}/\text{м}^2$ в час, отнесенное к соприкасающейся с целлюлозой поверхности цилиндра.

t_1° = средняя t° пара в цилиндрах.

t_2° = средняя t° целлюлозной полосы по всей сушильной поверхности.

θ_1 = средняя t° внутренней стенки цилиндра.

θ_2 = " " внешней " "

α_1 = теплопередача от конденсирующегося пара к чугунной стенке цилиндра = $10\,000 \text{ cal}/\text{м}^2/\text{ч.}^{\circ}\text{Ц.}$

α_2 = теплопередача от внешней стенки цилиндра к целлюлозной полосе в $\text{cal.}/\text{м}^2/\text{ч.}^{\circ}\text{Ц.}$

δ = толщина стенки чугунного цилиндра в м.

λ = коэф. теплопроводности для чугуна = $50 \text{ cal.}/\text{м}^2/\text{ч.}^{\circ}\text{Ц.}$

k = коэф. теплопередачи = $\text{cal.}/\text{м}^2/\text{ч.}^{\circ}\text{Ц.}$

Численные примеры:

1. Сушильная часть с нормальной нагрузкой

k_{p2} = 9 кг целлюлозы, высушиваемой на 1 м^2 соприкасающейся с целлюлозой (рабочей) сушильной поверхности в час.

T_0 = начальное содержание сух. вещества = 40% абс. сух.

T_1 = конечное " " " " = 88% " " "

$W_1 = \frac{T_1 - T_0}{T_0} = \frac{88 - 40}{40} = 1,2$ кг воды, испаряемой на 1 кг целлюлозы

$W_2 = 9 \cdot 1,2 = 10,8$ кг воды, испаряемой на 1 м^2 рабочей сушильной поверхности в час.

Q_{th} = 786 cal. теоретический расход тепла на сушку 1 кг целлюлозы от 40% до 88% абс. сух.

$q = 9 \cdot 786 = 7\,074$ cal. теоретический расход тепла для сушки на 1 м^2 рабочей сушильной поверхности в час.

Среднее давление пара в сушильной части = 0,8 атм. изб.

" t° " t_1° = $116,33^{\circ}$.

" " целлюлозы t_2° = $57,5^{\circ}$.

Толщина стенки сушильных цилиндров диаметром 1,5 м

$$\delta = 0,028 \text{ м.}$$

Из последних расчетов ясно видно, в какой мере должна быть повышена t^0 пара при сильной форсировке работы сушильной поверхности.

Следующая таблица показывает средний расход пара при 1 атм. изб. и различных % содержания сухого вещества в целлюлозе.

T_a	T_e	t_1	Q_{th}	η_{th}	Q_e	$t'' - t' = r$	Расход пара на 1 кг возд. сух. целлюлозы, кг
38	88	15	857	0,83	1030	526,9	1,95
39	88	15	821	0,83	990	526,9	1,88
40	88	15	786	0,83	947	526,9	1,80
42	88	15	720	0,83	867	526,9	1,64
45	88	15	632	0,83	761	526,9	1,44
50	88	15	509	0,83	613	526,9	1,16

Указанные здесь количества пара включают только тепло, расходуемое в самых цилиндрах; расход пара должен быть повышен на 0,3—0,4 кг для каждого кг возд.-сухой целлюлозы вследствие потерь на лучеиспускание через днища сушильных цилиндров, а также потерь в паропроводах.

Таким образом общий расход пара на сушку целлюлозы при начальной t^0 15° составит при:

38% абс. сух. до 88%	абс. сух.	2,3	кг пара на 1 кг возд. сух. вещ.
40% " " " 88%	" " " " " " " " " " " "	2,15	" " " " " " " " " "
45% " " " 88%	" " " " " " " " " " " "	1,8	" " " " " " " " " "
50% " " " 88%	" " " " " " " " " " " "	1,52	" " " " " " " " " "

Кроме того, что сушильные поверхности целлюлозных пресс-патов бывают недостаточно велики, часто встречаются, к сожалению, еще и до сих пор паропроводы с недостаточным сечением. В особенности эти сечения бывают малы у вентилях и в шейках самих цилиндров. Благодаря последнему обстоятельству часто приходится повышать давление пара перед цилиндрами для того, чтобы провести сушку более или менее удовлетворительно. Следствием этого является слишком высокое давление в паропроводах, что ведет к неэкономичной работе паросилового двигателя.

Не все цилиндры сушильной части принимают одинаковое участие в процессе испарения воды. Последнее происходит в гораздо меньшей степени вначале, на первых цилиндрах.

В конце сушильной части производительность цилиндров также понижается. Процесс испарения воды в большинстве случаев почти заканчивается на третьем от конца сушильной части цилиндре, требуемое содержание сухого вещества в целлюлозе к этому моменту бывает почти достигнуто, так что на трех последних цилиндрах остается только поддерживать требуемое конечное содержание сухого вещества. Этой мерой предосторожности в отношении работы последних цилиндров пренебрегать не следует, так как с их помощью могут быть выравнены колебания в давлении пара, а также и плотности целлюлозной полосы; в противном же случае целлюлоза может в конце сушильной части оказаться сырой.

Если начертить линию, характеризующую содержание влажности в целлюлозной и тем более в бумажной полосе, проходящей через сушильную часть, то эта линия не будет иметь вида прямой, соединяющей значения, соответствующие содержанию влаги перед первым и после последнего цилиндра. Характер процесса испарения воды протекает таким

образом, что получается кривая линия, медленно понижающаяся до третьего от начала сушильного цилиндра, затем понижение кривой протекает быстро и непрерывно до пункта, соответствующего содержанию влажности приблизительно перед третьим с конца цилиндром. Последняя точка лежит немного выше точки, соответствующей конечному содержанию влаги в целлюлозе (см. выше).

Начиная отсюда, кривая протекает, снова постепенно понижаясь до точки, характеризующей остаток воды после последнего цилиндра.

По определениям автора можно принять, что около $\frac{3}{4}$ всей сушильной поверхности, т. е. средняя часть цилиндров, дает соответственно большее испарение воды, чем первые и последние цилиндры. Водоиспаряющая способность цилиндра, находящегося в средней части машины, должна быть на 30% или даже 40% выше средней испарительной способности, исчисленной для всех цилиндров. В соответствии с этим свободные сечения вентилей и полых цапф цилиндров должны быть рассчитаны на повышенное количество пара и соответственно увеличены, что, к сожалению, на практике не всегда выполняется.

Пример: Сушильная часть, состоящая из 30 цилиндров диам. 1500 мм и рабочей шириной 3000 мм, высушивает в час ~ 2700 кг целлюлозы от 40% до 88% абс. сух. вещества.

$$W = \frac{88-40}{40} \cdot 2700 = 3240 \text{ кг воды, испаряемой в 1 час.}$$

Общая сушильная поверхность $F \dots \dots \dots 424 \text{ м}^2$.

Рабочая " " " " $f = \frac{2}{3} F = 283$ "

Количество испаряемой воды с 1 м² рабочей сушильной поверхности в час $\dots \dots \dots 11,45$

Необходимое давление пара в средних и последних цилиндрах $\dots \dots \dots 2 \text{ атм. абс.}$

D — общий расход пара для сушки в час $\dots \dots \dots = \frac{3240}{0,7} \approx 4630 \text{ кг.}$

Количество пара, включая потери в паропроводах $\dots \dots \dots \sim 4900 \text{ кг.}$

Отсюда определяем:

$$F_r = \frac{D}{\gamma \cdot v_d \cdot 3600} = \text{м}^2.$$

F_r — сечение главной паровой магистрали.

γ — вес 1 м³ пара при 2 атм. абс. = 1,11 кг.

v_d — скорость пара в м/сек. = 25.

$$F_r = \frac{4900}{1,11 \cdot 25 \cdot 3600} = 0,0495 \text{ м}^2,$$

или:

$D_r = 0,25 \text{ м} = 250 \text{ мм}$ — диаметр трубы главной паровой магистрали.

Количество пара для одного цилиндра, расположенного в середине сушильной части, составляет:

$$D = \frac{4630}{30} + \frac{0,4 \cdot 4630}{30} = 216 \text{ кг/ч. при давлении 2 атм. абс.,}$$

$$F_s = \frac{D}{\gamma \cdot v_d \cdot 3600} = \text{м}^2 \text{ свободного сечения впускного вентиля и цапфы цилиндра,}$$

$$F_s = \frac{216}{1,11 \cdot 25 \cdot 3600} = 0,00217 \text{ м}^2,$$

или $d = 0,0525 \text{ м} \approx 55 \text{ мм}$ — внутренн. диам. паровпускного вентиля на каждом цилиндре, а также отверстия в цапфе цилиндра.

Вентиляция машинного зала

Вентиляция машинного зала, т. е. отвод с помощью воздуха удаленного из целлюлозы водяного пара, имеет для достижения правильной работы особенно важное значение.

Процесс сушки замедляется, т. е. расход пара увеличивается, если в помещении над сушильной частью не происходит достаточного обмена воздуха.

Количество воздуха, необходимое для удаления водяного пара при процессе сушки, может быть определено путем расчета; свежий воздух должен быть возможно более сухим и нагретым.

Вследствие лучеиспускания от стен здания происходит потеря тепла, так что тепла, получаемого благодаря лучеиспусканию цилиндрами, бывает недостаточно для нагрева поступающего, так называемого вторичного воздуха; для этой цели необходимо в среднем расходовать ~ 0,3 — 0,4 кг пара с давлением 1,5 атм. абс., считая на 1 кг бумаги или целлюлозы.

Средняя годовая F удаляемого при 85% влажности воздуха равняется ~ 35° (зимой несколько ниже, летом — выше). Поступающий воздух имеет температуру 15° и относительную влажность 60% (эти значения сильно колеблются). Для 1 кг испаряемой из целлюлозы (бумаги) воды необходимо при приведенных выше соотношениях ~ 38 м³ воздуха.

При скорости воздуха в вытяжной шахте $v = 1$ м/сек. и 1 кг испаряемой воды в час, сечение шахты определяется:

$$F = \frac{38}{3600} = 0,0105 \text{ м}^2.$$

Пример: Из 2700 кг целлюлозы/ч. при сушке от 40% до 88% абс. сух., испаряется:

$$2700 \cdot \frac{88 - 40}{40} = 3240 \text{ кг водяного пара/ч.},$$

откуда:

$$F = 0,0105 \cdot 3240 \cong 34 \text{ м}^2 \text{ — сечение шахты,}$$

т. е. ~ 1,8 м ширины при ~ 19 м длины.

Вытяжная шахта устраивается обычно с таким расчетом, чтобы длина ее соответствовала длине сушильной части машины, в зависимости же от этого определяется и ширина вытяжной шахты.

Ж. Установки для улавливания волокна

Для утилизации волокна, содержащегося в сточных водах песочниц, сгустителей, обезвоживающих машин и пр. и составляющего от 5% до 8% всей продукции, на целлюлозных предприятиях устанавливаются особого рода ловушки.

Так как целлюлозные волокна, в отличие от многих бумажных волокон, совершенно не отяжелены, то сточные воды должны быть в достаточной мере освобождены от воздуха, в противном случае при оседании мелких волокон в уловительных камерах получают затруднения. Падение струи сточных вод на отражательные поверхности с высоты 1 м оказалось очень целесообразным, потому что находящиеся на волокнах пузырьки воздуха благодаря этому лопаются.

Весьма важным является правильный выбор высоты волокно-улавливающих бассейнов, равно как и их общей емкости; последняя должна превышать по крайней мере в 80—100 раз количество сточных вод, посту-

пающих в минуту, независимо от того, происходит ли улавливание волокна в ящиках с коническим дном или в плоских крацерных ловушках.

На основании многочисленных опытов автор пришел к заключению, что емкость волокно-улавливающих бассейнов следует принимать:

а) при небольшой производительности:

$P \cong 20000 \text{ кг в } 24 \text{ ч. возд.-сух. целлюлозы:}$

$$j = 8 - 8,5 \cdot P,$$

б) при большой производительности:

$P > 20000 \text{ кг в } 24 \text{ ч. возд.-сух. целлюлозы:}$

$$j = 7 - 8 \cdot P,$$

где j — емкость бассейна ловушки в м^3 , а P — производительность возд.-сух. волокна в $1000 \text{ кг}/24 \text{ ч.}$

Сетчатые волокно-улавливающие цилиндры с узкими отверстиями (как цилиндрической, так и конической формы) также имеют применение; однако для большого количества сточных вод число такого рода аппаратов должно быть очень велико.

3. Приготовление варочной кислоты для сульфит-целлюлозы

Применяемая для варки древесной сульфит-целлюлозы кислота представляет собой раствор бисульфита кальция, $\text{Ca}(\text{HSO}_3)_2$, или реже бисульфита магния, $\text{Mg}(\text{HSO}_3)_2$ ¹⁾.

Как уже упоминалось ранее, для приготовления 1000 кг возд.-сух. целлюлозы необходимо $\sim 8,5 - 9,0 \text{ м}^3$ варочной кислоты. Во время варочного процесса, в особенности в конце его, содержащие SO_2 газ в смеси с паром отдуваются из котла, при чем газы или проходят через холодильники и затем смешиваются с готовой кислотой, или же, по новейшему способу, непосредственно поглощаются кислотой; в последнем случае кислота не только обогащается SO_2 , но и одновременно подогревается для следующей варки. Отдувочными газами²⁾ пренебрегать не следует, так как при их регенерации достигается экономия от 30 до 35% серы. Также и количество тепла, содержащееся в этих газах, настолько велико, что варочная кислота может быть подогрета ими от $\sim 20^\circ$ до $\sim 40 - 45^\circ$, если отдувочные газы непосредственно смешивать со свежей кислотой. Последний метод все более и более находит применение на практике, так как дает значительную экономию топлива.

Для производства целлюлозы при этом способе требуется только $8,5 \cdot 0,7$ до $9 \cdot 0,7 \cong 6,0 - 6,5 \text{ м}^3$ свежей кислоты на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы. Это количество свежей кислоты готовится непрерывно в так называемых кислотных отделениях.

Принцип приготовления растворов бисульфита кальция или магния состоит в том, что сперва получают каким-либо способом сернистый газ, который затем при прибавлении воды соединяется с известью или магнием. В технике известны различные, проверенные на практике, методы получения сернистого газа, а именно путем:

- 1) сжигания чистой серы,
- 2) обжига серного колчедана — FeS_2 (пирит),
- 3) » газовых остатков (газовой массы).

¹⁾ О применении магниевых солей при варке целлюлозы см. Kurt Berndt, «Papier-Fabrikant» 1926 г., № 16, стр. 233.

²⁾ См. Richter, «Wochenblatt für Papierfabrikation», Festnummer, 1922 г., стр. 72, а также Remmler, Herstellung der Sulfittlauge, издательство «Papier-Zeitung», Berlin.

Газовые остатки, или газоочистительная масса, состоят из бо-лотной железной руды, употребляемой на газовых заводах для очистки газа от сернистой кислоты.

Вопрос о том, какой из трех вышеуказанных методов следует применять, решается на основании чисто экономических соображений. Там, где содержащий железо огарок может быть легко использован на металлургических заводах, преимущество имеют методы 2 и 3.

Получение сернистого газа из чистой серы является значительно более простым, и вся установка при этом обходится гораздо дешевле, чем при обжиге колчедана. В Германии в большинстве случаев обжигается колчедан или газовые остатки, а сжигание серы предусматривается лишь к качеству резерва.

Расход серы для приготовления варочной кислоты на 100 кг возд. сух. целлюлозы колеблется от 10 до 12 кг, в зависимости от метода работы кислотного отделения, в особенности же регенерационной установки.

Расход серного колчедана кроме того зависит как от содержания в нем серы, так и от степени достаточности обжига колчедана.

Предположим, что колчедан содержит 48% серы, а в огарке остается 3% ее, тогда расход колчедана на 100 кг возд.-сух. целлюлозы выразится в $\frac{10}{0,45}$ до $\frac{12}{0,45} \approx 22$ до 27 кг колчедана.

Приготовление варочной кислоты с помощью SO_2 -газов вести можно по трем методам:

1. Сернистый газ — SO_2 — нагнетается с помощью вентиляторов в башни, имеющие высоту ~ 35—40 м и наполненные крупными кусками известкового камня или доломита, орошаемого сверху водой, протекающей навстречу восходящему потоку газа. При этом образуется раствор бисульфита кальция или соответственно магния, который собирается на дне башен в виде так называемой башенной кислоты и непрерывно направляется в большие хранилища (кислотные цистерны).

2. Сернистый газ из печей нагнетается с помощью воздушного компрессора через наполненные известковым молоком закрытые чаны [сист. Франке (Dr. Franke) и др.], при чем периодически получается так называемая чановая кислота.

3. Сернистый газ проводят через известково-молочные башни (этот способ особенно распространен в Америке)¹⁾, где непрерывным процессом и происходит приготовление кислоты.

В Германии работают исключительно по первому способу, который с момента изобретения его проф. Митчерлихом нашел себе широкое распространение и за границей.

а) Получение сернистого газа

1. Из чистой серы

Установки для сжигания чистой серы с целью получения газа SO_2 по формуле $\text{S} + \text{O}_2 = \text{SO}_2$ весьма просты. Для этой цели применяются так называемые серные печи, которые вначале работали только периодически, а в последнее время все более и более переходят на непрерывный процесс сжигания серы.

¹⁾ Применяемая в СССР конструкция башни разработана инж. О. К. Гиллер. См. «Бумажная Пром.» 1923 г., № 3. Ред.

а) Обыкновенная ванная серная печь

Обыкновенная ванная серная печь фирмы Вагнер и К^о, изображенная на рисунке 219, за последнее время также работает непрерывно. Эта печь может работать с естественной тягой, однако во многих случаях воздух, необходимый для процесса горения, поступает в нее из

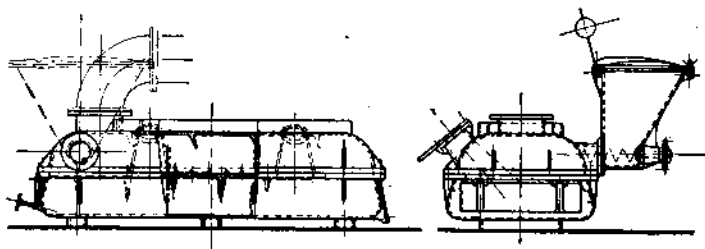


Рис. 219.

резервуара, пополняемого непрерывно с помощью воздушного компрессора (рис. 240). Печи изготовляются чугунными или железными и представляют собой большие, плоские двухстворчатые ящики, в которых происходит сжигание серы; кожух печи охлаждается водой.

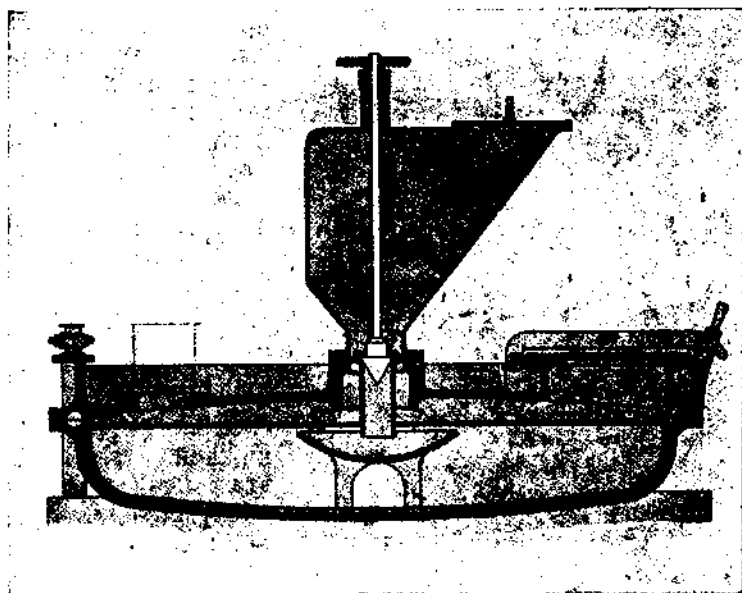


Рис. 220.

Для сжигания 1 кг серы теоретически требуется $\sim 5 \text{ м}^3$ воздуха, в действительности же считают на 20% больше из-за неплотности затворов и трубопроводов. Площадь горения печи колеблется в зависимости от требуемой производительности и составляет $\sim 2,5 \text{ м}^2$.

На 1 м^2 рабочей поверхности печи можно сжечь 500—560 кг серы в 24 ч., так что общая производительность печи достигает $\sim 1\,200$ — $1\,400 \text{ кг}$ в 24 ч.

Ванные печи с подачей серы во время процесса сжигания фирмы Лурги (рис. 220).

Эти печи строятся различной величины, от 1 м^2 до 3 м^2 площади горения. Их производительность составляет нормально 20 кг , максимально 25 кг серы на 1 м^2 поверхности в час. Как видно из рис., они имеют водяное охлаждение верхней части печи. Эти печи могут работать с естественной тягой или под давлением; первое имеет место при производстве сульфитной кислоты по башенному способу, при котором газы засасываются вентилятором; второе — при известково-молочном способе, при котором газы нагнетаются через чаны наполненные известковым молоком (рис. 240).

В том случае, когда эти небольшие ванны печи служат для производства кислоты по башенному способу, необходима установка минимум 2—3 аппаратов для равномерного получения газа.

В общем эти печи, в виду их малой производительности, служат только резервом, и то на небольших предприятиях.

б) Печи Везувий

Сильно распространенной в Америке стационарной серной печью с очень большой производительностью является печь Везувий (рис. 221). Она имеет круглое сечение, диам. $15—2 \text{ м}$, и состоит из 4-х этажей. Такого рода печь может быть использована для непрерывной работы,

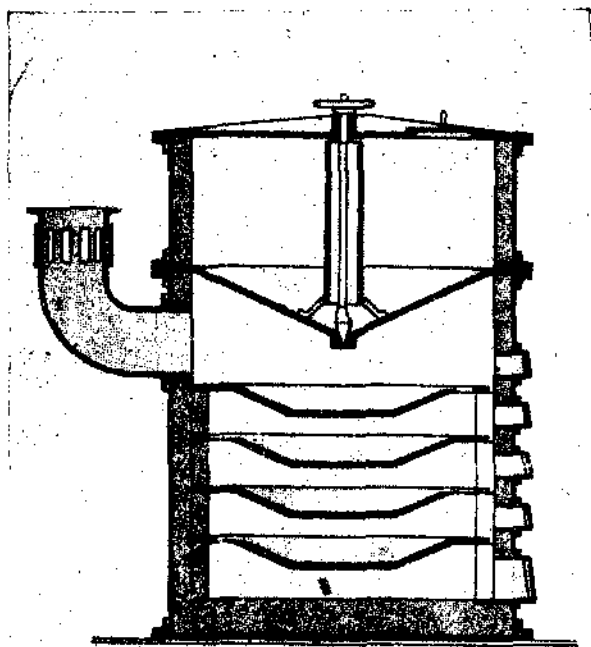


Рис. 221.

что является весьма существенным обстоятельством при производстве башенной кислоты. Цилиндрический железный кожух печи обмурован шамотным кирпичем; над печью находится большая воронка для серы; последняя под влиянием тепла печи плавится и по мере надобности поступает в печь через отверстие, регулируемое вентилем. Внутри печи расплавленная сера перетекает через переливные отверстия по расположенным друг под другом ваннам. Зола собирается в помещении под нижней тарелкой. Каждый этаж печи имеет дверцы для обслуживания с приспособлением для регулирования притока воздуха; при выходе газов из печи устанавливается кольцо с отверстиями для дополнительной подачи воздуха.

При полезном диаметре печи $\sim 1,5 \text{ м}$ и 4 тарелках для сжигания, площадь горения которых равняется $\sim 7 \text{ м}^2$, производительность печи состав-

ляет $\sim 4200 \text{ кг}$ серы в 24 ч., т. е. является достаточной для $\sim 40000 \text{ кг}$ возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. При полезном диаметре печи $= 2 \text{ м}$, площадь горения $\cong 12,4 \text{ м}^2$ и производительность $\cong 2500 \text{ кг}$ серы в 24 ч., т. е. печь достаточна для $\sim 75000 \text{ кг}$ возд.-сух. целлюлозы в 24 ч.

7) Серная печь системы Виттенберга

Эта серная печь (рис. 222), изготавливаемая фирмой Лурги, также является аппаратом непрерывного действия и поэтому также пригодна для производства кислоты по башенному способу. В основном она состоит из бачка для плавки серы, из которого последняя в жидком состоянии подводится по трубке к месту сжигания. С помощью специального устройства, работающего сжатым воздухом, расплавленная сера распыляется на мелкие частицы и в таком виде сжигается. Газы поступают в большую камеру для сжигания, а оттуда отводятся через широкий штурцер. Плавка серы в бачке производится в начале процесса паром, проходящим по змеевикам.

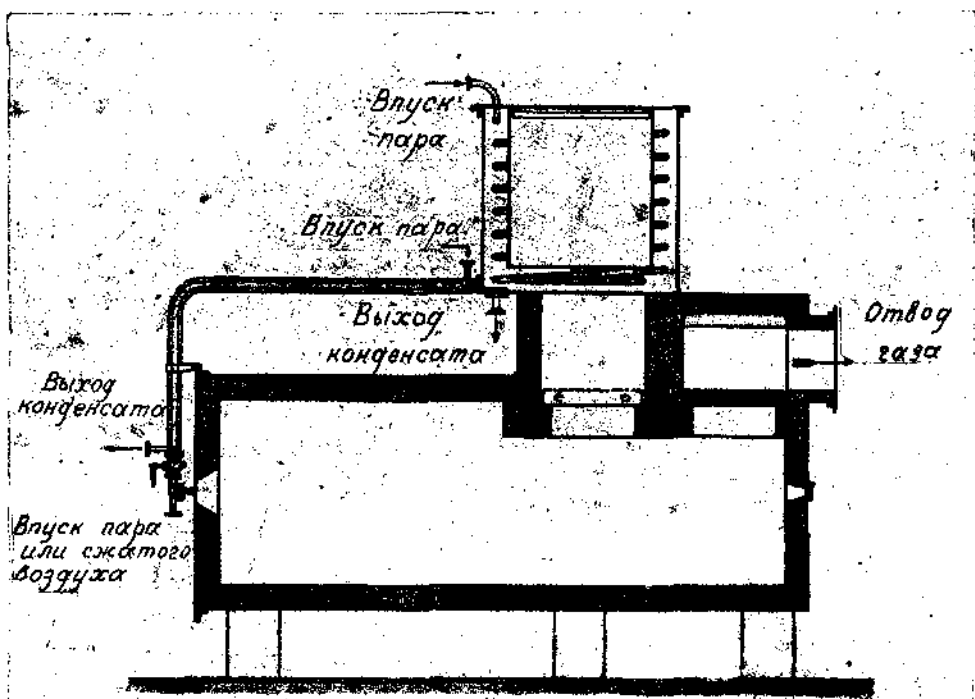


Рис. 222.

Во время непрерывного процесса главная часть необходимого для плавки тепла получается за счет горячих печных газов, которые проходят под днище бачка для плавки. Температура печного пространства достигает $\sim 1000^\circ$, так что опасность образования SO_3 исключается.

Необходимый для горения воздух, количество которого в этих печах может быть установлено в узко-теоретических количествах, подводится с помощью компрессора под давлением в 2,5—4 атм. изб., благодаря чему сера одновременно тонко распыляется в форсунках. При одной форсунке может быть сожжено ~ 4000 кг серы в 24 ч.; если форсунок имеется несколько, то они устанавливаются одна возле другой.

Производительность печи в 24 ч.:

Величина	$0 \cong 1000$ кг сжигаемой серы
»	I $\cong 5000$ »
»	II $\cong 5 - 10000$ кг сжигаемой серы
»	III $\cong 10 - 15000$ »

б) Вращающаяся серная печь

В Америке очень часто находит применение для совершенно автоматического процесса сжигания серы, вращающаяся при одном обороте в минуту горизонтальная серная печь (рис. 223). Она состоит из горизонтального чугунного барабана, диам. $\sim 1,2$ м и длиной 3,5 м, с производительностью $\sim 5\,000$ кг серы в 24 ч. В большинстве случаев работают 2 вращающиеся печи, параллельно, с общей производительностью 10 000 кг серы

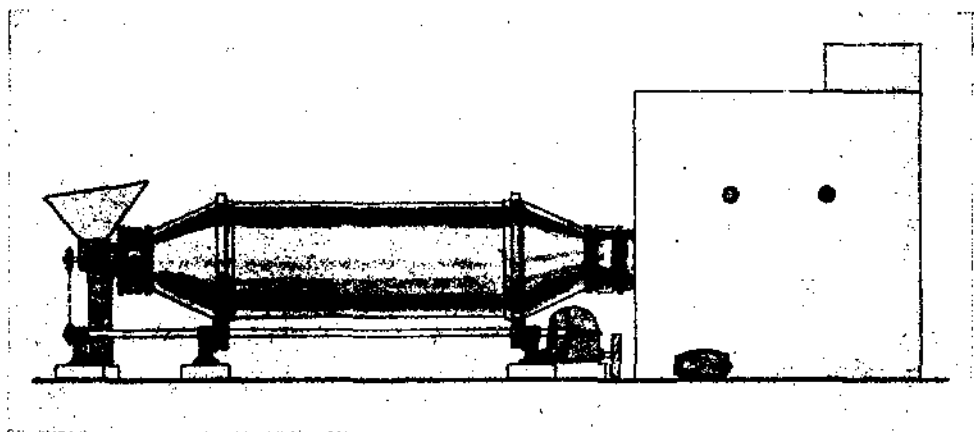


Рис. 223.

в 24 ч., достаточной для производства 90—100 000 возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. Работа этих барабанов ведется таким образом, что сера или автоматически стекает в расплавленном состоянии из высоко-установленного бачка, или же в измельченном виде непрерывно подается в печь с помощью шнека. Серная печь соединена с большой камерой дополнительного сгорания.

2. Из серного колчедана

Серный колчедан, с содержанием от 40 до 50% серы, связанной в основном с железом, уже с давних пор применяется для получения SO_2 . Химическая реакция в основном протекает по следующей формуле:



В зависимости от месторождения, колчедан содержит примеси меди, цинка, свинца, мышьяка и др. и поступает на целлюлозные заводы чаще всего недробленным, т. е. в виде крупных кусков. Таким образом колчедан перед обжигом должен быть раздроблен или на грубые куски, величиной с орех, или на мелкие, т. е. величиной с горошину.

а) Дробильная установка для колчедана

Дробильная установка (рис. 224) с производительностью 3 000 кг колчедана в час, работающая автоматически, состоит из следующих агрегатов:

1. Щековой колчеданной дробилки для ~ 3 до 5 000 кг колчедана в час, при потребной мощности ~ 15 л. с.

2. Вальцевой мельницы с 2-мя стальными вальцами, диам. 550 мм и длиной 260 мм, при потребной мощности ~ 15 л. с.

3. Железного сортировочного барабана конической формы с диам. 700 и 900 мм, длиной 2500 мм.

Колчедан подается элеватором от щековой дробилки к сортировочному барабану, из которого отсортированный тонкий колчедан по ленточному транспортеру через весы направляется в бункеры над печами, в то время как крупные куски поступают на вальцевую дробилку для вторичного дробления с тем, чтобы снова возвратиться к сортировочному барабану. Потребная мощность сортировочного барабана, включая транспортные приспособления: ~ 15 л. с.

Общая потребная мощность дробильной установки ~ 45 л. с.

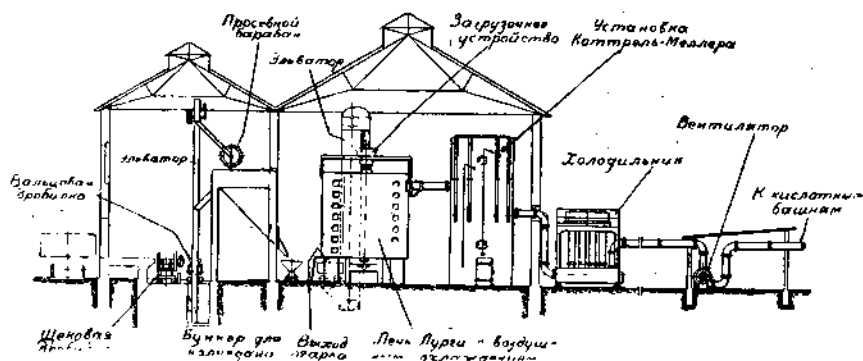


Рис. 224.

На рис. 224 изображена такого рода дробильная установка для колчедана, соединенная с установкой для обжига. Дробленый колчедан поступает в бункер, а оттуда, по мере надобности, он может подаваться вагонетками к элеватору и последним наверх печи.

3) Печи для обжига колчедана

1. Стационарные печи

а) Стационарная печь для грубого колчедана с решеткой. Кирпичная печь для кускового колчедана (рис. 225) служит для обжига грубо дробленого колчедана величиной с орех, обжигаемого на решетке из железа квадратного сечения, при высоте слоя колчедана до 50—60 см. Необходимый для горения воздух поступает снизу через слой колчедана и раскаленной массой последнего нагревается по пути к свежезаброшенному колчедану. Такого рода печь состоит из нескольких отделений, из которых каждое имеет обжигательную поверхность шириной около 2 м и длиной 1,2 м. Производительность 1 м² печи составляет ~ 200 до 250 кг в 24 ч.; печная группа состоит из 8 до 12 отделений с общей производительностью 5—7000 кг в 24 ч. Эти 8—12 отделений печи соединены общим бором для газа, ведущим к специальному холодильнику. К преимуществам этой печи нужно отнести хороший обжиг и почти свободный от пыли газ, и одновременно, с другой стороны, большим недостатком печи является тяжелая ручная работа по ее обслуживанию.

б) Стационарная этажная колчеданная печь «печь Малетра». Оригинальная печь Малетра (Malettra) (рис. 226) для колчедана величиной 7—8 мм состоит из нескольких обжигательных отделений, вмещающих 5—7 этажей, из которых каждый имеет ширину ~ 700 мм и длину ~ 900 мм. При 5-этажной печи, поверхность обжига такого отделения

равна $\sim 3 \text{ м}^2$; производительность $\sim 600 - 750 \text{ кг}$, что соответствует максимальной нагрузке в $200 - 250 \text{ кг}$ на 1 м^2 поверхности обжига, в зависимости от содержания серы и физических свойств поступающего в перера-

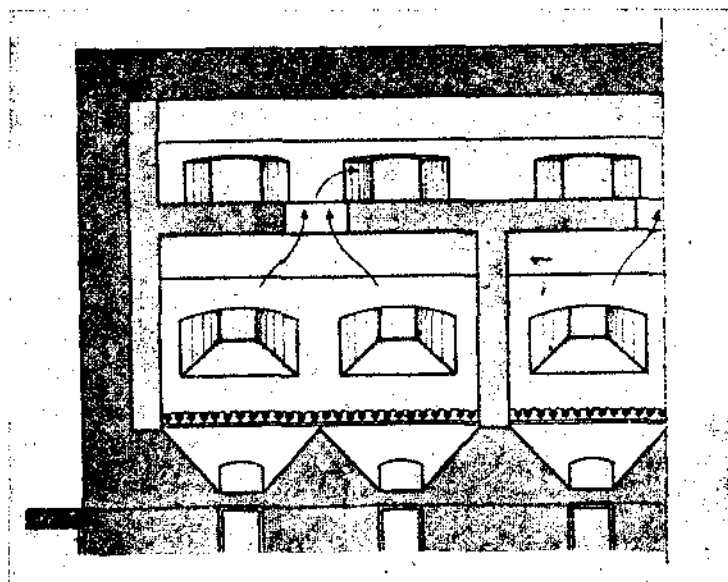


Рис. 225.

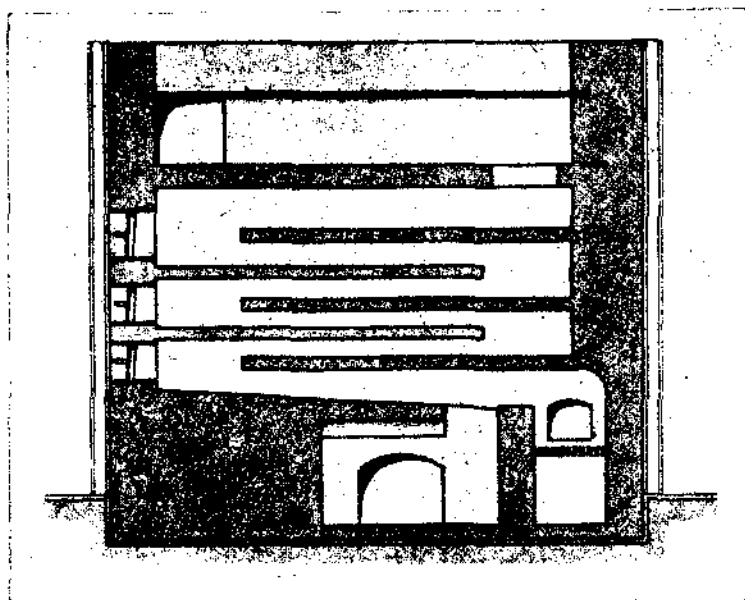


Рис. 226.

ботку колчедана. Такого рода отделения в количестве 4—10 шт., в зависимости от общей производительности, соединяются в одну группу. В этих печах, так же как и в печах для грубого колчедана, обжиг дает довольно хорошие результаты; однако недостатками печи и здесь являются: необхо-

димось тяжелой ручной работы по обслуживанию и, в отличие от печей для грубого колчедана,—большое выделение пыли. Печи Малетра в усовершенствованной форме еще и в настоящее время находят себе широкое применение в виде так называемых печей Дельпласа (Delplass), которыми зачастую пользуются для обжига цинковой обманки. Для избежания дорого стоящей ручной работы были произведены попытки механизировать эти работы, однако это мероприятие не дало положительных результатов.

2. Механические колчеданные печи с автоматической пересыпкой колчедана.

Развитие сульфит-целлюлозной промышленности повлекло за собой увеличение размеров и производительности вспомогательного оборудования. Для достижения рентабельности производства варочной кислоты давно уже пытались механизировать процесс обжига колчедана, аналогично тому, как об этом уже упоминалось при вращающихся серных печах. Вместо утомительной пересыпки колчедана из этажа в этаж, имеющей место при печах Малетра, начали строить механические печи для обжига колчедана, в которых выжигание серы происходит автоматически, если только аппарат работает под необходимым тщательным присмотром. Большое количество выполненных конструкций такого рода механических печей указывает на то, что для целлюлозной промышленности очень важно иметь построенными аппараты такой формы, которая обеспечивала бы наибольшую экономичность работы. Расположенные друг над другом прямоугольные поверхности горения стационарных печей были у механических печей новых конструкций заменены круглыми; установленный в центре печи мощный вертикальный вал, вращающийся со скоростью $\sim 0,25 - 0,5$ об/мин., снабжается для каждого этажа (до 7) двумя или четырьмя гребками с насаженными на них зубьями. Отдельные системы печей отличаются друг от друга конструкцией привода, а также конструкцией вала и гребков.

Корпус аппарата состоит из массивного железного кожуха с необходимыми дверцами для обслуживания этажей. Последние так же, как и кожух, обмурованы особым шамотным кирпичем. Отверстия в сводах служат для пересыпки колчедана из этажа в этаж, равно как и для прохождения газа к главному газопроводу, приключенному к верхнему этажу печи.

Дробленый колчедан особым транспортным устройством подается на верхнюю открытую площадку печи, где он подсушивается отходящим от печи теплом. Одновременно колчедан передвигается с помощью гребков, снабженных косо установленными зубьями, к центру печи, где он особым приспособлением непрерывно засыпается в печь. Это последнее приспособление для равномерного поступления колчедана в печь играет чрезвычайно важную роль, так как оно должно регулировать количество поступающего в печь колчедана, при чем в этом месте должна быть исключена возможность поступления воздуха извне в печь, а также выхода газа из печи наружу. С помощью находящихся внутри печи гребков колчедан механически пересыпается постепенно от верхнего этажа к нижнему, все более и более освобождаясь от серы. Из нижнего этажа печи колчедан, с содержанием $\sim 1\%$ до 3% серы, в виде колчеданного огарка, высыпается наружу и отвозится вагонетками или же подается элеватором в бункер, а оттуда непосредственно загружается в железнодорожные вагоны для дальнейшей транспортировки.

Рабочие процессы протекают в этих печах совершенно автоматически, если: 1) колчедан имеет строго определенный состав, 2) обслуживание ведется тщательно и умело.

Сернистые газы (SO_2) при выходе из печи имеют температуру $\sim 550^\circ - 650^\circ$; поэтому ясно, что как гребки, так и обмуровка должны подвергаться разрушению, если они не будут достаточно защищены. Это обстоятельство послужило поводом для устройства печей разных систем, которые однако в отношении принципа обжига не отличаются друг от друга.

Ниже приведены некоторые конструкции печей в последовательном порядке их развития и усовершенствования, при чем далеко не все фирмы, сыгравшие роль в этом деле, могли быть упомянуты, несмотря на их некоторое значение в историческом развитии колчеданных печей.

Вращающиеся печи для обжига колчедана получили за последние годы исключительно сильное распространение. На основании практических данных можно сделать заключение, что для рациональной работы необходимо, чтобы установка имела минимум 2 печи. При этом равномерность процесса обжига обеспечивается наилучшим образом.

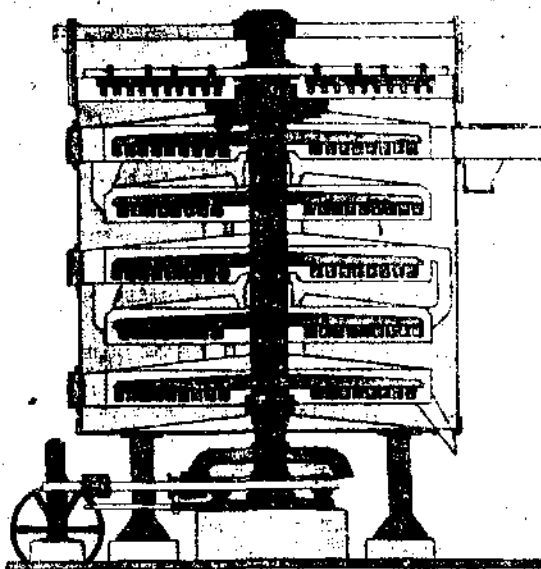


Рис. 227.

а) Механическая печь для обжига колчедана простейшей конструкции (Печь Геррессгофа). Печь Геррессгофа (Hergeshoff) (рис. 227), выполняемая общ. Лурги во Франкфурте на Майне, была первой рациональной механической печью для обжига колчедана, появившейся на американском рынке. При внешнем диаметре печи $\sim 3,55$ м и 5-ти этажах, в ней можно подвергнуть обжигу до 3000 кг серного колчедана в сутки. Печь снабжена чугунным полым валом, который имеет в каждом этаже сквозное гнездо для двух гребков. Закрепление гребков в этих печах выполнено настолько просто, что, в случае порчи, гребки могут быть сменяемы во время работы печи.

Рис. 227 изображает печь Геррессгофа. Молотый колчедан подается на верхний этаж печи, где при постоянном

передвижении колчедан подсушивается и направляется к валу печи. Специальное приспособление для засыпки колчедана в печь регулирует его количество и подает подсушенный колчедан в I этаж печи.

Соответствующим направлением зубьев гребков достигается зигзагообразное (поэтажно от центра к окружности и обратно) передвижение колчедана через все этажи печи. Почти целиком освободившись от серы, колчедан автоматически высыпается в виде огарка из нижнего этажа печи в опрокидывающуюся вагонетку. Печи Геррессгофа очень быстро нашли себе применение в промышленности; в сравнительно короткое время большое число их находилось в работе в европейских странах как в основной химической, так и в целлюлозной промышленности. Ввиду этих успешных

опытов были сконструированы новые печи; основной принцип работы печи был сохранен и усовершенствования касались только отдельных деталей, как-то: охлаждения, закрепления гребков, подачи колчедана, обмуровки и т. п.

Размеры и производительность простых печей:

Внешний диаметр печи в мм	3 350	4 000	4 000
Высота печи в мм	5 000	5 000	6 200
Число этажей	5	5	7
Число оборотов вала в мин.	1,5	1,5	1,5
Производительность печи колчедана в кг/24 ч.	3 000	4 000	5 000
Потребная мощность л. с.	~ 0,5	~ 0,5	1,0

Наличие высокой температуры в отдельных этажах дало повод фирме Вагнер и К^о сконструировать печь (рис. 228) с усовершенствованным воз-

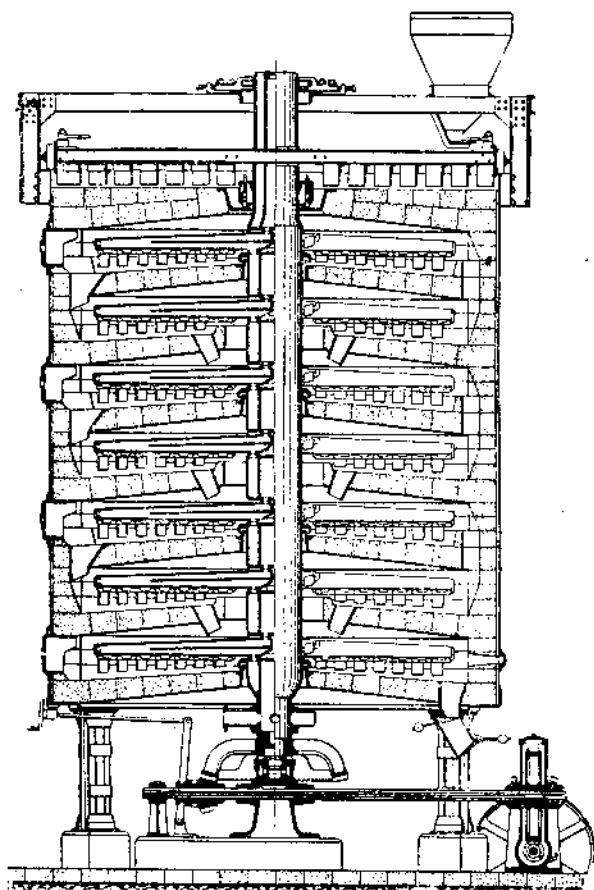


Рис. 228.

душным охлаждением. Воздух нагнетается снизу и, проходя по валу, циркулирует в пустом пространстве гребков, а затем в самой высокой части вала покидает печь.

Размеры и производительность

Диаметр кожуха в мм	4 000		4 400	4750	5 200	
Число этажей	5	7	7	7	7	8
гребков	10	14	14	14	14	16
Поверхность обжига в м ²	42	58	78,5	85,0	106	120
Производительность печи — кг (кол- чедан) 24 ч.	4 000	6 000	7 000	8 000	10 000	12 000
Потребная мощность Л. С.	0,5	0,75	1,0	1,5	1,8	2

б) Печь Ведже с охлаждаемыми водой гребками, доступным полым валом и съемными зубьями. Печь Ведже (рис. 229) была сконструирована в результате дальнейшего развития меха-

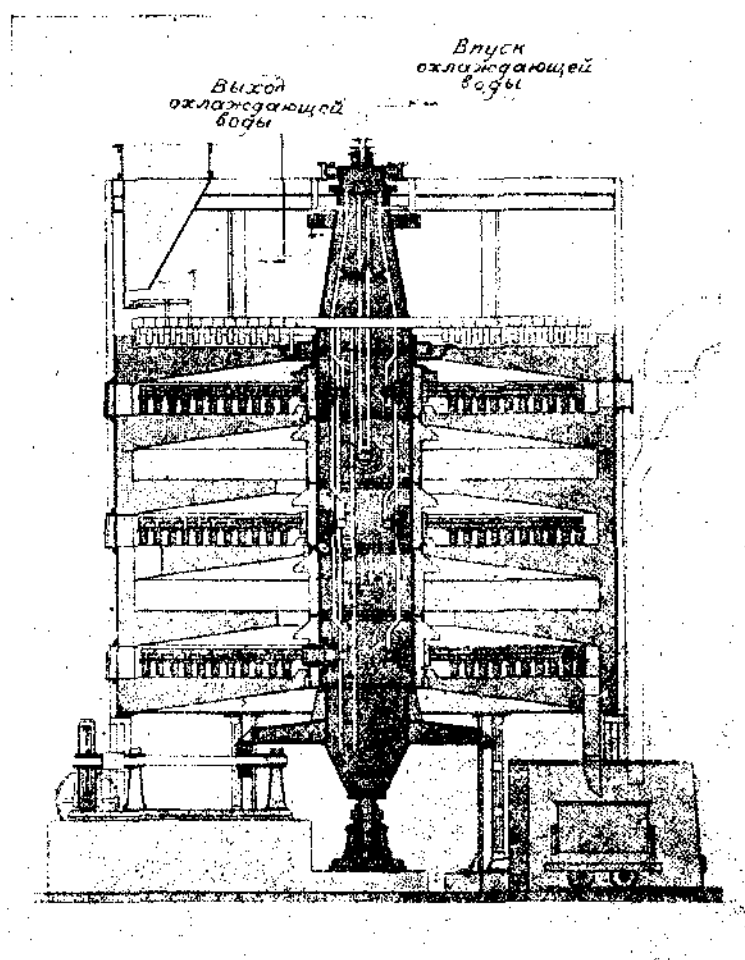


Рис. 229.

нического обжига, как ответ на требования промышленности на печи большой производительности. Последняя однако в сильной степени зависела от прочности гребков. Поэтому была сделана попытка повысить эту

прочность гребков с помощью искусственного охлаждения их и благодаря этому увеличить соответствующие размеры печей. Механические печи с неохлаждаемыми гребками строятся на производительность до ~ 5000 кг в 24 ч., тогда как для печей с большей производительностью, как уже упоминалось, необходимо применение искусственного охлаждения гребков.

Пионером в этом деле явился американец Утлей Ведже (Utley Wedge). Им были сконструированы печи диам. 6,10 и 6,50 м, с охлаждаемыми водой гребками. Для закрепления последних полый вал печи делается большого диаметра = 1 200 мм для того, чтобы он был доступен изнутри во время работы печи в случае необходимости замены гребков, прикрепленных к валу, новыми. Гребковые зубья свободно насажены на ручки гребков, так что каждый зуб, в случае надобности, может быть заменен новым, не прибегая к замене всей ручки. Эти печи отличаются стабильностью и долговечностью. Они строятся фирмой Лурги 4-х размеров, а именно: диаметром 6,10 м с 5 и с 7 этажами, производительностью 12 000 — 17 000 кг в 24 ч. и диам. 6,5 м с 5 и с 7 этажами, производительностью 15 000 — 22 000 кг в 24 ч. В Европе до настоящего времени построено и находится в работе около 120 таких печей.

При применении колчедана с содержанием серы $\sim 48\%$ печи Ведже характеризуются следующими данными:

Величина печи	альфа	бета	гамма	дэльта
Число гребков	14	14	20	20
Внешн. диам. печи в м	6,1	6,5	6,1	6,5
Число этажей	5	5	7	7
Поверхность обжига, охватываемая гребками, в м ²	102	120	143	167
Количество колчедана на 1 м ² поверхности обжига в кг	108	117	119	120
Производительность печи колчедана в 24 ч.	11 000	14 000	17 000	20 000
Расход сил при работе печи в л. с.	1,5	1,8	2,1	2,4
Потребная установочная мощность мотора в л. с.	3	3	4	4
Расход охлаждающей воды в м ³ /ч.	4,6	5,9	7,1	8,4
Расход сил для подачи охлаждающей воды при $N \sim 15$ м в л. с.	1,4	1,6	1,8	2,0

в) Механические колчеданные печи с доступным полым валом, гребками, охлаждаемыми воздухом, и сменяемыми зубьями (печь Лурги). Печь Лурги (Lurgi) представлена на рис. 230. При охлаждении гребков водой часто возникают затруднения, вызванные или тем, что охлаждающая вода, вследствие ее некоторых свойств, ведет к разрушению гребков, или же тем, что в бедных водой местностях трудно обеспечить охлаждение печей достаточным количеством воды. Если несвоевременно обнаружить поломку гребка, то вода проникнет вовнутрь печи, что легко может повлечь за собой полное охлаждение печи, а также и разрушение обмуровки. Эти последние соображения дали повод к замене охлаждающей воды воздухом. Главную трудность при конструировании такого рода печей представляет закрепление гребков к валу. Жесткая связь с полым валом, в особенности при печах малой производительности, имела то преимущество, что гребки прикреплялись совершенно плотно к валу и охлаждающий воздух не мог попадать вовнутрь печи, так же как и печные газы не могли выходить в окружающую атмосферу.

Недостаток такой конструкции заключался в том, что при частичной поломке гребка нужно было останавливать и охлаждать печь; иначе человек не мог попасть вовнутрь печи и освободить гребок. Другие виды воспроизведенных до сих пор конструкций, предусматривающие легкую смену гребков во время процесса производства, тоже обладали громадным недостатком. Присоединение воздушных трубок в них было настолько

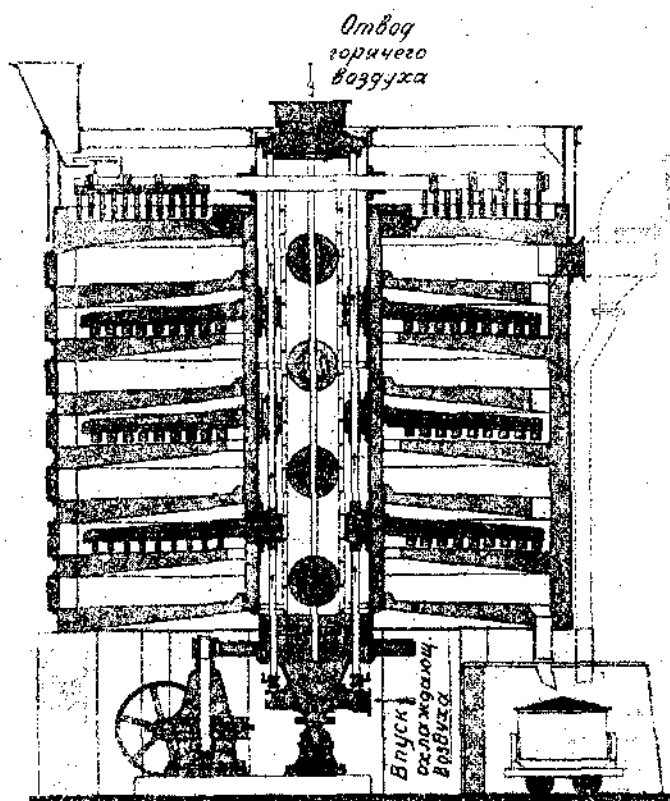


Рис. 230.

неплотным, что вызывало поступление охлаждающего воздуха в печное пространство, а при остановке подающего этот воздух вентилятора газы выходили через полый вал наружу. Фирма Лурги во Франкфурте на Майне предусмотрела для своих новых печей такую конструкцию гребков, которая объединяет все преимущества жесткого закрепления гребков с легкой заменой их.

Эти новые печи с патентованными приспособлениями и закреплением гребков оказались очень практичными. До настоящего времени было поставлено около 150 таких печей различных размеров.

Представление о размерах и производительности этих печей дает следующая таблица:

Величина	LC 4	LC 4,5	LC 5	LC 6	LC 6,5
Внешний диаметр печи в мм.	4 000	4 500	5 000	6 000	6 500
Число гребков	14	14	20	20	20
„ этажей	7	7	7	7	7
Поверхность обжига, охватываемая гребками, в м ²	57	74	98	129	160
Нагрузка на 1 м ² поверхности обжига в кг	105	108	102	116	113
Производительность печи-колчедана в 24 ч. в кг	6 000	8 000	10 000	15 000	18 000
Потребная мощность при работе печи в л. с.	0,7	1,0	1,3	1,8	2
Мощность мотора в л. с.	1,5	1,5	2	3	4
Расход охлаждающего воздуха в м ³ /м.	10	18	17	25	30
Потребная мощность для подачи охлаждающего воздуха при 40 мм водяного столба в л. с.	0,3	0,4	0,5	0,9	1,2
Наибольшее число оборотов полового вала в мин.	0,4	0,4	0,3	0,25	0,25

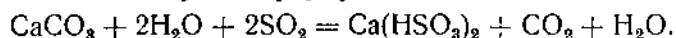
3. Получение SO₂ газа из газовых остатков

В описанных выше механических печах для обжига колчедана могут также освобождаться от серы и так называемые газовые остатки. Однако последние должны быть задаваемы при этих печах во второй, а иногда только в третий этаж, вследствие сравнительно низкого содержания в остатках серы (~ 20 — 25%, максимум 30%).

Содержание серы в газовых остатках не только сравнительно низко, но зачастую и очень неравномерно, поэтому газовые остатки используются только в тех случаях, когда это оказывается в достаточной степени экономически выгодным.

б) Обработка газа и приготовление башенной кислоты

Важнейшим методом производства кальциевой бисульфитной кислоты по принципу является тот же самый, который был применен Митчерлихом на башенной системе (рис. 238). Этот метод состоит в том, что содержащие SO₂ газы из колчеданных печей сначала освобождаются от пыли, затем быстро охлаждаются и после этого с помощью вентиляторов нагнетаются сквозь башни высотой 35 — 40 м, наполненные крупными кусками известкового камня или доломита кристаллического строения. Известковый камень орошается сверху определенным количеством холодной воды, протекающей навстречу поступающему снизу потоку сернистого газа. Сернистый газ поглощается холодной водой и образует с кальцием известкового камня, при выделении угольной кислоты, так называемую кальциевую бисульфитную кислоту по формуле:



Правильный состав башенной кислоты чрезвычайно важен и должен быть всегда контролируем. Более детальное знакомство с химизмом и главнейшими свойствами кислоты можно получить из специальной литературы¹⁾.

¹⁾ Herstellung der Sulfitlauge; Dr. Hans Remmler. Sulfitzellstoff, R. Dieckmann.

1. Очистка газа

Содержащие пыль газы, крепостью от $\sim 7\%$ до 11% SO_2 , помощью вентиляторов отсасываются из колчеданных печей и при $t^\circ 550\text{--}650^\circ$ направляются через короткий, большого диаметра газопровод для очистки. Очистку газа можно производить различным образом:

1) Непосредственно за печами устанавливаются пыльные камеры, имеющие форму прямоугольных ящиков, снабженных двойными шиберами для очистки их от пыли в процессе производства.

2) Горячие газы очищаются от пыли электрическим путем по методу Коттрель-Мёллера.

3) Горячие газы проходят сквозь так называемые промывалки для газа, которые строятся различных конструкций и наряду с освобождением газа от пыли обеспечивают одновременно и быстрое охлаждение газов.

Последнее обстоятельство является чрезвычайно важным, так как при медленном охлаждении между 650 и 200° образуются очень большие количества SO_3 , что, конечно, является весьма нежелательным.

Новейшие установки имеют поэтому непосредственно за печами промывные аппараты для газа, которые быстро снижают t° газа по меньшей мере до $60\text{--}70^\circ$. В случае, если придается большое значение наибольшей чистоте газов в отношении освобождения их от пыли, то следует рекомендовать установку за печами электрической пыльной камеры системы Коттрель-Мёллера.

а) Электрические пыльные камеры

(Коттрель-Мёллер)

Установка для очистки газа электрическим путем по способу Коттрель-Мёллера ¹⁾ сконструирована фирмой Лурги таким образом, что печные газы с $t^\circ 550\text{--}650^\circ$ поступают в кирпичную камеру (рис. 231), в которой создается электрическое поле с помощью часто пульсирующего постоянного тока напряжением $\sim 50\,000\text{ V}$. Благодаря этому происходит очистка газа от пыли до $\sim 2\%$ первоначального содержания ее ²⁾.

Следующая таблица дает производительность и главные размеры такого рода пыльных камер:

Производительность в 24 ч. (колчедана в т)	Размеры кирпичной камеры			Высота центра газовой трубы над нижней площадкой мм
	ширина мм	длина мм	высота мм	
6 — 9	3 630	4 130	7 000	4 800
10 — 13	3 630	4 380	8 000	5 100
14 — 17	4 130	4 380	8 400	5 100
18 — 21	4 130	4 630	8 400	5 300
22 — 25	4 630	4 630	8 400	5 300
26 — 30	5 020	5 720	10 000	6 000

Целесообразно иметь в производстве две камеры.

Расход сил составляет:

при производительности колчедана в 24 ч. 12 т — 2,3 kW
 » » » » 24 » 25 т — 5,0 »

¹⁾ См. «Wochenblatt für Papierfabrikation», 1928, № 6, стр. 165. D. R. P. № 422620, класс 12, группа 21.

²⁾ См. Zellstoff und Papier, 1922, стр. 165.

б) Промывные аппараты для газа

Испытанная конструкция промывных аппаратов для производительности 15 000—17 000 кг колчедана в 24 ч., т. е. удовлетворяющая производству 50—70 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч., состоит из цилиндрической бетонной башни внутрен. диам. $\sim 1,5$ —2 м и высотой 4 м, облицованной кислотоупорными плитками. На высоте около $\frac{3}{4}$ м над полом установлена прочная деревянная решетка, а на ней находится так называемое шамотное заполнение Рашига.

Печные газы с $t^\circ 550$ — 650° поступают под решетку и под давлением или вакуумом выходят через верхнюю часть башни. Навстречу газу протекает, орошая футеровку, вода в сильно распыленном виде. Послед-

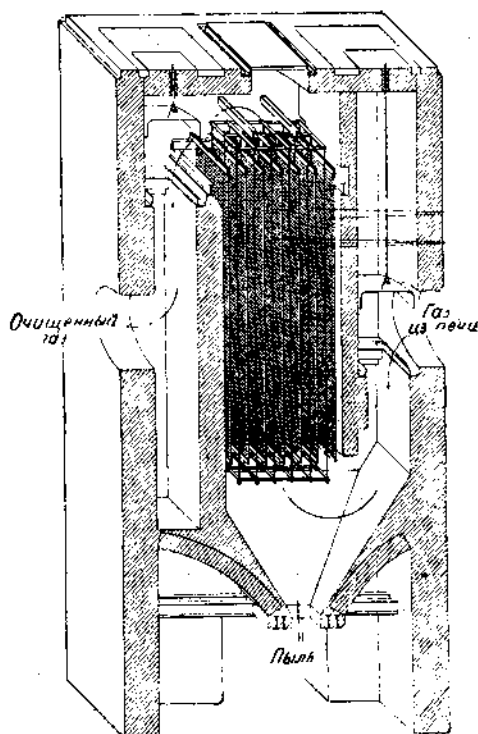


Рис. 231.

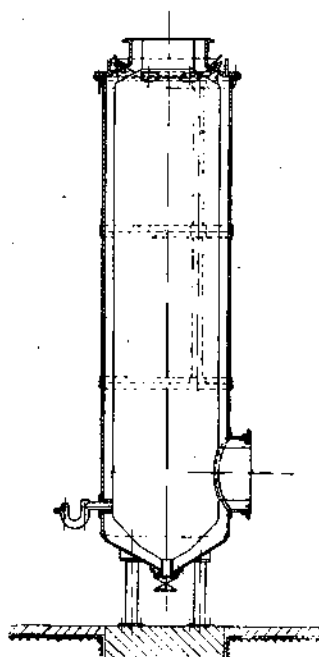


Рис. 232.

няя забирается насосом из специального отстойника и накачивается кверху при постоянном прибавлении такого количества свежей воды, которое обеспечивало бы t° орошающей воды не выше 50 — 55° . Выходящая из нижней части башни промывная вода направляется в вышеуказанный отстойник, где происходит осаждение пыли: осветленная вода забирается центробежным насосом и снова применяется для промывки газа. Потери SO_2 при t° промывной воды ~ 50 — 55° сравнительно невелики; при хорошем разбрызгивании промывная вода быстро поглощает частично содержащуюся в газах серную кислоту.

Промывные аппараты другой конструкции имеют внутренний диаметр $\sim 1,2$ до $1,5$ м и высоту ~ 5 м и снабжены соплами, которые подают воду в сильно распыленном состоянии параллельно потоку газа, поступающему сверху. Промывные воды выходят из башни через находящуюся внизу боковую трубу и отводятся с помощью сифона (см. рис. 232 фирмы Вагнер и К^о, Кетен). Газы очищенными направляются к верхней части башни, охлаждаясь до $t^\circ 60$ — 70° . Промывная башня фирмы Лурги более новой конструкции работает по принципу противотока также с соплами.

Промывная башня по рис. 233 выполнена из бетона и облицована кислотоупорными шамотными плитками. Подвод газа производится сверху через трубу, доходящую до дна башни; здесь газы меняют свое направление с тем, чтобы выйти

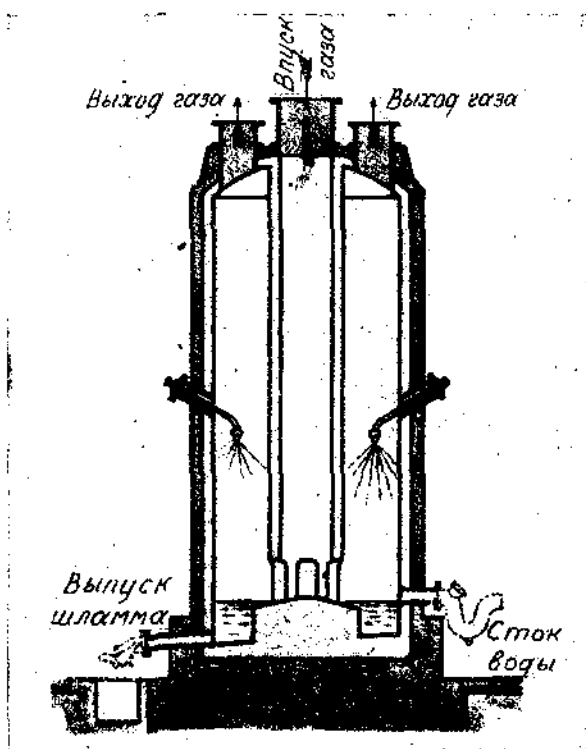


Рис. 233.

снова через верхнюю часть башни. Охлаждение и очистка газа от пыли происходит два раза: сначала при прохождении через узкую трубу, а затем в промывной башне, с помощью большого числа сопел. В нижней части аппарата находятся выходные отверстия как для промывной воды, так и для шлама.

Для производительности в 12 000 кг колчедана в 24 ч. внешние размеры такой промывалки будут: 2,5 м диам. и около 5 м высоты. В зависимости от конструкции сопел, давление воды должно равняться ~ 1,5 до 2,5 атм.; расход воды составляет от 40 до 70 л в минуту. Преимущество этого рода промывалок Лурги с переменным направлением газа состоит в том, что они работают без всякого наполняющего материала и поэтому создают очень небольшое сопротивление; кроме того, благодаря центральному вводу

горячих газов, исключается опасность излишнего перегрева наружного бетонного кожуха.

2. Охлаждение газа

После того как печные газы основательно очищены от пыли и предварительно охлаждены, они должны быть подвергнуты дальнейшему сильному охлаждению, прежде чем поступить в поглотительные башни. Для этой цели применяются особые холодильники.

Охлаждение газа, как уже упоминалось выше, должно производиться по возможности быстро, с тем, чтобы избежать образования SO_3 ; путь от печей к холодильникам поэтому должен быть по возможности коротким, и для охлаждения должна применяться по возможности холодная вода.

Чем больше охлаждены газы, поступающие в поглотительные башни, и чем холоднее орошающая башню вода, тем большее количество SO_2 может быть поглощено водой.

Поглотительная способность воды по отношению к сернистому газу при различных t° и одинаковом давлении следующая:

Давление, атм.	t° воды, ° Ц.	Растворимость SO_2 , %
1	20	11,30
1	40	5,41

Графическое изображение растворимости SO_2 в воде, при различной t° и одинаковом давлении, дает диаграмма на рис. 234. Эти данные ука-

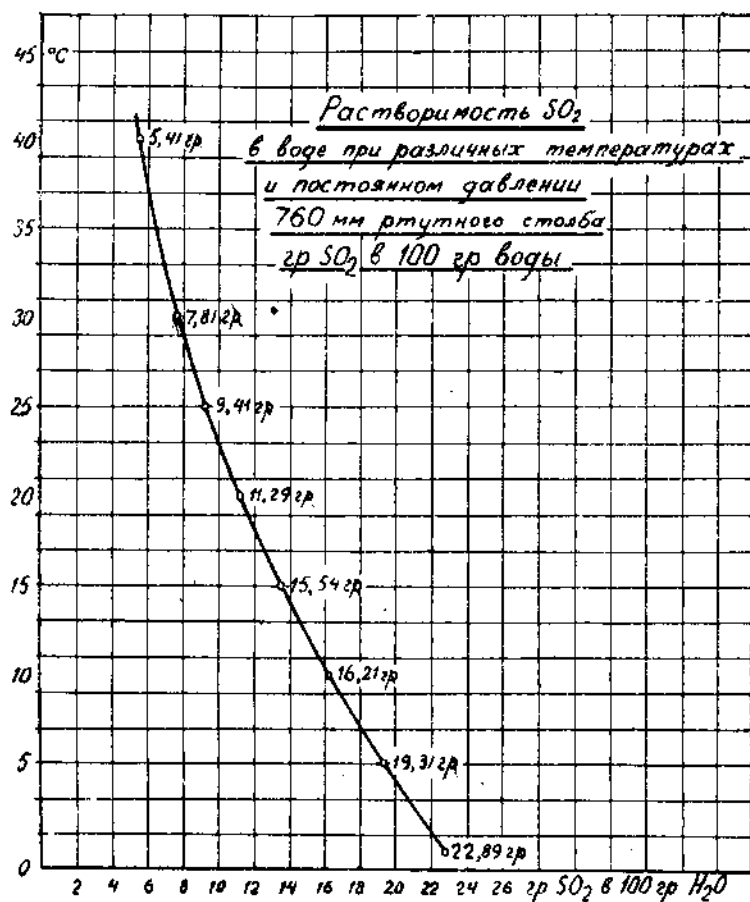


Рис. 234.

зывают на необходимость установки хороших холодильников, а также снабжения холодной водой как для охлаждения, так и для орошения погло-
тительных башен (см. ниже).

Конструкция холодильников

Холодильники устраиваются из свинцовых труб как горизонтальными, так и вертикальными.

а) Горизонтальные холодильники состоят из свинцовых труб очень большого диаметра, которые помещаются в плоских деревянных или бетонных ящиках, наполняемых проточной водой. Охлаждение поэтому происходит главным образом по стенкам труб большого сечения, в то время как в середине сечения трубы газы охлаждаются очень мало.

б) Это несовершенство устраняется при вертикальных, так называемых орошаемых холодильниках по рис. 235, которые состоят из свинцовых труб гораздо меньшего диаметра, чем те, которые применяются при горизонтальных конструкциях. Вертикальные холодильники, изображенные на черт. 235, выполняются фирмой Вагнер и К^о в виде батареи круглых свинцовых труб ~ 200 мм внутреннего диаметра и имеют поверхность

охлаждения до 90 м^2 . Большие горизонтальные соединительные трубы 650 или 600 мм внутреннего диаметра целиком погружены в воду, и последняя

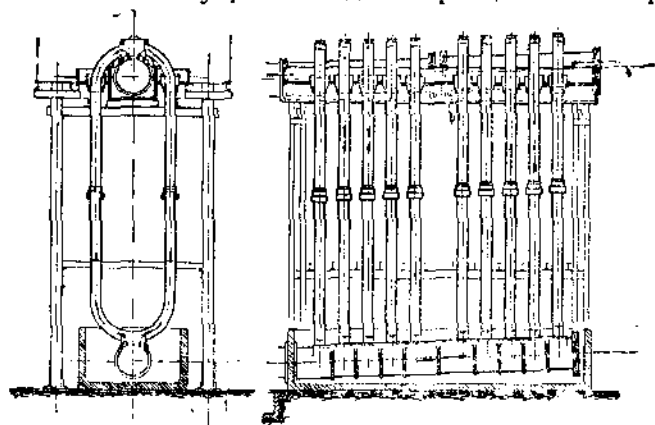


Рис. 235.

тонким слоем стекает по внешним стенкам вертикальных труб вниз, при чем охлаждение усиливается благодаря хорошему распределению воды.

Предприятия должны иметь даже летом холодную воду (в частности колодезную), а также достаточных размеров холодильную установку для газа, так как газы должны быть охлаждены по крайней мере до $20^{\circ}\text{--}25^{\circ}$.

При достаточно очищенном от пыли газе, для

производства 1000 кг воздушно-сухой целлюлозы в 24 ч., необходимая поверхность охлаждения должна составлять от ~ 3 до $3,5\text{ м}^2$, т.е. на 1000 кг $\text{SO}_2 \sim 10,5\text{ м}^2$.

Холодильники для газа сист. Лурги

Изображенный на рис. 236 нормальный холодильник имеет общую поверхность охлаждения около 80 м^2 и в состоянии охлаждать от $+300^{\circ}$

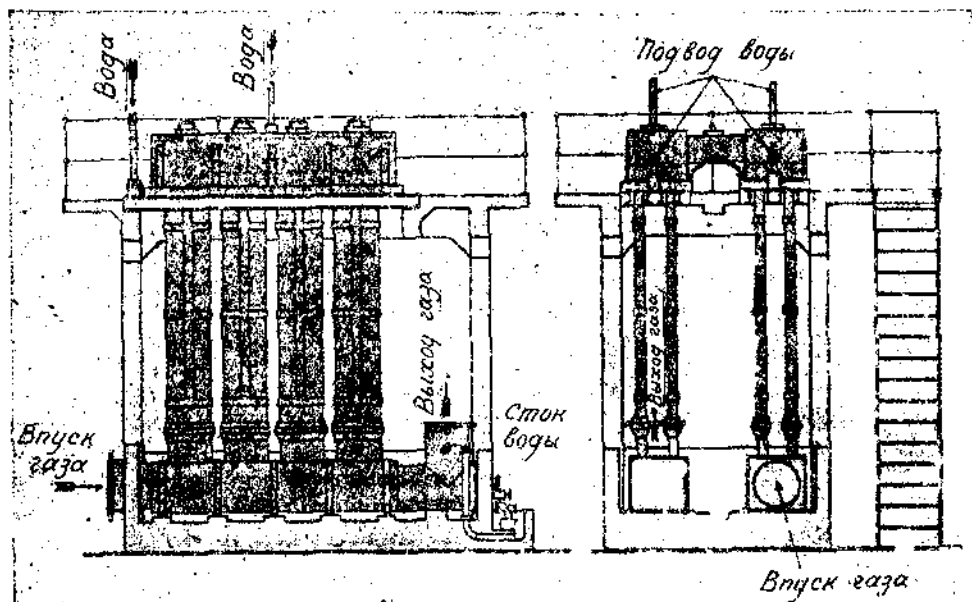


Рис. 236.

до $\sim 35^{\circ}$ газы, образующиеся при сжигании 2000 кг серы или соответствующего по анализу количества серного колчедана. Подводящая газ труба в этом случае погружается в наполненную водой ванну для защиты свинцо-

вого кожуха от моментально наступающей высокой t° . Газы из приемной трубы поступают через холодильные трубы узкого прямоугольного сечения в верхний соединительный канал, а отсюда направляются по переходящим поперечным патрубкам и второй соединительной трубе в холодильные трубки такого же сечения, как и первые, после чего, пройдя их по направлению вниз, собираются в нижнем соединительном канале и направляются к выходу. Верхние соединительные трубы, так же как и вертикальные холодильные трубы, орошаются извне водой. Подвешивание холодильных трубок устроено таким образом, чтобы они могли, в зависимости от нагревания той или иной части, деформироваться независимо друг от друга. Благодаря последнему обстоятельству устраняется возможность разрыва паяных швов или изгибов. Охлаждение в узких трубах происходит чрезвычайно интенсивно, при сравнительно небольшом расходе воды.

Для охлаждения упомянутого выше количества газа от $\sim 300^\circ$ до $\sim 35^\circ$ необходимо от ~ 150 до 180 л воды в минуту при максимальной $t^\circ 16-18^\circ$. При желании можно увеличить поверхность охлаждения присоединением нескольких секций холодильников.

3. Вентиляторы

Газы из колчеданных печей через промывалки и холодильники просасываются вентилятором низкого давления, изготовляемым из твердого свинца (рис. 237). Число оборотов вентилятора, а следовательно и его производительность целесообразно делать переменными с тем, чтобы была

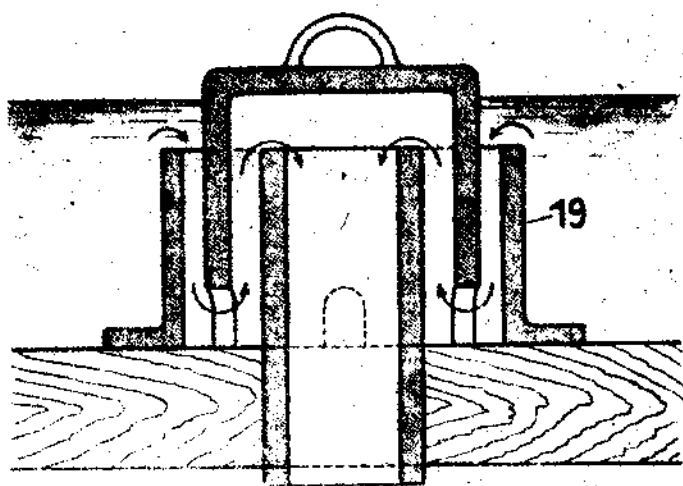


Рис. 237.

возможность точно регулировать тягу в печах. Этот вентилятор нагнетает газы под давлением около 40 мм водяного столба по свинцовой трубе большого диаметра через наполненные известковым камнем высокие башни. Если количество газа слишком велико для обслуживания одним вентилятором и требуется установить два или большее количество вентиляторов, то они ни в коем случае не должны работать из одной общей линии

и одновременно из всех печей. В таких случаях разделяют газопроводы, а также печи и холодильные установки на отдельные потоки газов, и каждый вентилятор устанавливается так, чтобы он работал независимо от остальных. Вентиляторы в настоящее время уже строятся производительностью в 250—300 м³ газа в мин. с диаметром газопроводов 700—850 мм, так что разделение потоков требуется только в очень больших установках. В тех случаях, когда вентиляторы устанавливаются непосредственно за печью и предназначены для нагнетания газов через промывные аппараты и холодильники, то, вследствие высокой t° газов, вентиляторы должны быть железными. Горячие газы, в отличие от холодных, не разъедают железа, поэтому при холодных газах холодильники и присоединенные к ним вентиляторы, а также газопроводы должны быть свинцовыми. Следующий численный пример дает основание для определения размеров вентиляторов:

1 кг серы практически образует при сжигании ~ 26,5 м³ газа с t° 450°, при 7% содержания SO₂.

Две вращающиеся колчеданные печи с производительностью 6 000 кг тощего колчедана в 24 ч. каждая, при обжиге колчедана от начального содержания серы 42% до конечного содержания 5%, т. е. при 37% используемой серы, дают:

$$12\,000 \cdot 0,37 = 4\,440 \text{ кг серы в } 24 \text{ ч.} \approx 3 \text{ кг серы в мин.}$$

~ 3 · 26,5 = 79,5 м³ в м. с t° 450°, при 7% содержания SO₂ непосредственно при выходе из печей. Для этого количества газов потребуются 1 свинцовый вентилятор с диаметром газопровода 400 мм при числе оборотов ~ 1 100 в мин. и потребной мощности ~ 4 л. с. В каждом случае необходима установка резервного вентилятора.

1 кг серы дает при сжигании практически приблизительно следующие количества в м³:

~ SO ₂ = крепости газа	t° газа ~ 450°	t° газа ~ 550°	t° газа ~ 650°
~ 7%	~ 26,5 м ³	~ 30,1 м ³	~ 33,8 м ³
~ 11%	~ 16,8 "	~ 19,2 "	~ 21,5 "

в) Поглотительные башни

а) Нормальная башенная установка (рис. 238)

В настоящее время башни в большинстве случаев строятся из здорового соснового дерева или лучше из лиственницы с толщиной стенки ~ 125 мм, верхним внутренним диаметром 1,5—2,5 м, который ушивается книзу на ~ 15—18%, что дает возможность известковому камню свободно опускаться книзу. Для обеспечения полного поглощения газа высота башен должна равняться по крайней мере ~ 35—40 м.

Каждая башня состоит из отдельных деревянных корпусов, охваченных кольцами из круглого железа, концы которых скрепляются винтовыми стяжками.

На высоте около 2 м от нижнего края деревянного кожуха установлена массивная деревянная решетка, на которую опирается столб известкового камня. Под решеткой находится образованный из кислотоупорных шамотных кирпичей отстойник и бачок для вытекающей из башни кислоты.

Сернистый газ подводится непосредственно под решетку. Каждая башня может быть выключена от поступления в нее газа с помощью шиберов или водяного затвора.

Башни целесообразно устанавливать на несколько возвышенном широком фундаменте так, чтобы кислота из отстойника могла самотеком поступать в бачок, установленный непосредственно около башен.

Весьма важным является правильный выбор конструкции фундамента и скрепляющего каркаса, так как нагрузка наполненных известковым камнем деревянных башен довольно велика. Башня с верхним диаметром = 2 200 мм и нижним — 2 600 мм при 35 м общей и 30 м полезной высоты имеет емкость ~ 136 м³ и вмещает 220 000 кг известкового камня. Принимаемый известковый камень должен быть твердым и кристаллической

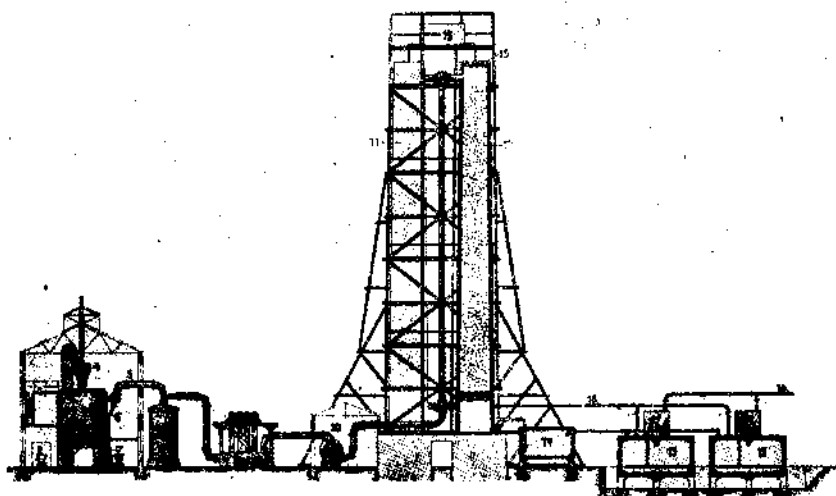


Рис. 238.

1 — печи для обжига колчедана; 2 — вагонетки для колчедана; 3 — элеватор для колчедана; 4 — устройство для ввода колчедана в печь; 5 — отвод печных газов; 6 — труба для спуска колчеданной пыли; 7 — вагонетки для огарка и колчеданной пыли; 8 — промывной аппарат для газа; 9 — холодильник для газа (Лурги); 10 — вентилятор; 11 и 12 — деревянные башни; 13 — бачок для орошающей воды над башнями; 14 — предварительный бачок для башенной кислоты; 15 — цистерны для варочной кислоты (бетонные со свободным доступом к ним снизу); 16 — линия отдувочных газов из варочных котлов; 17 — холодильник для отдувочных газов; 18 — газопровод для непоглощенного SO₂, ведущий под решетку башни; 19 — водяные затворы у верхней крышки башен (см. отдельн. рис. 237).

структуры, в противном случае башенное пространство будет подвержено сильному закупориванию. Кроме того необходимо время от времени перемешивать известковый камень путем «осаживания» содержимого башни через открываемый большой люк, находящийся над деревянной решеткой.

В зависимости от требуемой производительности устанавливается несколько деревянных башен, которые образуют башенную систему (в больших предприятиях до 20 штук), и окружают их скрепленным деревянным каркасом, реже железным, из-за опасности разъедания.

Для обслуживания башен устанавливается лестница, ведущая на верхнюю площадку башен; кроме того к каркасу пристраивается подъемник для подачи известкового камня наверх, оттуда он загружается в башни. Последние иногда обмуровываются изнутри кислотоупорным шамотным кирпичом толщиной ~ 6 см или же обшиваются сосновыми брусками тол-

щиной 12—15 см для того, чтобы куски камня легко опускались книзу и деревянный кожух был бы в достаточной мере защищен. Над башнями устанавливается бачок для орошающей воды емкостью в несколько м³, питаемый холодной водой с помощью центробежного насоса высокого давления. Один водяной насос необходим в качестве резервного. Бачок снабжается переливной трубой, по которой, наблюдая снизу, можно судить о достаточности в бачке воды. Из этого бачка вода орошает камень, при чем регулирование поступления в башню воды производится снизу. Деревянные башни сверху перекрыты толстыми крышками на которых имеется большое число водяных затворов 19 (рис. 237). Через эти водяные затворы вода равномерно поступает в башню и орошает камень, идя навстречу току газа.

Что касается устройства деревянного кожуха башни, то его поперечное сечение, так же как и высота, не должны быть слишком малы. На основании обследований существующих башен автору удалось установить следующие необходимые размеры башен:

Деревянный кожух			Достаточно для воздушно-сухой целлюлозы в 24 ч., кг	Сечение башни на 1000 кг возд.-сухой целлюлозы в 24 ч. ¹⁾ , м ²
Высота, м	Диаметр, м	Поперечное сечение, м ²		
35 до 40	1,4	~ 1,55	~ 7 000	~ 0,22
35 „ 40	1,5	~ 1,8	~ 8 000	~ 0,225
35 „ 40	1,7	~ 2,3	~ 10 000	~ 0,23
35 „ 40	2,0	~ 3,15	~ 14 000	~ 0,225
35 „ 40	2,4	~ 4,5	~ 20 000	~ 0,225

Эти данные указывают на то, что, при надлежащей регенерации SO₂ из котлов и достаточно высоким столбе известкового камня, для производства 1000 кг возд.-сух. целлюлозы требуется поперечное сечение деревянного кожуха башен ~ 0,22—0,23 м².

Из нижней части стоящих на некотором возвышении башен кислота поступает для отстаивания в один или два закрытых предварительных бачка из лиственницы или железобетона; последние обкладываются изнутри кислотоупорной облицовкой. Емкость отдельного бачка составляет 50—80 м³. Если для этой цели применяется железобетон, то ящик должен быть доступен для осмотра также и со стороны дна с тем, чтобы была возможность обнаружить образование течи.

Из предварительных бачков кислота обычно поступает в закрытые со всех сторон кислотные цистерны, которые строятся из лиственницы или соснового дерева, обтянутого круглым железом, или же железобетонными с кислотоупорной облицовкой, емкостью каждая около 120 м³.

Для возможности обнаружения образования течи, бетонные цистерны должны быть доступны со всех сторон, т. е. также и со дна. Для предотвращения от гниения деревянных баков, к ним должен быть обеспечен со всех сторон доступ воздуха; последнее достигается установкой деревянных баков на возвышенном деревянном фундаменте и деревянных рамах. Запас кислоты должен равняться по меньшей мере 24-часовому расходу, чем и определяются количество и размеры кислотных цистерн.

¹⁾ Приводимые автором цифры производительности башен являются очень низкими. На хорошо работающих установках в СССР производительности достигнуты почти вдвое большие. *Ред.*

Готовая кислота мощными бронзовыми центробежными насосами высокого давления закачивается непосредственно в наполненные щепой варочные котлы. Наполнение котла кислотой не должно длиться дольше одного часа; исходя из этого определяется производительность насосов. Один насос всегда должен быть установлен как резервный.

Схематическое изображение кислотного отдела сульфит-целлюлозной установки с деревянными башнями представлено на рис. 238.

б) Установка с абсорбционными башнями

Зачастую газы SO_2 (рис. 238 а) не пропускают параллельно, т. е. одновременно, например через три башни 1, 2, 3, а число башен разделяют таким образом, что две из них, рабочие башни 1 и 2, направляют свою крепкую кислоту в трубопровод 4 (варочная кислота), а третья 3 играет роль абсорбционной башни.

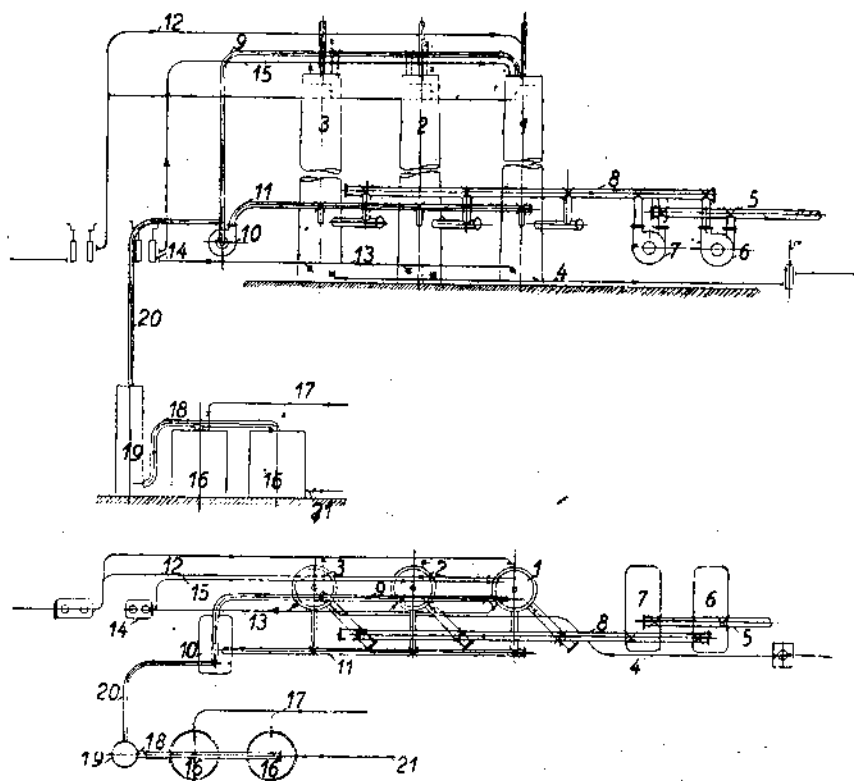


Рис. 238 а.

Работа при этом протекает следующим образом:

Газы от печей нагнетаются из газопровода 5 главным 6 или резервным вентилятором 7 по газопроводу 8 в закрытые сверху рабочие башни 1 и 2. Непоглощенные газы SO_2 отсасываются из последних через газопровод 9 особым вентилятором 10, а оттуда нагнетаются по газопроводу 11 в абсорбционную башню 3, известковый камень которой и орошающая его свежая вода, поступающая по линии 12, полностью поглощают газы. Из абсорбционной башни 3 очень слабая кислота, в виде «полукислоты», стекает по трубопроводу 13 вниз и насосом 14 по трубопроводу 15 подается для орошения рабочих башен 1 и 2 для получения крепкой кислоты.

При этом способе работы нет никаких потерь SO_2 , и кислота получается крепостью 4% SO_2 и выше. Полу кислота укрепляется еще частично регенерированным SO_2 из бака 16 для сточных щелоков от варочных котлов. Сточные щелока из варочных котлов через трубопровод 17 поступают в баки 16 и при своем падении освобождают содержащийся в них SO_2 . Последний вместе с парами по трубопроводу 18 поступает в холодильник 19, где пары конденсируются, а SO_2 по линии 20 поступает в подводящую трубу 9, по которой поступают непоглощенные в рабочих башнях газы в абсорбционную башню 3 для укрепления полу кислоты. Освобожденные от SO_2 щелока из баков 16 по трубе 21 поступают в установку для производства спирта или целлюлозного пека. Различного рода трубопроводы сгруппированы таким образом, чтобы любая из башен могла работать по желанию как рабочая, или как абсорбционная; кроме того целесообразно вести работу на одной рабочей и одной абсорбционной башне, а другую рабочую башню в это время промывать свежей водой.

γ) Двубашенная система (башня Дарре-Иензена)

На том же самом принципе основывается установка и работа двубашенной установки Дарре-Иензена (Darre-Iensen) (рис. 239) фирмы Лурги, Франкфурт на Майне.

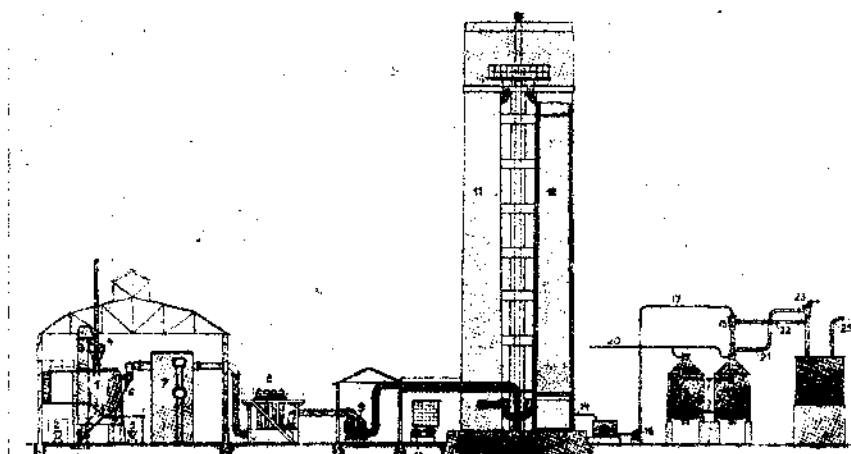


Рис. 239.

К двум наполненным известковым камнем железобетонным турмам соответствующего диаметра и высоты (около 30 м), снабженным подъемником для камня и верхним бачком для воды емкостью ~ 50 м³, подводится охлажденный газ таким образом, что он сначала поступает в первую башню.

Непоглощенные в первой башне газы отводятся через особый трубопровод под решетку второй башни, которая орошается свежей водой. Вытекающая отсюда слабая кислота (полу кислота) применяется для орошения первой главной башни, и таким образом из нее уже получается очень крепкая кислота.

Время от времени эта двубашенная установка переключается таким образом, что башня, работавшая до сих пор как первичная, становится вторичной, и наоборот.

Такого рода железобетонные башни с толщиной стенки ~ 150 мм должны быть построены с большой тщательностью и облицованы изнутри кислотоупорными шамотными плитками, для того чтобы кислота ни в коем случае не могла производить разъедание железной арматуры бетона.

Одна из построенных фирмой Лурги установок для производства бисульфитно-кальцевой кислоты представлена на рис. 239: колчеданная печь 1, — вагонетка для колчедана 2, — элеватор для колчедана 3, — распределитель для колчедана 4, — вагонетка для огарка и колчеданной пыли 6, — электрическая очистка газа Лурги сист. Коттрель-Мёллера 7, — холодильник для газа 8, — вентилятор 9, — распределение газа 10, — башня 11 и 12, — насос для подачи полукислоты наверх башен 13, — сток башенной кислоты 14, — бачок для башенной кислоты 15, — кислотный насос 16, который непрерывно перекачивает башенную кислоту по трубопроводу 17 в две закрытые цистерны для варочной кислоты 19. Труба 25 подводит горячие отдувочные газы из варочных котлов; регенерация отдувочных газов может быть произведена двумя методами:

а) Отдувочные газы проходят сперва через холодильный бачок 24 для отделения конденсата, газы же SO_2 поступают по трубопроводу 22 через своеобразный инжектор 18 в цистерны для свежей кислоты 19; не поглощенный SO_2 отводится по трубопроводу 20 под решетку башен с известковым камнем.

б) При выключении холодильного бачка 24 отдувочные газы поступают непосредственно в смесительное сопло 18, а оттуда в цистерны для свежей кислоты 19, при чем они не только регенерируются в отношении SO_2 , но и повышают t° башенной кислоты минимум на 25° .

г) Регенерация SO_2 из варочных котлов

а) Нормальный способ работы

Регенерация SO_2 из отдувочных газов варочных котлов играет очень важную роль и введена повсюду. В нормальной установке (рис. 238) применяются холодильники из свинцовых змеевиков, погруженных в деревянные бачки $\sim 2,5$ до 3 м диаметром и 2,5 м высоты. Каждый бачок снабжен свинцовым змеевиком длиной ~ 90 м и 50 мм внутреннего диаметра при толщине стенки 5 мм, поверхностью охлаждения ~ 17 м², достаточной для производства $\sim 10\,000$ кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. Холодильники целесообразно устанавливать непосредственно над закрытыми со всех сторон цистернами для кислоты. Из холодильников конденсат и газы по свинцовым трубам, опущенным глубоко в цистерны, подходят через специальные устройства в виде соел в кислоту, где и происходит надлежащее поглощение SO_2 . Частично не поглощенные газы SO_2 отводятся под решетки поглотительных башен.

Подогретая охлаждающая вода из холодильников применяется для промывки массы.

Количество регенерированной кислоты можно считать равным 30—35% от варочной кислоты, так что собственно варочная кислота состоит приблизительно из двух частей свежей и одной части отдувочной кислоты.

б) Способ с регенерацией тепла

Содержащееся в отдувочных газах тепло, которое составляет около 15% всего применяемого для варки тепла, при описанном выше способе работ теряется почти целиком. Хотя при правильно поставленном техническом руководстве подогретая охлаждающая вода из холодильников применяется для промывки массы в котлах или ссехах, однако по но-

вейшим методам тепло отдувочных газов используется гораздо лучше, при чем автор особенно отмечает способ D. R. P. № 394349, класс 55 b, группа I (Вальдгоф), по которому на ряду с регенерацией SO_2 происходит полное использование тепла отдувочных газов.

Обычным методом использования тепла отдувочных газов для повышения t° варочной кислоты, применяемым в северных странах, является метод, указанный на рис. 239. Он состоит в том, что вблизи варочных котлов устанавливаются две хорошо изолированные вертикальные кислотные цистерны, имеющие форму варочных котлов; емкость каждой цистерны несколько больше потребного для одной варки объемного количества кислоты. Эти цистерны 19 непрерывно накачиваются кислотой посредством центробежного насоса 16, в то время как отдувочные газы (труба 25) из котлов, подводимые через смесительный инжектор 18 в нагнетательную трубу насоса непосредственно перед цистерной, подогревают и укрепляют кислоту так, что ее t° повышается до 45° и выше. Частично освобождающееся в кислотной цистерне при повышенной t° SO_2 отводится по трубопроводу 20 под решетку башен 11 и 12 для поглощения. Подогретая кислота отдельным насосом перекачивается в варочные котлы.

д) Получение варочной кислоты по непрерывному способу на известково-молочной башне и посредством системы чанов.

В Америке, вместо высоких столбов известкового камня иногда применяются особые известково-молочные башни, в которых сверху непрерывно поступает известковое молоко, в то время, как SO_2 поступает снизу навстречу потоку известкового молока. Башня в нижней своей части наполнена шамотными кирпичами таким образом, что стекающее из установленного наверху медного ящика с дырчатым дном известковое молоко хорошо распределяется в среднем пространстве турмы и орошает кирпич навстречу потоку SO_2 . Газы SO_2 поступают из непрерывно работающих серных или колчеданных печей и поршневым воздушным насосом просасываются через башню, а готовая кислота непрерывно вытекает через нижнее отверстие башни.

Из существующих систем наибольшее распространение получила система д-ра Франке (Dr Franke). Устройство и метод его (рис. 240 фирмы Вагнер и К^о, Кётен) состоит в следующем:

При таком методе приготовления кислоты в большинстве случаев применяются серные печи, так как процесс здесь, в отличие от башенного способа, происходит не непрерывно, а периодически.

Следующее принципиальное отличие от башенного способа состоит в том, что известь применяется здесь гашеная, т. е. в виде известкового молока. Так называемый чановый способ на больших предприятиях вообще более не применяется, а на малых применяется только там, где из-за сильных морозов или опасности бурь не может быть установлена башенная установка.

В общем башенная установка всегда является предпочтительней.

Обычные установочные размеры при чановой системе определяются таким образом, что при каждом обороте установки может быть приготовлено $\sim 20 \text{ м}^3$ бисульфитно-кальцевой кислоты; при этой производительности получают приемлемые размеры насосов, серных печей, чанов и др. По указанному способу можно достигнуть 3—4 оборотов в 24 ч., так что каждая система в сутки может дать $\sim 70 \text{ м}^3$ свежей кислоты. Это количество, при надлежащей регенерации, достаточно для производ-

ства $\sim 10\,000$ кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч.; таким образом для производства этого количества целлюлозы в 24 ч. достаточно установки одной системы чанов. Для производства 30 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. соответственно требуется установить 3 агрегата.

Печь 1, в которую загружается ~ 350 кг серы, получает необходимый для горения воздух помощью воздушного компрессора 2 и воздушного резервуара 3. Газы SO_2 поступают под давлением сначала в вертикальный предварительный холодильник, из которого захваченные газом частички серы подаются обратно в печь; далее следует так называемый сублиматор 4, т. е. чугунный сосуд с охлаждающей его внешней рубашкой, в котором осаждается содержащееся в газе некоторое количество серной кислоты. Отсюда газы направляются к собранному из свинцовых или литых труб главному холодильнику 5 с поверхностью охлаждения $= 9-11$ м², состоящему из ~ 12 труб 120—150 мм внутр. диам. и $2\frac{1}{2}-3$ м длины, погруженных в ящик с противоточной водой.

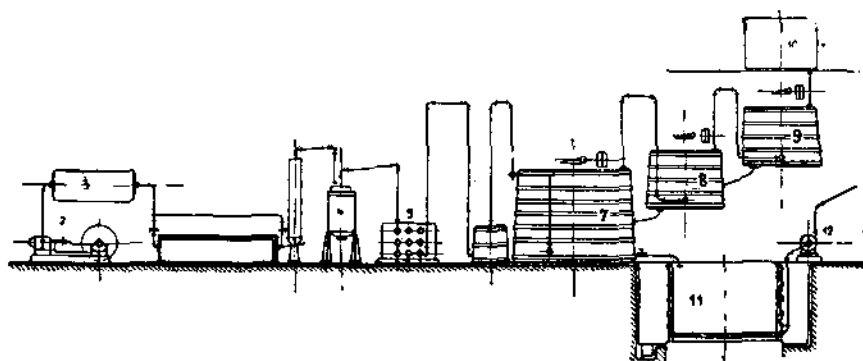


Рис. 240.

Из холодильника газы поступают в промывной бачок, в котором поглощается образовавшееся некоторое количество серной кислоты. Отсюда газы SO_2 поступают в большой, закрытый и снабженный мешалкой поглощательный чан 7 по глубоко опущенной в него трубе, снабженной мелкими отверстиями для хорошего распределения газа. Этот чан содержит немного более 20 м³ известкового молока, т. е. как раз столько, сколько требуется для поглощения SO_2 , образовавшегося из 350 кг серы. Содержание извести в известковом молоке устанавливается по желанию и составляет $\sim 12-15$ кг на каждые 0,8 м³ кислоты, что соответствует 100 кг возд.-сух. целлюлозы, т. е. для одного наполнения чана с 20 м³ кислоты нужно $\sim 300-375$ кг извести. Система пробных краников служит для постоянного контроля кислоты. Избыток SO_2 удаляется из мешального чана 7 и по свинцовой трубе отводится в несколько выше установленный закрытый чан 8, емкостью ~ 6 м³, который также наполнен известковым молоком и снабжен мешалкой; если и здесь еще получается избыток газа SO_2 , то он отводится в третий, еще выше установленный, небольшой известково-молочный чан 9, емкостью 6 м³, где остаток газа целиком поглощается. Избыток воздуха от компрессора отводится отсюда по трубе в атмосферу.

Над последним чаном 9 устанавливается ванна 10, в которой происходит гашение извести; эта известь затем подводится в третий бачок 9, где и разводится в известковое молоко.

Последнее поступает из чава 8 в большой кислотный чан 7, при чем бачок 9 все время наполняется свежим известковым молоком. Воздушный насос должен преодолевать общее сопротивление ~ 6 м водяного столба. После ~ 6 —8-часовой работы кислота в чане 7 получает надлежащий состав; процесс останавливается, и серная печь гасится посредством сообщения с воздухом. Готовая кислота спускается из мешального чана 7 в цистерну 11, откуда она бронзовым насосом 12 перекачивается в котлы. После спуска готовой кислоты чан 7 сейчас же снова наполняется известковым молоком, печь загружается серой, и процесс приготовления кислоты начинается заново. Потребная мощность для мешалок и насосов такой системы составляет ~ 15 л. с.

е) Состав готовой варочной кислоты

Готовая варочная кислота, как уже упоминалось выше, представляет собою смесь свежее приготовленной бисульфитно-кальциевой и регенерированной кислоты, соотношение между которыми зависит от ведения процесса отдувки. На основании практических данных о регенерации, кислота состоит из ~ 2 частей свежей и 1 части регенерированной кислоты.

При непрямом методе варки работают с более слабой кислотой, чем при прямом; объяснения этого были изложены ранее. На разных фабриках работают с кислотой различной крепости, в зависимости от сорта вырабатываемой целлюлозы.

Приводимые значения являются практическими средними:

а) Варочная кислота для жесткой митчерлиховской целлюлозы 2,78% всей SO_2 , 1,89% свободной SO_2 , 0,9% связанной SO_2 , 0,78% CaO ($\sim 2,62\%$ до 3% всей SO_2 , $3,5^\circ$ до $4,2^\circ \text{ Bé}$).

б) Варочная кислота для риттер-кельнеровской целлюлозы: 3,9 до 4,8% всей SO_2 , 2,72 до 3,4% свободной SO_2 , 1,18 до 1,34% связанной SO_2 , 1,036 до 1,18% CaO (~ 5 до 6° Bé).

Состав варочной кислоты должен определяться перед каждой варкой титрованием.

II. Использование сульфитных щелоков

Издавна уже была известна высокая ценность сульфитных щелоков¹⁾, получающихся в большом количестве в виде отброса при процессе варки. В большинстве случаев эти щелока создают крупные затруднения там, где они, не подвергаясь никакой переработке, выпускаются в небольшие реки, которые не могут создать достаточного разбавления для их обезвреживания²⁾. Установки для использования главнейших составных частей, содержащихся в сульфитных щелоках, как-то: сахаров, горючих и клеящих веществ, танина и др., сравнительно очень дороги и могут работать давая определенный экономический эффект только в том случае, если они построены при целлюлозных заводах не слишком малой производительности.

Щелока различаются по существу содержанием в них сухого вещества. Кроме того бывает различное соотношение содержания главнейших продуктов, как волокна, сахаров, смол, танина, золы и др. Например, при хорошо проваренном дереве, т. е. при варке белимой целлюлозы, щелока

¹⁾ Литература о сульфитных щелоках д-ра Макса Мюллера, Берлин 1910, изд. «Papier-Zeitung» и использование целлюлозных щелоков патентн. литерат. 1912—1924, № 16 Союза герм. целл.-бум. химиков и инженеров.

²⁾ И. И. Храмцов, «Сточные воды сульфит-целлюлозных фабрик». «Бумажная промышленность» 1922 г. Ред.

содержат приблизительно 1,85—2,0% сахаров, в то время как при жесткой целлюлозе получается не только меньшее количество сахаров, т. е. 1,5—1,7%, но и вообще в этом случае щелока менее насыщены продуктами распада дерева.

Среднее количество сульфитных щелоков на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы равно при работе на вертикальных варочных котлах:

а) для белимой массы:

$$\sim 5 \text{ м}^3 - 7,5^\circ \text{ Bé (20}^\circ\text{)}$$

$$\text{до } \sim 8,5 \text{ м}^3 - 6,4^\circ \text{ Bé (20}^\circ\text{)}$$

б) для жесткой (небелимой) массы:

$$\sim 4 \text{ м}^3 - 5,8^\circ \text{ Bé (20}^\circ\text{)}$$

$$\text{до } \sim 5,5 \text{ м}^3 - 5^\circ \text{ Bé (20}^\circ\text{)}$$

(при горизонтальных котлах значительно меньше).

Содержание сухого вещества колеблется от ~ 9 до 12%, в среднем $\sim 10\%$.

Остаток после прокаливании — от 1,05 до 1,65%, в среднем 1,25%.

Удельный вес—1,04 до 1,06.

Из приведенных данных, собранных автором на различных целлюлозных заводах, видны те большие колебания составов, которые свойственны щелокам.

Само собою понятно, что всегда следует добиваться получения по возможности большего количества щелока из котла в неразбавленном состоянии и при возможно высокой t° . При вертикальных котлах, работающих с вымывкой, щелока отделяют вместе с первой порцией промывных вод, получающихся в подогревом виде из газовых холодильников и т. п., которые целесообразно подавать в бассейны, установленные над варочными котлами и расположенные по бокам силосов для щепы. Там, где содержимое котлов выдувается в закрытые ссези, гораздо легче увеличить количество получаемого щелока посредством промывки водой и последующего отжатия. Решение вопроса о целесообразности применения для этой цели при сульфит-целлюлозе шнекен-прессов, как это имеет место при отделении щелоков от соломенной целлюлозы, следует считать преждевременным; однако автор считает целесообразной постановку опытов в этом направлении. Температура щелоков должна быть по возможности выше как для «нейтрализации» при переработке их на спирт, так и для выпарки их при производстве целлюлозного пека или дубильных веществ.

При ознакомлении с методами использования сульфитных щелоков, приведенными в вышеуказанной литературе, становится понятным, насколько важны и интересны поставленные на разрешение в этом направлении задачи. Ниже приводятся только главнейшие, основные методы переработки щелоков:

1. Производство алкоголя (сульфитного спирта).
2. » сгущенного щелока и целлюлозного пека.
3. » горючего материала (топлива).

а) Производство сульфитного спирта¹⁾

Еще Митчерлих оценил значение сульфитных щелоков, и в 1891 г. им был заявлен патент (D. R. P. № 72161) на получение спирта. Эта проблема находилась в покое до тех пор, пока она не была разрешена с 1907 по 1912 г. двумя шведами Г. Валином (H. Wallin) и Гёста Экстрёмом (Gösta Ekström) без снижения экономического эффекта целлюлозной промышленности. В 1908 г. было начато в Швеции производство сульфитного спирта в фабричном масштабе, а в 1912 г. на трех предприятиях было выработано около 40 000 гл спирта. Патент Экстрёма на постройку фабрик сульфитного спирта был приобретен шведским акц. о-вом «Этил». Только нужды войны сумели устранить в Германии существовавшие до этого времени запретные налоговые и др. мероприятия. В 1917 г. по способу шведского общества «Этил» были построены в Германии (в Кёнигсберге и др. местах) при поддержке государства первые фабрики для производства сульфитного спирта. К концу 1918 г. работало уже двенадцать установок. Еще до сих пор только очень небольшая часть потребляемого внутри страны спирта может производиться из сульфитных щелоков, так что большое их количество остается неиспользованным.

В зависимости от степени разложения дерева при процессе варки получают щелока с содержанием 1,6—2,0% способного к брожению сахара, который особой переработкой в процессе брожения может быть переведен приблизительно в 0,8—1% алкоголя по отношению к количеству щелока. Поэтому важно не только вести процесс варки так, чтобы получить, без ущерба для получаемой целлюлозы, наибольшее количество сахара в щелоках, но и после варочного процесса содержащие сахар щелока должны быть получены и поступать на спиртовую фабрику в возможно неразбавленном и большем количестве и по возможности в наиболее горячем виде.

Наибольшее количество щелоков получается из вертикальных узких котлов, снабженных внизу конусом, при чем поступающая сверху первая порция промывной воды легко вытесняет щелок в нижний конус и далее наружу. Наименьшие количества щелоков (максимально 5 м³ на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы) получают из горизонтальных котлов.

Для вертикальных котлов характерны следующие практические данные о соотношениях и выходах:

1. Белимая целлюлоза:

Количество получаемого щелока на 1 000 кг	
возд.-сух. целлюлозы	~ 8 м ³
с содержанием сахара	~ 1,8%
всего сахара: $\frac{8,000 \cdot 1,8}{100}$	= 144 кг
При выходе 0,5 л алкоголя из 1 кг сахара	
получается алкоголя: $144 \cdot 0,5$	72 л
При выходе дистиллированного алко-	
голя ~ 98% получается действительное	
количество алкоголя: $72 \cdot 0,98$	= ~ 70 л
или на 1 м ³ щелока, алкоголя	~ 8,75 л

¹⁾ Литература о сульфитном спирте: Mitscherlich D. R. P. 72161 от 1891 о получении сульфитного спирта. H. Wallin. Шведский патент № 26825 от 1907: Die Herstellung von Sulfitspirit. Svensk kemisk Tidskrift 1909 № 7. Die Herstellung von Sulfitspirit aus Sulfitalblaugen von Gösta Ekström. H. Wallin: D. R. P. 246708: Herstellung von Alkohol aus den Ablaugen der Sulfitalfabriken. См. также: C. G. Schwalbe, Z. f. a. Chemie 1910, 33. W. Kiby, Chemiker-Zeitung 1910, 1077, 1091. Schmidt-Nielsen, Chemiker-Zeitung 1910, 1238. Hägglund, Die Sulfitalblauge und ihre Verarbeitung auf Alkohol, Verl. Vieweg und Sohn, Braunschweig 1921.

2. Небелимая целлюлоза:

Получаемое количество щелока на 1000 кг	
возд.-сух. целлюлозы	$\sim 5,5 \text{ м}^3$
с содержанием сахара	$\sim 1,67\%$
всего сахара: $\frac{5500 \cdot 1,67}{100}$	$\approx 92 \text{ кг}$
теоретический выход алкоголя: $92 \cdot 0,5$	46 л
действительный » »	$\sim 45 \text{ л}$
или на 1 м^3 щелока »	$\sim 8,2 \text{ л}$

Из приведенного видно, что средний выход алкоголя получается:

1. На 1000 кг возд.-сух. белимой массы . . $\sim 70 \text{ л}$
2. » 1000 » » » небелимой » . . $\sim 45 \text{ л}$

Полученный из варочных котлов горячий щелок целесообразно сперва подавать в установленный поблизости от варочного отдела большой закрытый бак, в котором он при падении на бронзовую поверхность сильно распыляется и при этом выделяет содержащийся еще в нем SO_2 газ. По вытяжной трубе пары вместе с газами SO_2 направляются в конденсатор с орошением. Здесь пары конденсируются, а газы SO_2 отводятся для поглощения в башни с известковым камнем. Экономия на сере при соответствующем устройстве оборудования и большом содержании SO_2 в щелоках достигает для небелимой жесткой целлюлозы 5—8%. Цистерна для хранения сырого щелока должна быть емкостью минимум 50—80 м^3 .

Из цистерны щелок подается в установку для нейтрализации, которая состоит, в случае нейтрализации известковой мукой, из высоких чанов с пневматическим перемешиванием (рис. 241); в случае же, если насыщение производится известковым шламом от каустизации или сахарных заводов, то пневматическое перемешивание не применяется (рис. 242). Процесс нейтрализации длится от 2 до 3 ч. После этого дают возможность нейтрализованному щелоку хорошо отстояться.

Производство спирта состоит из:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| I. Подготовки извести | } Подготовительные операции |
| II. Нейтрализации щелока | |
| III. Охлаждения щелока | |
| IV. Брожения (образование алкоголя) | |
| V. Дестилляции | |
| VI. Ректификации спирта. | |

В качестве двигателей для насосов, подготовки извести и воздушного компрессора целесообразно применять электромоторы. Расход энергии при производстве сульфитного спирта составляет ~ 4 до 4,5 kWh на 1 м^3 сброженного щелока, или в пересчете на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы:

1. Для белимой массы при $\sim 8,0 \text{ м}^3$ щелока на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы—32—36 kWh.

2. Для небелимой массы при $\sim 5,5 \text{ м}^3$ щелока на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы ~ 22 —24,75 kWh, т. е. на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. белимой и небелимой целлюлозы от 1,3 до 2,0 л. с.

Пар для обогрева дестилляционных аппаратов применяется отъемный от паровых двигателей (освобожденный от масла); давление пара в дестилляционных аппаратах требуется $\sim 0,4$ атм. изб.

Расход пара составляет 120—160 кг на 1 м^3 сброженного щелока или, в переводе на 1000 кг возд.-сух. целлюлозы, для:

- 1) белимой массы (при $8,0 \text{ м}^3$ щелока на 1000 кг ≈ 960 —1280 кг
- 2) небелимой » » $5,5 \text{ м}^3$ » » 1000 кг ≈ 660 —880 кг.

На некоторых фабриках расход пара ниже на 10—20%.

Расход воды для охлаждения невелик. Сжатый воздух получается от компрессора при давлении ~1 атм. изб. Сжатый воздух требуется для перемешивания извести со щелоком при нейтрализации.

Процесс производства спирта (рис. 242)

Подготовительные работы

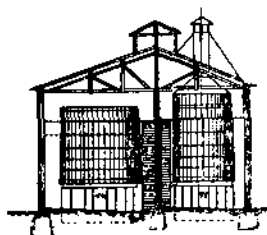
Спускаемые из котлов щелока обладают (и после улетучивания из них SO_2) такой кислотностью, при которой процесс брожения невозможен. Поэтому щелока необходимо перед этим процессом нейтрализовать. Нейтрализация производится либо при помощи едкой извести, либо углекислым кальцием (~0,5% расход извести); зачастую применяется и то и другое, так как при нейтрализации одной едкой известью получается плохо отстаивающийся раствор. Известковый камень очень тонко размалывается на шаровых мельницах, а едкая известь применяется в виде известкового молока. Процесс нейтрализации производится чаще всего в нейтрализационных башнях цилиндрической формы с коническим днищем, диам. ~4,5—5 м и до 9 м высотой; через нижнюю горловину башни подводится сжатый воздух, производящий надлежащее перемешивание. Одновременно благодаря испарению достигается определенная концентрация щелока. Размеры башен определяются количеством щелока от одной варки, а число их выбирается, принимая во внимание то обстоятельство, что для отстаивания щелока после окончания нейтрализации требуется минимум 6 ч. Вместо нейтрализационных башен, изображенных на рис. 241, можно применять также высокие чаны диам. ~4,5 м и высотой ~7 м по рис. 242. Процесс нейтрализации до конца не доводится, и щелок направляется на брожение со слабо кислой реакцией. Нейтрализованный щелок спускается для дальнейшего отстаивания в чаны диам. ~6 м и высотой ~5 м и остается там до возможно лучшего осветления его. Осветленный слабо кислый щелок должен быть охлажден до t брожения около 32°. Процесс охлаждения в большинстве случаев производится в башнях, устроенных по типу градирни, с квадратным основанием ~3,5 × 3,5 и до 12 м высоты; в башни при помощи вентилятора снизу вдувается атмосферный воздух. Противоточные подогреватели, преследующие цель использования содержащегося в щелоках тепла, введены лишь в очень немногих случаях. Это тепло можно бы использовать для подогрева свежей варочной кислоты, поступающей в котлы перед варкой, что дало бы, конечно, значительный экономический эффект; однако разведение аппаратуры свежей кислотой чрезвычайно велико. Кроме того охлаждение в башнях имеет еще и то преимущество, что всегда наступает определенная концентрация щелока. Обогащение атмосферным воздухом очень полезно также и для процесса брожения. В охладительной башне находится на высоте 3—4 м над бродительными чанами сборный бак для охлажденного щелока. Во время нейтрализации, или после нее, к щелоку прибавляются определенные количества азотнокислых и фосфорнокислых питательных солей, необходимых для питания дрожжей.

Брожение щелоков

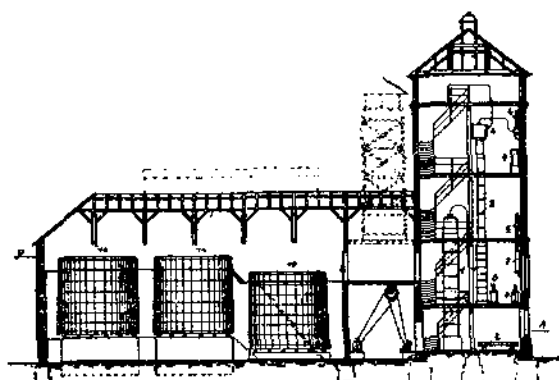
Нейтрализованные, осветленные и охлажденные щелока поступают из холодильной башни в деревянные (из лиственницы) бродительные чаны ~6 м диам. и 6,5 м высотой, где они подвергаются брожению при помощи дрожжей. До 1921 г. процесс брожения протекал периодически; при этом содержимое чана емкостью 160—165 м³ требовало для перевода



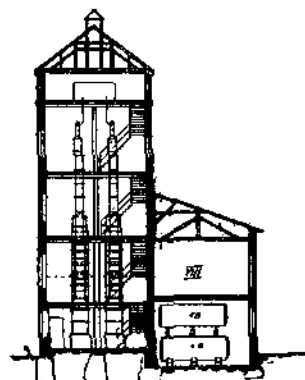
Фасад



Разрез с-д

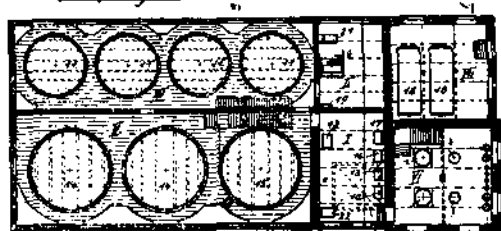


Разрез а-в



Разрез е-г

Разрез г-д

Завод для производства спирта
Бр. Авенариус, Berlin-Westend

I	Насосное помещение
II	Подогреватель щелока
III	Помещение нейтрализации
IV	Холодильная башня
V	Бродильное помещение
VI	Дистилляционное помещение
VII	Склад спирта
VIII	Лаборатория

1	Колонна для щелока	12	Компрессор
2	Подогреватель щелока	13	Насос нейтрального щелока
3	Ректификационная колонна	14	Бродильные чаны
4	Дефлегматоры	15	Послебродильные чаны
5	Последняя колонна	16	Насос сброженного щелока
6	Последний холодильник	17	Водяной насос
7	Предварительный холодильник	18	Сборник спирта
8	Отделение сивушных масел	19	Эlevator извести
9	Бак для соды	20	Известковая мельница
10	Насос для сырого щелока	21	Бродилка для извести
11	Сборник нейтрального щелока	22	Электромотор

в алкоголь способного к брожению сахара около 96 часов. Установка бродильного отделения была поэтому чрезвычайно громоздкой. Число бродильных чанов было очень велико, так как они имеют очень небольшую производительность: только $\sim 40 \text{ м}^3$ щелока в 24 ч. на каждый чан и последний мог в течение 4 дней наполняться только один раз. С 1921 г. брожение производится, как процесс непрерывный, таким образом, что это брожение содержимого чана емкостью 160—165 м^3 непрерывно идет в течение ~ 24 ч.; кроме того сброженный щелок по частям можно спускать 3 раза в день (через каждые 8 ч.). Один бродильный чан нужен для резерва.

В то время как до сих пор нельзя было достигнуть непрерывности в процессе брожения для других видов алкоголя, которые приготавливаются из крахмала или сахаро-содержащих материалов, проведение этого очень простого метода при брожении сульфитных щелоков достигается с наилучшим успехом. В чаны с находящимся в них остатком от брожения заливается свежий нейтрализованный щелок, и процесс брожения начинается снова. Упрощенная форма быстрого брожения проводится по особому патентованному методу таким образом, что дрожжи собираются в особом сборнике¹⁾. Щелока равномерным потоком проводятся через этот сборник с дрожжами через стружки, керамиковое заполнение Рашига, сетчатые днища и т. п. и сбрасываются во время протекания. Непрерывное брожение возможно только благодаря тому, что щелок находится в совершенно стерильном состоянии, а также с большим избытком дрожжей, что вместе с некоторой кислотностью щелока, к которой дрожжи со временем приспособляются, предохраняет от посторонней инфекции.

Дестилляция сброженного щелока

Дестилляцией достигается извлечение алкоголя из 1%-ного раствора его в щелоке. Для этой цели очень распространенными являются дестилляционные аппараты фирмы бр. Авенариус в Берлине. Разъедание материала, благодаря высокой кислотности щелоков и образованию паров, диктует выбор особого материала для изготовления аппаратов. Наилучшим образом зарекомендовал себя в данном случае эмалированный чугун. К аппаратам следует предъявлять следующие требования: по возможности высокую сопротивляемость против разрушающего действия подаваемого щелока и образующихся из него паров; достижение высокопроцентного алкоголя, возможное очищение его прямо при первой дестилляции, т. е. отделение образовавшихся при брожении и ранее содержащихся в щелоке побочных продуктов; непосредственное использование пара в возможно лучшей степени, так как расход пара на дестилляцию является решающим для экономичности работы установки. При процессе работы в аппарате Авенариуса отделяется высокопроцентный алкоголь достаточной чистоты 96—97%, кроме того высокопроцентное сивушное масло (амиловый спирт) и так называемый первый отгон. Последний содержит легкие летучие продукты брожения и большую часть содержащегося в щелоке в небольшом количестве метилового спирта.

Сброженный зрелый щелок, называемый также затором, вытекает из бродильных чанов в большой сборник (послебродильный чан) одинакового объема с бродильным чаном. Отсюда зрелый щелок при помощи насоса подается в большой сборник емкостью 40—45 м^3 , установленный над дестилляционной установкой. Около него устанавливается сборник

¹⁾ Патент Römer, см. «Wochenblatt für Papierfabrikation» 1921, № 47, стр. 3863.

охлаждающей воды для ректификационных аппаратов. Дестилляционная установка в основном состоит из двухколонных аппаратов:

1. Обогреваемого снизу паром дестилляционного аппарата диам. ~1 м и высотой до 10 м, в который сверху непрерывно поступает из трубчатого подогревателя щелок, доведенный до $t^{\circ} \sim 75^{\circ}$. Из этого аппарата алкоголь выходит сверху, а оставшийся щелок, так называемая барда, вытекает снизу.

2. Обогреваемого также снизу паром ректификационного аппарата ~700—800 мм диам. и ~12 м высотой, к которому алкоголь, поступающий из дестилляционного аппарата, подводится снизу. По мере поступления кверху, спирт не только очищается, но и концентрируется до 96—97% и, выходя в таком виде из верхней части аппарата, проходит через измерительные часы и направляется в запломбированный склад для спирта.

Из предварительного сборника зрелый щелок с $t^{\circ} 30—32^{\circ}$ протекает сначала через установленные наверху конденсаторы ректификационной установки, где он подогревается до $\sim 60^{\circ}$, и отсюда по трубопроводу направляется к нижнему днищу дестилляционной колонны. Здесь устанавливается трубчатый подогреватель с быстрым протоком, который обогревается непрерывно вытекающей из дестилляционного аппарата горячей бардой с температурой $\sim 100^{\circ}$. Через этот подогреватель протекает зрелый щелок и, поступая с $t^{\circ} \sim 60^{\circ}$, выходит подогретым до $\sim 75^{\circ}$ и подается в верхнюю часть дестилляционного аппарата, с тем, чтобы выйти снизу освобожденным от алкоголя, т. е. в виде барды, при $t^{\circ} \sim 100^{\circ}$. Охлажденная в подогревателе до 75° барда отсюда подается насосом к установке для производства целлюлозного пека, где она сгущается.

Производительность одного дестилляционного аппарата нормальной величины составляет ~300—360 м³ перерабатываемого щелока в 24 ч.

Количество барды практически может быть принято равным количеству перерабатываемого щелока, так как, несмотря на то, что сахар отделяется и некоторые потери щелока при дестилляции имеют место, все же эти потери компенсируются конденсатом пара, поступающего в дестилляционные аппараты. Барда, оставляя подогреватель, как уже упоминалось, при $t^{\circ} \sim 70^{\circ}—75^{\circ}$, содержит еще, кроме извлеченного из нее сахара, все составные части сырого щелока, вследствие чего для переработки ее рядом со спиртовым заводом организуется производство целлюлозного пека.

б) Производство целлюлозного пека

Во многих случаях отходящие из варочных котлов щелока сгущаются и употребляются в качестве брикетирующего материала для рудной и угольной пыли, а также в качестве клеящего материала, или же для дубильных целей. Однако во всех случаях сначала следует щелока перерабатывать в спиртовой установке, а затем барду выпаривать и высушивать для получения целлюлозного пека, так как при извлечении сахара остальные составные части сырого щелока остаются без изменения.

Сгущение щелоков разбивается на 2 операции:

1. Выпаривание воды (в аналогичных описанным при соломенной целлюлозе многокорпусных аппаратах) в большинстве случаев производится до содержания сухого вещества в сгущенном щелоке ~50%, т. е. до $\sim 32^{\circ}$ Bé (15—20°). Более сильное выпаривание в этих аппаратах невозможно, так как создаются затруднения производственно-технического характера из-за:

а) выделения накипи на нагревательных поверхностях, в особенности извести, от нейтрализации,

б) сильно повышающейся t° кипения при уплотнении щелока,

в) увеличения вязкости щелока при повышении плотности его.

2. Дальнейшее выпаривание воды из сгущенного щелока должно поэтому производиться в специальных аппаратах, для чего наилучшим образом могут быть использованы барабанные сушилки с высокой t° обогрева. Плотный щелок набирается тонким слоем на сильно нагретые цилиндры этих машин и высушивается до содержания абс. сух. вещества $\sim 92\%$; таким образом получается довольно сухая масса, так называемый целлюлозный пек.

В журнале «Zeitschrift für angewandte Chemie» 1912 г., стр. 74, д-р Aufhäuser приводит свой доклад о целлюлозном пеке, в котором дает следующие данные:

	%
Влаги	11,32
Золы	15,03
Углерода	36,21
Водорода	4,44
Серы	3,32
Азота	0,43
Кислорода	29,25
Всего	100

Этот целлюлозный пек обладал теплотворной способностью 3166 cal.

Со спиртовой фабрики барда поступает нейтрализованной; при переработке щелоков из варочных котлов горячие щелока с $t^\circ \sim 90^\circ\text{—}100^\circ$ также должны быть перед выпаркой нейтрализованы известковым молоком, для чего расходуется $\sim 0,5$ до 1% извести; однако, несмотря на это, щелока не получают совершенно свободными от кислоты.

При выпарке как сырого щелока из варочных котлов, так и барды от спиртовых заводов, вследствие содержания кислоты в щелоках, выпарные аппараты должны быть снабжены медными трубами.

Экономичность выпарной станции зависит от:

1. достижения возможно более высокой t° поступающего в первый корпус щелока, для чего в подогревателях используется теплота конденсации двух других аппаратов или же отъемный пар для предварительного подогрева щелока;

2. применения греющего пара в виде отработанного пара.

Как раз с последней целью применяются преимущественно выпарители низкого давления по рис. 88 с расположенными извне подогревательными камерами, работающими минимум с тремя ступенями, т. е. в первой ступени используется отъемный пар от паровой турбины, а во II и III ступенях используется пар, поступающий соответственно из I и II корпуса. Испарительная способность пара при таком устройстве характеризуется следующим: при t° поступающего в первый корпус щелока $\cong 80\text{—}90^\circ$, 1 кг пара при давлении в 1 атм. изб. поступающего в первый корпус, испаряет при трехкорпусной установке $\sim 2,0\text{—}2,2$ кг воды; однако не следует упускать из вида указанного выше обстоятельства, что греющий пар все-таки должен быть отъемным. Только в тех случаях, когда отъемный пар для выпарки не может быть предоставлен, целесообразны выпарные аппараты высокого давления сист. Metalbank-Gensecke по рис. 90, при которых употребляется пар давл. минимум 12 атм. изб., и испарительная способность его достигает при этом до $\sim 3,3$ кг воды на 1 кг греющего пара.

Нагрузка выпарителей составляет максимум $\sim 10-12$ кг испаряемой воды на 1 м^2 поверхности нагрева в 1 час.

Исследование физических свойств сульфитного щелока производилось в лаборатории целлюлозно-бумажной фабрики в Ашафенбурге уже начиная с 1923 года. Эта фирма любезно предоставила автору материалы, которые приведены в табл. I и содержат важнейшие данные об удельном весе, теплоемкости, содержании сухого вещества и вязкости щелоков. В табл. II приведены данные Ашафенбурга об изменении вязкости щелоков при различных t° и концентрациях их. Значения, характеризующие зависимость концентрации щелока от t° , были установлены автором при работах его в лаборатории силезских целлюлозно-бумажных фабрик в Цуннерсдорфе.

I. Физические свойства сульфитных щелоков в зависимости от концентрации при 20°

Вё (20°)	Уд. вес	Теплоем- кость	Содержание сух. веще- ства		Вязкость (20°) (1)	Необходим. кол. разбавленного щелока в т (2)
			г/кг	г/л		
5	1,037	0,95	78	81	1,40	—
6	1,045	0,94	93	97	1,52	—
6,5	1,0485	0,935	100	105,5	1,58	—
7	1,052	0,93	108	114	1,64	1,074
8	1,060	0,92	124	131,5	1,78	1,230
9	1,067	0,91	139,5	149	1,92	1,385
10	1,075	0,90	155	166,5	2,11	1,540
11	1,083	0,89	170	184	2,33	1,69
12	1,0915	0,88	185	202	2,60	1,84
13	1,100	0,87	200	220	2,92	1,99
14	1,108	0,86	216	239	3,30	2,15
15	1,116	0,85	232	259	3,75	2,31
16	1,125	0,84	247	278	4,30	2,46
17	1,134	0,83	264	299	5,00	2,63
18	1,142	0,82	280	320	5,80	2,78
19	1,152	0,81	298	341	6,85	2,94
20	1,162	0,80	312	362	8,10	3,10
21	1,172	0,79	328	384	9,80	3,26
22	1,180	0,78	344	406	12,00	3,42
23	1,190	0,77	361	429	14,9	3,59
24	1,200	0,76	377	452	18,8	3,75
25	1,210	0,75	393	475	24,0	3,91
26	1,220	0,74	410	500	31,5	4,08
27	1,231	0,73	426	524	42,0	4,24
28	1,241	0,72	442	549	58,0	4,40
29	1,252	0,71	458	573	84,0	4,56
30	1,263	0,70	475	600	131,0	4,72
31	1,274	0,69	491	626	214	4,88
32	1,285	0,68	508	652	373	5,05
33	1,297	0,67	525	680	680	5,22
34	1,308	0,66	543	709	1 300	5,40
35	1,320	0,65	561	740	2 800	5,58
36	1,332	0,64	579	771	6 800	5,76
37	1,345	0,63	597	803	20 000	5,94
38	1,357	0,62	615	835	70 000	6,12
39	1,370	0,61	633	867	—	6,30
40	1,383	0,60	651	909	—	6,48

Примечание. Положенные в основу этой таблицы данные получены графической интерполяцией. Уд. вес определялся пикнометром, а на основании полученных данных был произведен соответствующий пересчет на градусы Вё. (1) Вязкость выражена в абсолютных единицах, т. е. за единицу принята вязкость воды при 20° , составляющая $0,01 \text{ дин/см}^2$ (2) Необходимые количества разбавленного щелока, определившиеся при опытах выпаривания, относятся к разбавленному щелоку при $6,5^\circ \text{ Вё}$, так что для получения одной тонны сгущенного щелока при 34° Вё необходимо выпарить $\sim 5,40 \text{ т}$ разбавленного щелока.

11. Зависимость концентрации и вязкости от t° сульфитных щелоков, испарения воды при производстве сгущенного щелока и целлюлозного пека из щелоков плотностью 6,5 Бэ (20°) с 10% сухого вещества

Бэ (20°)	Соответствует °Бэ при				Приблизительная вязкость при				Из 1 м³ = 1,0485 кг разбавл. щел. 6,5° Бэ (20°)	
	30°	40°	50°	60°	40°	60°	80°	100°	получается сгущенного щелока, кг	при этом испаряется воды, кг
5	4,7	4,3	3,8	3,0	—	—	—	—	—	—
6	5,7	5,3	4,75	3,95	—	—	—	—	—	—
6,5	6,2	5,8	5,2	4,50	—	—	—	—	—	—
7	6,7	6,3	5,7	4,9	—	—	—	—	970,8	77,7
8	7,7	7,2	6,65	5,85	—	—	—	—	845,5	203,0
9	8,7	8,2	7,6	6,8	—	—	—	—	751,6	296,9
10	9,7	9,2	8,6	7,8	—	—	—	—	676,5	372,0
11	10,65	10,15	9,50	8,8	—	—	—	—	616,8	431,7
12	11,65	11,15	10,45	9,8	—	—	—	—	566,8	481,7
13	12,7	12,15	11,42	10,8	—	—	—	—	524,8	524,2
14	13,7	13,15	12,4	11,8	—	—	—	—	485,4	563,1
15	14,6	14,0	13,4	12,8	—	—	—	—	451,9	596,6
16	15,6	15,1	14,4	13,8	—	—	—	—	424,5	624,0
17	16,65	16,1	15,4	14,8	—	—	—	—	397,2	651,3
18	17,65	17,1	16,4	15,8	—	—	—	—	374,5	674,0
19	18,70	18,1	17,4	16,8	4,5	2,8	1,4	0,7	354,2	694,3
20	19,7	19,1	18,4	17,8	4,8	2,9	1,5	0,9	336,1	712,4
21	20,7	20,1	19,35	18,8	5,4	3,1	1,7	1,0	319,7	728,8
22	21,7	21,1	20,4	19,85	6,0	3,6	1,9	1,2	304,8	743,7
23	22,7	22,1	21,45	20,9	6,5	4,0	2,0	1,4	290,4	758,1
24	23,7	23,1	22,5	21,9	8,0	4,5	2,3	1,5	278,1	770,4
25	24,7	24,1	23,5	22,9	9,2	5,4	2,7	1,7	266,8	781,7
26	25,7	25,15	24,5	23,9	11,0	6,0	3,2	2,0	255,7	792,8
27	26,7	26,10	25,55	24,95	13,5	7,0	4,0	2,5	246,1	802,4
28	27,7	27,15	26,6	26,05	17,0	8,5	5,0	3,4	237,1	811,4
29	28,7	28,2	27,6	27,1	22,0	11,0	6,5	4,4	228,9	819,6
30	29,7	29,2	28,6	28,1	30,0	14,0	9,0	5,8	220,7	827,8
31	30,7	30,2	29,6	29,1	42,0	18,5	11,5	7,0	213,5	835,0
32	31,7	31,2	30,6	30,1	70,0	24,0	15,0	9,0	206,4	842,1
33	32,7	32,2	31,6	31,1	140,0	33,0	19,0	11,5	199,7	848,8
34	33,7	33,2	32,6	32,1	312,0	47,0	27,0	15,0	193,1	855,4
35	34,7	34,2	33,6	33,1	—	76,0	38,0	20,0	186,9	861,6
36	—	—	—	—	—	—	50,0	26,0	181,1	867,4
37	—	—	—	—	—	—	67,0	36,0	175,6	872,9
38	—	—	—	—	—	—	89,0	58,0	170,5	878,0
39	—	—	—	—	—	—	—	85,0	165,6	882,9
40	—	—	—	—	—	—	—	—	161,1	887,4

При выпаривании до целлюлозного пека 92% абс. сух.

114,0

934,5

При выпаривании до целлюлозного пека 95% абс. сух.

110,4

938,1

Примечание. Плотность щелока 30° Бэ (20°) соответствует плотности щелока 28,1° Бэ (60°).

Последняя графа табл. II дает картину выпаривания, исходя из сгущения нормально разбавленного щелока с $\sim 10\%$ сухого вещества до сгущенного щелока любой концентрации и сухого целлюлозного пека, при чем первая графа дает то количество в кг сгущенного щелока, которое получается из 1 м³ разбавленного щелока с $\sim 10\%$ сухого вещества, а последняя графа — то количество воды, которое нужно испарить из щелока плотностью 6,5° Вé с 10% сухого вещества для достижения соответствующей концентрации.

Из 1 м³ разбавленного щелока 65° Вé (20°) получается после выпаривания 206,4 кг сгущенного щелока 32° Вé (20°), при этом выпаривается 842,1 л воды. Из 1 м³ разбавленного щелока получается после выпаривания 114 кг целлюлозного пека при содержании абс. сух. вещества 92%, при этом выпаривается 934,5 л воды.

Количество выпариваемой воды определяется по следующим формулам:

	Разбавлен- ный щелок	Сгущен- ный щелок	Целлюлоз- ный пек
Объем щелока в л	Q_1	Q_2	—
Удельный вес	s_1	s_2	—
Общий вес в кг	G_1	G_2	G_3
Содержание абс. сух. вещества, %	T_1	T_2	T_3
Общий вес сух. вещества в кг	g_1	g_2	g_3

т. е. общее количество содержащегося в разбавленном щелоке сухого вещества идентично количеству сухого вещества, как полученного из разбавленного и сгущенного щелоков, так и целлюлозного пека.

I. $G_1 = Q_1 s_1$ кг, вес разбавленного щелока объемом Q_1 и удельным весом s_1 .

$g_1 = \frac{G_1 \cdot T_1}{100}$ кг общ. содерж. сух. вещества в разбавленном щелоке.

II. $G_2 = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{T_2} = \frac{G_1 \cdot T_1}{T_2}$ кг — вес сгущенного щелока из G_1 кг разбавленного щелока.

III. $Q_2 = \frac{Q_1 \cdot s_1 \cdot T_1}{s_2 \cdot T_2} = \frac{G_1 \cdot T_1}{s_2 \cdot T_2}$ л — объем сгущенного щелока из G_1 кг разбавленного щелока.

IV. $W_1 = G_1 - G_2 = G_1 \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) = Q_1 \cdot s_1 \cdot \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right)$ = кг или л испаренной воды между разбавленным щелоком весом G_1 и сгущенным щелоком весом G_2 .

V. $G_3 = \frac{G_1 \cdot T_1}{T_3} = \frac{G_2 \cdot T_2}{T_3}$ кг, вес целлюлозного пека, полученного из G_1 кг разбавленного щелока или G_2 сгущенного щелока.

VI. $W_2 = G_1 - G_3$ кг или л испаренной воды между разбавленным щелоком весом G_1 и целлюлозным пеком весом G_3 .

VII. $W_3 = G_2 - G_3$ кг или л испаренной воды между сгущенным щелоком весом G_2 и целлюлозным пеком весом G_3 .

Одна из первых установок для производства целлюлозного пека была построена на целлюлозной фабрике Вальзум на Нижнем Рейне, которая перерабатывала щелок как на целлюлозный пек, так и на дубильные экстракты.

На рис. 243 представлена установка для производства целлюлозного пека из $\sim 300 \text{ м}^3$ разбавленного щелока в 24 ч. Щелока по свинцовому трубопроводу 1 направляются из варочного отдела через аппарат для освобождения от кислоты 2 в большие сборники и установки для производства целлюлозного пека. Свинцовый насос 4 перекачивает щелок в большие деревянные чаны 5, где происходит нейтрализация щелока известковым молоком. Для очистки щелоков они пропускаются отсюда через сетки в ниже установленные сборники 6. Приготовление известкового молока производится в рядом находящемся помещении 7.

Насосом 8 нейтральный щелок качается в сборник 9, находящийся у выпарных аппаратов. Насос 10 перекачивает слабый щелок через подогреватель в выпарные корпуса 11, величина которых выбирается в соответствии с количеством испаряемой воды; здесь могут применяться как выпарители низкого, так и высокого давления с тепловыми компрессорами.

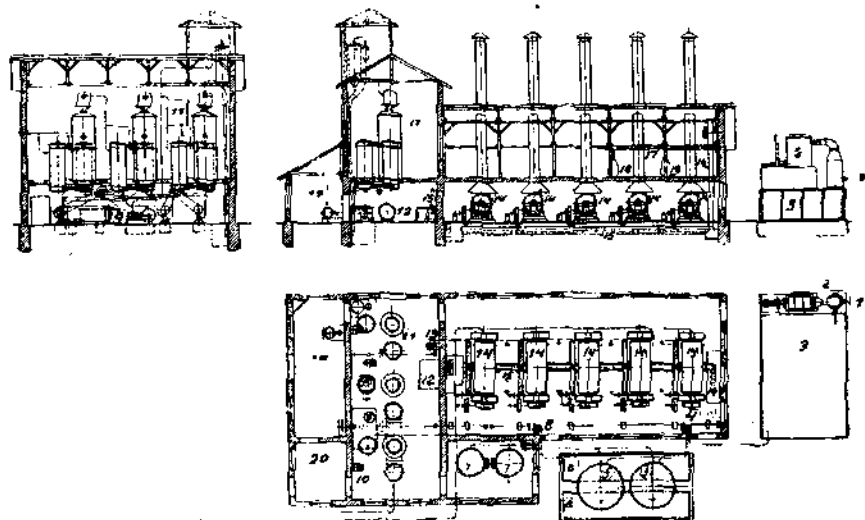


Рис. 243.

Трубки внешних нагревательных камер выполняются из меди. Из выпарителей сгущенный щелок направляется самотеком в сборник 12, а отсюда насосом 13 перекачивается в самую установку для производства целлюлозного пека. Переработка выпаренного до 50% содерж. сух. вещества щелока в продукт с 92% абс. сух. производится на сушильных цилиндрах 14, имеющих размеры $D \sim 1600 \text{ мм}$ и раб. шир. $\sim 4000 \text{ мм}$, по конструкции аналогичных тем, которые применяются для сушки бумаги. Обогрев производится паром сравнительно высокого давления $\sim 5 \text{ атм.}$ изб. в цилиндрах, так как с 1 м^2 соприкасающейся со щелоком поверхности в час должно быть испарено очень большое количество воды. Каждый цилиндр 14, погруженный в свой бассейн со щелоком, покрывается тонким слоем щелока, который при вращении высушивается, снимается шабером и подается в жолоб с транспортирующим шнеком 15. Над каждым аппаратом находится вытяжная труба для отвода водяного пара в атмосферу. Элеватор 16 подает целлюлозный пек к установленному во II этаже шнеку 17, который подает сухой продукт в мешки 18 для упаковки. Силовая станция 19, небольшая ремонтная мастерская и склад запасных частей 20 составляют установку.

При производстве целлюлозного пека из барды, поступающей со спиртовой фабрики, установка указанных на рисунке 243 в пунктах 2, 3, 4, 5, 6, 7 и 8 агрегатов не гребуется. Горячая барда подается сразу же в выпарные аппараты.

Численный пример к установке по рис. 243

Нужно переработать $Q_1 = 300 \text{ м}^3$ (полученного на целлюлозном заводе) разбавленн. щелока в 24 ч. плотностью $\sim 6,5^\circ \text{Вé}$ (20°), уд. вес $s_1 = 1,0485$ и сод. сух. вещества $T_1 = 10,0\%$ на:

I. Сгущенный щелок $T_2 = 50,8\%$ сух. вещества и уд. веса $s_2 = 1,285$, т.-е. 32°Вé (20°).

II. Целлюлозный пек $T_3 = 92\%$ абс. сух. вещества.

I. Приготовление сгущенного щелока с $50,8\%$ сод. сух. вещества в выпарной станции

Состояние щелока:

	$^\circ \text{Вé}$	t°	Уд. вес	Содерж. абс. сух., %
Поступающий слабый щелок	6,5	20	1,0485	10
Получаемый сгущенный щелок	32	20	1,285	50,8

	24 ч	1 ч.
Q_1 — объем разбавленн. щелока в л	300 000	12 500
G_1 — вес разбавленного щелока в кг $300\,000 \cdot 1,0485$	315 000	13 124
g_1 — общее содержание сух. вещества		
$\frac{315\,000 \cdot 10}{100}$ в кг	31 500	$\sim 1\,312,5$

Q_2 — объем сгущенного щелока в л		
$\frac{315\,000 \cdot 10}{1,285 \cdot 50,8}$	48 250	$\sim 2\,010$

G_2 — вес сгущенного щелока в кг		
$\frac{315\,000 \cdot 10}{50,8}$	62 000	$\sim 2\,583$

Составные части сгущенного щелока		
50,8% сух. вещества кг	—	$\sim 1\,312,5$
49,2% воды кг	—	$\sim 1\,270,5$

W_1 — общее количество испаряемой воды $= G_1 - G_2 =$		
$= 315\,000 - 62\,000$ кг	253 000	10 541

3-корпусная выпарная установка:

а) Выпарители низкого давления:

1 кг пара 2 атм. абс. испаряет $= 2,2$ л воды.

$D = 10\,541 : 2,2 \cong 4\,790$ кг обогревающего пара в час при 2 атм. абс.

б) Выпарители высокого давления с тепловым компрессором

1 кг пара 12 атм. абс. испаряет $= 3,3$ л воды.

$D = 10\,541 : 3,3 \cong 3\,194$ кг обогревающего пара в час при 12 атм. абс.

Поверхность нагрева:

$$\frac{10\,541}{12} = 880 \text{ м}^2$$

$$\frac{10\,541}{14} = 755 \text{ м}^2.$$

Достаточно трех выпарных аппаратов по 260 м^2 поверхности нагрева, всего 780 м^2 пов. нагрева, т. е. по 2 внешних нагревательных корпуса по 130 м^2 поверх. нагрева каждый.

Потребная мощность для выпарной станции I составляет $\sim 30 \text{ л. с.}$

Сопоставление величин выпарной станции

Поступает слабого щелока с 10% сухого вещества в ч. $Q_1 = 12\,500 \text{ л}$
 » » » » 10% » » » » » $G_1 = 13\,124 \text{ кг}$

После выпарки это составляет:

Сгущенного щелока с 50% сух. вещества в ч. $Q_2 = 2\,010 \text{ л}$
 » » » » 50% » » » » » $G_2 = 2\,583 \text{ кг}$
 Испаряется воды всего в час $W_1 = 10\,541 \text{ »}$
 » на 1 л разбавленного щелока $\sim 0,843 \text{ »}$
 » » » 1 кг $\sim 0,803 \text{ »}$
 » » » 1 л сгущенного щелока $\sim 4,08 \text{ »}$
 1 л разбавленного щелока дает сгущенного щелока $\sim 0,2066$

Общий расход пара в час:

а) при 3-корпусной выпарной установке низкого давления 2 атм. абс. = 4 700 »
 б) при выпарителях высокого давления (с тепловой компрессией)
 пара 12 атм. абс. = 3 194 »
 Расход пара на 1 кг сгущенного щелока при выпарителях низкого
 давления, 2 атм. абс. = 1,855 »
 Расход пара на 1 кг сгущенного щелока при выпарителях высокого
 давления, 12 атм. абс. = 1,237 »

Сопоставление величин при выпарке от 10%-ного сырого щелока до 50%-ного сгущенного щелока, отнесенных к 1 кг возд.-сухой целлюлозы

Количество поступающего щелока 10% абс. сух. на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы в л	5 000	8 000
Количество поступающего щелока на 1 кг возд.-сух. целлюлозы в л	~ 5	~ 8
Количество 50%-ного щелока на 1 кг возд.-сух. целлюлозы в кг	$\sim 1,03$	$\sim 1,65$
Количество испаренной воды на 1 кг возд.-сух. целлюлозы в кг	$\sim 4,22$	$\sim 6,75$
Расход пара при выпарителях низкого давл. 2 атм. абс. в кг	$\sim 1,91$	$\sim 3,06$
Расход пара при выпарителях высокого давл. 12 атм. абс. в кг	$\sim 1,28$	$\sim 2,04$

II. Установка для производства целлюлозного пека

В первые годы производства целлюлозного пека применялись сгустительные аппараты, которыми плотный щелок доводился самое большее до содержания 20—21% воды, т. е. до 75—80% абс. сух. вещества. Эта масса была тягуча, собиралась в бочках и поступала в продажу в виде застывшего целлюлозного пека.

В последнее время перешли к более сильному сгущению щелока, и целлюлозный пек с очень крепкой, сыпучей консистенцией снимается шпателями с цилиндров при содержании сухого вещества $\sim 92—95\%$. Продукт поступает в продажу в мешках.

Применяемые для этой цели чугунные цилиндры должны обогреваться паром давл. 5 атм. изб. для того, чтобы получить более или менее рентабельную производительность. Стенки цилиндров должны быть соответственной толщины. Цилиндры погружены в плоские ванны (см. рис. 243), из которых они набирают на себя плотный щелок и высушивают его с $3—3\frac{1}{2}$ оборотами в мин. Опытным путем установлено, что для испарения 1 кг воды требуется около 1,5 кг пара, при 5 атм. изб.

Ниже приведены цифры, характеризующие установку для получения целлюлозного пека:

Целлюлозный пек содержит ~ 92% абс. сух. вещества.

Для установки даются следующие величины:

	В 24 часа	В 1 час
Q_1 — объем слабого щелока 10% абс. сух., л	300 000	12 500
G_1 — вес слабого щелока 10% абс. сух., кг	315 000	13 124
Q_2 — объем сгущенного щелока 50% абс. сух., л	48 250	2 010
G_2 — вес сгущенного щелока 50% абс. сух., кг	62 000	2 583
G_3 — вес целлюлозного пека 92% абс. сух., кг		
	$\frac{315\,000 \cdot 10}{92}$	~ 34 240 ~ 1 426

W_1 — количество испаряемой воды от разбавленного щелока до сгущенного щелока

$$G_1 - G_2 = 315\,000 - 62\,000 \text{ кг} \sim 253\,000 \sim 10\,541$$

W_2 — количество испаряемой воды от сгущенного щелока до целлюлозного пека

$$G_2 - G_3 = 62\,000 - 34\,240 \text{ кг} \sim 27\,760 \sim 1\,157$$

W_3 — количество испаряемой воды от разбавленного щелока до целлюлозного пека

$$G_1 - G_3 = 315\,000 - 34\,240 \text{ кг} \sim 280\,760 \sim 11\,698$$

1. Количество испаряемой воды от разбавленного щелока до сгущенного щелока:

на 1 л разбавленного щелока	~ 0,843 кг
» 1 кг »	~ 0,803 »
» 1 л сгущенного »	~ 4,08 »

2. Количество испаряемой воды от сгущенного щелока до целлюлозного пека:

на 1 кг сгущенного щелока	~ 0,448 кг
» 1 л целлюлозного пека	~ 0,811 »

3. Количество испаряемой воды от разбавленного щелока до целлюлозного пека:

на 1 л разбавленного щелока	~ 0,936 кг
» 1 кг сгущенного щелока	~ 0,891 »
» 1 л целлюлозного пека	~ 8,200 »

4. Выход целлюлозного пека:

из 1 л разбавленного щелока	~ 0,114 кг
из 1 кг разбавленного щелока	~ 0,1087 »

Для производства целлюлозного пека устанавливается 5 толстостенных сушильных цилиндров по 1 600 мм диаметром, 4 000 мм рабочей ширины и по $F = 20 \text{ м}^2$ сушильной поверхности. Цилиндры вращаются со скоростью 3—3½ оборотов в мин., при чем производительность, расход пара и потребная мощность следующие:

Общая сушильная поверхность 5-ти цилиндров	$F = 5 \cdot 20$	= 100 м ²
Соприкасающаяся со щелоком поверхность 5-ти цилиндров	$f = 0,77 \cdot 100$	≈ 77 »
Сгущенного щелока с 1 м ² всей сушильной поверхности в час	2 583 : 100	≈ 25,83 кг
Сгущенного щелока с 1 м ² , соприкасающейся со щелоком, поверхности в час	2 583 : 77	≈ 33,60 »
Количество испаряемой воды с 1 м ² всей сушильной поверхности в час	1 157 : 100	≈ 11,57 »
Количество испаряемой воды с 1 м ² соприкасающейся со щелоком поверхности в час	1 157 : 77	≈ 15,03 »
Расход пара 5 атм. изб. на 1 кг испаряемой воды	—	1,5 »
» 5 » » 1 час	1 157 · 1,5	~ 1,736 »
» 5 » на 1 кг сгущенного щелока (50%)		~ 0,672 »
» 5 » » 1 л целлюлозного пека (92%)		~ 1,22 »

Потребная мощность установки для производства целлюлозного пека (II) составляет ~ 30 л. с.

Общая потребная мощность выпарной станции, включая установку для производства целлюлозного пека, составляет при переработке 300 м³ щелока в 24 ч. ~ 60 л. с.

Сопоставление производительностей при производстве 92%-ного целлюлозного пека из 50%-ного плотного щелока, отнесенных к 1 кг воздушно-сухой целлюлозы:

Количество сырого щелока (10%-ного) на 1 000 кг возд.-сух. массы, л	5 000 8 000
Количество сырого щелока на 1 кг возд.-сух. целл., л	5 8
Количество 50%-ного сгущенного щелока на 1 кг возд.-сух. целл., кг	~ 1,03 ~ 1,65
Количество 92%-ного целлюлозного пека на 1 кг возд.-сух. целл., кг	~ 0,57 ~ 0,91
Количество испаряемой воды на 1 кг возд.-сух. целл., л	~ 0,46 ~ 0,74
Расход пара на 1 кг возд.-сух. целл., кг	~ 0,69 ~ 1,11

Сопоставление производительностей при производстве 92%-ного целлюлозного пека из 10%-ного разбавленного щелока, отнесенных к 1 кг возд.-сух. целлюлозы:

Количество слабого щелока (10%-ного) на 1 000 кг возд.-сух. целл., л	5 000 8 000
Количество слабого щелока на 1 кг возд.-сух. целл., л	5 8
Количество слабого щелока на 1 кг возд.-сух. целл., кг	~ 5,24 ~ 8,39
Количество 92%-ного целл. пека на 1 кг возд.-сух. целл., кг	~ 0,57 ~ 0,91
Количество испаряемой воды от разбавленного щелока до целл. пека на 1 кг возд.-сух. целл., л	~ 4,68 ~ 7,49
Общий расход пара при применении выпарителей низкого давления 2 атм. абс. и давления пара в цилиндрах 6 атм. абс., кг	~ 2,60 ~ 4,17
Общий расход пара при применении выпарителей высокого давления 12 атм. абс. и давл. пара в цилиндрах 6 атм. абс., кг	~ 1,97 ~ 3,15

Производство дубильного экстракта

Сырой щелок обрабатывается содой в открытых выложенных свинцом ящиках и уваривается прямым паром, после этого очищается на фильтр-прессах и уплотняется на выпарной станции.

в) Производство горючего материала ¹⁾ (топлива)

Из всех методов утилизации сульфитных щелоков наиболее желателен был бы метод сжигания их ²⁾. Однако как раз эта проблема, несмотря на многие предложения, к сожалению, еще до сих пор далека от разрешения. Сжигание сульфитных щелоков становится возможным лишь после удаления из них значительного количества воды. Не говоря о других затруднениях, как-то: нейтрализация, закупорка аппаратов и форсунок и др., уже сама высокая стоимость выпарки была до сих пор решающей, чтобы в условиях германской практики считать сжигание рентабельным, несмотря на многие с различного рода названиями новые методы выпарки.

Теплотворная способность абсолютно сухого остатка из сырого щелока, как это видно из имеющейся литературы, в среднем ни в коем случае не превышает ~ 4 000 cal. Д-р Ауфгейзер (Dr. Aufhäuser) нашел ~ 3 166 cal. при 11,32% влажности и 9,35% золы в целлюлозном пеке (см. «Zeitschrift für angewandte Chemie», 25 том — 1912 г., стр. 74); если согласиться с тем, что нормальный целлюлозный пек с 92 — 95% абс. сух. имеет теплотворную способность в ~ 3 800 cal. на 1 кг, то следует принять во вни-

¹⁾ Литература: Dorenfeld 1921 «Papier Fabrikant» стр. 165.
Wirth 1922 „ „ „ 66.
Eisenbeiss 1924 „ (Festheft) „ 108.

²⁾ Утилизация сульфитных щелоков путем сжигания их более целесообразна после предварительного получения из щелоков наиболее ценных составных частей щелока. *Ред.*

мание, что из 1000 л сырого щелока 6,5° Вё, уд. веса ~ 1,05 и содерж. сух. вещества 10%, получится $\sim 1\,050 \cdot 0,1 = 105$ кг абс. сухого вещества или

$$G = \frac{105 \cdot 100}{92} \sim 114 \text{ кг целл. пека с } 92\% \text{ абс. сух.}$$

Количество испаренной воды будет:

1. W_1 для испарения до 50% абс. сух. ~ 842 л
 2. W_2 » » от 50% до 92% абс. сух. $\sim 92,5$ л
- Всего . . . $\sim 934,5$ л

Для испарения воды по способу I — при выпарителях низкого давления потребуется ~ 380 кг пара 2 атм. абс.

Для испарения воды по способу II — при сушильных цилиндрах требуется ~ 138 кг пара 6 атм абс. т. е. на 114 кг 92%-ного целлюлозного пека требуется $380 + 138 \approx 518$ кг пара.

Общий расход пара на 1 кг целлюлозного пека составит

$$\frac{518}{114} \sim 4,55 \text{ кг.}$$

Нормальная теплотворная способность этого 92%-ного целлюлозного пека составляет, как указано выше, $\sim 3\,800$ cal.

Для получения 1 кг пара 7 атм. абс. при t° питательной воды 50°, нужно затратить $660 - 50 = 610$ cal, что при к. п. д. котельной = 0,75 даст паропроизводительность 1 кг целлюлозного пека с 92% абс. сух.

$$\frac{3\,800}{610} \cdot 0,75 \sim 4,70 \text{ кг пара.}$$

Если учесть, что к этому нужно прибавить стоимость энергии, текущий ремонт, эксплуатационные расходы, амортизацию и пр., то будет ясно, что производство способных к горению щелоков будет возможно лишь при применении более усовершенствованных способов выпарки их, чем известные до сих пор¹⁾.

Расход пара на выпарку щелоков до некоторой степени снижается при установке выпарителей высокого давления, будь то с тепловыми компрессорами или без них, так как на 114 кг целлюлозного пека 92%-ного требуется $255 + 138 \sim 393$ кг пара 12 атм. изб., т. е. на 1 кг 92%-ного целлюлозного пека требуется $\sim 3,45$ кг пара 12 атм. изб. Однако следует заметить, что в германских целлюлозных заводах такого рода пар не может применяться в виде отъемного пара от турбин и должен быть взят непосредственно из паровых котлов, что, конечно, влечет за собой увеличение его стоимости против стоимости пара отъемного. При установках, работающих на водяной силе, условия для сжигания щелока лучше.

Сводка важнейших технических показателей при производстве древесной сульфитцеллюлозы

Расход энергии:

а) для небеленой массы: ~ 25 kWh в среднем на 100 кг возд.-сух. массы, т. е. $\sim 1,8$ л. с. на 100 кг возд. сух. массы в 24 ч;

б) для беленой массы: $\sim 32 - 36$ kWh в среднем на 100 кг возд.-сух. массы, т. е. $\sim 2,5$ л. с. на 100 кг возд.-сух. массы в 24 ч.

¹⁾ Заслуживает внимания идея, положенная в основу патента на выпарной аппарат, заявленного инж. Чувиловским и Ляховцевым. Ред.

Расход тепла для получения 1 кг возд.-сух. небеленой целлюлозы (88% абс. сухой)

а) в более старых установках со смешанным паросиловым хозяйством (конденсация и противодавление) . . . ~ 6 000 — 6 500 cal.

б) в новейших установках с паросиловым хозяйством с чистым отбором и противодавлением . . . ~ 4 400 cal.

Выхода:

а) небеленая масса: жесткая риттер-кельнеровская: ~ 158 кг возд.-сух. массы из 1 м³ скл. древесины с 80% абс. сух. вещества.

б) небеленой, но белимой массы: ~ 150 кг возд.-сухой массы из 1 м³ скл. древесины с 80% абс. сух.

Выход из 1 м³ котла: небеленая риттер-кельнеровская масса:

а) при свободном наполнении: ~ 84 кг возд.-сух. массы

б) » пневматическом » ~ 90 » » » »

в) при наполнении по способу Фреска:

~ 100 — 102 кг возд. сух. массы

Расход химикалий: на 100 кг возд.-сух. массы

а) серы: ~ 10 кг (колчедана соответственно этому)

б) извести: ~ 10 — 15 кг

в) хлора ~ 5 кг активного хлора (в зависимости от степени отбели и рода массы).

Расход пара на 1 кг возд.-сух. риттер-кельнеровской массы при наполнении щепой без уплотнения:

1. Пара на варку:

а) для небеленой массы: ~ 2,5 кг пара 5 атм. изб. и теплосодержании 700 cal, при начальной t° в котле ~ 30°

б) для небеленой массы: ~ 2 кг пара 5 атм. изб. и теплосодержании 700 cal, при начальной t° ~ 55° (котел без изоляции).

2. Пара на отбелку:

При концентрации 8% массы: ~ 0,8 кг пара 1 атм. изб.

3. Пара на сушку: для сушильной части пресс-пата (при сушке целлюлозы от 40% до 88% абс. сухого и ~ 11 кг испаряемой воды с 1 м² соприкасающейся с массой сушильной поверхности в час т. е. k_p ~ 150 кг).

Включая потери в паропроводах и через боковые днища } ~ 2,3 кг пара 1 атм. изб. в паропроводе перед цилиндрами.

Производство сульфитного спирта:

Выход на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы: 45 — 70 л (98%).

Расход извести: ~ 0,5% от сырого щелока.

Расход пара: 120 — 160 кг пара 0,5 атм. изб. на 1 м³ сброженного щелока или 660 — 1 280 кг на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы.

Расход энергии: 4 — 4,5 kWh на 1 м³ сброженного щелока или на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы ~ 23 — 25 kWh или на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч. ~ 1,3 — 2,0 л. с.

Производство целлюлозного пека

(92%-ного из 10%-ного щелока):

Выход на 1 000 кг возд.-сух. целлюлозы = 570 — 910 кг целлюлозного пека (92%-ного).

Расход пара для получения целлюлозного пека, отнесенный к 1 кг возд.-сух. целлюлозы:

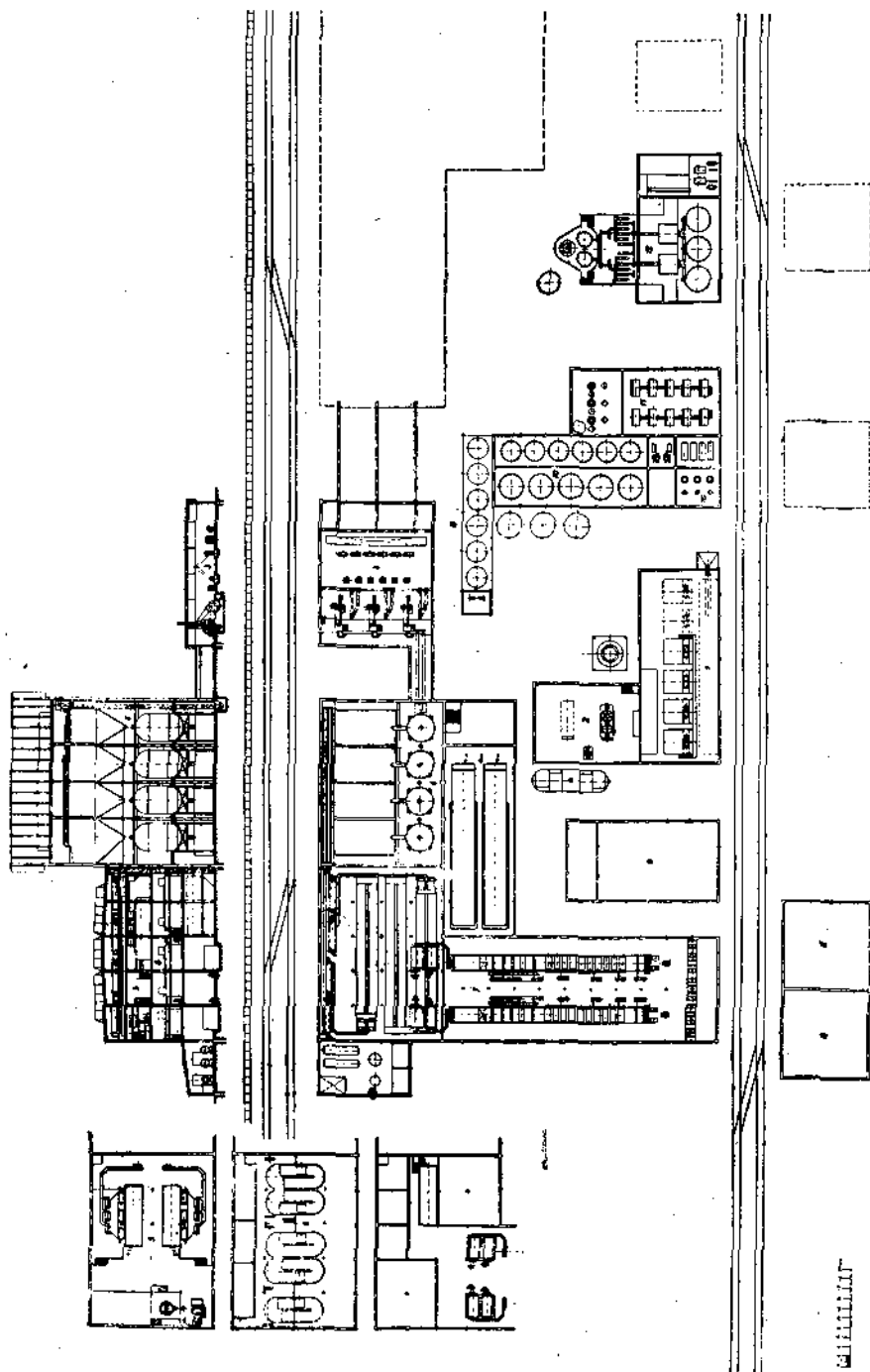


Рис. 244.

а) при выпарителях низкого давления: от 2,60 до 4,17 кг при 2 атм. абс. и соотв. 6 атм. абс.;

б) при выпарителях высокого давления: от 1,97 до 3,15 кг при 12 атм. абс.

Общая потребная мощность установки для производства целлюлозного пека, отнесенная к 1000 кг возд.-сух. целлюлозы в 24 ч.:

а) для белимой целлюлозы . . . = ~ 1,6 л.с.

б) » небелимой » . . . = ~ 1,0 »

Расход воды на производство 1 кг возд.-сух. сульфитной целлюлозы:

а) для небеленой массы: 180—200 л (при использовании оборотной воды),

б) для беленой массы: 500—550 л (без использования оборотной воды).

На рис. 244 представлена новейшая установка для производства сульфит—целлюлозы с суточной производительностью 100 000 кг возд. сух. целлюлозы, включающая отбельное отделение, пресс-паты, установку для производства спирта и целлюлозного пека.

Около половины продукции может быть выпущено в виде беленой, а другая половина в виде небеленой целлюлозы. Установка состоит из: котельной 1, силовой станции 2, древоподготовительного отдела 3, варочного отдела 4, очистного отдела 5, отбельного отдела 6, пресс-патов 7, склада целлюлозы 8, ремонтно-механической мастерской 9, установки для производства спирта 10, установки для производства целлюлозного пека 11, кислотного отдела 12, кислотных цистерн 13.

К. Производство целлюлозы по патенту Партингтона и К^о.

По патенту № 46032 кл. 55, компания Партингтон в Галляйне (Зальцбург) изготовляла целлюлозу с помощью электрического тока (патенты д-ра Келльнер-Партингтон—D-r Kellner-Partington), т. е. электролизом раствора поваренной соли, при чем, как известно, получаются хлор и едкий натр. При этом дерево во время процесса варки разлагается и освобождает целлюлозные волокна. Распространения этот способ не получил.

Л. Производство целлюлозы по азотнокислому способу

Патенты D. R. P. 391, 713 и др. защищают права проф. Пауль Крайса, Дрезден — (Prof. D-r Paul Kraiss) на производство целлюлозы из дерева и однолетних растений азотнокислым способом при давлении 0,3 атм. изб. и непрямом обогреве. Наиболее существенным в этом способе является регенерация азотной кислоты во время процесса варки, уходящей вместе с парами и улавливаемой при конденсации, а также при промывке сваренной массы. Перед отбелкой масса нейтрализуется содой.

ГЛАВА VIII

Производство полумассы из реже применяемого сырья, как-то: манильская пенька, джут, камыш, адансония, торф

А. Производство полумассы из манильской пеньки

Волокна манильской пеньки применяются в большом количестве на заводах, изготавливающих канаты для кораблей и трансмиссий.

Уже давно эти исключительно плотные, крепкие волокна нашли применение в бумажной промышленности для приготовления особо прочных бумаг. Так как манильская пенька попадает на бумажные фабрики большей частью в виде уже использованных веревок и канатов, то оборудование для ее обработки применяется такое же, как уже описано в отделе, посвященном производству тряпичной полумассы.

Канаты и т. п. измельчаются рубкой, варятся, промываются, размалываются и, в случае надобности, белятся. Доставляемые количества манильской пеньки однако очень незначительны; кроме того бумажное производство имеет в виде крафт-целлюлозы очень крепкое и более дешевое волокно для изготовления крепких бумаг; поэтому значение манильской пеньки большей частью ограничивается только, как добавочного материала для повышения крепости бумаги.

Б. Производство полумассы из джута

Джут—сырье менее крепкое, чем манильская пенька; в первую очередь он перерабатывается на изготовление мешков и материй для обивки (драпировочный материал), на бумажные же фабрики направляется большей частью уже в сильно изношенном виде.

Процесс обработки здесь такой же, как и описанный выше для тряпичной полумассы. Очень часто джут только моется, измельчается, размалывается невареным и добавляется к обычной макулатуре для достижения большей крепости оберточных бумаг.

В. Реже применяемые полуфабрикаты

Тропические растения, как бамбук, сахарный тростник, адансония, луб кокосовой пальмы и др., в бумажном производстве в Германии совершенно не применяются.

В тропических странах эти виды растительных материалов в настоящее время перерабатываются на бумагу в довольно значительных количествах.

Ввиду весьма высокого содержания в этих растениях кремнекислоты, обработка их для получения целлюлозы производится по натроному способу или комбинированному: помощью едкой щелочи с последующим хлорированием.

Волокна крапивы и рами находятся в природе в неотревешенном состоянии. Применяются они редко. Волокна рами используются в композиции некоторых специальных бумаг.

ГЛАВА IX

Механическое оборудование для приготовления полумассы из бумажного брака

А. Общие сведения

В связи с ростом массового производства бумаги, колоссально возросло количество перерабатываемой на фабриках макулатуры, т. е. старой бумаги, уже использованной по своему прямому назначению. Значительно увеличилось также и количество чистых бумажных обрезков, получающихся главным образом при переработке бумаги в полиграфической промышленности.

Использование чистого бумажного брака не представляет затруднений. Переработка же макулатуры гораздо сложнее, так как для возможности применения ее (не только для низких сортов бумаги, как оберточная и картон, но и для более высоких сортов) необходимо прежде всего очистить покрытую письмом и печатью бумагу от чернил и типографской краски.

Однако опубликованные до настоящего времени исследования не дают надежного способа устранения типографской краски с бумаги.

Одним из наиболее ранних является метод Герца из Нюрнберга (Herz in Nürnberg), при котором для удаления из макулатуры красок, чернил и типографской печати холодным способом пользуются каустической содой и нашатырным спиртом.

Одновременно с этим была запатентована центрофуга, посредством которой, кроме отделения щелока от бумажной массы, достигается также и размягчение последней и измельчение в мелкие кусочки.

Другой способ очищения макулатуры, предложенный фирмой Ванниер (металлоткацкая фабрика в Рейтлингене) и запатентованный в Германии (D. R. P. № 254554), состоит в следующем: бумага размягчается в специальных барабанах при обработке однопроцентным раствором едкой натронной щелочи и отжимается в прессе, при чем 50—60% выпрессованной каустической соды используется обратно. Размельчение бумаги происходит в особой машине. Процесс очистки заканчивается промывкой обработанной бумаги. Следует отметить, что применение каустической соды для удаления типографской краски вызывает нежелательное окрашивание волокон находящейся в бумаге древесной массы в желтый цвет. Кроме того этот способ удаления печати является большей частью невыгодным с экономической стороны. Даже при многократном использовании употребленного и загрязненного благодаря этому щелока — применение каустической соды оказывается все же слишком дорогим. Является также невозможным спуск большого количества сточных вод, содержащих едкий натр. Регенерация последнего однако при описываемом способе экономически невыгодна.

В последнее время рекомендуют употреблять для очистки макулатуры керосин, также бензин и тетралин. Гораздо лучше дело обстоит с переработкой на полумассу чистого бумажного брака.

На бумажных фабриках, типографиях, конвертных мастерских и картонажных фабриках образуются большие количества бумажного брака. Сортировка последнего производится или на этих же фабриках, или на специальных предприятиях, торгующих бумажным браком.

При сортировке последнего различают следующие основные сорта, в зависимости от качества, композиции и разной степени чистоты:

1. чистые бумажные обрезки высококачественных бумаг, белые, цветные, без древесной массы, с древесной массой и т. п.;
2. бумажный брак, покрытый печатью и содержащий древесную массу, чистые бумажные обрезки от газетной и обойной бумаги;
3. грязный бумажный брак для оберточных бумаг, картона и т. п.

Переработка бумажного брака сорта 1 и 2 не представляет никаких затруднений при условии хорошей предварительной рассортировки его. Количество бумажного брака этих сортов однако не особенно значительно.

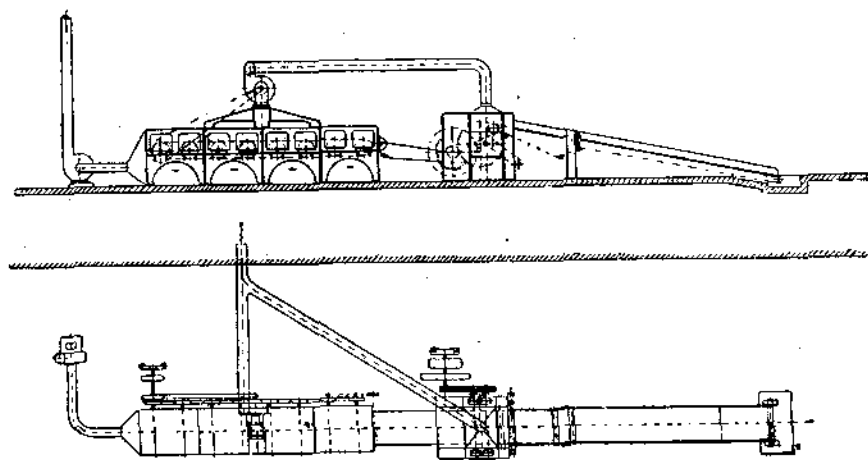


Рис. 245.

Основную массу бумажного брака, подлежащего переработке, представляет макулатура, обозначенная под сортом 3. В настоящее время, при недостатке в сырье и полуфабрикатах, употребление макулатуры значительно увеличилось.

Не только картонные фабрики, но также многие бумажноцеллюлозные предприятия перерабатывают большие количества макулатуры частью в сортированном, частью в несортированном виде.

При более высоких требованиях в отношении качества и чистоты бумаги и картона на фабриках устраивают специальную сортировку бумажного брака.

Там же, где вырабатывается менее ценная оберточная бумага, ограничиваются при сортировке лишь удалением вредных примесей, как древесная вата, кусочки железа, резина, камешки, песок и т. д.

Самый простой способ предварительной сортировки (подсортировки) заключается в том, что из макулатуры, поданной на медленно движущийся ленточный транспортер (рис. 245), грубые примеси и загрязнения выбираются и удаляются вручную. Целесообразно после этого макулатуру пропустить через специальные машины для очистки ее, удаления пыли и т. п.

Б. Трясущаяся сортировка

Обычно применяемой для очистки макулатуры машинной является аппарат системы Э. Манна (Ed. Mann) в Эбертсгейме (Пфальц). Большая трясущаяся сортировка состоит из сетки длиной 4 000 мм и шириной 1 600 мм, которая делает около 200—220 колебаний в мин. Бумажный брак подается на сетку с большими отверстиями, пыль отсасывается вентилятором снизу из-под сетки; тяжелые частицы, как камешки, кусочки железа и т. п., проваливаются в находящуюся внизу воронку.

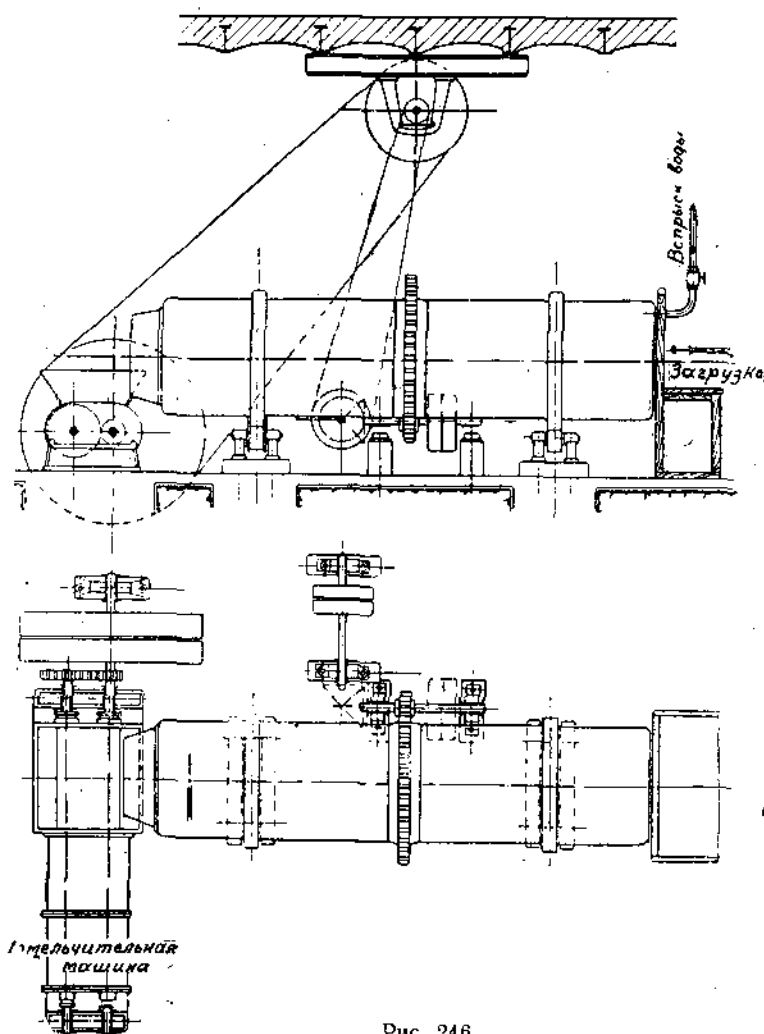


Рис. 246.

Посторонние тела, как вата и другие, выбираются вручную помощью специальной иглы. Эта сортировка, при производительности ее 1 000 кг макулатуры в час, требует 7—8 л. с.

Бумажный брак, очищенный на сортировочных транспортерах от грубых примесей и посторонних тел, может быть затем переработан различными способами.

1. Часто имеет место измельчение (рис. 245) помощью "аппарата с дисковыми ножами, что особенно желательно при наличии жесткого картона и книжных переплетов.

После резки целесообразно пропускать бумагу через отпылитель, состоящий из барабанов с билами, и далее транспортировать ее пневматическим путем к месту дальнейшей обработки.

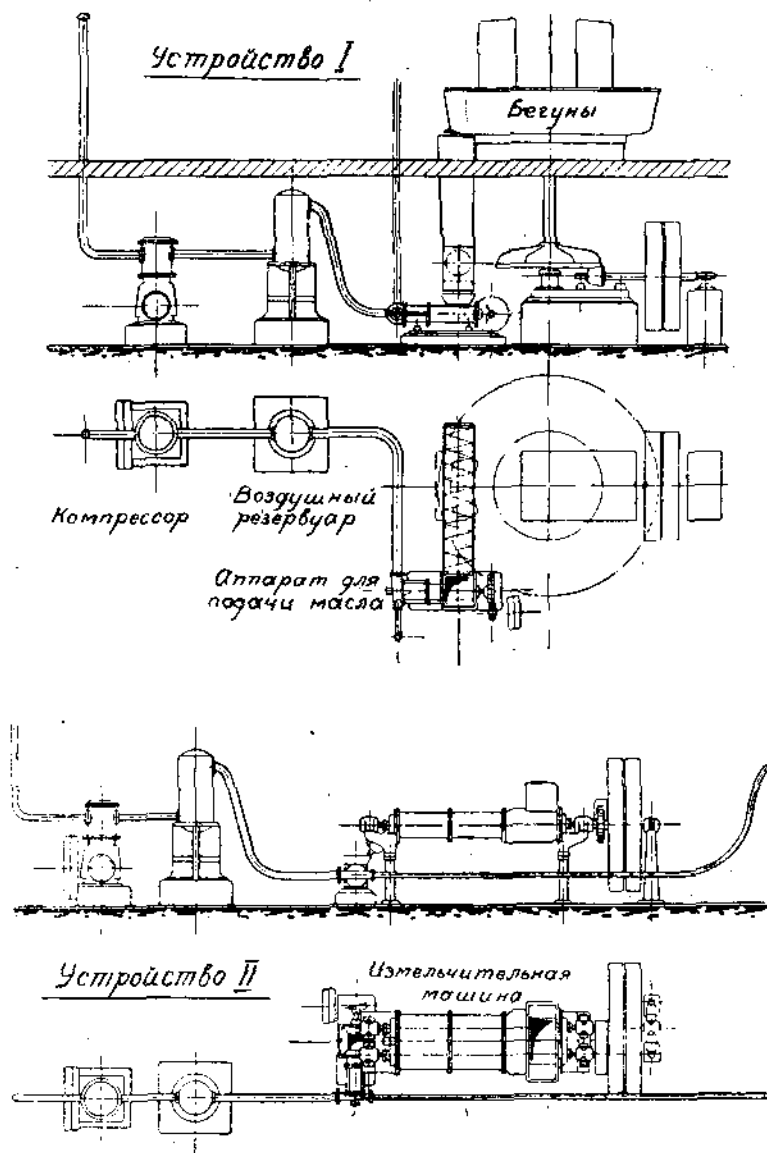


Рис. 247.

2. В настоящее время употребляются разрывательные мельницы Бурберга (Burberg), измельчающие 500—2000 кг бумаги в час при потребной мощности 10—35 л. с.

Целесообразно производить осаждение выделяющейся в машине волокнистой пыли небольшим впуском пара:

3. Сортированная макулатура предварительно размягчается в резервуарах и только после этого подается в специальные разрывательные машины.

Вместо простых резервуаров применяются весьма экономично работающие размягчительные барабаны непрерывного действия, системы Нитгаммера (Niethammer). Помощью такого аппарата (рис. 246), с диаметром 1250 мм и длиной до 5200 мм при 12 оборотах в мин., можно размягчить и измельчить ~ 500 кг бумаги в час, при потребной мощности 35—40 л. с. (включая и измельчитель).

Чтобы уменьшить потери проклеивающих и наполняющих веществ бумаги, размягчение ее производится часто холодной или тепловатой водой.

Размолотая или измельченная масса может быть направлена в бассейны над полумассными роллами пневматическим путем (рис. 247).

4. Часто сортированная макулатура размягчается в шаровых варочных котлах, куда заливается холодная вода; иногда добавляется небольшое количество пара.

Для того чтобы бумага одновременно и измельчалась варочные котлы могут быть снабжены внутри билами.

Шаровой варочный котел, диаметром 3 м, емкостью 14 м³, может загружаться:

2000 кг обычной макулатуры, т. е. ~ 145 кг на 1 м³ объема котла нетто, или 3000 кг прессованных типографских обрезков т. е. ~ 215 кг на 1 м³ объема котла нетто.

Полный оборот котла составляет 3 ч., из них:

загрузка ~ 1 ч.
вращение ~ 1 »
выгрузка ~ 1 »

Размягченная бумага перед смешением ее в роллах с более крепкой полумассой — целлюлозой, тряпичной полумассой и т. п. — измельчается и расщепляется на волокна в специальных машинах.

В. Машины для измельчения бумажного брака

Для измельчения бумажного брака применяются следующие машины:

а) Бегуны

Бегуны работают периодически. Размалываемый материал имеет 25% абс. сух. вещества. Нижний камень бегунов (лежак) делается из гранита, а бегуны из базальта.

Практические данные о производительности бегунов:

Загрузка возд.-сух. массы в кг	150 — 200	450 — 500	1 000
Производительность в 24 ч. в кг	~ 2 500	~ 5000	~ 10 000
Оборот в часах	1 1/2 — 2	1 1/2 — 2	1 1/2 — 2
Потребная мощность в л. с.	~ 15 — 20	~ 35 — 40	~ 50 — 70

б) Месильные машины

(Вернер и Пфлейдерер)

Эти машины являются аппаратами периодического действия.

Производительность их следующая:

Загрузка возд.-сух. вещества в кг	~ 250	~ 600 — 700
Производительность в 24 ч. в кг	~ 4 000 — 5 000	~ 8 000
Потребная мощность в л. с.	~ 22 — 25	~ 40 — 45

в) Измельчитель системы Вурстера

Эта машина непрерывного действия работает часто в соединении с размягчительным барабаном Нитгаммера. Размеры измельчителей Вурстера (Wurster) следующие:

Длина сегментов в мм	1700	1630	2445
Число оборотов в м.	170—250	120—160	120—160
Диаметр бил в мм	330	380	380
Производительность возд.-сух. вещества в час в кг	~ 250	~ 500	~ 600
Потребная мощность в л. с.	~ 12—25	~ 15—35	~ 25—60

г) Комбинированная месильно-измельчительная машина сист. Дитриха

Машина непрерывного действия.

Средняя производительность в кг/ч. ~ 250—350

» потребная мощность в л. с. ~ 22—25

д) Измельчитель сист. Хемельрика с бильным валом

Машина непрерывного действия.

Производительность возд.-сух. вещества в час в кг ~ 350 и ~ 500.

Потребная мощность в л. с. ~ 18 и ~ 21.

Выбор того или иного типа измельчительных машин зависит всецело от рода бумажного брака и от требований, предъявляемых к размалываемой массе.

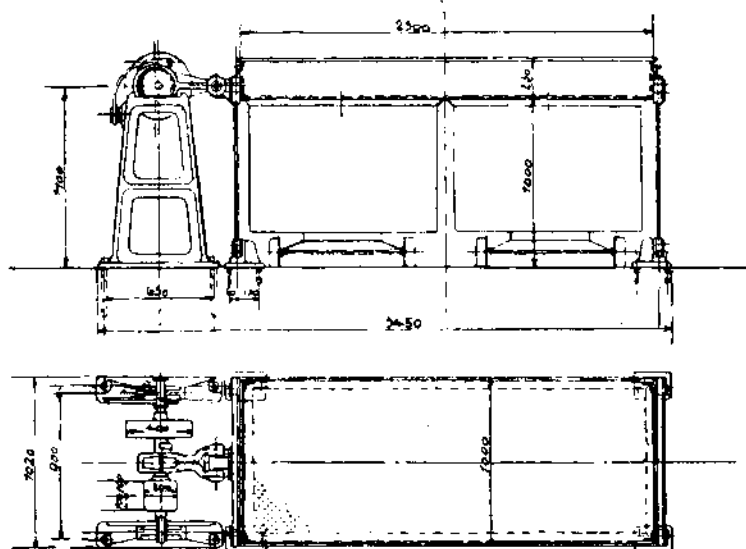


Рис. 248.

Помощью бегунов получают в общем более жирную массу, чем при употреблении измельчителей и месильных машин. При обработке плотных и сильно клееных бумаг, как лисчие, рисовальные, особенно пергамин, — преимущество следует отдавать бегунам.

Измельченная масса более низкого качества после бегунов или измельчителей часто пропускается через особые сортировки для отделения неизмельченной бечевы и т. п. Для этого пользуются плоской качающейся сортировкой (рис. 248), с металлическим ситом, длиной ~ 2500 мм,

шириною ~1000 мм и с отверстиями в 10 мм. Число колебаний сита составляет ~320 в мин. Производительность от ~7000 до 9000 кг в 24 час, при потребной мощности ~2—3 л. с.

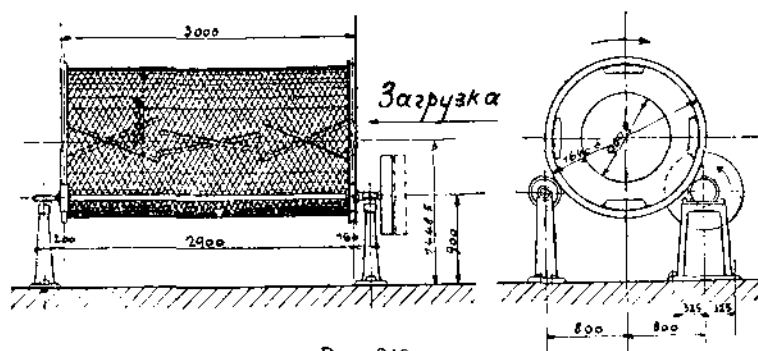


Рис. 249.

Для сортировки молотого брака может служить цилиндрическая сортировка (рис. 249), диаметром 1500 мм, длиной 3000 мм. Находящиеся внутри металлические мешалки устроены с целью хорошего перемешивания массы. Производительность составляет от ~16000 до 20000 кг в 24 ч. при потребной мощности ~1,5—2 л. с.

е) Обработка макулатуры в роллах

Макулатура может быть обработана также и в роллах, при чем необходимо прибавление теплой воды.

а) Измельчение в роллах

Американцы производят измельчение бумажного брака непрерывным способом в ролле, изображенном на рис. 250. В открытой

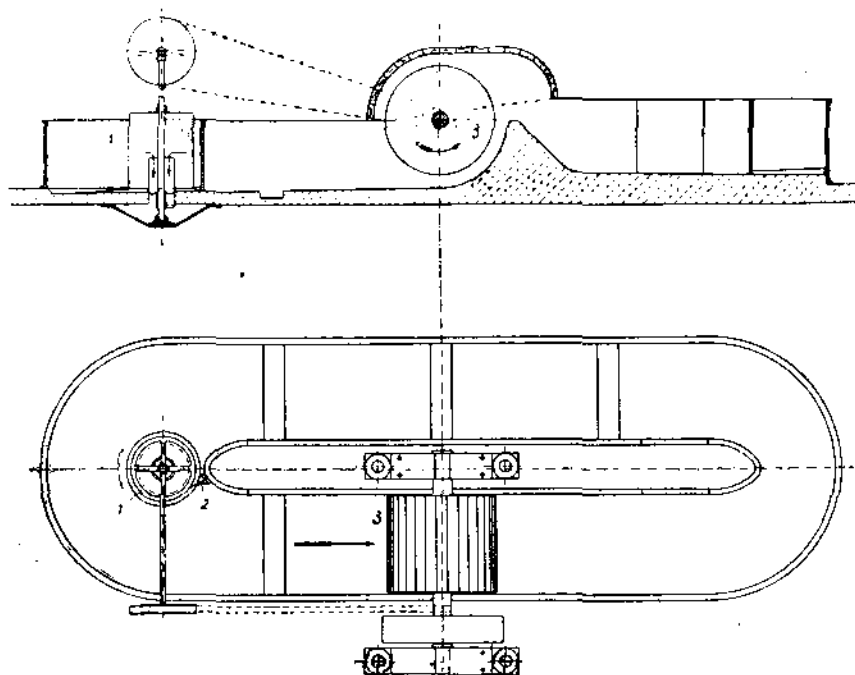


Рис. 250.

овальной формы ванне, в канале перед барабаном 3, помещается вращающийся на вертикальной оси дырчатый цилиндр 1, диаметром 1000 мм. Бумажный брак измельчается ножевым барабаном 3. Волокна и мелкие кусочки бумаги проходят через дырчатый цилиндр 1, в то время как грубые частицы бумаги удаляются с наружной стенки его скребком 2 и подаются опять под ножевой барабан.

б) Обработка макулатуры в ролле с дырчатой горкой

Ролл для обработки бумажного брака фирмы акц. о-во машиностроительный завод Нифери имеет следующее устройство (рис. 251):

Загруженный в ролл бумажный брак измельчается специально устроенным размалывающим барабаном 1. Вода подается непрерывно через

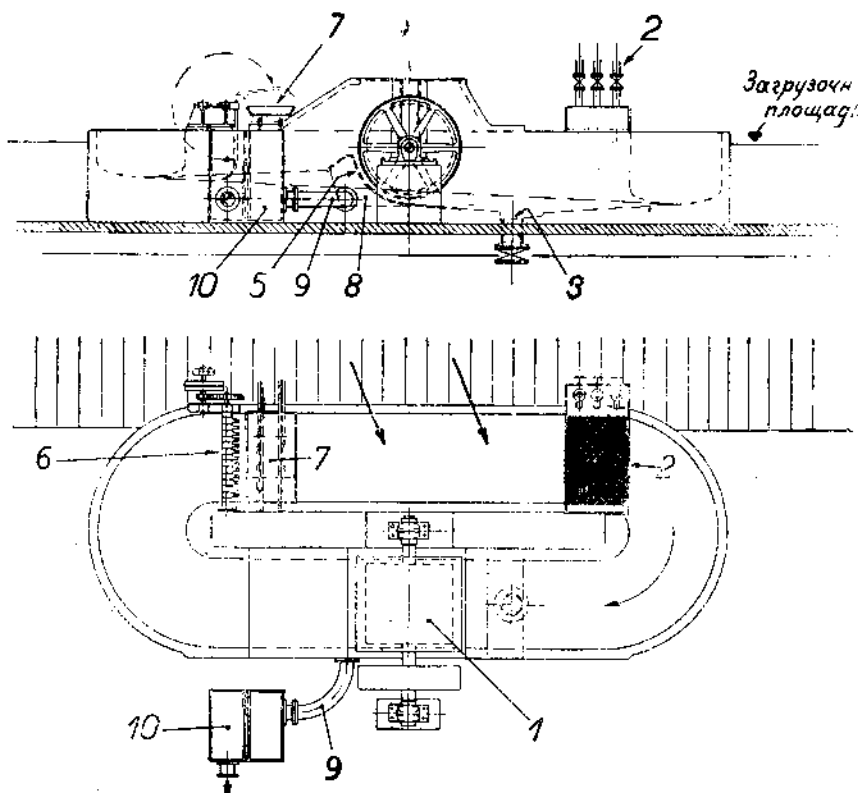


Рис. 251.

спрыски 2. Для задержки и улавливания тяжелых частиц служит песочник 3. Бумажная масса проходит над горкой и поступает на специальную ловушку 6, на зубьях которой задерживается проволока, веревки и т. п. Эта ловушка вращается, и отдельные отбросы периодически сбрасываются в маленькую вагонетку 7. Бумажный брак постепенно измельчается и проходит через дырчатую поверхность горки 5 в камеру 8 и через патрубок 9 стекает в бачок 10, откуда направляется на дальнейшую переработку. Производительность ролла зависит от размера его и может быть довольно значительной: от 2 до 80 т в 24 ч., при потребной мощности от 8 до 90 л. с. Кроме волокна бумажный брак содержит часто проклеивающие и наполняющие вещества (напр. каолин), которые при рациональ-

ных способах обработки не должны теряться. Опытные бумажные мастера избегают поэтому применять такие способы переработки макулатуры, при которых возможны подобные потери, достигающие иногда значительной величины. Чтобы свести эти потери до минимума, бумажный брак увлажняется и размягчается не теплой, а холодной водой и притом в таком количестве, чтобы обрабатываемая масса имела наиболее благоприятную для размола в бегунах влажность, т. е. ~ 25% абсолютно сухого вещества. При этом в массе удерживаются проклеивающие и наполняющие вещества, необходимые для приготовления дешевых сортов оберточной бумаги и картона.

При переработке обычной макулатуры на картон и оберточную бумагу необходимо считаться со значительной потерей материала, составляющей ~ 25%, т. е. на 100 кг готовой бумаги требуется $\frac{100}{0,75} = 133,3$ кг макулатуры.

ГЛАВА X

Механическое оборудование для приготовления бумажной массы

А. Общие сведения

В отличие от полумассы, в бумажном производстве под бумажной массой или просто массой понимают достаточно размолотую смесь волокнистых материалов вместе с прибавляемыми красящими, проклеивающими и наполняющими веществами, из которой в процессе отливки на бумагоделательной машине образуется бумажный лист.

Бумажная масса может состоять или из одного вида полумассы, как тряпичная полумасса, древесная целлюлоза, бурая древесная масса или соломенная масса, или из смеси различных волокнистых полуфабрикатов: тряпичной полумассы, древесной и соломенной целлюлозы, древесной массы и бумажного брака.

Применение того или иного вида полумассы зависит в первую очередь от требований, предъявляемых к вырабатываемой бумаге или картону. Известную роль играет также опытность бумажного мастера, определяющего композицию.

При наличии разнообразных сортов волокнистого материала имеется возможность варьировать свойства и качество бумаги в больших пределах.

Особенно большое влияние на характер бумажной массы, а следовательно и на свойства бумаги, имеет процесс размолла полумассы на готовую массу.

Важно также правильно определить тип и количество добавляемых проклеивающих и наполняющих веществ.

Б. Композиция бумажной массы

Композицию бумажной массы, т. е. удельные количества отдельных видов полумассы, а также примешиваемых красок, гарпиуса и каолина или другого наполнителя бумажный мастер указывает в так называемом рецепте массы. Приведенные в последнем виды материалов и их количества составляют загрузку ролла, который до сих пор является наиболее употребительным размалывающим аппаратом.

(Относительно мешальных роллов см. ниже.)

а) Количество загружаемых материалов

Количество загружаемых в роллы материалов всегда больше количества изготовленной из них бумаги. Это зависит прежде всего от разницы между влажностью загружаемых материалов и конечной влажностью бумаги. При жидкой зарядке ролла масса содержит 5—6% абс. сух. вещества, при загрузке возд.-сух. полуфабрикатов, последние имеют около 88% сух. вещества, нормальная же сухость фабриката—бумаги или картона—составляет 90—96%.

Кроме того в процессе производства бумаги всегда имеют место потери массы, возникающие главным образом при перемене сорта, вырабатываемой бумаги и необходимости чистки мешалок, песочниц, узлоловителей, сетки и т. п.

Наконец постоянные потери в виде мокрого и сухого брака происходят в сосунах и других частях бумажной машины и другого оборудования.

Указанные потери могут быть значительно снижены при устройстве целесообразно выполненных больших ловушек для волокна, т. е. посредством обратного применения отходящих вод, содержащих волокно (это не относится к бумажным фабрикам, вырабатывающим высшие и ценные сорта бумаги). Однако, несмотря и на это, всегда имеет место известная потеря массы, и этого ни на какой фабрике избежать нельзя.

Приводимый ниже общий расчет дает понятие о количественных потерях массы.

Изготовленное количество бумаги из одного ролла составляло: 100 кг бумаги 95% абс. сух., что отвечает $100 \cdot 0,95 = 95$ кг абс. сух. бумаги. Брак на бумажной машине составляет кругло 10%; тогда количество массы, подаваемой на сетку, должно быть:

$$\frac{95}{0,9} \approx 105 \text{ кг абс. сух.}$$

Учитывая, что загружаемое в роллы волокно воздушно-сухое, загрузка ролла определяется в:

$$\frac{105}{0,88} \approx 119 \text{ кг возд.-сух. массы.}$$

Хорошие ловушки волокна улавливают минимум 8% массы, считая на готовую бумагу. Улавливание составляет: $95 \cdot 0,08 = 7,6$ кг абс. сух. или $= \frac{7,6}{0,88} \approx 9$ кг возд.-сух.

Поэтому при хороших устройствах для улавливания волокна загрузка уменьшится и составит в среднем:

$$119 - 9 = 110 \text{ кг возд.-сух. массы.}$$

Таким образом для изготовления 100 кг бумаги с 95% абс. сух. требуется загрузка возд.-сух. массы в 110 кг или соответственно: $110 \cdot 0,88 \approx 97$ кг абс. сух. массы дает ~ 95 кг абс. сух. бумаги.

Потери волокна, принятые в приведенном расчете за 10%, зависят от различных производственных условий. Особенно велики потери проклеивающих и наполняющих веществ.

6) Сорта бумаги и композиция

Сводка, составленная союзом немецких бумажных фабрикантов, насчитывает в настоящее время около 40 различных сортов бумаги и 14 сортов картона.

Применяемые на практике составы массы даже для одних и тех же сортов бумаги весьма разнообразны и зависят от производственного опыта, наличных полуфабрикатов и оборудования фабрики.

Приводимые ниже композиции отдельных наиболее важных сортов бумаги взяты из практики как средние. Эти данные не являются исчерпывающими и имеют целью только ознакомление с разнообразием состава загрузки роллов.

Для более точного определения количества расходуемых полуфабрикатов необходимо познакомиться ближе с потерями волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов, имеющими место в процессе переработки последних на бумагу.

а) Потери волокна

Потери волокнистых материалов составляют максимум ~ 5%. При рационально устроенных ловушках для волокна эта цифра может быть значительно снижена; процент потерь зависит также и от сорта вырабатываемой бумаги.

Следует, однако, при расчете зарядок ролла новым сортом бумажной массы принимать потерю волокна в 5%. Небольшие же изменения в рецепте загрузки могут быть произведены на больших фабриках в любой момент.

б) Потери проклеивающих и наполняющих веществ

Из загружаемых в ролл проклеивающих и наполняющих материалов (особенно в зависимости от типа наполнителей) теряется для разных сортов бумаги — от 40 до 60%. Меньшие потери имеют место при хорошем использовании оборотной воды, при хорошо-отмученном каолине или при применении азбестина или талька. В среднем принимают эту потерю равной 50%.

Исходя из указанных предпосылок, ниже исчислены количества расходуемых материалов (зарядка в ролл) для различных сортов бумаги.

1. Газетная бумага (ротационная)

Вес бумаги $g = 50 \text{ г/м}^2$.

Скорость бумажной машины . . . $v = 170 - 200 \text{ м/мин.}$

Зольность ~ 12% (при $v = 200 - 300 \text{ м/мин.}$ зольность ~ 6-7%).

Сухость готовой бумаги 95% абс. сух.

1. Расход волокнистых материалов

100 кг бумаги 95% абс. сух. соответствуют 95 кг абс. сух. бумаги.

При зольности 12% количество потребного волокна составит:

$$\frac{95}{0,95} = 100 \text{ кг} \quad \text{83 кг волокна.}$$

Принимая потерю волокна в процессе производства в ~ 5%, определяем зарядку в ролл волокнистых материалов:

$$\frac{83}{0,95} = 87 \text{ кг} \quad \sim 88 \text{ кг}$$

При 88% содержания сухого вещества в полуфабрикатах, это соответствует:

$$\frac{88}{0,88} = 100 \text{ кг} \quad \sim 100 \text{ кг} \quad \text{88% абс. сух.}$$

Зарядка волокна в ролл на 100 кг готовой газетной бумаги состоит из

целлюлозы ~ 23 кг, 88% абс. сух.

древесной массы ~ 67 » 88% » »

бумажного брака ~ 10 » 88% » »

Всего волокна ~ 100 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг полуклееной бумаги загружается в ролл гарниуса и глинозема:

глинозема ~ 1 кг

гарниуса ~ 1 »

Всего ~ 2 кг.

3. Расход наполнителей

На 100 кг бумаги, зольностью 12%, требуется загрузить в ролл каолина при удержании последнего в ~50%:

$$\frac{12}{0,5} = \dots \sim 24 \text{ кг.}$$

Полный расход волокнистых, проклеивающих и наполняющих веществ на 100 кг бумаги составляет (добавление краски здесь не учитывается):

волокна возд. сух.	~ 100 кг
проклеивающих веществ	~ 2 »
наполняющих »	~ 24 »

Зарядка ролла на 100 кг бумаги 95% абс. сух. . ~ 126 кг.

II. Печатная бумага без древесной массы

Вес бумаги	$g = 70 - 80 \text{ г/м}^2$
Скорость бумажной машины	$v = \text{до } 80 \text{ м/мин.}$
Зольность	~ 22 - 23%
Сухость готовой бумаги	95% абс. сух. вещ.

1. Расход волокнистых материалов

100 кг бумаги 95% абс. сух. соответствуют 95 кг абс. сух. бумаги.
При зольности в 23% количество потребного волокна составит:

$$95 - 23 \dots = 72 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в процессе производства в 5%, определяем количество волокна, загружаемого в ролл:

$$\frac{72}{0,95} = \dots \sim 76 \text{ » » » »}$$

При 88% содержании сух. вещества в полуфабрикатах это соответствует:

$$\frac{76}{0,88} = \dots \sim 87 \text{ » волок. 88% абс. сух.}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг бумаги состоит из:

целлюлозы	~ 22 кг, 88% абс. сух.
соломенной целлюлозы	~ 50 » 88% » »
бумажного брака без древесной массы	~ 15 » 88% » »
Всего волокна	~ 87 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг полуклееной бумаги загружается в ролл глинозема и гарпиуса:

глинозем	~ 1 кг
гарпиуса	~ 1 »
Всего	~ 2 кг

3. Расход наполнителей

На 100 кг бумаги, зольностью 23%, требуется загрузить в ролл каолина, при удержании последнего в 50%:

$$\frac{23}{0,50} = \dots \sim 46 \text{ кг.}$$

Полный расход волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов на 100 кг бумаги составляет (добавление краски здесь не учитывается):

волокна возд. сух.	~ 87 кг
проклеивающих веществ	~ 2 »
наполняющих	~ 24 »

Зарядка ролла на 100 кг бумаги 95% абс. сух. . . ~ 135 кг.

III. Писчая бумага среднего качества, без древесной массы

Вес бумаги	$g = 60$ до 100 г/м^2 .
Скорость бумажной машины	$v = 60 - 70 \text{ м/мин.}$ для бумаги весом 74 г/м^2 .
Зольность	~ 15%.
Сухость готовой бумаги	95% абс. сух.

1. Расход волокнистых материалов

100 кг бумаги 95% абс. сух. соответствуют: 95 кг абс. сух. бумаги.

При зольности в 15% количество потребного волокна составит:

$$95 - 15 \dots \dots \dots = 80 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в процессе производства в 5%, определяем количество волокна, загружаемого в ролл:

$$\frac{80}{0,95} = \dots \dots \dots \sim 84 \text{ » » » »}$$

При 88% содержании сух. вещества в полуфабрикатах это соответствует:

$$\frac{84}{0,88} = \dots \dots \dots \sim 96 \text{ » » » »}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг бумаги состоит из:

целлюлозы	~ 26 кг, 88% абс. сух.
соломенной целлюлозы	~ 65 » 88% » »
бумажного брака	~ 5 » 88% » »
Всего волокна	~ 96 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг клееной бумаги загружается в ролл глинозема и гарпнуса:

глинозема	~ 3 кг
гарпнуса	~ 2 »

Всего . . . ~ 5 кг.

3. Расход наполнителей

На 100 кг бумаги, зольностью 15%, требуется загрузить в ролл каолина, при удержании последнего в 50%:

$$\frac{15}{0,50} = \dots \dots \dots \sim 30 \text{ кг.}$$

Полный расход волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов на 100 кг бумаги составляет (добавление краски здесь не учитывается):

волокна возд.-сух.	~ 96 кг
проклеивающих веществ	~ 5 »
наполняющих	~ 30 »

Зарядка ролла на 100 кг бумаги 95% абс. сух. . . ~ 131 »

IV. Писчая бумага повышенного качества, без древесной массы

Вес бумаги	$g = 70 - 100 \text{ г/м}^2$.
Скорость бумажной машины	$v = 30 \text{ м/мин.}$ при бумаге весом 90 г/м^2 .
Зольность	$\sim 10\%$.
Сухость готовой бумаги	95% абс. сух.

1. Расход волокна

100 кг бумаги 95% абс. сух. соответствуют: 95 кг абс. сух. бумаги.

При зольности в 10%, количество потребного волокна составит:

$$95 - 10 \dots \dots = 85 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в среднем в 5%, определяем количество волокна, загружаемого в ролл:

$$\frac{85}{0,95} = \dots \dots \sim 90 \text{ » » » }$$

Это соответствует количеству полуфабрикатов при 88% содержании абс. сухого вещества:

$$\frac{90}{0,88} = \dots \dots \sim 102 \text{ » » » } 88\% \text{ вол.}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг бумаги состоит из:

целлюлозы	$\sim 42 \text{ кг, } 88\% \text{ абс. сух.}$
соломенной целлюлозы	$\sim 55 \text{ » } 88\% \text{ » }$
бумажного брака	$\sim 5 \text{ » } 88\% \text{ » }$
Всего волокна	$\sim 102 \text{ кг, } 88\% \text{ абс. сух.}$

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг клееной бумаги загружается в ролл глинозема и гарпиуса:

глинозема	$\sim 3 \text{ кг}$
гарпиуса	$\sim 2 \text{ »}$
Всего	$\sim 5 \text{ кг.}$

3. Расход наполнителей

На 100 кг бумаги, зольностью 10%, требуется загрузить в ролл каолина, при удержании последнего в 50%:

$$\frac{10}{0,50} = \dots \dots \sim 20 \text{ кг.}$$

Полный расход волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов на 100 кг бумаги составляет (добавление краски здесь не учитывается):

волокна возд.-сух.	$\sim 102 \text{ кг}$
проклеивающих веществ	$\sim 5 \text{ »}$
наполняющих	$\sim 20 \text{ »}$

Зарядка ролла на 100 кг бумаги 95% абс. сух. $\sim 127 \text{ кг.}$

V. Писчая тряпичная бумага

(немецкий стандарт Normal IIIa и аналогичные)

Вес бумаги	$g = 94 \text{ кг/м}^2$.
Скорость бумажной машины	$v = 12 - 15 \text{ м/мин.}$
Зольность	$\sim 1 - 2\%$.

1. Расход волокна

100 кг бумаги 95% абс. сух. = 95 кг абс. сух. бумаги.

При зольности бумаги в 2%, количество
потребного волокна составит:

$$95 - 2 = 93 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в 5%, определяем количество его, загружаемое
в ролл:

$$\frac{93}{0,95} = \sim 98 \text{ » » » »}$$

Это соответствует количеству полуфабрикатов с 88% содержанием абс. сух. вещества:

$$\frac{98}{0,88} = 111 \text{ » вол. 88% абс. сух.}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг бумаги состоит из:

беленой льняной тряпичной полумассы	~ 56 кг, 88% абс. сух.
» хлопчатобумажной	» 25 » 88% » »
прима митчерлиховской целлюлозы	» 25 » 88% » »
прима соломенной целлюлозы	» 5 » 88% » »

Всего волокна ~ 111 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг клееной бумаги загружается в ролл глинозема и гарпиуса:

глинозем	~ 3 кг
гарпиуса	» 2 »

Всего ~ 5 кг.

3. Расход наполнителей

Наполнители не применяются.

Полный расход волокнистых и проклеивающих материалов на 100 кг составляет (добавление краски здесь не учитывается):

расход волокна возд.-сух.	~ 111 кг
» проклеивающих веществ	» 5 »

Зарядка ролла на 100 кг бумаги 95% абс. сух. . . ~ 116 кг.

Автор также ссылается при этом на узаконенные композиции стандартных бумаг ¹⁾.

VI. Картон высокого качества для почтовых карточек

Вес картона	$g = 200 \text{ г/м}^2$.
Скорость бумажной машины	$v = 12-15 \text{ м/мин.}$
Зольность	~ 8-10%.

1. Расход волокна

100 кг картона 95% абс. сух. = 95 кг абс. сух. картона.

При зольности картона в 10%, количество
потребного волокна составит:

$$95 - 10 = 85 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в 5%, определяем количество его, загружаемое
в ролл:

$$\frac{85}{0,95} = \sim 90 \text{ » » » »}$$

¹⁾ Для Германии.

Это соответствует количеству полуфабрикатов с 88% содержанием сухого вещества в:

$$\frac{90}{0,88} = \dots \sim 102 \text{ » вол. 88\% абс. сух.}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг картона состоит из:

прима белой хлопчатобумажной полумассы	~ 20 кг, 88% абс. сух.
» беленой древесной целлюлозы	~ 27 » 88% » »
» соломенной целлюлозы	~ 45 » 88% » »
Картонного брака	~ 10 » 88% » »

Всего волокна ~ 102 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг клееного картона загружается в ролл глинозема и гарпиуса:

глинозема	~ 3 кг
гарпиуса	~ 2 »

Всего ~ 5 кг.

3. Расход наполнителей

На 100 кг картона, зольностью 10%, требуется загрузить в роллы каолина, при удержании последнего в 50%:

$$\frac{10}{0,50} = \dots \sim 20 \text{ кг.}$$

Полная загрузка в ролл волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов на 100 кг картона составит (добавление краски здесь не учитывается):

загрузка волокна возд.-сух.	~ 102 кг
» проклеивающих веществ	~ 5 »
» наполняющих	~ 20 »

Зарядка ролла на 100 кг картона 95% абс. сух. . . ~ 127 кг.

VII. Картон среднего качества

Вес картона	$g = 200 \text{ г/м}^2$.
Скорость бумажной машины	$v = 15 - 17 \text{ м/мин.}$
Зольность	~ 8 - 10%.

1. Расход волокна

100 кг картона 95% абс. сух. = 95 кг абс. сух. картона

При зольности его в 10%, количество потребного волокна составит:

$$95 - 10 = \dots \sim 85 \text{ » » » волокна.}$$

Принимая потерю волокна в 5%, определяем количество его, загружаемое в ролл:

$$\frac{85}{0,95} = \dots \sim 90 \text{ » » » »}$$

Это соответствует количеству полуфабрикатов с 88% содержанием сухого вещества в:

$$\frac{90}{0,88} = \dots \sim 102 \text{ » вол. 88\% абс. сух.}$$

Загрузка волокна в ролл на 100 кг картона состоит из:

беленой целлюлозы древесной	~ 40 кг, 88% абс. сух.
» » соломенной	~ 52 » 88% » »
картонного брака	~ 10 » 88% » »
Всего волокна	~ 102 кг, 88% абс. сух.

2. Расход проклеивающих веществ

На 100 кг клееного картона загружается в ролл глинозема и гарпиуса:

глинозема	~ 3 кг
гарпиуса	~ 2 »
Всего	~ 5 кг.

3. Расход наполнителей

На 100 кг картона, зольностью 100%, требуется загрузить в ролл каолина, при удержании последнего в 50%:

$$\frac{10}{0,50} = \dots \sim 20 \text{ кг.}$$

Полная загрузка в ролл волокнистых, проклеивающих и наполняющих материалов на 100 кг картона составит (добавление краски здесь не учитывается):

Загрузка волокна возд.-сух.	~ 102 кг
» проклеивающих веществ	~ 5 »
» наполняющих	~ 20 »
Зарядка ролла на 100 кг картона 95% абс. сух.	~ 127 кг.

Для достижения желательных свойств бумаги не менее важным, чем правильное установление композиции бумаги, является рациональный раз-
мол полуфабрикатов.

Характер обработки массы следовательно зависит от сорта изготовляемой бумаги.

Для пергаменты например масса должна быть жирной, почти студенистой; процесс размолы ведется здесь до получения так называемой целлюлозной слизи. При выработке бюварной бумаги, наоборот, масса должна быть тощей и не содержать слизи; для этого при размолке волокна более рубятся, чем расчесываются.

При жирной массе волокна перетираются и расщепляются по длине на фибриллы, т. е. волокна в известной степени раздавливаются. Жирный характер массы достигается в роллах посредством давления, рубки и расчесывания¹⁾.

В противоположность жирному размолу, при размолке тощем или садком производится измельчение и укорочение волокна сильной рубкой его.

¹⁾ Сравни журнал: «Wochenblatt für Papierfabrikation» 1913, стр. 3347. Kirchner, Technologie, т. III, стр. 181 и далее т. IV, стр. 45.

Бурая древесная масса:

- а) Для машинного картона 35
- б) : картона, полученного с ручным съемом 60

В общем следует иметь в виду следующее:

- а) Густая загрузка ролла, т. е. концентрация массы 7—8% абс. сухости, и применение широких тупых размалывающих ножей — дают жирную массу с высоким градусом жирности.
- б) Жидкая загрузка ролла, при концентрации массы 4—5% абс. сухости, и применение тонких острых размалывающих ножей — дают тощий (садкий) помол с низким градусом жирности.

В. Машины для приготовления массы.

Переработка полумассы на массу производится:

- а) в роллах—аппаратах периодического действия, или
- б) в роллах, комбинированных с коническими мельницами, при периодической работе их, и наконец
- в) только помощью непрерывно работающих конических мельниц (на фабриках газетной бумаги).

Хотя ролл был известен в Голландии еще в XVIII в., однако до начала XIX в. для производства массы, т. е. для соответствующего измельчения полуфабрикатов, употреблялись главным образом так называемые толчеи. Позднее для этой цели стали пользоваться голландской мельницей или сокращенно голлендером т. е. роллою.

Отсюда первые бумажные фабрики получили название бумажных мельниц.

а) Массный или товарный ролл

Основные принципы устройства ролла с момента его изобретения изменились мало и заключаются в следующем:

Вытянутая овальной формы ванна ролла разделена продольной перегородкой на 2 канала. В более широком канале находится размалывающий аппарат, состоящий из размалывающего барабана («шара») и «планки»; второй, более узкий канал служит исключительно для циркуляции массы, т. е. обратного подвода ее к размалывающему барабану («обратный канал»).

Размалывающий барабан («шар») делается диаметром от 1 000 до 1 800 мм и шириной от 1 000 до 1 600 мм. По цилиндрической поверхности его, на небольшом расстоянии друг от друга, закреплены ножи, промежутки между которыми служат для черпания и перемещения массы. Планка состоит из комплекта ножей, закрепленного (помощью клина) непосредственно под барабаном.

Барабан ролла вращается с окружной скоростью около 8—10 м/сек., при чем своими ножами более или менее соприкасается с ножами планки.

Собственно процесс размолва заключается в том, что загруженный в ванну ролла волокнистый материал, концентрацией около 6—8%, проходит между ножами размалывающего барабана и планки, при чем измельчается при соответствующем давлении барабана; одновременно, при быстром вращении последнего, масса захватывается промежутками между ножами его и поднимается на высоту так называемой горки, представляющей возвышение дна ванны. С гребня горки масса стекает благодаря соб-

ственной тяжести, перемещается по обратному каналу и вновь подается к барабану и планке. Для улучшения условий движения массы дно обратного канала ролла имеет значительный уклон.

Скорость передвижения массы зависит от густоты ее, жидкая масса перемещается быстрее, густая более медленно, — и от конструктивного выполнения самого ролла. При этом затрата энергии на передвижение массы больше, чем на собственно размол.

В свое время перерабатывали только тряпичную полумассу; с 1860—62 г. стали применять и другие полуфабрикаты, как соломенную и древесную целлюлозы и древесную массу, которые сильно различаются по свойствам волокон.

Поэтому при употреблении аппарата для размол массы необходимо обращать серьезное внимание на разные свойства отдельных сортов полумассы.

Хотя основные принципы процесса размол мало изменились с момента появления ролла, последний однако был значительно усовершенствован, тем более, что конкуренция машиностроительных и бумагоделательных предприятий принуждала к изобретению наиболее эффективных и производительных машин.

Несмотря на целый ряд предложенных за последнее время новых конструкций машин для размол массы на те или иные специальные сорта бумаги все же наиболее распространенной размалывающей машиной по настоящее время остается ролл с открытой овальной ванной.

Поэтому в первую очередь необходимо остановиться на детальном описании этого общепринятого типа ролла.

В отличие от полумассового ролла, служащего для приготовления тряпичной полумассы, снабженного промывным барабаном, — ролл для приготовления массы для бумажных машин носит название массного (или товарного) ролла.

Несмотря на сходство в общем устройстве, новейшие типы массных роллов конструктивно значительно отличаются от роллов полумассных и массных прошлого столетия, особенно устройством ванны и размалывающего аппарата.

1. Старая конструкция ролла (рис. 253 I)

Ванна ролла старой конструкции была сравнительно низкая, при высоте горки около 50—100 мм ниже оси барабана. Дно обратного канала от горки до спускного клапана не имело никакого уклона. Размеры каналов были совершенно иные в сравнении с размерами современных конструкций: так канал, где помещается размалывающий барабан, имел такую же ширину, как и обратный канал. Барабан был небольшого диаметра, сравнительно узкий, помещался он на середине длины ролла и вращался с небольшой окружной скоростью, максимум до 8 м/сек., так что передвижение массы в ролле старой конструкции было очень медленное. Число ножей в барабане и планке было значительно меньшее, чем в современных конструкциях.

Ролл старого выпуска емкостью 3000 л имел следующие размеры:

емкость ролла J в л	3 000
длина ванны в мм	3 800
ширина " в мм	1 780
диаметр размалывающего барабана W_d в мм	850
ширина " W_b в мм	850
число ножей размалывающего барабана	60
" планки	20
число оборотов размалывающего барабана в мин.	180
окружная скорость размал. барабана в м/сек.	~ 8

В старом ролле отношение ширины барабана к емкости составляло:

$$\frac{W_p}{f} = \frac{850}{3000} = 0,28 \text{ (против } 0,35 \text{ в новейших роллах).}$$

При таком устройстве старых роллов не могло быть и речи о быстром передвижении массы, о хорошем перемешивании ее и о столь же совершенном эффекте размола, как это имеет место в современных конструкциях.

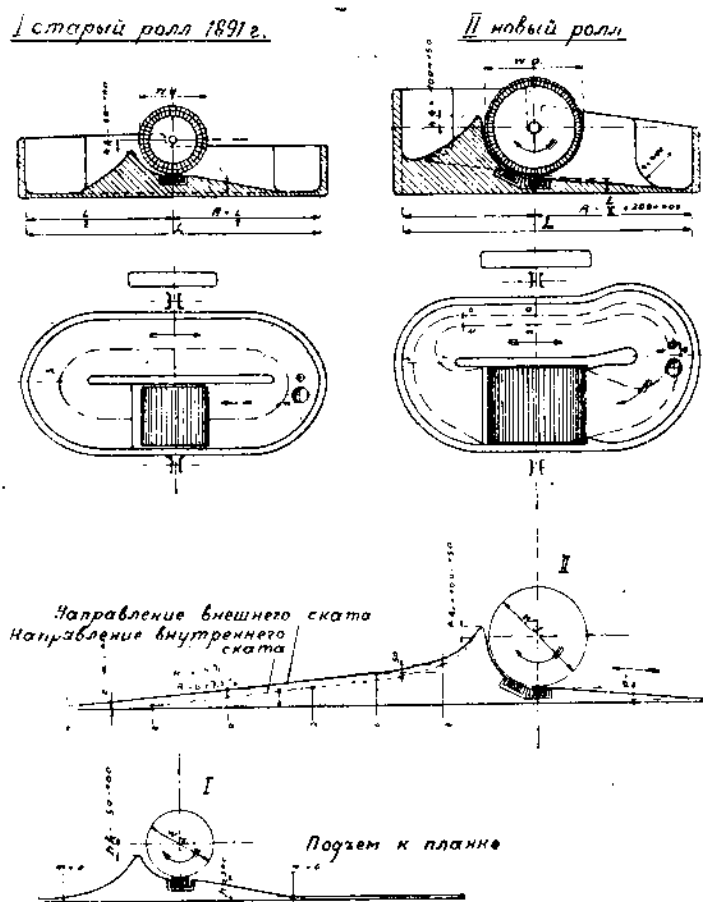


Рис. 253.

Если принимать, как это уже указывалось при описании полумассных роллов, что показателем производительности ролла является произведение числа срезов на длину ножа в 1 мин., то для старого ролла получается:

емкость	3000 л
ножей размалывающего барабана	60 шт.
планки	20
длина ножа	0,850 м
число оборотов размалыв. барабана	180 в мин.

Эффективность размола получается благодаря этому для нового ролла значительно лучшей, чем для ролла старого типа:

число ножей размалыв. барабана	82
планки	30
длина ножей	1,05 м
число оборотов размалыв. барабана	150 в мин.

$Q = 82 \cdot 30 \cdot 1,05 \cdot 150 = 387\,450$ м/мин. общей режущей длины, или на 1 м³ емкости ролла приходится:

$$Q_1 = \frac{387\,450}{3} = 129\,150 \text{ м/мин. режущей длины.}$$

Сравнение формы нового открытого ролла с формой ролла старой конструкции (рис. 253 I и II) указывает на значительные успехи, достигнутые в улучшении устройства ролла.

Кроме указанных конструктивных изменений, современные роллы устраиваются с размалывающим барабаном, смещенным в направлении хода массы от середины ванны на 200—400 мм (иногда еще более), благодаря чему создается короткий и круглый скат горки и тем самым достигается увеличение скорости передвижения массы в обратном канале, имеющем значительный уклон.

Сопоставление технических показателей для роллов емкостью $J = 3\,000$ л старой и новой конструкции приведено в следующей сравнительной таблице:

	Стар ы ролл	Новый ролл
J — емкость ролла в л	3 000	3 000
h — высота планки над полом в мм	~ 300	~ 300
W_d — диаметр размалывающего барабана в мм	850	1 250—1 350
W_b — ширина	850	1 050
W_b — ширина размалывающего барабана		
J — емкость ролла	0,28	0,35
B_1 — ширина канала с размалыв. барабаном в мм	890	1 100
B_2 — обратного канала в мм	800	650—700
L — длина ванны	3 800	4 200
B — ширина	1 780	2 000
A — расстояние между подшипниками размалывающего барабана	~ 1 900	~ 2 300
R — уклон дна в обратном канале в %	0	6—7,5
h_k — возвышение горки в мм	~ 50—100	~ 100—150
z_1 — число ножей размалыв. барабана	60	72—82
z_2 — планки	18—20	30
n — число оборотов размалыв. барабана в мин.	180	150—155
n — окружная скорость размалыв. барабана в м/сек.	8	10
v — скорость передвижения массы в м/мин.	2—3	8—12
C — концентрация массы в % абс. сух. вещества	5	5—8
Q — режущая длина в м/мин. на 1 м ³ емкости	61 200	129 150

Начиная с 1890 г. было предложено много новых конструкций массового ролла. Большая часть новых патентованных роллов не получили широкого распространения.

Основным отличием некоторых систем этих роллов является значительное увеличение скорости движения массы. Однако приготовление бумажной массы требует не только хорошего передвижения и перемешивания массы; главное внимание должно быть обращено на процесс размола с целью получения нужного конечного продукта, т. е. бумаги хорошего качества. Это обстоятельство имеет особое значение при выработке бумаг

высоких сортов. Применение пропеллеров и других приспособлений для гона массы совершенно не привилось на фабриках, вырабатывающих бумаги высокого и высшего качества. Подобные устройства способствуют образованию узелков, т. е. закатыванию тряпичных волокон в комочки, не говоря о трудности содержания таких роллов в чистоте, сложности установки подшипников и часто весьма сложном приводе.

Даже при производстве обычных бумаг из целлюлозы и древесной массы, как газетная, пергаментная, оберточная и т. п., такие устройства не получили широкого применения.

Большую роль при размоле массы играет правильная скорость ее циркуляции. Слишком быстрое прохождение волокон между размалывающим барабаном и планкой не достигает желательных результатов.

Для получения достаточно жирного размола требуется густая зарядка ролла при сравнительно медленном размоле. Слишком быстрая циркуляция массы, достигаемая при очень высокой горке или при установке гонялки, вызывает к тому же излишний расход энергии.

Гораздо больший успех достигнут благодаря усовершенствованиям размалывающего аппарата и употреблению барабанов большего диаметра и большей ширины, что улучшило как скорость передвижения массы, так и качество размола ее.

В настоящее время хорошие системы открытых роллов, снабженные вылегчивателями, позволяют работать с требуемым парциальным или удельным давлением (удельное давление размалывающей поверхности барабана на планку).

Это хорошее и необходимое приспособление усовершенствовано автором настоящей книги, запатентовавшим так называемый измеритель давления размола (D. R. P. № 357719 Kl. 55c Gr. 6) (см. рис. 254).

Посредством рычага с грузом вес барабана и штанги совершенно уравнивается, т. е. приводится к нулю.

Перемещением подвижного груза по градуированному коромыслу устанавливается желательное и удобно отсчитываемое парциальное давление в кг на 1 см² размалывающей поверхности.

Благодаря этому измерительному аппарату автор впервые мог доказать неправильность принятого проф. Пфарром («Wochenblatt», 1907, № 37—40) удельного¹ давления для жирной массы $p = 10 - 12 \text{ кг/см}^2$ и для тощей $p = 12 - 18 \text{ кг/см}^2$.

Величина удельного давления зависит от характера массы и степени помола ее и часто составляет только небольшую часть от приведенных показателей.

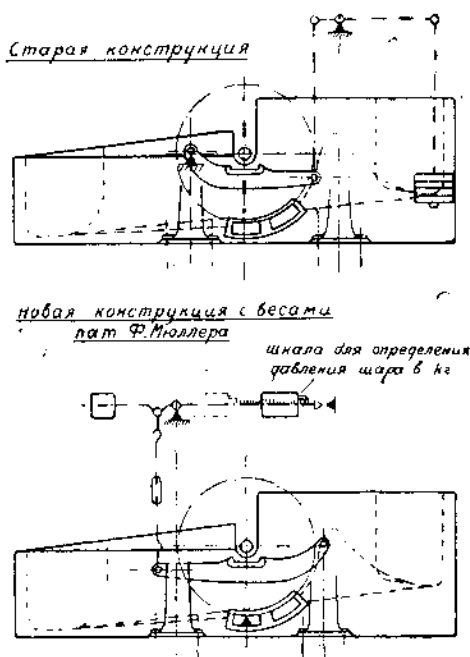


Рис. 254.

Произведенные испытания показали, что работа на размол массы часто составляет только 20 — 40% общего расхода энергии, потребляемой роллом. Это указывает на то, что парциальное давление при размоле не так велико, как принималось раньше.

Дальнейшее улучшение открытых роллов заключается в усовершенствовании конструкции ванны. Большой барабан допускает устройства более высокой горки, и благодаря этому достигается достаточный уклон для обратного хода массы. Затем скату горки придают несколько винтообразный поворот, повышающийся к наружной стене ванны и понижающийся к внутренней, что обуславливает хорошее перемешивание смеси волокон при спуске с горки, вследствие чего отпадает необходимость употребления весла. При одновременной загрузке большей частью разнородных волокнистых материалов и добавляемых химикатов, как глинозем, гарниус, наполнители и краски, совершенно необходимым является равномерное заполнение волокон этими химикатами, что и достигается хорошим перемешиванием массы.

Произведенные наблюдения показывают, что следует строго придерживаться определенного парциального давления, при чем конечный результат размолы массы зависит также и от концентрации, скорости передвижения ее, количества размалывающих ножей и способа закрепления последних.

а) Ванна ролла

Как уже было выше указано, успехи, достигнутые в работе современного открытого ролла, зависят во многом от усовершенствования ванны. В хороших конструкциях часть канала за барабаном суживается, переходя в обратный канал, и вновь расширяется перед барабаном. Благодаря таким изменениям в форме поперечного сечения канала — достигается равномерное передвижение массы, без заторов, при чем одновременно происходит хорошее перемешивание ее. Скорость передвижения зависит с одной стороны от густоты массы, числа и размеров промежутков между ножами (которыми масса зачерпывается и перебрасывается через горку), с другой же — от высоты горки и уклона дна обратного канала.

Последние условия в свою очередь зависят от диаметра размалывающего барабана, а именно: при большом диаметре и значительной ширине его, — что является характерным для современных роллов, — промежутки между ножами получают больших размеров и следовательно увеличивается черпание массы. Очень высокая горка и крутой уклон дна способствуют ускорению хода массы. Однако, вследствие получающихся из-за этого различных высот стенок ванны, во избежание перелива массы через борт, необходимо иметь массу очень густой консистенции, что применимо не для всех сортов бумаги.

Ниже приводятся средние значения высоты горки, пригодные для различных сортов бумаги, в соответствии с которыми устанавливается для роллов новой конструкции соотношение между формой ванны и скоростью передвижения массы.

Емкость ролла в л	~ 3 000	~ 4 000	~ 5 000	~ 6 000	~ 7 000	~ 8 000
Приблизит. высота горки над осью барабана в мм.	~ 70	~ 80	~ 100	~ 120	~ 150	~ 150

Прежде ванны изготовлялись из чугуна (из одной или нескольких частей). Для высших сортов бумаги ванна обкладывалась медными листами или фарфоровыми плитками.

В последние годы вошли в употребление железобетонные ванны (стационарные и переносные) и окончательно вытеснили чугунные. Большей частью бывает достаточно гладкая штукатурка бетонной ванны; все же облицовка из фарфоровых плит желательна.

3) Размалывающее устройство

В зависимости от рода вырабатываемых сортов бумаги гораздо большим изменениям, чем ванна, подвергается устройство размалывающих аппаратов по следующим соображениям: размол массы зависит главным образом от выполнения размалывающих конструкций:

- 1) с толстыми или тонкими ножами,
- 2) со стальными ножами в размалывающем барабане и стальными ножами в планке,
- 3) с бронзовыми ножами в размалывающем барабане и стальными ножами в планке,
- 4) со стальными ножами в размалывающем барабане и бронзовыми ножами в планке,
- 5) с бронзовыми ножами в размалывающем барабане и бронзовыми ножами в планке,
- 6) только с каменным размалывающим барабаном или только с каменной планкой,
- 7) с каменным размалывающим барабаном и с каменной планкой.

Некоторые специальные сорта бумаг требуют вполне определенного выполнения ножей и способа их закрепления. Машиностроительные заводы должны принимать во внимание указания в этом отношении специалистов-бумажников.

Для увеличения размалывающей поверхности, вместо применявшейся раньше только одной узкой планки теперь весьма часто устанавливают две или более планки.

Материал для ножей выбирается в зависимости от сорта продукции:

1. Стальные ножи в размалывающем барабане и планке (сталь на сталь) для массовых сортов и бумаг среднего качества, в частности для газетной бумаги, подпергамента и пергамента.
2. Бронзовые ножи в размалывающем барабане и стальные в планке (бронза на сталь) для лучших, более плотных бумаг.
3. Стальные ножи в барабане и бронзовые в планке (сталь на бронзу). Это устройство встречается чаще, ибо ножи размалывающего барабана изнашиваются не так быстро, как ножи планки, — поэтому бумага получается более свободной от железа.
4. Бронзовые ножи и в барабане и в планке (бронза на бронзу). Подобное устройство имеет место только на определенных фабриках, специализировавшихся на выработке фотографических и технических бумаг высшего качества, писчих и почтовых самых высоких сортов, а также папиросной бумаги.

5. Ножи размалывающего барабана и планки из нового сплава стали крупновских заводов в Эссене. Применимы для бумаг самого высокого качества, так как изнашивание их совершенно незначительно.

Специалисты по производству высших сортов бумаги придерживаются мнения, что для получения абсолютно чистой бумаги и правильного жирного помола массы применение бронзовых ножей в барабане и планке обязательно. При этом бронзовые ножи употребляются более тонкие, чем стальные, а именно: для размалывающего барабана — толщиной 6—7 мм,

для планки — 3—5 мм. Роллы для бумаг высокого качества применяются небольшой емкости: на загрузку в 100—150 кг, максимально 200 кг. Это объясняется важностью достижения исключительно равномерного помола и невозможностью массового производства высококачественной бумаги.

Для бумаг средних сортов, как писчие и печатные без древесной массы, можно набирать размалывающий барабан стальными, а планку бронзовыми ножами (сталь на бронзу), при чем толщина ножей барабана составляет 7—8 мм и планки 4—5 мм. Величина роллов здесь значительно больше и рассчитана на загрузку в 250—400 кг.

Для особо жирного помола массы, исключая бумаги высокого качества, употребляются главным образом стальные ножи (сталь на сталь), толщиной 9—10 мм для размалывающего барабана и 5—6 мм для планки.

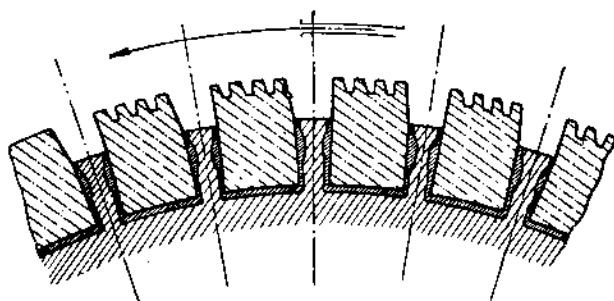


Рис. 255.

Для газетной бумаги применяют обычно ножи в размалывающем барабане в 8—9 мм¹⁾.

Для ролевой печатной и других массовых сортов бумаги пользуются роллами большой емкости с загрузкой 500—1500 кг.

Для бумаг с жирным помолом, прядельной бумаги и других очень часто применяют стальные ножи

в размалывающем барабане и бронзовые в планке (сталь на бронзу) режет бронзу на бронзу. Для достижения большей жирности массы употребляют барабанные ножи толщиной 10—11 мм, а планочные — 6 мм. Роллы устанавливаются на загрузку в 250—600 кг массы.

При выработке этих сортов бумаги находят применение также каменные размалывающие устройства (рис. 255). Для производства тонкой прядельной бумаги весом 30—40 г/м² часто применяются размалывающий барабан и планка из базальтовой лавы.

Для бьюварных бумаг, где требуется тощий помол, применяют, при более жидкой консистенции массы, острые тонкие ножи — «сталь на сталь».

Следующее специальное устройство для размолва (рис. 255) заключается в употреблении барабана с ножами из базальтовой лавы (патент Шмидта).

Ножи из лавы сидят по окружности чугунного барабана и закреплены в пазах особой формы. Благодаря большой рабочей поверхности такого размалывающего аппарата получается чрезвычайно жирная масса, особенно желательная при изготовлении жиронепроницаемых бумаг. Необходимо при этом иметь в виду, что для выработки пергаментной бумаги сама, целлюлоза должна обладать особыми свойствами: она должна быть по возможности жесткой, чтобы при размоле получить нужный характер жирности массы и ее жиронепроницаемости.

В последнее время эти барабаны устанавливаются таким образом, что между двумя каменными выступами вставляются пачки стальных ножей соответствующей толщины.

По практическим данным производительность роллов с каменными размалывающими барабанами на ~20—30% выше производительности

¹⁾ При выработке газетных бумаг на современных быстроходных бумажных машинах роллы для размолва массы не применяются. *Ред.*

роллов со стальными ножами. Поэтому, при прочих равных условиях, продолжительность размола для получения жирной массы в этих роллах меньше.

1. Размалывающий барабан («шар»)

Конструктивное устройство барабана массного ролла (рис. 256 и 257) в основном такое же, как и полумассного. Чугунный полый барабан имеет пазы, где закрепляются ножи. Последние распределены по окружности цилиндра совершенно равномерно, на расстоянии $\sim 50-60$ мм друг от друга, в зависимости от размера барабана и числа ножей. Глубина пазов составляет $\sim 40-45$ мм.

Как уже указывалось при описании полумассных роллов, ножи неподвижно закрепляются на чугунном цилиндре посредством специальных

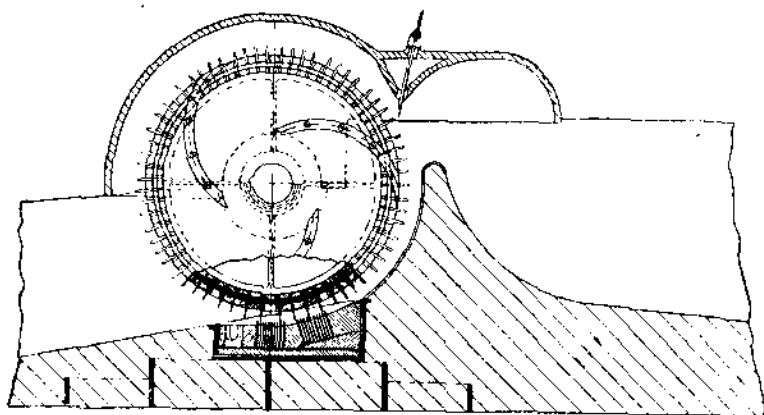


Рис. 256.

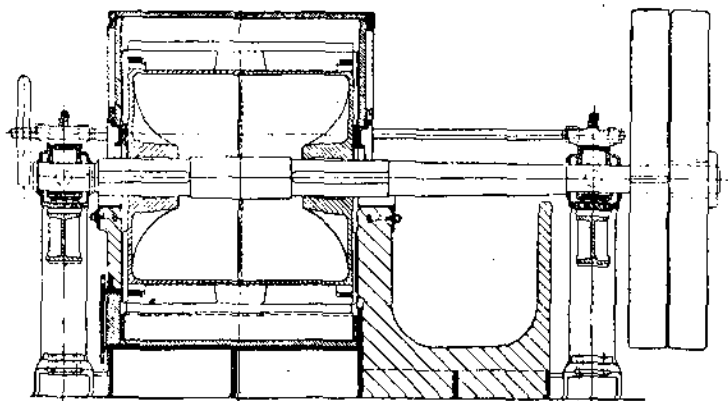


Рис. 257.

колец, вставляемых в прорези, имеющиеся на обоих концах ножей. Между ножами плотно вбиваются прокладки из выдержанного твердого дерева.

В роллах, применяемых для изготовления бумаг высокого качества, свободная часть вала обтягивается медной рубашкой, а скребковые лопасти (на боковых стенках барабанов), — назначение которых сгребать массу, застрявшую между стенками ванны и размалывающим барабаном, — делаются из бронзы. Боковые стенки размалывающего барабана обиты листами латуни

Ножи барабана и планки работают по принципу ножниц, с углом резания $\sim 5-7^\circ$.

Для этого или ножи барабана закрепляются несколько наклонно к его оси при параллельно устанавливаемой планке, образуя таким образом необходимый угол резания, или, наоборот, ножи барабана располагаются параллельно образующей барабана, а ножи планки,—под некоторым углом к ней. Последний способ наиболее распространен.

Благодаря наклонному положению ножей достигается хорошее размалывающее действие без зацепления ножей барабана о ножи планки при быстром вращении его. Кроме того, при этом масса легче стекает из ячеек между ножами и воздух выходит беспрепятственно.

Ножи закрепляются на размалывающем барабане под таким углом, чтобы масса постоянно отбрасывалась в направлении от перегородки к наружной стенке ролла, что ускоряет передвижение массы. По обеим сторонам канала перед размалывающим барабаном укреплено по языку; последние служат для незначительного сужения канала, чтобы лучше подводить массу к размалывающему барабану (во избежание попадания массы между последним и стенками ванны, см. рис. 37 полумассного ролла).

Вал размалывающего барабана покоится в solidных закрытых подшипниках с кольцевой смазкой, находящихся по обеим сторонам ванны.

Для возможности поднимать барабан или опускать его «на посадку», имеется специальный механизм, состоящий из шпинделей и связывающей штанги.

В большинстве конструкций желательное давление размалывающего барабана устанавливается посредством двухстороннего параллельно действующего вылегчивающего устройства, состоящего из рычагов и груза.

Вес размалывающего барабана довольно значителен. Барабаны роллов старых конструкций были легкие, в большинстве случаев с деревянным телом, почему приходилось во время размола присаживать их на планку помощью винтового давления гайки, движущейся по вертикальному шпинделю, на поддерживающую барабан балку.

Размалывающий барабан старых роллов:

емкостью $\sim 3\,000$ л	весил $\sim 1\,100-1\,200$ кг
" $\sim 4\,000$ " "	" $\sim 1\,300-1\,400$ " "

Для современных роллов принимается следующий вес размалывающего барабана:

Емкость ролла	Вес барабана
в л	в кг
$\sim 3\,000$	$\sim 2\,800$
$\sim 4\,000$	$\sim 3\,200$
$\sim 6\,000$	$\sim 5\,000$

Производившийся ранее процесс размола присаживанием барабана помощью нажимного приспособления зависел всецело от опыта рольщика.

В настоящее время вес барабана, а также шкивов и вылегчивателя легко может быть регулируем, благодаря чему легко устанавливается требуемое удельное давление. Вполне достаточно, если вес барабана со шкивом и друг. можно вылегчить до получения удельного давления в $\sim 10-11$ кг/см².

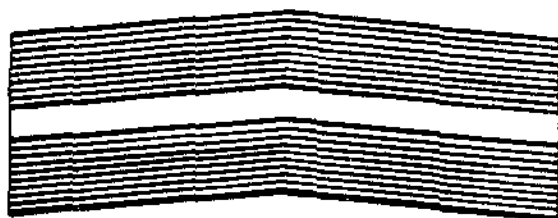
2. Планка

Ножи планки нормально лежат под углом в $5-7^\circ$ к образующей барабана. Планка большей частью состоит из двух соединенных пачек ножей, каждая с 15—20 ножами и деревянными прокладками между последними. Эти пачки ножей заключены в общую чугунную коробку планки (рис. 256 и 257) и закреплены деревянными или чугунными клиньями. Со стороны

наружной стенки ролла коробка планки закрыта крышкой на болтах, что дает возможность легко сменять планку. Пространство между планкой и крышкой заполняется деревом, чтобы не допустить застревания массы.

Вместо планки, составленной из прямых ножей, пользуются также планкой из согнутых ножей (рис. 258). Часто ножи впаиваются в цинковую пластину, образуя косую, паркетную и трубчатую (из бронзовых трубок) планку (рис. 258).

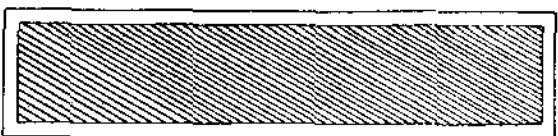
Планка



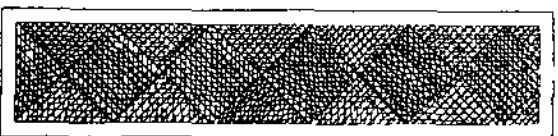
Гнутая планка



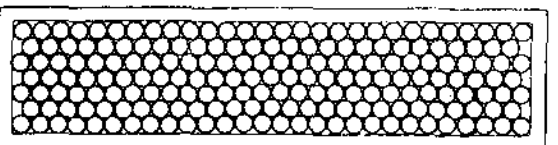
Прямая планка



Косая планка



Паркетная планка



Трубчатая планка

Рис. 258.

Общепригодных правил о применении различного устройства планок нельзя дать, так как это зависит часто от опыта и точки зрения отдельных специалистов. Выбор же толщины ножей и угла их положения весьма важен в зависимости от характера размолы—жирного или тощего. Для получения жирного помола выбирают более толстые ножи и меньший угол

среза, для тощего — наоборот. Цинковые планки со стальными или бронзовыми ножами уже давно привились на фабриках, изготовляющих бумаги высокого качества.

γ) Арматура.

Для предохранения от разбрызгивания массы, над размалывающим барабаном устраивается деревянный колпак. При выработке высоких сортов бумаги последний обивается с внутренней стороны латунными и медными листами или колпак целиком делается из латуни. Для предупреждения (или возможного уменьшения) перебрасывания массы через барабан, в колпаке устроена наклонная деревянная задвижка. Большой спускной клапан для массы и клапан для промывки (металлический или только с металлическим конусом) — дополняют garnитуру ролла.

В больших роллах, особенно при выработке печатной ролевой бумаги, где необходимо быстрое опорожнение, — вместо обычного спускного клапана устраивается специальный большой клапан (рис. 28).

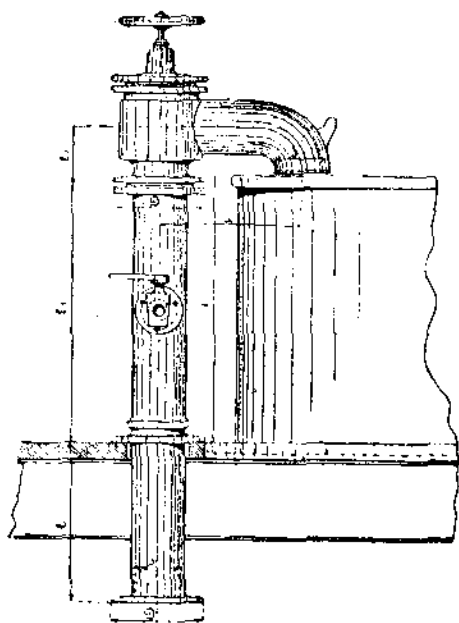


Рис. 259.

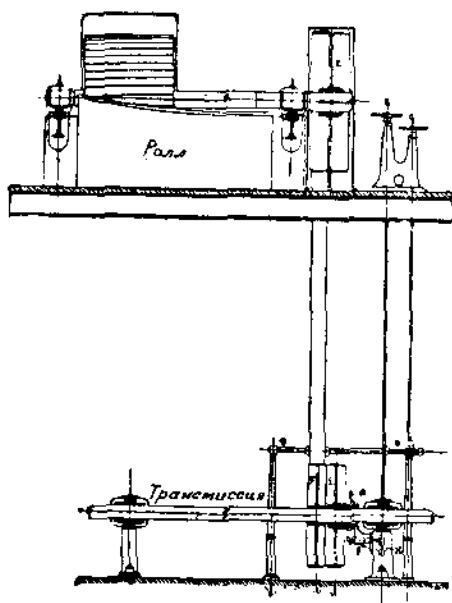


Рис. 260.

Для возможности быстрого опорожнения роллов массопроводы устраиваются большого сечения и со значительным уклоном по направлению к машинным бассейнам.

Для быстрого наполнения, опорожнения и чистки ролла естественно необходимы соответствующих размеров водопроводы, устройство которых для этой цели показано на рис. 259.

При выработке бумаг высокого качества, в случае, если вода не абсолютно прозрачна и содержит примеси, необходимо закрепить на кране фильтрующий рукав. Для присоединения шланга, в целях чистки и промывки ролла, устраивается особый кран. Количество воды для наполнения и опорожнения ролла довольно значительно; только при

опорожнении необходимо разбавить массу концентрацией в $6-8\%$ до $3-4\%$.

Если ролл не приводится в движение от отдельного электромотора, требуется устройство для возможности выключения ролла на случай останова, ремонта размалывающего барабана и планки и др. Обычное выключение при помощи рабочего и холостого шкивов не рекомендуется; здесь более целесообразными являются для этой цели приспособления, изображенные на рис. 260 или 261, при устройстве которых ремень в выключенном положении неподвижен.

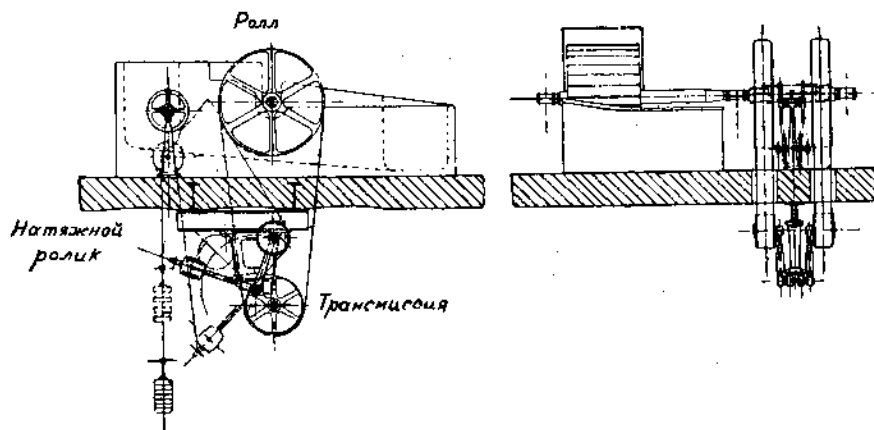


Рис. 261.

При устройстве (рис. 260), с успехом применяемом для малых роллов, — холостой шкив находится на ведущей трансмиссии и насажен на муфту, свободно сидящую на валу и закрепленную на консоли фундамента подшипника. Благодаря этому, при выключении ролла холостой шкив не соприкасается с валом трансмиссии и остается неподвижным. Включение достигается прижимом холостого шкива к рабочему помощью углового рычага, маховичка (находящегося у ролла) и шпинделя. При этом ремень помощью вилки переводится на рабочий шкив, и ролл приводится в движение. Холостой же шкив снова отделяется от рабочего и останавливается.

При включении больших роллов происходит трение холостого шкива о рабочий, которое вызывает искры. Поэтому предпочтительнее пользоваться приспособлением, изображенным на рис. 261.

Выключением применяемого здесь натяжного ролика ролл может быть легко остановлен.

б) Потребная мощность и производительность открытого ролла с овальной ванной нормальной конструкции

Только после введения отдельных электроприводов оказалось возможным получить данные о фактически потребляемой роллами энергии. Выяснению этого вопроса способствовали также исследования, произведенные автором.

Потребная мощность на передвижение массы и размол приведена в нижеследующей таблице, относящейся к работе массных рол-

лов с открытой овальной формы ванной, с нормальной горкой, и действительной для случая сильного размола массы для чисто целлюлозной бумаги.

Загрузка рола в кг	I	II	III	IV	V
	250	700	230	250	300
Вес бумаги в г/м ²	20	80	30	40	40
Концентрация массы в %	7—8	7—8	7—8	6—7	7—8
1. Размалывающий барабан на присадке: потребная мощность рола в л. с. . . $N_1 =$	35	122	36,5	40	45
2. Размалыв. барабан поднят, вращается в массе: потребная мощность рола в л. с. . . $N_2 =$	28	95	23,5	25	27
3. Потребная мощность на 100 кг загрузки массы в л. с.	~11,2	~13,5	~12,3	~10	~9
4. Потребн. мощн. рола на 100 кг загрузки при размол в л. с.	14	17,5	15,9	16	15
5. Собственно работа рола на размол в л. с. $N_1 - N_2 = N_3 =$	7	27	8	15	18
6. Отношение потребной мощности при раз- моле N_3 к общему расходу мощности N_1 в % $= \frac{N_3 \cdot 100}{N_1} =$	20	22	22	37,5	40

Отсюда следует:

а) процентное отношение работы рола на размол N_3 к общей работе его N_1 составляет при нормальной высоте горки — 20—40%.

б) потребная мощность N_2 для перемещения массы составляет в % от N_1 — 80—60%.

При испытании одного рола с загрузкой в 250 кг и очень высокой горкой, потребная мощность оказалась $N = 50$ л. с., против 34 л. с. рола I нормальной конструкции, т. е. увеличение потребной мощности — ~15 л. с. по сравнению с указанным ролом I больше на 43%. Количество же размолотой массы было больше только на ~10%.

Нижеследующая таблица показывает потребную мощность для разных видов размола, применяемых на практике: продолжительность оборота рола для данного сорта бумаги и удельный расход энергии в л. с. на размол 100 кг массы.

Здесь обозначают:

N_1 — общая потребная мощность в л. с. на 100 кг загрузки;

N_2 — потребная мощность в л. с. только на собственно размол 100 кг загрузки;

U — приблизительная продолжительность оборота рола в час;

E — приблизительная загрузка рола для данного рода бумаги;

A — удельный расход энергии в л. с./ч. для размола 100 кг загруженной массы,

Род бумаги	N_1	N_3	U	E	A
1. Слабый размол $N_3 \cong 0,1 N_1$; массы для бумаг с большим содержанием древесной массы — 65%, как газетная, обоянная. Бумажный брак с малым % целлюлозы	9,5—10	~ 1	~ 1,5	300—1000	14—15
2. Нормальный размол $N_3 \cong 0,2 N_1$ массы для средних писчих, лучших печатных, картона и т. п.	11—12,5	2,2—2,5	2,5—3	200—400	30—37
3. Более сильный размол $N_3 \cong 0,3 N_1$ для подпергамента, т. е. для целлюлозных с добавкой каолина, машинной гладкости	12—13	3,0—4,0	2,5—3	200—400	30—39
4. Очень сильный размол $N_3 \cong 0,4 N_1$ для жиронепроницаемых бумаг, пергаминна (чисто целлюлозного)	15—18	6,0—7,5	3—4	200—400	50—70
5. Очень сильный размол $N_3 \cong 0,4 N_1$ для тонких придильных бумаг и т. п. тонких сортов из целлюлозы	15—18	6,0—7,5	4—5	200—400	60—90
6. Массы из льняного тряпья (с малой примесью хлопчатобумажного) для лучших писчих бумаг и картона	15—20	—	18—20	100—150	120—360

Относительно удельных коэффициентов размола в диссертации д-ра Шуберта (Dissertation von D-r Schubert, Darmstadt, 1919 г., стр. 27) приведены следующие данные:

Удельный коэффициент размола μ для целлюлозы	0,116
„ „ „ „ хлопчатобумажного тряпья	0,128
„ „ „ „ соломенной массы	0,136
„ „ „ „ древесной массы	0,144
„ „ „ „ льняного тряпья	0,170

Расчет размалывающей поверхности был приведен уже в 1887 г. Ягенбергом (Jagenberg) в небольшом докладе об устройстве рола. Хотя это вычисление дает приближенное значение (Ягенберг не учитывает угол между ножами и образующей барабана), все же оно является вполне удовлетворительным, так как разница определения для ножей, установленных под некоторым углом к образующей размалывающего барабана и параллельно ей закрепленных, составляет только ~ 0,4%.

По Ягенбергу удельное давление между размалывающим барабаном и планкой определяется:

$$p = \frac{G \cdot D \cdot \pi}{b \cdot Z_0 \cdot s_0 \cdot Z_1 \cdot s_1} = \text{кг/см}^2;$$

здесь обозначают:

- G — действительное давление размалывающего барабана в кг (состоит из веса барабана, вала и шкива + усилие от присадки),
- Z_0 — число ножей планки,
- s_0 — толщина „ „ в см,
- Z_1 — число ножей размалывающего барабана,
- s_1 — толщина ножей размалывающего барабана в см,
- b — ширина размалывающего барабана в см,
- D — диаметр размалывающего барабана в см.

Если обозначить размалывающую поверхность ролла через F , то $G = F \cdot p$, или

$$p = \frac{F \cdot p \cdot D \cdot \pi}{b \cdot Z_0 \cdot s_0 \cdot Z_1 \cdot s_1} = \text{кг/см}^2 \text{ удельное давление}$$

$F = Z_0 \cdot s_0 \cdot Z_1 \cdot s_1 \cdot \frac{b}{D \cdot \pi}$ — размалывающая поверхность в см^2 , при условии, если ножи барабана и планки лежат параллельно друг другу. Ножевой барабан, представляющий собой цилиндр шириной b , встречает размалывающую поверхность одного ножа планки в $s_0 \cdot b$ или при Z_0 ножей планки $Z_0 \cdot s_0 \cdot b \text{ см}^2$. Эта площадь естественно несколько увеличивается, если ножи лежат под некоторым углом:

δ_0 — угол между образующей ножевого барабана и ножами планки,

δ_1 — угол между образующей ножевого барабана и ножами размалывающего барабана.

В этом случае:

$$F = \frac{Z_0 \cdot s_0}{\cos \delta_0} \cdot \frac{Z_1 \cdot s_1}{\cos \delta_1} \cdot \frac{b}{D \cdot \pi} = \text{размалывающая поверхность в см}^2 \text{ } ^1).$$

Потребная мощность только на размол составляет:

$$N_3 = \frac{F \cdot p \cdot \mu \cdot v}{75} \text{ л. с.};$$

$v = \text{м/сек.}$ — окружная скорость размалывающего барабана.

Из произведенных испытаний вытекает, что например при загрузке массы нормальной концентрации в 6—7%, потребная мощность на передвижение ее составляет $N_2 \approx 9\text{—}12 \text{ л. с.}$ на 100 кг загрузки, в зависимости от рода массы, концентрации, конструкции и величины ролла.

Потребная мощность N_1 , а также производительность нормального ролла с открытой овальной формы ванной может быть указана не абсолютно точно, а в известных пределах, так как здесь играет роль бесконечное число факторов, как-то: род размалываемой массы, число ножей, форма ванны, высота горки, удельное давление, удельный коэффициент размола, степень жирности, концентрация массы. Очень хороший труд проф. Пфарра «Ролл и потребляемая им мощность», в котором теоретическим путем выясняется вопрос о расходе энергии ролом и его производительностью, составлялся в то время, когда еще не были доступны точные испытания и измерения.

В настоящее время, благодаря введению приводов от отдельных электромоторов, достигнута возможность точного контроля процесса работы ролла. Опытные измерения, предпринятые автором и другими специалистами, показали, что большая часть расходуемой энергии падает на передвижение массы в ванне, а на собственно размол приходится только $\sim 15\text{—}40\%$.

Отсюда вытекает, что удельное давление ни в коем случае не может составлять $p \approx 10$ до 18 кг/см^2 (см. ранее приведенную статью Пфарра, стр. 10) и максимальное его значение должно быть $p \sim 1$ до $\sim 7,5 \text{ кг/см}^2$, а именно:

$p = \sim 1 \text{ кг}$ для бумаг со слабым размолом массы, как газетная, обойная и т. п.

$p = \sim 7,5$ » для бумаг, требующих сильного размола, как жиронепроницаемые и т. п.

¹⁾ См. Pfarr: «Holländer und deren Kraftverbrauch» в журнале «Wochenblatt für Papierfabrikation», 1907 г., № 37—40, или отдельный оттиск, стр. 8—9.

Численный пример:

Ролл с загрузкой в 400 кг требует например $N_2 \approx 40$ до 44 л. с. для перемещения массы:

а) При нормальном размол требуется $\sim 20\%$ от общей потребной мощности

$$N_1 = \frac{40}{0,8} \approx 50 \text{ л. с.}$$

или на собственно размол требуется:

$$N_3 = 50 \cdot 0,2 \approx 10 \text{ л. с.}$$

Пользуясь цифрами таблицы α для массного ролла, согласно рис. 262, вычисляем:

$$F = 30 \cdot 0,5 \cdot 88 \cdot 0,8 \frac{125}{165 \cdot \pi} \approx 255 \text{ см}^2 \text{ размалывающей поверхности.}$$

$$N_3 = \frac{F \cdot p \cdot \mu \cdot v}{75} = \text{л. с. на работу размола.}$$

Здесь обозначают:

$$\mu \approx 0,125$$

$$v \approx 10 \text{ м/сек. окружной скорости размалывающего барабана.}$$

Удельное давление:

$$p = \frac{75 \cdot N_3}{F \cdot \mu \cdot v} \approx \frac{75 \cdot 10}{255 \cdot 0,125 \cdot 10} \approx 2,35 \text{ кг/см}^2.$$

б) Принимаем, что работа размола требует 40% общей потребляемой мощности, что является максимумом даже для жиронепроницаемых бумаг. Тогда общая потребляемая мощность определится (при 44 л. с. на передвижение массы):

$$N_1 = \frac{44}{0,60} \approx 73,5 \text{ л. с.}$$

На размол $N_3 = 73,5 \cdot 0,4 \approx 29,5 \text{ л. с.}$

Удельное давление:

$$p = \frac{75 \cdot N_3}{F \cdot \mu \cdot v} = \frac{75 \cdot 29,5}{255 \cdot 0,125 \cdot 10} \approx 6,9 \text{ до } 7 \text{ кг/см}^2.$$

3. Обычные конструкции роллов

а) Открытый ролл с овальной ванной

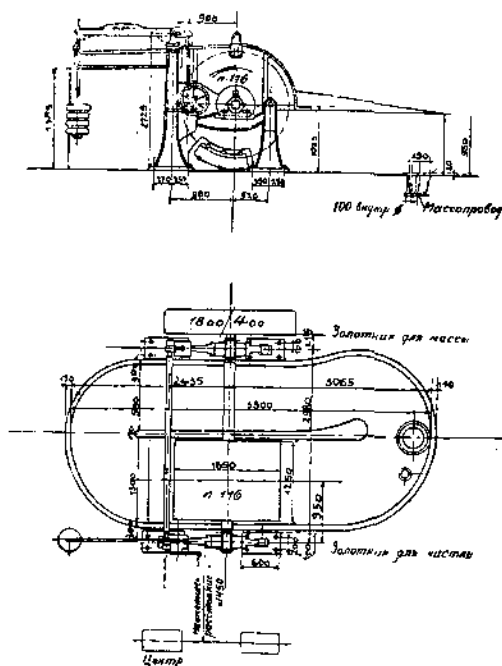
1. Машиностроительного завода И. М. Фойт (Maschinenfabrik I. M. Voith, Heidenheim a. d. Brenz, Württemberg), согласно рис. 262.

2. Машиностроительного завода Линке-Гофман-Лауххаммер (Maschinenfabrik Linke-Hofmann-Lauchhammer-Werke, Abteilung Füllnerwerk, Bad Warmbrunn), согласно рис. 263.

3. Системы Бесслера фирмы Баннинг-Зейбольд (Bässler-Holländer der Firma F. H. Banning & Seybold in Düren) с ванной особой формы, согласно рис. 264.

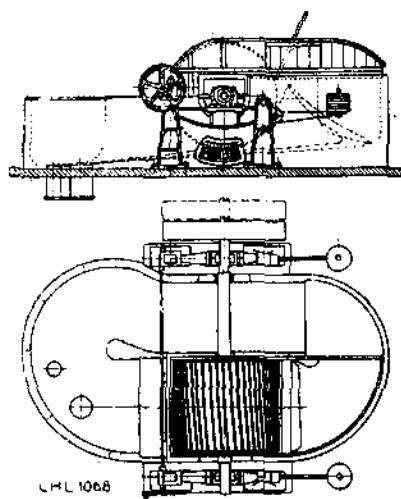
4. Системы Губера машиностроительного завода Эшер, Висс и К° (Huber Holländer der Maschinenfabrik Escher, Wyss & C-ie, Ravensburg), согласно рис. 265.

В ролле последнего типа ножевой барабан лежит вдоль ванны, благодаря чему ширина его может быть весьма значительна.



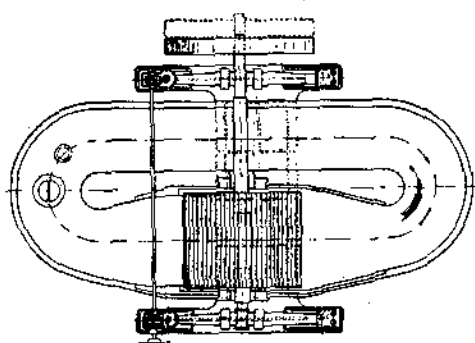
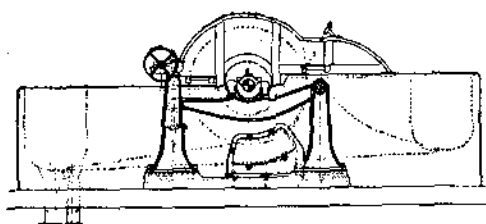
Ролл №. №	Ем- кость ванны в литрах	Загрузка аб. сухого вещества при концен- трации 6,5 % в кг	Размеры ванны		Размеры ножевого барабана				Число и размеры в мм на- жей планки	Диаметр клапанов		Шкив		Приблиз- тельная потреб- ная мощность л. с.
			Дли- на мм	Ши- рина мм	Диа- метр мм	Ши- рина мм	Число ножей и толщина в мм	Оборо- тов в минуту		Спуска- го для массы мм	Для спуска грязи	Диа- метр мм	Ши- рина мм	
I	3000	200	3950	1900	1350	1000	72/7	142	30/5	250	100	1500	200	20 до 35
II	4500	300	4900	2200	1500	1150	80/8	127	30/5	300	100	1800	300	25 " 50
III	6000	400	5350	2400	1650	1250	88/8	116	30/5	350	100	1800	400	35 " 65
IV	8000	520	6100	2750	1800	1500	96/8	106	30/5	350	100	2000	400	40 " 80

Рис. 262.



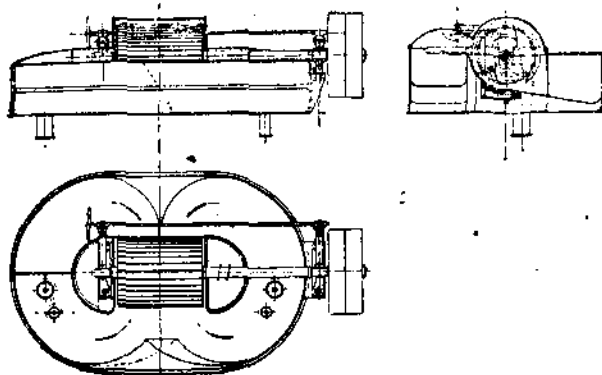
Роль Дел №	Ем- кост банни в литрах	Загрузка абс. сушено вещества при концен- трации 6,5 % в кг	Размеры банни		Размеры ножевого барабана				Число и размеры в мм но- жевой планки	Диаметр клапанов		Шкив		Прибли- зительная потреб- ная мощность л с
			Дли- на мм	Ши- рина мм	Диа- метр мм	Ши- рина мм	Число ножей и толщина в мм	Оборо- тов в минуту		Спуск- ной для массы мм	Для спуска грязи	Диа- метр мм	Ши- рина мм	
I	3000	200	4200	2050	1250	1050	82/10	150	30/5	200	100	1500	220	25 до 35
II	4000	260	4500	2200	1350	1150	84/10	140	30/5	250	150	1600	300	30 .. 40
III	6000	400	5200	2560	1500	1300	96/10	125	30/6	300	150	1800	400	40 .. 60
IV	8000	520	5600	2760	1600	1400	102/10	115	32/6	300	150	2000	420	50 .. 80
V	10000	650	6200	3000	1700	1500	108/10	110	36/6	350	150	2200	450	65 .. 105
VI	12000	750 до 820	6700	3200	1800	1600	114/10	105	38/6	350	150	2400	500	85 .. 120

Рис. 263.



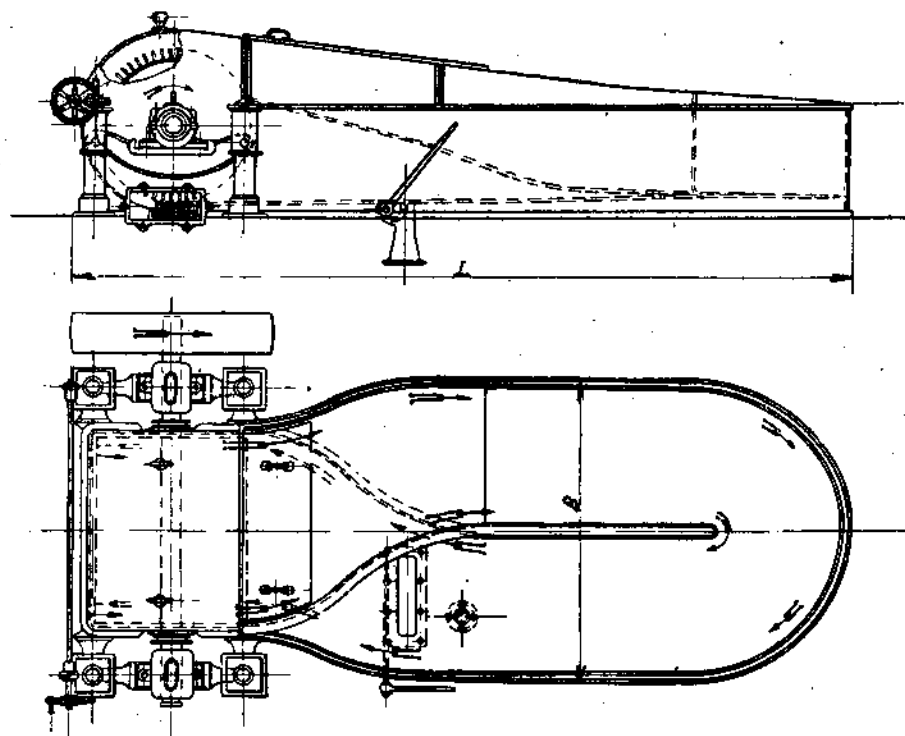
Ролл №№	Ем- кость банки литрах	Загрузка абс. сухого вещества при концен- трации 6,5 % в м³	Размеры ванны		Размеры ножевого барбана				Число и размеры в мм но- жеи планки	Диаметр клапанов		Шпиль		Приблиз- ительная потреб- ная мощность л/с
			Дли- на мм	Ши- рина мм	Диам- етр мм	Ши- рина мм	Число ножей и толщина в мм	Обор- от в минуту		Спуск- ной для массы мм	Для спуска грязи	Диам- етр мм	Ши- рина мм	
I	3000	200	4600	1850	1200	1000	76/8	160	22/6	200	100	1600	150	20 до 40
II	4000	260	5000	2000	1300	1100	80/8	150	24/6	200	100	1700	200	25 " 50
III	5000	330	5400	2200	1400	1200	84/8	140	26/6	250	100	1900	200	30 " 60
IV	6000	400	5700	2350	1500	1300	88/8	130	28/6	250	100	2100	250	40 " 80
V	7000	450	6000	2500	1600	1400	92/8	120	30/6	300	100	2400	300	50 " 90
VI	8000	520	6300	2650	1700	1500	96/9	110	32/6	300	100	2500	350	60 " 100

Рис. 264.



Ролл №№	Ем- кость ванны в литрах	Загрузка обс. сухого вещества при концен- трации 65 % в кг	Размеры ванны		Размеры ножевого барабана				Число и размер в мм но- жей планки	Диаметр клапанов		Шкив		Прибли- тельная потреб- ная мощность л.с.
			Дли- на мм	Ши- рина мм	Диам- метр мм	Ши- рина мм	Число ножей и толщина в мм	Обра- ток в минуту		Спуск- ное для массы мм	Для спуска грязи	Диам- метр мм	Ши- рина мм	
I	3000	200	4000	2400	1000	1250	78/8	140	24/5	2/200	2/100	1400	250	25 до 30
II	4500	300	4600	2800	1200	1400	90/8	130	32/5	2/200	2/100	1800	280	30 - 45
III	5500	360	4800	3000	1200	1400	90/8	130	32/5	2/200	2/100	2000	280	30 - 50
IV	6500	450	5500	3200	1400	1900	99/8	120	32/5	2/200	2/100	2200	280	45 - 65

Рис. 265.



Ранг № №	Ем- ность ванны в литрах	Загрузка об. сушеного вещества при концен- трации 0,5 % в кг	Размеры ванны		Размеры ножового барабана				Число и размеры в мм но- жей планки	Диаметр клапанов		Шкив		Прибли- зительная потреб- ная мощность л.с
			Дли- на мм	Ши- рина мм	Диа- метр мм	Ши- рина мм	Число- ножей и толщина в мм	Оборо- тов в минуту		Спуск- ное для насоса мм	Для спуска взвеси	Диа- метр мм	Ши- рина мм	
I	2800 до 3000	200	5000	2100	1250	1300	60/9	130	30/5	200	100	1400	300	22 до 25
II	5500	350	6325	2450	1600	1500	75/9	100	30/5	250	100	1500	400	35 - 40
III	8600	550	7250	2750	1800	1750	88/10	90	30/5	300	100	1800	400	40 - 60
IV	15200	1000	7550	3350	1800	1950	76/12	90	30/5	300	100	2750	400	80 - 120

Рис. 266.

β) Ролл Горна (рис. 266)

Из систем роллов с перебросом массы через ножевой барабан (см. также рис. 268—5) до сих пор применяются и устанавливаются на современных больших фабриках печатных бумаг роллы системы Горна (фирмы Фойт, Гейденгейм, конструкция 1897 г.), отличающиеся простотой конструкции и хорошим перемешиванием массы. Как видно из рис. 266, ножевой барабан помещается у конца ванны и имеет весьма значительную ширину. Размалывающий барабан устраивается такого диаметра, чтобы обеспечить энергичную циркуляцию массы и правильную установку размалывающих ножей, при чем масса не должна подниматься на слишком большую высоту.

Масса падает с барабана в верхний канал с крутым уклоном, способствующим хорошему передвижению ее. Перемешивание происходит весьма энергично, так как волокна двигаются от внутренней стенки верхней части канала к наружной стенке нижней части и обратно, благодаря чему при каждом обороте размалывающего барабана перемешивание повторяется.

Ролл открытый, легко доступен для обслуживания.

Для быстрого опоражнивания устроен спускной клапан (рис. 28, ч. I, т. I). Эффект размола весьма значительный: например в ролле с загрузкой в 200 кг при емкости ~ 3000 л — ножевой барабан имеет в ширину 1300 мм и отношение $(\frac{W_b}{J})$ составляет:

$$\frac{W_b}{J} = \frac{1300}{3000} \cong 0,433.$$

На одной фабрике, вырабатывающей печатную ролевую (ротационную) бумагу, производили 15 спусков в 24 ч. из одного ролла Горна, при загрузке его в 700 кг и потребной мощности при размоле ~ 60 л. с., что соответствует суточной производительности его в 10500 кг.

4. О развитии конструкции ролла

Производительность старых роллов весьма часто не может удовлетворить производительности бумажных фабрик, особенно в связи с колоссальным ростом выработки бумаги, имеющей место в последнее время. Поэтому стали искать возможность совершенствования конструкции роллов, применяя самые различные приспособления и устройства.

α) Ролл с двумя и более ножевыми барабанами в общей ванне (рис. 267)

Уже в 1873 г. [сравни справочник Гофмана (Hofmanns Handbuch)] во Франции применялись роллы с двумя барабанами (рис. 267—1) на предприятии бр. Дамбрикур (Dambriecourt freres in Wizernes bei St. Omer).

Серединная перегородка в ролле была разделена и приспособлена для установки приводов обоих ножевых барабанов.

Тогда же в 1872 г. в Америке были установлены роллы с четырьмя барабанами в общей ванне (рис. 267—2).

Барабаны приводились во вращение посредством конических шестерен от общего вертикального вала.

Ролл с двумя ножевыми барабанами, патент бумажной фабрики Гоффзюммера (Papierfabrik Hoffsummer in Düren), изображен на рис. 267—3.

Двухсторонний привод является неудобным для обслуживания.

Кроме того, так как барабаны вращаются в разные стороны, необходимо или устройство перекрестного ремня, или установка двух отдельных

трансмиссий. Системы роллов с двумя и более ножевыми барабанами в практике не привились.

Гораздо лучшие результаты получены при применении ранее описанных открытых роллов с широким, большим размалывающим барабаном, простых по конструкции и дающих более хороший размалывающий эффект.

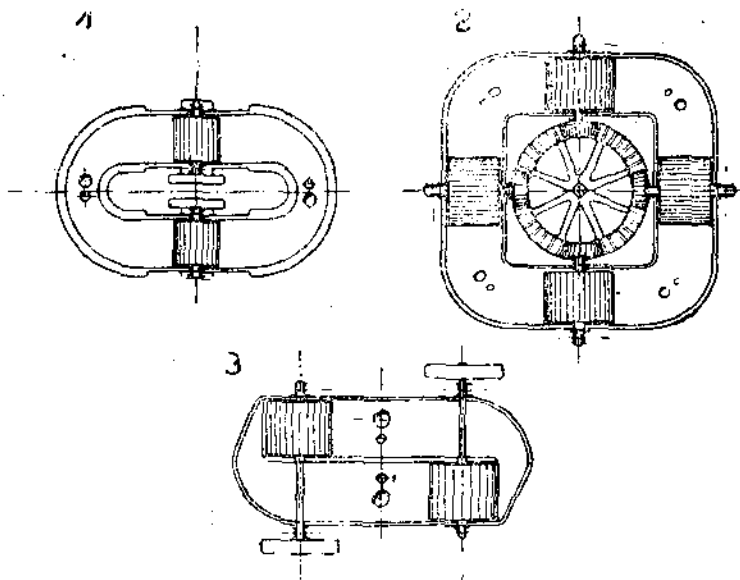


Рис. 267.

Для достижения лучшего эффекта размола, кроме опытов с применением двух и более барабанов, предпринимались меры к дальнейшему усовершенствованию конструкции ролла. Однако предложенные усовершенствования и изобретения имели только частичный успех.

в) Роллы с нижним и верхним каналами (рис. 268)

Эти роллы строятся с очень широкими ножевыми барабанами. Масса подводится к барабану по нижнему каналу:

а) системы Вригеля (Wrigley in Bury, 1870), согласно рис. 268—1;

б) системы Умферстона (Umpherston in Leith bei Edinburgh, 1881), согласно рис. 268—2.

Отличие системы 2-й от 1-й заключается только в том, что барабан сдвинут ближе к концу ванны.

При подобном устройстве устраняется имевший место в старых роллах различный путь движения массы у внутренней и внешней стенок ванны; однако здесь приходится мириться с наличием неразмолотых частиц массы в нижнем канале и трудностью очистки последнего.

Строятся также роллы с широкими ножевыми барабанами, поднимающими массу и подающими ее в верхний канал:

в) системы Гойта (Hoyt, 1885 г.), согласно рис. 268—3;

г) системы Бродье (Brodie, 1886 г.), согласно рис. 268—4.

Неудобствами последней конструкции оказались большая потребная мощность и недоступность нижней части ролла.

д) Позднее этот ролл был с усовершенствован американцем Горном и находит применение до настоящего времени (рис. 268—5 и 266).

е) Ролл системы Рабуса фирмы Баннинг-Зейбольд (Rabus Holländer der Fa. F. H. Banning & Seybold in Düren), согласно рис. 268—6.

Этот ролл отличается от ролла Горна только формой ванны. Масса поднимается ножевым барабаном и подводится в ванну, устроенную в виде кольцевого канала. В такой ванне происходит весьма энергичная циркуляция и перемешивание массы.

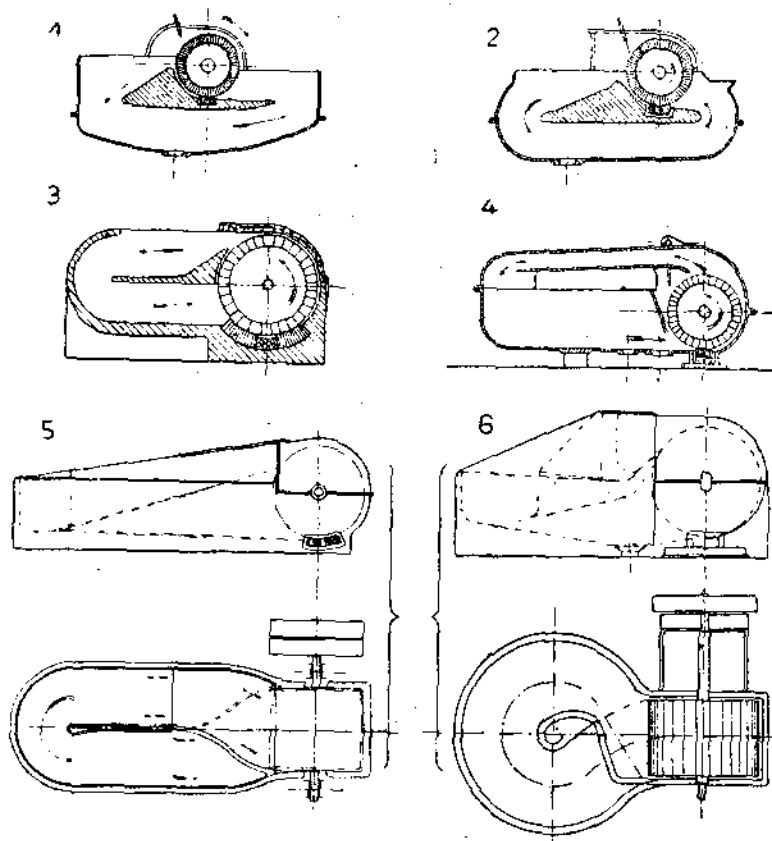


Рис. 268.

г) Роллы с гонялкой (рис. 269)

Как в роллах нормального типа, так и в конструкциях с нижним каналом устраиваются иногда особые гонялки, чтобы освободить размалывающий барабан от непродуктивной работы по передвижению массы.

а) Сист. Дебье (Debié, 1868 г.), массная гонялка в барабанном канале в ролле нормальной конструкции с открытой овальной ванной (рис. 269—1).

Большое колесо с 12 лопатками подымает массу к маленькому ножевому барабану.

б) Массная гонялка в открытом ролле с овальной ванной устроена или в барабанном канале (система Штробаха, рис. 269—2), или в обратном канале (система Фойта).

Ускорение движения массы достигается помощью восьмилопастного гоняльного колеса. Лопатки винтообразно изогнуты с целью получить хорошее перемешивание массы в ролле.

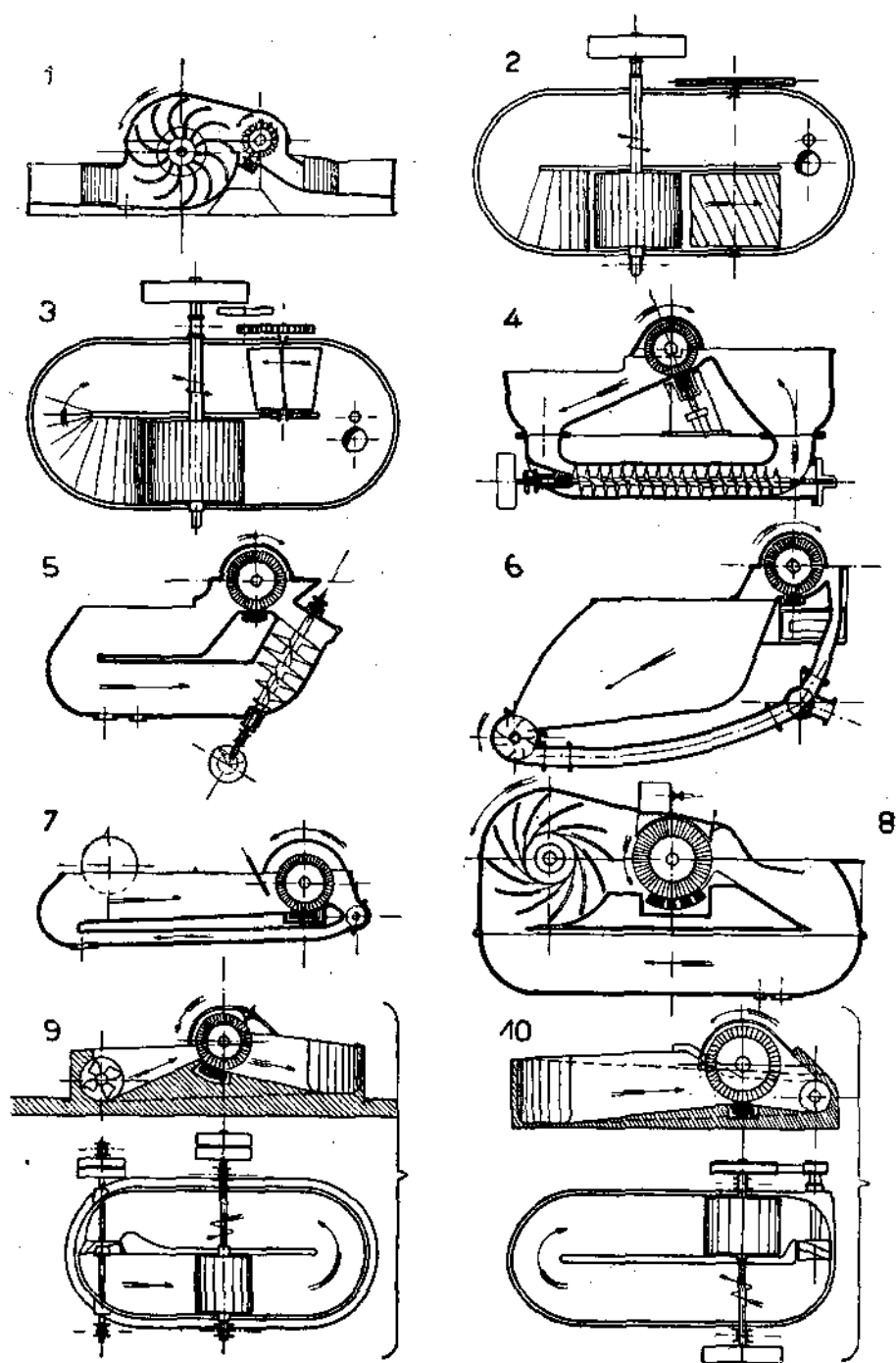


Рис. 269.

в) Системы Томас Нугент (Thomas Nugent in Whippany, 1872), согласно рис. 269—3.

Четырехлопастное гоняльное колесо помещается в обратном канале и подает массу к ножевому барабану.

Гонялка устроена конической формы, благодаря чему у внешней стенки ванны, где лопасти большего диаметра, движение массы интенсивнее, чем у внутренней стенки, где диаметр гонялки меньше.

В роллах с нижним ходом массы устраиваются гонялки в нижнем канале; применяются и другие устройства:

г) Системы Дебье (1863 г.), согласно рис. 269—4.

Нижний канал имеет форму трубы, в которой вращается на горизонтальной оси транспортерный шнек.

д) Системы Акме (Acme), согласно рис. 269—5.

Циркуляция массы ускоряется применением наклонного транспортного шнека, приводимого помощью конической передачи.

е) Системы Тейлора (Taylor), согласно рис. 269—6.

Приспособление для перемещения массы устроено в виде центробежного насоса, подающего массу по трубе к ножевому барабану.

ж) Системы Геммера (Hemmer Holländer, 1894/95 г.), согласно рис. 269—7.

Здесь средством передвижения массы служат шнеки в ванне после ножевого барабана.

з) Системы Каргера (Karger Holländer, 1893/94 г.), согласно рис. 269—8.

При этой системе в ролле Умферстона устраивается большое гоняльное колесо такой же конструкции, как и в ролле системы Дебье.

Массные гонялки пропеллерного типа в открытых роллах с овальной ванной:

и) Массный ролл системы Громадника (1895 г.), согласно черт. 269—9.

Ножевой барабан в овальной ванне приподнят, а горка весьма низкая. Устроенный при срединной перегородке пропеллер перемещает массу из обратного канала вверх к ножевому барабану.

к) Ролл системы Келликера, согласно рис. 269—10.

Горка в ванне совершенно отсутствует. Барабан подает массу к пропеллеру, установленному при срединной перегородке и сообщаемому массе дальнейшую циркуляцию.

л) Применение сжатого воздуха для ускорения циркуляции массы.

Уже давно пользовались сжатым воздухом для ускорения циркуляции массы (см. справочник Гофмана „Hoffmanns Handbuch, II Ausgabe, стр. 259), для чего устраивались форсунки, через которые сжатый воздух поступал в массу, перемешивал ее и сообщал ей движение.

Из многочисленных указанных конструкций роллов с устройствами для гона массы в настоящее время представляют интерес только очень небольшое число их, так как в современных открытых роллах с широким и большим размалывающим барабаном и без описанных выше гоняльных устройств достигнута скорость циркуляции массы от 8 до 10 м/мин.

Литература о роллах:

Pfarr. — Kraftverbrauch. См. «Wochenblatt für Papierfabrikation» 1907, № 37—40.

Rhen. — Kraftverbrauch, Verlag von Elsner, Berlin, 1913.

Kirchner. — Holländertheorie. См. «Papier» 1 до 4 части, «Wochenblatt für Papierfabrikation» № 49—50, 1907.

Haussner. — «Der Holländer» Stuttgart, 1902, Bergsträsser Verlag, затем Beadie & Stevens, Jagenberg, 1887, Smith, Stiel, Strobach.

б) Мельница для тонкого помола массы

В 1856—58 г. (см. справочник Гофмана «Hofmanns Handbuch», II Auflage, I Band, стр. 467—472), американцы — Кингсленд (Kingsland) и Жордан (Jordan) сконструировали мельницы для тонкого помола массы. Применение последних имеет главной целью освободить роллы от последних операций размолы массы, т. е. от расчесывания и рафинирования (устранения узелков).

Эти мельницы все более и более вводятся в практику германских заводов. Достижение непрерывности размолы для газетной бумаги стало возможным в настоящее время только благодаря установке непрерывно работающих конических мельниц вместо роллов, работающих периодически.

Недостатком применявшихся до последнего времени конструкций мельниц была невозможность рафинирования массы гуще 3—4% концентрации.

Новейшие усовершенствования устранили и этот недостаток и сделали возможным пропускание через мельницу густой массы.

По патенту Риберга и Шаанинга (Ryberg und Schaanning) для продвижения массы через мельницу применяется сжатый воздух.

По патенту фирмы Фойт масса сгущается винтовым прессом перед подачей в мельницу и принудительно проталкивается в конуса.

В современных конструкциях закрепление ножей производится составлением каналов соответствующей ширины.

1. Типы мельниц для рафинирования

Различают следующие типы мельниц (рис. 270):

а. Мельница Кингсленда (Kingslandmühle) — с плоскими досками снабженными ножами, помощью которых достигается рафинирование массы (рис. 270—1).

б. Мельница Жордана (Jordanmühle) — с коническим размалывающим барабаном, снабженным ножами, вращающимися в кожухе, по внутренней поверхности обсаженном ножами (рис. 270—2).

в. Мельница Маршалля (Marchallmühle) — комбинированная из конической и дисковой мельниц (рис. 270—3) для последовательного прохождения массы. Этот аппарат применяется редко.

а) Мельница Кингсленда с плоскими размалывающими дисками.

В Германии мельница Кингсленда (рис. 270—1) употребляется в редких случаях. Она занимает мало места, но ее недостаток заключается в значительном расходе бронзовых дисков.

В кожухе мельницы неподвижно закреплены два ножевых диска, между которыми вращается третий с ножами на обеих сторонах. Масса непрерывно поступает в центральную часть аппарата из регулирующего бака, установленного над мельницей на высоте 1—1,2 м. Как и в рафинере, она проходит между размалывающими, наискось установленными ножами первого неподвижного и вращающегося дисков, попадает в свободное пространство кожуха и поступает на дальнейшее рафинирование между вращающимся и задним неподвижным диском.

Благодаря особой установке ножей масса далее направляется к центру диска и выходит из мельницы уже в рафинированном виде несколько ниже оси.

Нормальные размеры мельницы Кингсленда:

диаметр вращающегося диска в мм	750
число оборотов в мин.	250
потребная мощность в л. с.	30 до 50
производительность для обычных сортов бумаги в кг/24 ч.	5 000 до 8 000

Установкой этих мельниц получается экономия минимум 25—30% мощности, потребной для роллов, или соответственно повышается производительность последних.

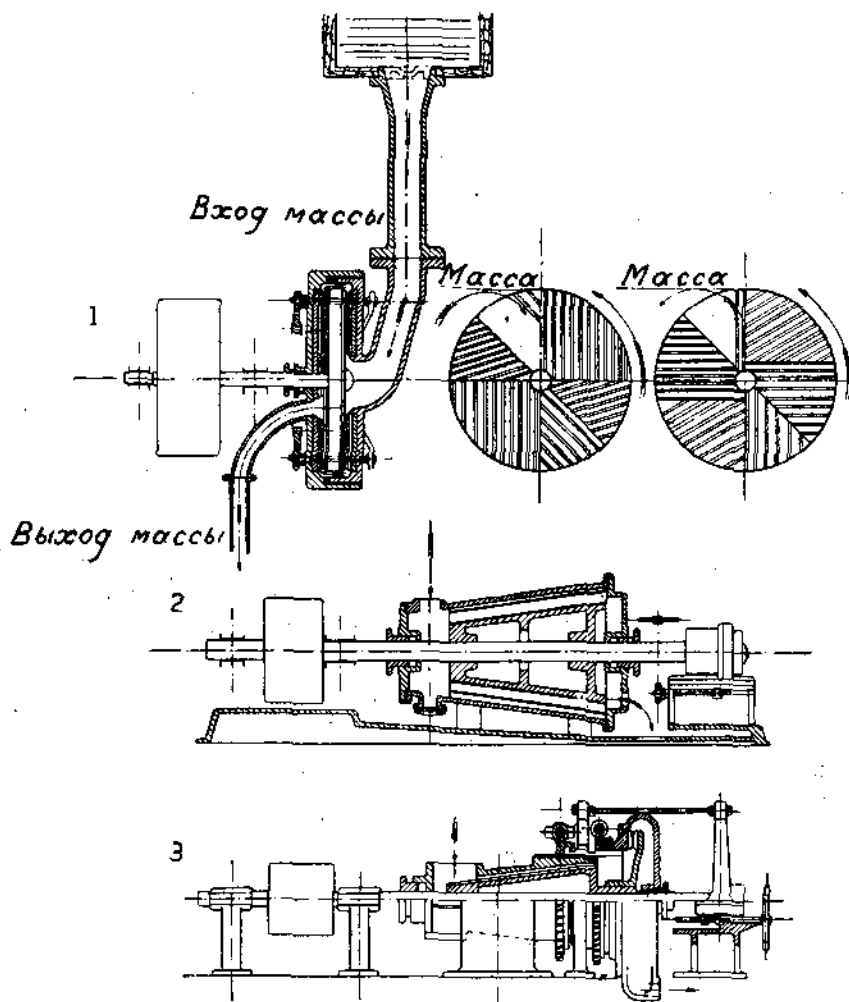


Рис. 270.

в) Мельница с размалывающим конусом, так называемая коническая мельница или мельница Жордана ¹⁾

Благодаря простоте конструкции и большой производительности коническая мельница получила широкое распространение.

¹⁾ Pfarr: Kegelstoffmühlen und deren Kraftverbrauch, см. журн. «Wochenblatt für Papierfabrikation», 1911, Festheft.

Применением мельницы Жордана достигается возможность, при выработке бумаги определенной крепости, производить в ролле только основ-

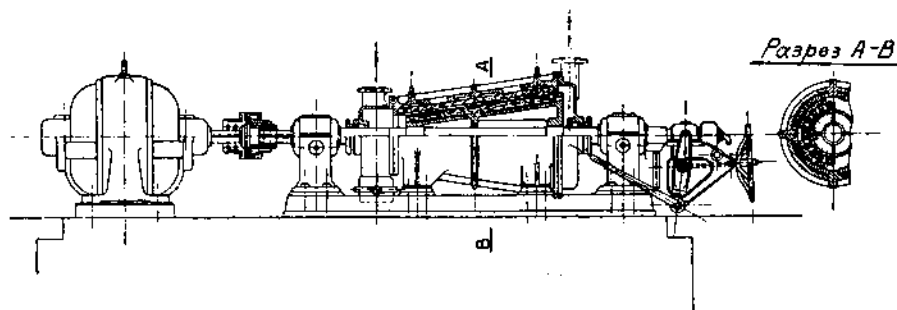
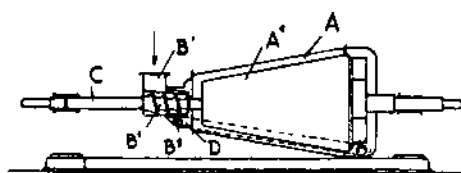


Рис. 271.

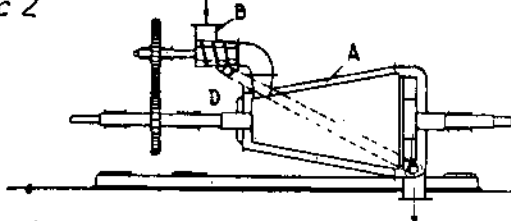
ной, более грубый размол, а домалывание и выравнивание помола до требуемой степени заканчивать в мельнице. При установке конической мельницы правильно выбранного размера продолжительность масс-ного размола в роллах сокращается на 20—25%, что позволяет более экономично использовать последние.

Рис. 1



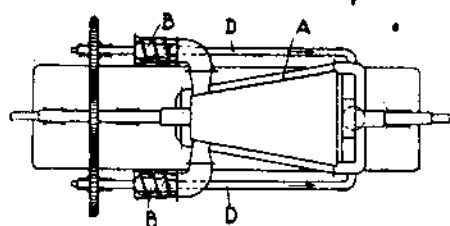
Коническая мельница машиностроительного завода Фойт (рис. 271) состоит из чугунного кожуха, снабженного ножами.

Рис. 2



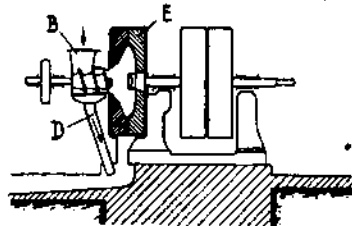
В нем вращается конический ножевой барабан, длиной до 2 м. Вал конуса проходит через сальники в обеих крышках корпуса и имеет со стороны ввода массы винтообразные крылья для проталкивания ее внутрь мельницы.

Рис. 3



Вал покоится на 2-х, иногда 3-х подшипниках с кольцевой смазкой. Помощью специального прижимного устройства, состоящего из подпятника, шпинделя и маховичка, конус может быть установлен для размола или быстро выдвинут.

Рис. 4



Передвижением конуса с ножами в горизонтальном направлении можно регулировать интенсивность размола массы.

Поворотом особого рычага достигается моментальное выдвижение конуса и следовательно останов размола. Машина монтируется на солидной чугунной раме. Весьма важно получить вращение конуса строго концентрическое, без всякой вибрации, т.е. необходимо достигнуть равномерного соприкосновения размалывающих поверхностей. Привод мельницы произ-

Рис. 272.

водства бумаги определенной крепости, производить в ролле только основ-

водится или посредством ременной передачи, или непосредственным соединением с электромотором (помощью муфты).

Это соединение должно, естественно, допускать перемещение конуса вдоль оси.

Коническая мельница снабжена толстыми ножами из стали или бронзы. При выработке бумаг высоких сортов всегда применяются бронзовые ножи, толщиной 7—8 мм. Для обычных бумаг пользуются стальными ножами, толщиной приблизительно 10 мм.

Применяется также и каменная (из базальтовой лавы) армировка размалывающих поверхностей.

Употребляется в практике следующее устройство ножей:

1. На конусе стальные, на кожухе стальные.
2. » » бронзовые » » бронзовые.
3. » » » » из базальтовой лавы.
4. » » из базальтовой лавы, на кожухе из базальтовой лавы.

Размалываемая масса поступает с узкого конца мельницы, выходит с широкого через специальную выводную трубу и попадает в регулирующий ящик. Установка последнего позволяет регулировать скорость прохождения, а следовательно и продолжительность размола массы.

Как и для насосов, при увеличении высоты подъема возрастает также и потребная мощность мельницы.

Жирная масса должна особенно долго задерживаться в мельнице и не сильно размалываться, для достижения только тонкого и выравнивающего помола.

Размеры конических мельниц

Величина	Размеры конуса		Н о ж и				Число об/м	Потребная мощность л. с.	Производительность в зависимости от рода массы кг/24 ч.
	Диаметр мм	Длина мм	на конусе		на кожухе				
			Число	Толщ. мм	Число	Толщ. мм			
00	200/360	500	32	6	60	6	450	5 — 15	1 500 до 4 000
0	350/600	900	54	6	98	6	300	10 — 25	3 000 „ 8 000
I	350/680	1 245	132	6	212	6	300	30 — 60	10 000 „ 30 000
II	550/970	1 600	160	10	216	10	250	80 — 170	20 000 „ 70 000
III	600/1300	2 050	208	10	276	10	250	150 — 300	80 000 „ 165 000

Как уже выше указывалось, большой недостаток обычно применяемых конических мельниц заключается в том, что в них возможно производить размол массы концентрацией не свыше 3—4%.

Патенты Риберга и Шаанинг и усовершенствования завода Фойт позволяют пропускать через мельницу густую массу и тем самым сохранять градусы помола, достигнутые в массных роллах. Последнее является абсолютно необходимым условием при выработке некоторых сортов бумаги, как например жиронепроницаемая.

2. Установка конических мельниц

Установка конических мельниц производится двумя способами:

1) Мельница устанавливается между роллами и мешальным бассейном бумажной машины (рис. 273).

В этом случае требуется устройство особого мешального бассейна и специального массного насоса.

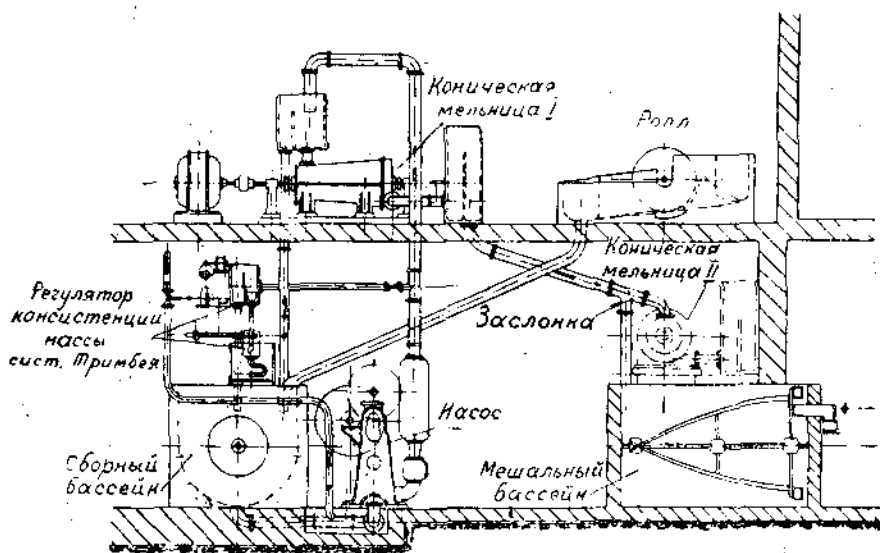


Рис. 273.

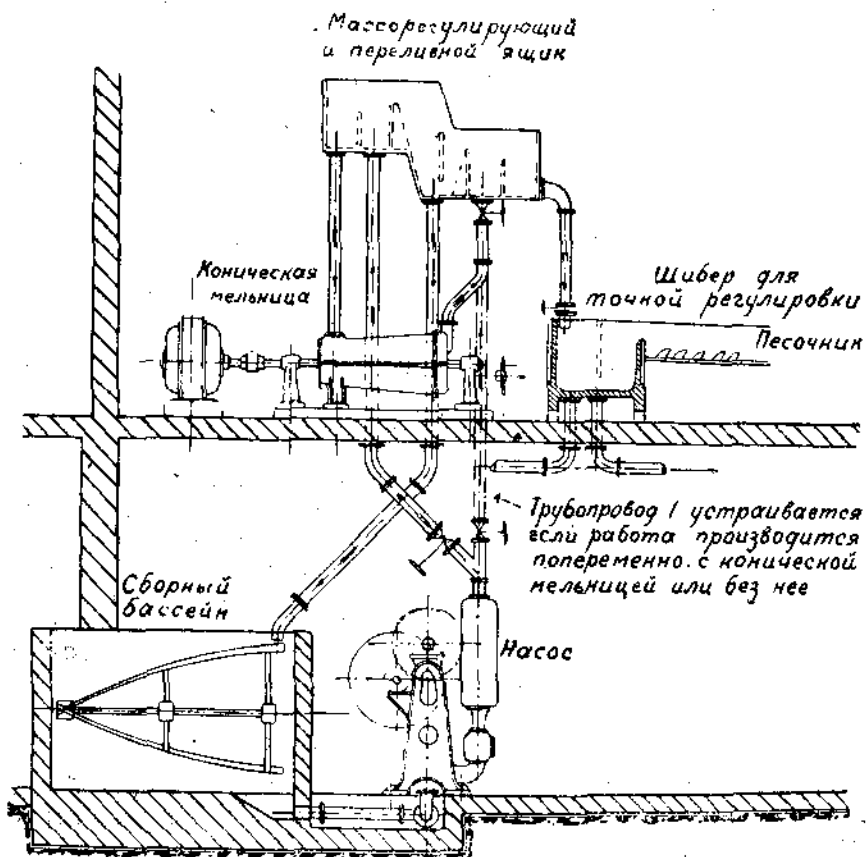


Рис. 274.

Вместо одной конической мельницы можно установить два-три таких аппарата для последовательной или параллельной работы, в зависимости от требуемого помола массы.

Для поддержания постоянной консистенции массы применяют так называемый регулятор Тримбея, помещаемый между сборным бассейном и I конической мельницей (см. рис. 276 и 277).

2) В последнее время устанавливают конические мельницы между машинным бассейном и смесительным ящиком (рис. 274).

Преимущество этого способа по сравнению со способом, изображенным на рис. 273, заключается в том, что отпадает необходимость в установке особого мешального бассейна и насоса; кроме того, при таком устройстве сеточник бумажной машины получает возможность, в случае надобности, быстро менять характер помола, так как между мельницей и накатом находится весьма незначительное количество размолотой массы.

Масса из машинного бассейна качается насосом в переливной ящик, откуда она поступает в коническую мельницу. Из последней размолотая масса, благодаря центробежной силе, развиваемой конусом при его вращении, отбрасывается и поднимается в регулирующий ящик бумажной машины. Грубое регулирование количества подаваемой массы производится в насосе при мешальном бассейне, а точное — достигается в переливном ящике, помещаемом обычно на высоте 2 м над смесительным ящиком бумажной машины. Для точного регулирования массы в переливном ящике устроен специальный шибер. Небольшой излишек массы стекает по переливной трубе обратно в мешальный бассейн. Вместо одной конической мельницы могут быть включены последовательно или параллельно две или три мельницы.

При устройстве установок с конической мельницей необходимо предусмотреть возможность работать и без пользования ею.

Вода для разбавления массы в смесительном ящике применяется на две трети подсеточная, подаваемая отдельным насосом, и около одной трети из конусных или кратцерных ловушек для волокна, откуда она поступает в нижнюю часть смесительного ящика по отдельному трубопроводу (с задвижкой для регулирования количества).

3. Другие системы мельниц

Некоторые системы роллов устроены на принципе работы мельниц. Понятно, что такая конструкция не избавляет от основного недостатка ролла: «периодичности» работы.

Подобного устройства мельница с вертикальным валом была описана M. de la Lande, Art de faire le papier, в 1761 г.

а) Шаровая мельница Гульда

(Gould's Kugelstoffmühle)

Довольно широкое распространение получила в 1870 — 72 г. шаровая мельница Гульда (рис. 275 — 1).

В ванне шаровидной формы была устроена дисковая мельница. Масса поступала через отверстия в диске бегуна в пространство между размалывающими дисками и благодаря центробежной силе отбрасывалась кверху к стенкам ванны и через отверстие в бегуне вновь попадала на размалывающие поверхности.

Необходимое давление для размола устанавливалось помощью вспомогательного приспособления, устроенного аналогично применявшимся в старых мукомольных мельницах и вертикальных рафинерах.

β) Мельница Шульте
(Die Schulte-Stoffmühle)

Видоизмененная мельница Гульда, так называемая мельница Шульте, появилась в Германии в 1890 г. (рис. 275—2).

Мельница Шульте состоит из трех размалывающих дисков, из которых верхний и нижний неподвижны, а средний вращается на вертикальном валу, т. е. этот тип мельницы представляет собой мельницу Кингсленда на вертикальной оси.

Шаровидной формы ванна снабжена воронкой для подачи массы на размалывающие диски.

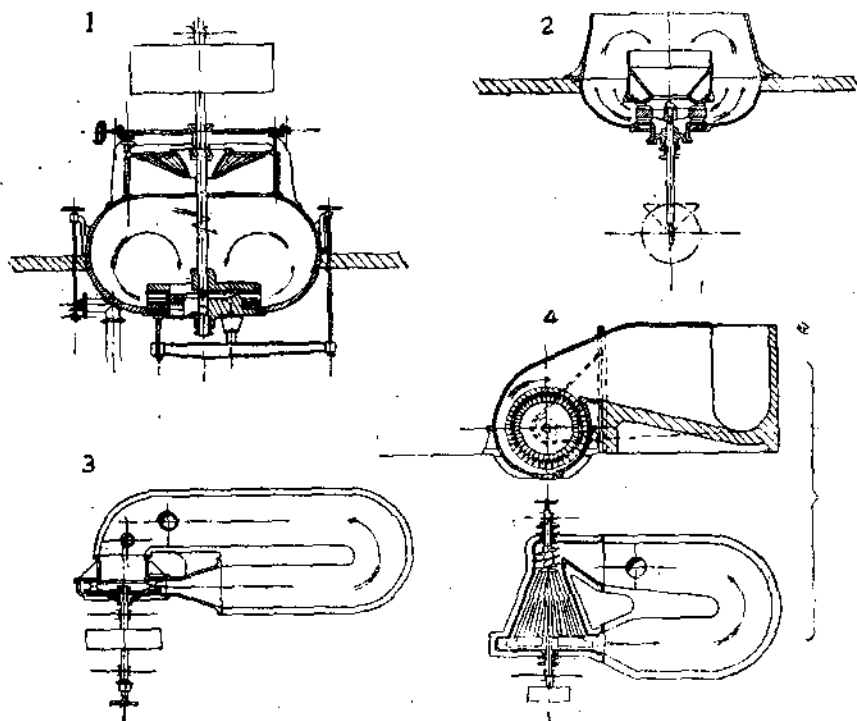


Рис. 275.

γ) Мельница Кука и Гибберта
(Stoffmühle nach Cook und Hibbert)

В 1887 г. Кук и Гибберт получили патент на массную мельницу, соединенную с овальной ванной ролла (рис. 275—3).

Размалывающий аппарат этой машины устроен по типу дисковой мельницы Кингсленда и установлен вертикально на горизонтальном валу.

Машиностроительный завод Гопель (Maschinenfabrik von Goepel in Merseburg) строит по типу ролла Кук-Гибберта так называемые Planscheibenschnellmahlholländer, т. е. роллы для быстрого размала массы, с размалывающими дисками. Последние состоят из трех ножевых дисков, из которых средний — основной — неподвижен, а оба крайние вращаются.

Соединение конической мельницы с ванной ролла

Уже с давних пор строятся вертикальные конические мельницы, связанные с роллом.

Новейшей конструкцией такого рода является аппарат Аксель Гизингера (Bauart nach Axel Hisinger, германский патент D. R. P. № 256 054, класс 55с), в котором коническая мельница устроена на горизонтальном валу (черт. 275—4).

Г. Автоматический регулятор консистенции и композиции массы

Большим недостатком в производстве бумаги является то обстоятельство, что масса после роллов или конических мельниц поступает на бумажную машину с непостоянной концентрацией.

Это объясняется неравномерностью разбавления массы водой при опорожнении ролла, а также и невозможностью поддерживать ее постоянной в самом ролле.

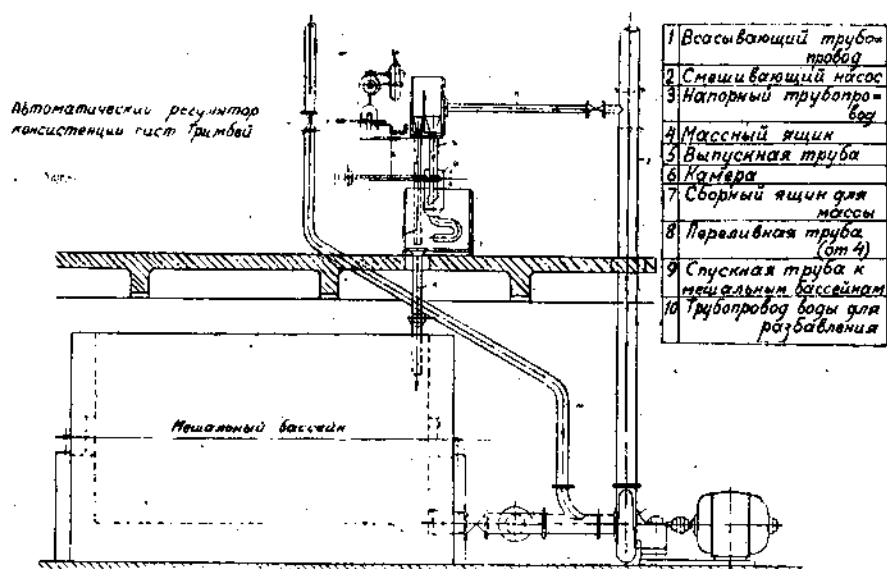


Рис. 276.

Машиностроительный завод Тримбей (Trimble Machine Works, Glens Falls, N. Y.) запатентовал 4/IV—1916 г. автоматический регулятор консистенции, который поддерживает с достаточной для практики точностью определенную концентрацию массы. Для массы в конических мельницах или бассейнах устанавливается регулятором консистенция не более 4,5% абс. сух. вещества.

На рисунках 276—277 представлены устройство и способ установки регулятора консистенции Тримбей. Масса, концентрацией ок. 4%, из мешальных бассейнов подается через всасывающую трубу 1 к насосу 2 и по нагнетательному трубопроводу 3 направляется в бассейн при бумажной машине. Часть готовой бумажной массы подается по боковой трубе 11 в ящик 4 регулятора Тримбей, который, благодаря своей специальной конструкции, регулирует количество подаваемой для разбавления воды, открывая или запирая вентиль 26.

Поступающая из трубы 11 в ящик 4 масса направляется по трубе 5 или соответственно 12 в свободно подвешенную на весовом коромысле 13 ка-

посредством стержня 17, коленчатого рычага 18 и штанги 19 с медленно качающейся вилкой 21, приводимой от мотора 28, помощью диска с эксцентриком 20.

Малейший сдвиг коромысла 15, а следовательно и коленчатого рычага 18, вызывает сцепление или подъемной части вилки — собачки 22, или части собачки 23, вызывающей давление книзу, — с храповым колесом 24 и поворачивает его. При этом открывается или закрывается посредством шпинделя 25 отверстие вентиля для воды 26. Через водопровод 10 подается в засасывающую трубу 1 вода для разбавления массы до тех пор, пока вентиль опять не закроется регулятором Тримбей.

Масса в мешальном бассейне должна всегда иметь несколько большую концентрацию (например 4,5%), чем в машинном бассейне (например 4,0%), для того чтобы водопровод для разбавления массы постоянно был открыт и подавал бы воду. Подача воды из трубы 10 производится непосредственно во всасывающую трубу 1 перед насосом 2.

Точность регулировки консистенции требуется такая, чтобы не возникали практически заметные колебания, превышающие $\pm 0,1$, т. е. масса концентрацией 4% должна быть отрегулирована в пределах 3,9—4,1%.

Кроме регуляторов консистенции, та же фирма производит аппараты для регулирования количества массы, известные под названием: регуляторы композиции Тримбей-Тиббитс¹⁾.

Применение конических мельниц с установкой таких регуляторов — позволяет провести непрерывный процесс производства бумаги, в частности ротационной печатной.

Регулятор композиции (рис. 278) состоит из ящика 1, разделенного на три части 2, 3 и 13. В часть его 2 вводится по трубе 4 от насоса целлюлозная масса, высота слоя которой в ящике поддерживается на определенной постоянной высоте посредством поплавка 10 и переливной трубки 6. Ячейковый барабан 8, приводимый от отдельного маленького электромотора, подает необходимое количество целлюлозы в часть ящика 13. Во вторую часть этого бачка 3 входит нагнетательная труба насоса 5, подводящая древесную массу. Высота слоя последней поддерживается посредством поплавка 11 и переливной трубки 7. Ячейковый барабан 9, помощью специального целесообразно устроенного механизма, отделяет необходимое количество древесной массы и смешивает ее в отделении ящика 13 с целлюлозой. К смеси волокнистых материалов затем добавляется определенное количество каолина 15, глинозема 16, канифольного клея 17 и краски. Готовая отрегулированная масса спускается по трубе 14 в машинный бассейн.

Общая схема установки регулятора Тримбей-Тиббитс, изображена на рис. 279.

Древесная масса и бумажный брак поступают по трубе 1 в бассейн 2, откуда масса насосом 3 подается через регулятор Тримбей 4 и трубопровод 5 в массный распределительный ящик 10.

Целлюлоза, предварительно обработанная в роллах 7 или поступающая непосредственно из целлюлозного завода, собирается в бассейне 6 и насосом 8 качается через регулятор Тримбей 9 в тот же распределительный ящик 10.

Концентрация массы поддерживается регуляторами Тримбей с достаточной для практики точностью. В ящик 10, устройство которого уже выше описывалось (рис. 278), направляются по трубам 11, 12 и 13 также

¹⁾ В СССР регуляторы консистенции и композиции системы Тримбей-Тиббитс установлены и находятся в работе на Балахнинской и Кондопожской бумажных фабриках.

каолин, глинозем, канифольный клей и краска, количество которых предварительно устанавливается в маленьких ящиках с мерными колесами и с регулируемыми приводами. Насос 15 качает массную смесь из машинного бассейна 14 в массо-регулирующий ящик 16 с переливной трубкой 17. Размол массы производится несколькими коническими мельницами 18. Отрегулированная масса спускается по трубе 19 и разбавляется на ходу оборотной (подсеточной) водой от бумажной машины, поступающей через трубу 20. Насосом 21 разбавленная до необходимой консистенции готовая масса перекачивается по трубопроводу 22 на узлоловители бумажной машины.

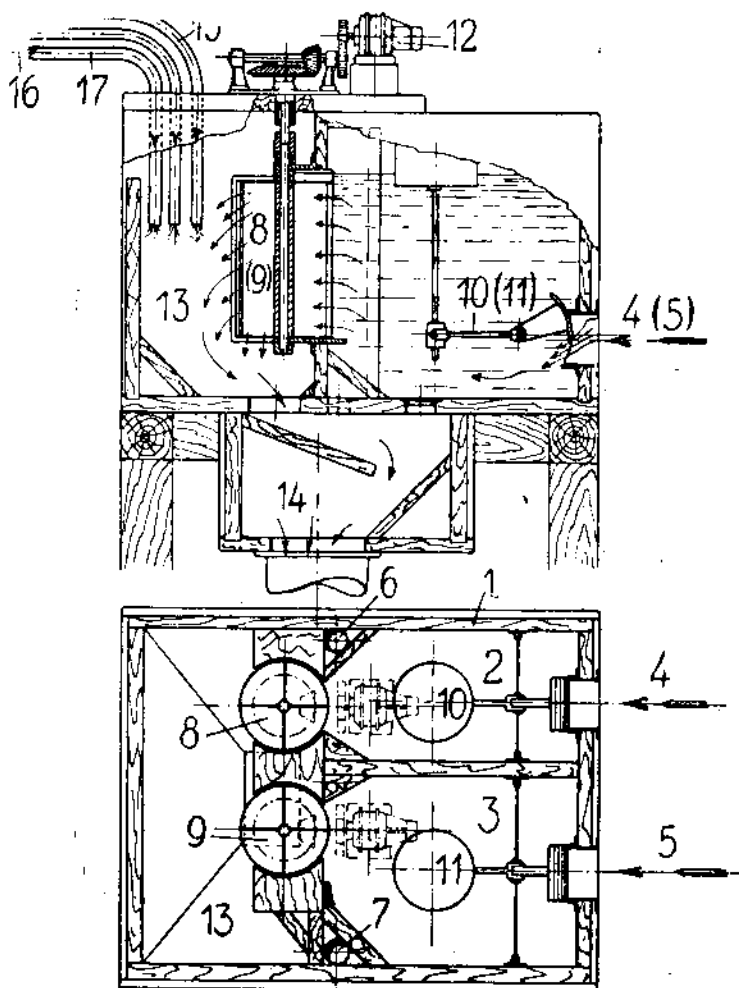


Рис. 278.

г) Мешальные бассейны и мешальные роппы

Для получения массы хорошего качества требуется исключительная однородность состава ее как в отношении перемешивания волокна, так и в отношении окраски смеси. Для достижения необходимой однородности нельзя опорожнять роппы непосредственно в машинный мешальный бас-

сейн; следует устраивать промежуточные мешальные бассейны большой емкости, вмещающие 3—4 объема ролла, в которых и может быть достигнуто хорошее перемешивание массы. Вместо мешального бассейна обычного устройства можно применить здесь пропеллерный ролл (рис. 53 или 54). Между мешальным бассейном (или роллом) и машинным устраивается регулятор системы Тримбей (рис. 276 и 277) для поддержания практически равномерной консистенции массы в машинном бассейне. Если коническая мельница не установлена непосредственно при машине, она может быть в случае надобности установлена между регулятором Тримбей и машинным бассейном.

На фабриках, вырабатывающих бумагу высоких сортов, всегда охотно пользовались мешальными роллами (реже мешальными бассейнами).

Эти роллы устраиваются с открытой овальной формы ванной и располагаются обычно на площадке под роллами, но выше машинных бассейнов.

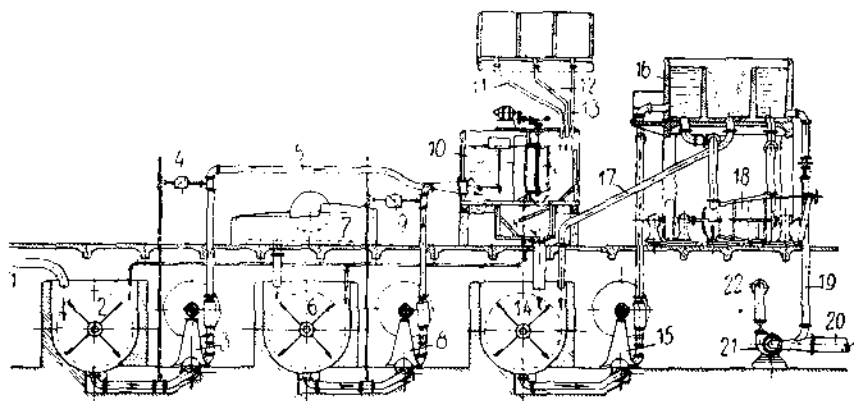


Рис. 279.

Размеры мешальных роллов рассчитываются на одновременный прием 3—4 массных роллов. В мешальном ролле производится проклейка, окраска массы и перемешивание несколько различной между собою массы, поступающей из небольших роллов.

Вместо мешального ролла с ножевым барабаном может быть применен ролл пропеллерного типа.

При переработке тряпичной полумассы, применение пропеллерных роллов допустимо только в том случае, если не замечается образования узелков от закатывания волокна винтом.

В последнее время для хорошего перемешивания массы, для производства печатной бумаги, по схеме, изображенной на рис. 279, предложены фирмой Фойт специальные бассейны с вертикальными мешалками (рис. 279-а).

Эти мешалки изготовляются емкостью до $\sim 120 \text{ м}^3$, при внутреннем диаметре $\sim 5500 \text{ мм}$ и полезной высоте $\sim 5600 \text{ мм}$.

Резервуар делается из железобетона, при чем нижняя часть его имеет форму усеченного конуса.

Устройство двух пропеллеров, делающих по 120 об./мин., обеспечивает хорошую циркуляцию массы в направлениях, указанных стрелками на рис. 279-а, благодаря чему в кратчайшее время достигается достаточное перемешивание.

Емкость мешалки составляет нетто $\sim 100 \text{ м}^3$; привод посредством конических шестерен. Мешалка требует $\sim 80 \text{ л. с.}$ на валу трансмиссии. Наполнение производится через масопровод больших размеров; быстрое опорожнение — через нижний кран с гидравлическим затвором.

Наличие большого лаза делает бассейн легко доступным для чистки.

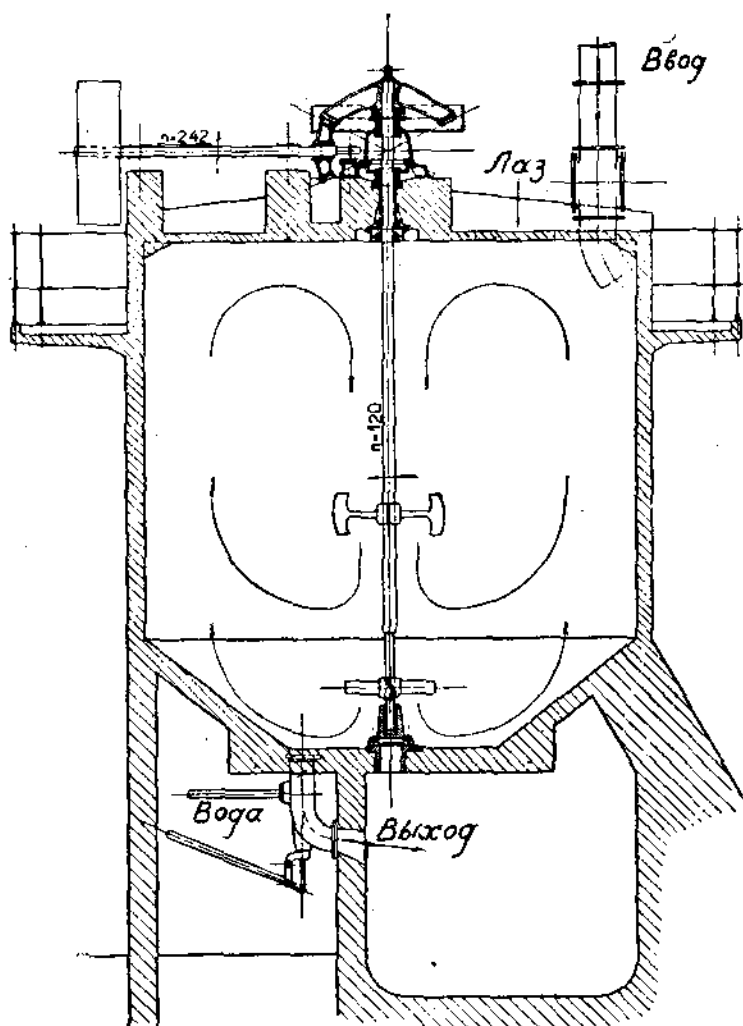


Рис. 279 а.

Д. Машины для предварительной обработки полуфабрикатов

Часто полуфабрикаты доставляются в таком виде, что загрузка их в массные роллы невозможна без предварительной обработки. Массный ролл является прежде всего машиной, в которой производятся размол, перемешивание, проклейка и окраска массы, при чем эту работу необходимо выполнять в кратчайший срок. Поэтому использование роллов для предварительного измельчения жестких листов целлюлозы и древесной массы и крепкого бумажного брака является нерациональным.

Для предварительной обработки сухой полумассы и бумажного брака применяются особые вспомогательные машины, которые целесообразно устанавливать над роллами, для возможности легкой загрузки последних.

Укажем на следующие конструкции вспомогательных машин:

1. Разрыватели для целлюлозы и древесной массы в валиках.
2. Круглые пилы для разрывания валиков целлюлозы.
3. Бегуны для предварительного размола целлюлозы, древесной массы и бумажного брака.
4. Измельчители и месильные машины для тех же целей.

1. Разрыватели для валиков целлюлозы и древесной массы

Предварительно увлажненные валики разрываются на мелкие кусочки, чтобы облегчить работу ролла.

Разрыватель фирмы Фойт (рис. 280) состоит из чугунного барабана со стальными зубьями, помещенного в чугунном кожухе, снабженного

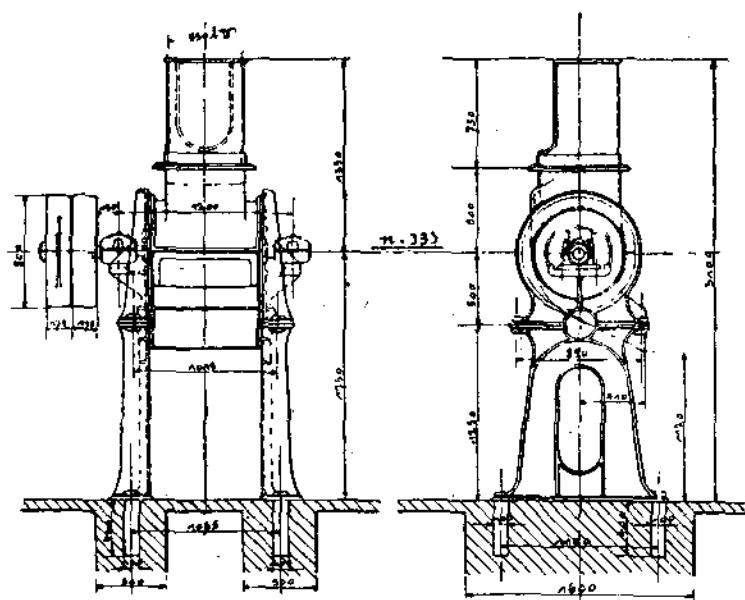


Рис. 230.

противо-ножами, и патрона для загрузки валиков. Измельченная масса падает в поставленные снизу корзины или направляется посредством транспортеров в запасные ящики. Эта машина может разрывать валики диаметром 30 — 35 см и длиной до 1,5 м, при чем необходимо увлажнение загруженных валиков до содержания 40 — 50% абс. сух. вещества.

Производительность разрывателя ~ 1700 кг возд.-сух. целлюлозы в час при числе оборотов ~ 335 в мин. и потребной мощности в 25—35 л. с.

2. Круглые пилы для разрывания валиков

Валики целлюлозы можно разорвать по длине помощью круглых пил фирмы Баннинг и Зейбольд (рис. 281) и в виде листов загрузить в роллы.

Валик подается в маленькой вагонетке к пиле, которая разрывает его и при этом передвигает вагонетку вперед. Вагонетка с разрезанным валиком автоматически возвращается назад, опорожняется и загружается новым валиком целлюлозы.

3. Бегуны, измельчители и месильные машины.

Относительно производительности бегунов, измельчителей и месильных машин см. стр. 187—190.

4. Загрузка роллов.

Для загрузки роллов большей частью применяются вагонетки, имеющие форму ящика, в которых волокнистый материал доставляется уже в подготовленном виде и в определенном количестве. Выгрузка из вагонеток производится или вручную, или опрокидыванием в ролл.

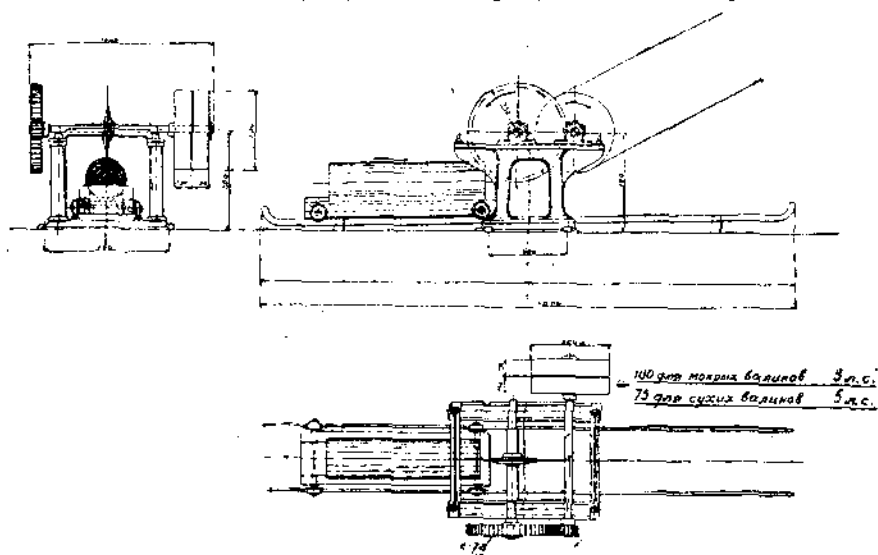


Рис. 281.

В новейших установках применяют так называемую жидкую зарядку, для чего целесообразно в помещении над роллами устраивать массные бассейны для сгущенной целлюлозы и древесной массы или резервуары для хранения молотых на бегунах полуфабрикатов.

Применение жидкой зарядки значительно снижает продолжительность оборота роллов.

Е. Приготовление клея, разводка каолина и красителей

а) Проклейка

Большая часть бумаги изготавливается клееной. Различают вполне клееные бумаги, как писчая и т. п., и полуклееные, как печатные и другие аналогичные сорта.

Способ проклейки бумаги — кроме поверхностной проклейки животным клеем — заключается со времени изобретения его в 1805 г. М. Фр. Иллигом (Moritz Friedrich Illig) по настоящее время в следующем: масса перемешивается в ролле с разбавленной канифольной эмульсией или мылом (канифольным молочком), затем прибавляется глинозем для перевода смоляных кислот в нерастворимые алюминиевые соли. Бумажная масса должна содержать небольшой избыток глинозема (сернокислый алюминий), что можно легко определить в процессе работы испытанием на лакмусовую бумагу¹⁾.

¹⁾ См. «Papier-Zeitung» 1877, № 243: Wurster über Leimung.

Этот способ проклейки массы канифольным молочком носит название растительной проклейки, в отличие от животной проклейки, заключающейся в покрытии поверхности уже готовой бумаги животным клеем.

Количество задаваемых канифольного мыла и раствора глинозема зависит от желательной степени проклейки, состава массы и качества фабричной воды.

Для хорошей проклейки писчей бумаги требуется $\sim 2-3\%$ канифоли (гарпиуса) и $3-4\%$ глинозема, для полуклееной печатной бумаги $\sim 1-1,5\%$ канифоли и $1,5-2\%$ глинозема. Для улучшения проклейки бумаги часто прибавляют крахмал¹⁾ и животный клей.

Исключительно хорошая проклейка достигается применением животного клея, жидкого стекла, целлюлозной слизи (Zellstoffschleim), вискозы и т. п., однако употребление этих проклеивающих веществ является в настоящее время нерентабельным²⁾.

Так называемая минеральная проклейка, предложенная д-ром Клеммом, привилась для некоторых определенных сортов бумаги. Подробно об этом способе см. в «*Wochenblatt für Papierfabrikation*» 1907, стр. 1983.

Проклейка бумаги несколько повышает зольность бумаги, а именно для клееных бумаг на $\sim 1-2\%$, для полуклееных — $\sim 0,5-0,75\%$.

Клееварку, каолино- и глиноземоразводку целесообразно поместить этажом выше рольного зала, чтобы обеспечить хороший уклон труб для возможности спуска самотеком суспензий и растворов в мерники над роллами.

а) Приготовление раствора глинозема

В чане, емкостью в 1000 л, обложенном свинцом или кислотоупорными плитками и иногда снабженном деревянной мешалкой (рис. 282), растворяют в горячей воде около 100 кг глинозема.

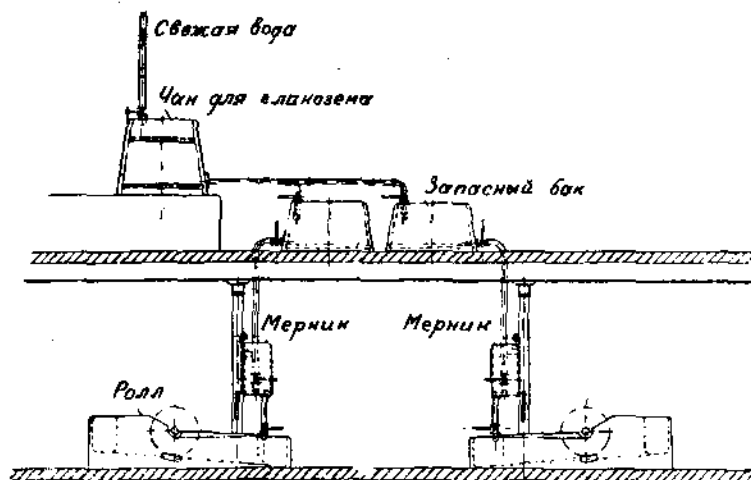


Рис. 282.

Полученный 10%-ный раствор сернокислого алюминия спускают в запасные баки приблизительно той же емкости, как и чаны для разведения, также обложенные свинцом.

Отсюда раствор по трубам подается в мерники над роллами.

¹⁾ См. «*Wochenblatt für Papierfabrikation*» 1908, стр. 2035: D-r Paul Klemm.

²⁾ См. «*Wochenblatt für Papierfabrikation*» 1926, № 14, стр. 393: Frage der Harzersatzmittel.

б) Приготовление канифольного мыла (канифольного молочка)

Старый способ варки клея

Простейший способ приготовления канифольного молочка заключается в варке канифоли с $\sim 8-10\%$ соды в котле с непрямым нагревом паром. При этом получается концентрированное канифольное мыло, которое в горячем состоянии легко стекает из котла в чан с паровой рубашкой и мешалкой. В этом чане мыло разбавляется горячей водой в $74-76^\circ$. При емкости мешалки например на 1000 л воды и загрузке ~ 40 кг канифоли получается канифольное молочко с содержанием 40 г канифоли в л.

Из мешалки канифольное молочко спускается в большие запасные резервуары, где разбавляется таким количеством холодной воды, чтобы получить клей с содержанием 10 г канифоли в 1 л.

Емкость запасных резервуаров рассчитывается минимум на суточный запас, т. е. при расходе 500 кг канифоли в сутки и клее с содержанием 10 г гарпиуса в 1 л емкость их должна быть не менее 50 м^3 . Направляемое в производство канифольное молочко необходимо предварительно хорошо охладить.

Приготовление канифольного молочка по эмульсионному способу

Большинство фабрик применяет в настоящее время для приготовления канифольного молочка способ эмульсирования.

1. Метод Арледтера

(германский патент D. R. P. № 95416)

Размельченный гарпиус по наклонному столу (рис. 283—1) засыпается в котел 2 с непрямым обогревом и варится 3—4 ч. с $8-10\%$ соды.

Горячее мыло спускается в стоящий ниже бачок 3 со змеевиками, через которые проходит пар, и находится здесь в жидком состоянии.

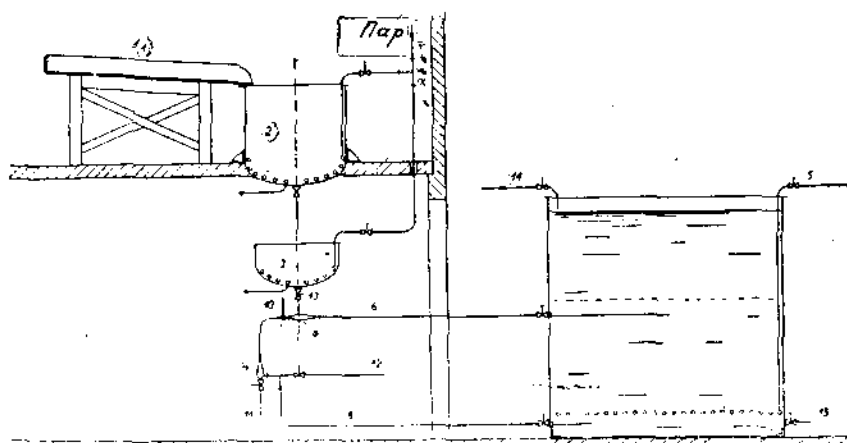


Рис. 283.

В большом резервуаре 4, емкостью 20—25 м^3 , подогревается вода до 60° паром, подводимым по паропроводу 5.

Уровень воды поддерживается выше трубы для эмульсирования 6. Циркуляция жидкости резервуара 4 производится паровым инжектором 7 по трубам 8 и 6 через смеситель 9.

Температура жидкости должна быть $74-76^{\circ}$, что достигается добавлением в резервуар пара через паропровод 11 или холодной воды из трубы 11. Для измерения t° имеется термометр 10.

По установлении необходимой t° , открывают вентиль 13 чана для молочка 3, и мыло из смесителя 9 вводится в большой резервуар 4.

Продолжительность эмульсирования мыла из 400 кг гарпиуса составляет около 15 мин. По опорожнении чана 3, вентиль 13 закрывают и в резервуар 4 добавляется из трубы 14 холодная вода до получения определенной концентрации клея, обычно ~ 10 г смолы в 1 л, а для писчих бумаг $\sim 16-18$ г/л. На 400 кг канифоли резервуар должен быть наполнен ~ 22000 л воды, чтобы концентрация клея равнялась ~ 18 г/л.

Из резервуара 11 охлажденное канифольное молочко через вентиль 15 спускается или в мерники в рольном зале, или в запасные чаны.

На фабриках, применяющих покупной канифольный клей, последний разжижается в бачке 3 и эмульсируется точно таким же способом, как описано выше.

2. Эмульсионный способ Эрфурта

(немецкий патент D. R. P. № 152 293)

Варка канифольного мыла

Сода растворяется в бачке (рис. 284—3) и спускается в закрытый котел 1. Котлы изготавливаются на загрузку 500, 1000, 2000, 3000 и 5000 кг гарпиуса.

Последний загружается сверху через штурцер 2. Варка идет до образования пены при $t^{\circ} 102-105^{\circ}$. Углекислота и пары удаляются в атмосферу через вытяжную трубу 5, а увлеченная пена попадает по сливному штурцеру в пеноуловитель 4, откуда стекает обратно в котел 1. Продолжительность варки для котлов емкостью на 500 и 1000 кг около 2—3 ч., а для больших размеров около 4—5 ч. Полученное канифольное мыло спускается через сито 7 в сборник 8 и далее перерабатывается для получения эмульсии.

Устройство клееварки изображено на рис. 284.

Оборудование для варки и эмульсирования клея, также и для загрузки в роллы — расположено ступенями, благодаря чему достигается самотек и избегается необходимость в ручной работе. Только в исключительных случаях можно отказаться от такого удобного расположения установки.

Приготовление канифольного молочка

Свободная смола обладает свойством образовывать комочки при эмульсировании при $t^{\circ} 50-60^{\circ}$, что может вызвать выделение смолы на бумаге, прилипание к прессам и т. п.

Во избежание этого горячая эмульсия быстро выдувается помощью распылителя в холодную воду, где молочко сразу охлаждается до 30° .

Мыло из сборника 8 сливается через сито 7 в мерник 9 и здесь подогревается. Затем наполняют чан 17 горячей водой, открывают краны для пара 11 и 12, горячей воды 14 и горячего мыла 10 и помощью распылителя 13 под давлением пара выдувают в резервуар с холодной водой 18, чем достигается эмульсирование мыла с образованием мельчайших частиц смолы.

Процесс эмульсирования продолжается около 1 мин. на каждый м³ молочка. Обслуживание установки заключается в открывании и закрывании кранов и регулировании t° в зависимости от показаний термометра 15.

В течение нескольких часов клей хорошо отстаивается без осаждения частиц смолы и без фильтрации направляется из резервуаров 19 по трубопроводу 20 в мерники над роллами.

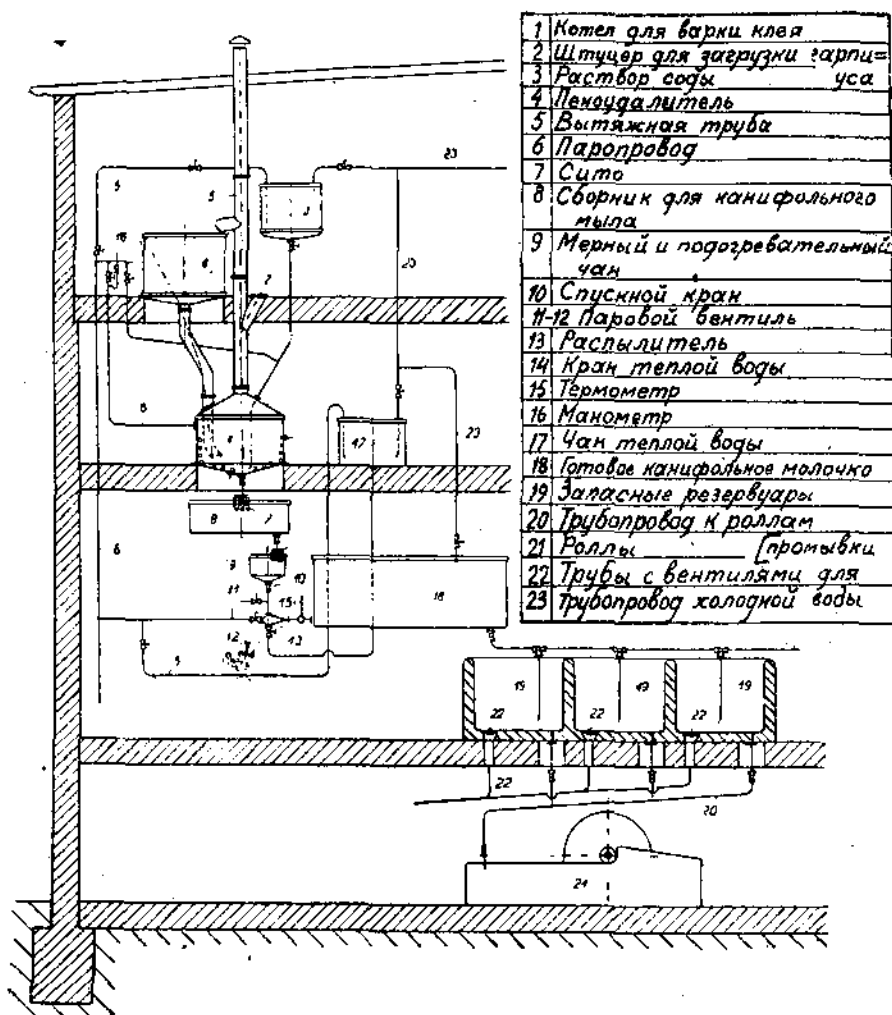


Рис. 284.

3. Способ эмульсирования помощью циркуляционного насоса

Вместо пароструйного инжектора может быть использован для эмульсирования также центробежный насос (рис. 285).

Смола обмывается в котле 1. Одновременно в резервуаре 2 подогревается вода до $70 - 74^{\circ}$.

Установкой небольшого центробежного насоса достигается циркуляция горячей воды по трубопроводу 3—4 через смеситель 5. Открыванием крана 6 выпускают понемногу канифольное мыло в смеситель 5 и эмульсируют его в резервуаре 2. t° воды в резервуаре, как уже указывалось, должна быть от 70 до 74° .

По окончании эмульсирования вентиль 7 закрывается, открывается вентиль 8, и готовое канифольное молочко перекачивается в высокоуста-

новленные запасные резервуары 9, где разбавляется водой до получения необходимой концентрации.

* В настоящее время на бумажных фабриках как за границей, так и в СССР, получает широкое распространение холодный способ приготовления клея¹⁾.

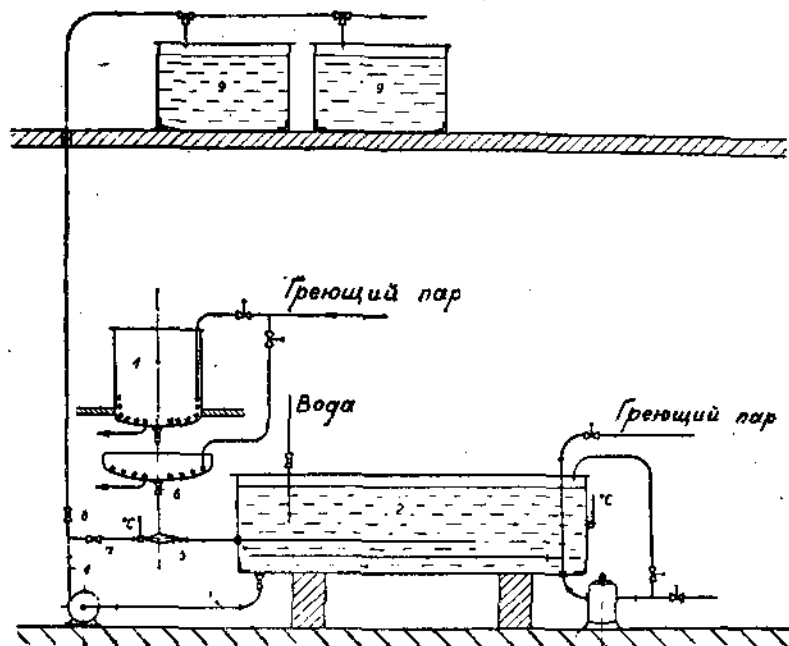


Рис. 285.

б) Разводка глинки, каолина и т. п.

Другой вспомогательной установкой рольного отдела является почти на всех бумажных фабриках глиноразводка. Прибавление хороших наполнителей чисто белого цвета, как каолин (отмученная глина), измельченный гипс, тальк, азбестин, сернокислый барий (тяжелый шпат — Blanc fixe) и т. п. придает бумаге мягкость и гладкость. Папиросная бумага часто утяжеляется углекислым магнием (белая магнезия) для регулировки сгораемости ее.

Бумага со значительной зольностью более пригодна для печати. Лучшим наполняющим веществом является то, которое содержит меньше примесей и загрязнений и лучше удерживается в бумаге, что легко устанавливается анализом.

Промой наполнителя при применении хорошо отмученного каолина составляет 40—50% от загруженного количества его. Другие наполнители, как тальк, сернокислый барий и азбестин, являются более дорогими, однако дают меньшие потери.

Удержание наполнителей в бумаге зависит не только от качества каолина, но также от композиции и размол массы, плотности бумаги, работы бумажной машины, степени проклейки и многих других условий. В очень мягкой печатной бумаге, содержащей 50% тряпичной полумассы, удается достичь зольности до 33%.

¹⁾ По вопросам проклейки см. статьи в журнале «Бумажная промышленность». *Ред.*

При увеличении зольности крепость бумаги понижается.

Допустимая зольность различна для разных сортов бумаги. Для стандартных бумаг (Normalpapiere) установлены определенные нормы зольности. Ниже приводятся некоторые данные о зольности бумаг (при применении каолина)¹⁾:

1. Высшие писчие бумаги и другие аналогичные сорта из тряпичной полумассы до сорта Normal III a (зольность только от проклейки — 2%) — —
2. Лучшие писчие бумаги 8 — 10%
3. Средние писчие бумаги 10 — 16%
4. Печатные ролевые бумаги, весом 50 г/м² 12 — 14%²⁾
5. Книжные и журнальные бумаги без древесной массы . 18 — 24%

Наполняющие вещества должны загружаться в бумажную массу в виде суспензии, с содержанием наполнителей 25 — 30%.

Глиномешалки

Для разведения каолина применяются большей частью корытообразные железные чаны с мешалкой.

Для ускорения процесса разведения каолина дают небольшое количество пара.

Оборудование устанавливается над ролевым залом для возможности спуска самотеком суспензии каолина в мерники.

На валу чана укреплены мешалки спиральной формы для измельчения каолина и перемешивания суспензии.

Обычные размеры таких глиномялок следующие:

Размеры чана			Емкость в л	Загрузка каолина кг	Число оборотов вала в м.	Потребная мощность в л. с.
длина мм	ширина мм	высота мм				
1 400	700	700	600	180	20	1
1 800	900	900	1 250	375	20	1 ¹ / ₂
2 350	900	900	1 700	510	20	1 ³ / ₄
2 350	1 000	1 000	2 100	630	20	2
2 500	1 300	1 300	3 600	1 080	30	3
2 850	1 500	1 500	5 700	1 710	30	4

Продолжительность разведения каолина составляет в среднем от $\sim 1/2$ до $\sim 3/4$ ч.

Вал глиномешалки, как и вал всякой мешалки, поддерживается наружными подшипниками, что облегчает работу сальников.

При выработке лучших сортов бумаги каолиновая суспензия предварительно пропускается через сито и поступает затем в запасные бассейны с мешалками, поддерживающими равномерность концентрации.

Для приготовления каолиновой суспензии предложен специальный аппарат системы Нитгаммера (рис. 286), сконструированный по типу ролла Горна.

¹⁾ Для условий СССР см. нормы зольности по стандартам бумаг (ОСТ).

²⁾ Эта зольность относится к бумагам, вырабатываемым при небольших скоростях бумажных машин $\sim (150 - 180 \text{ м/мин.})$. При возрастании скорости до $\sim 200 - 300 \text{ м/мин.}$, зольность печатной ролевой бумаги уменьшается до 6 — 7% при соответствующем увеличении расхода целлюлозы.

Фирма Фойт изготавливает два размера таких аппаратов:

Величина	Емкость л	Загрузка глины кг	Потребная мощность в л. с.
I	580	до 150	8 — 12
II	1 150	до 300	15 — 30

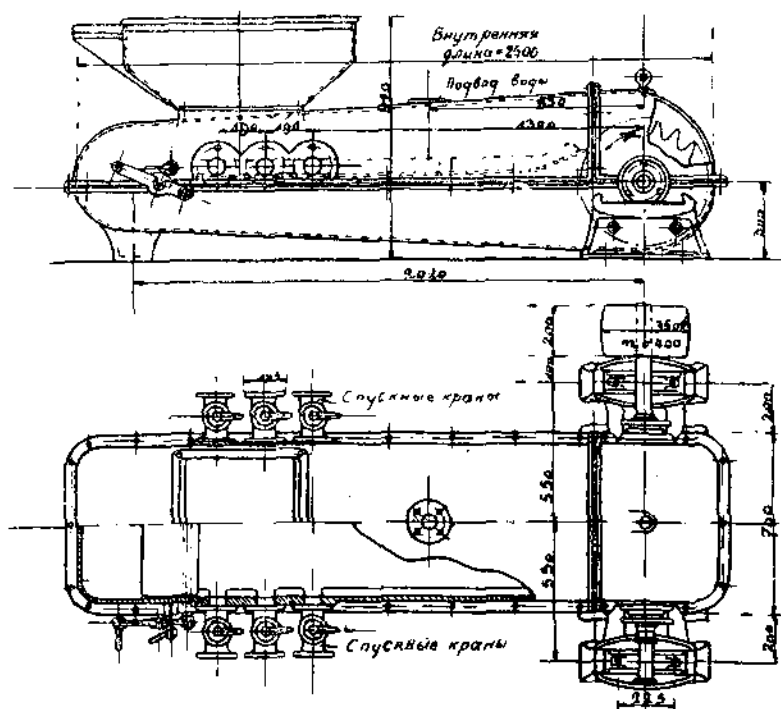


Рис. 286.

в) Разведение красителей

Большая часть бумаг в той или иной степени окрашивается, при чем либо производится только подцветка (нюансирование), либо при изготовлении цветных бумаг подвергают их собственно окраске.

Для разведения красителей оборудуется красильная в хорошо освещенном помещении вблизи рольного зала. При красильной устраивается в изолированном сухом помещении кладовая для хранения красок, главным образом анилиновых и минеральных (земляных).

Чтобы иметь возможность ночью определять цвета красок и образцы крашенных бумаг, в красильной устанавливается электрическая лампа, дающая дневной свет.

Оборудование красильной состоит из мешалок, мерников с фильтрами, паропровода, весов и достаточного количества оцинкованных или эмалированных сосудов для раствора красителей.

Растворение следует вести в горячей воде (желательно применять конденсат пара).

Для изготовления образцов крашеной бумаги пользуются небольшими ковшиками, которыми из ролла берется вычерпка массы, высушиваемая затем на маленьком сушильном цилиндре.

Кроме закраски бумажной массы в роллах, применяется также и окраска отдельных готовых листов бумаги в красильных ваннах. Иногда бумага раскрашивается.

г) Обесхлоривание.

Многие сорта бумаг должны быть совершенно свободны от хлора. Если полумасса в ролле не отмыта полностью от хлора, необходимо добавить для связывания последнего «антихлор» (бисульфит натрия). Химическая реакция идет по следующему уравнению:



Образующееся при этом незначительное количество серной кислоты может быть только полезно для процесса проклейки бумаги.

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Предисловие	стр. 3
-----------------------	--------

Глава VI

Производство натронной или сульфатной древесной целлюлозы

А. Общие сведения	5
Б. Древесина как сырье	6
В. Окорка баласа	6
Г. Размельчение дерева и сортировка	8
а) Рубильные машины (древорубки)	8
б) Рубка отбросов	12
в) Дезинтеграторы	13
г) Сортирование щепы	15
а) Барабанная сортировка	15
б) Трясушие плоские сортировки	16
г) Сортировка Бешнера (роликовый грохот)	17
д) Измельчитель (дезинтегратор) щепы	18
е) Удаление пыли	19
ж) Ручная сортировка	19
з) Транспортировка варочной щепы	19
Д. Варочный отдел	20
а) Силосы (бункера) для варочной щепы	20
б) Варочные котлы	20
а) Стационарный варочный котел	21
б) Вращающийся (штурперный) котел	22
в) Процесс варки сульфатной целлюлозы	26
Теоретический расчет расхода пара на варку сульфатной древесной целлюлозы	26
Е. Отделение шелоков и промывка целлюлозы	31
а) Конструкция промывных чанов	31
б) Промывные трубопроводы	33
в) Установка диффузоров	33
г) Процесс промывки	35
д) Шнек-пресса	37
Ж. Обработка целлюлозы	38
а) Сортировка массы	38
а) Грубое предварительное сортирование	38
б) Сортирование на песочнице	39
г) Тонкое сортирование	39
б) Переработка сучков	40
в) Окончательная обработка	41
г) Отбелка целлюлозы	42
З. Приготовление варочного шелока и регенерация щелочи из черных шелоков	42
И. Применение древесной сульфатной целлюлозы	44
Практические технические коэффициенты при изготовлении древесно-сульфатной целлюлозы	46
К. Приготовление древесной целлюлозы по способу Ринманна	47

Глава VII.

Производство древесной сульфитной целлюлозы

А. Общие сведения	49
1. Варка по чисто Митчерлиховскому способу	50
2. Варка по чисто Риттер-Кельнеровскому способу	50
3. Смешанный способ	50

	СТР.
Б. Древесина как сырье	51
В. Предварительная обработка дерева	51
Сорта целлюлозы	53
Г. Варка	53
а) Силосы для щепы (буикера)	53
б) Варочные котлы	54
1. Общие сведения о котлах и их формах	54
2. Конструктивное устройство котлов	54
3. Расчет стенки котлов	57
а) Горизонтальный варочный котел	57
б) Вертикальные варочные котлы	60
Установка вертикальных варочных котлов	64
Устройство вертикальных варочных котлов	64
Время оборота вертикальных котлов	69
в) Загрузка котла щепой	70
а) Загрузка вручную	70
б) Пропарка во время наполнения щепой	70
1) Наполнение путем механического трамбования	71
б) Наполнение с помощью адувания щепы (способ Фреска)	71
г) Наполнение котла кислотой	73
д) Процесс варки	75
е) Выход целлюлозы	79
ж) Расход пара на варку	80
Теоретические расчеты расхода пара на варку для ритгер-кельнеровской сульфит-целлюлозы	85
з) Опараживание котла	99
1. Сдувка газа, спуск щелока и промывка массы	99
2. Выгрузка из котла	99
а) Выдувка массы	99
б) Вымывка массы	100
и) Выгрузка массы из ссезж	103
а) Выгрузка вручную	104
б) Выгрузка баггерами	104
г) Выгрузка гидравлическим способом	105
Д. Переработка массы	103
а) Общие сведения	105
б) Разбивание в сепараторах	105
а) Сухой сепаратор	106
б) Мокрый сепаратор	107
в) Разбавление массы и предварительное сортирование на сучколовителях	107
г) Переработка сучков	107
а) Переработка на бегунах	107
б) Переработка на мельнице Биффара	107
д) Сортирование на песочнице	107
е) Тонкое сортирование	108
Е. Сгущение, отбелка и обезвоживание целлюлозы	108
а) Сгущение целлюлозы	108
б) Отбелка целлюлозы	108
а) Отбелка в ссезжах	111
б) Отбельные аппараты сист. Вольф	111
в) Обезвоживание целлюлозы	113
а) Сгустильные барабаны	113
б) Ссезжи	113
г) Шнек-прессы	113
б) Секционные (вакуумные) фильтры	114
е) Круглосеточная машина	116
ж) Длинносеточная обезвоживающая и сушильная машина	117
Ж. Установки для улавливания волокна	132
З. Приготовление варочной кислоты для сульфит-целлюлозы	133
а) Получение сернистого газа	134
1. Из чистой серы	134
а) Обыкновенная ванная серная печь	135
б) Печи Везувий	136
г) Серная печь системы Витгенберга	137
б) Вращающаяся серная печь	138
2. Из серного колчедана	138
а) Дробильная установка для колчедана	138
б) Печи для обжига колчедана	139

стр.

3. Получение SO_2 газа из газовых остатков	147
б) Обработка газа и приготовление башенной кислоты	147
1. Очистка газа	148
а) Электрические пыльные камеры	148
б) Промывные аппараты для газа	149
2. Охлаждение газа. Конструкция холодильников	150
3. Вентиляторы	153
в) Поглотительные башни	154
а) Нормальная башенная установка	154
б) Установка с абсорбционными башнями	157
γ) Двубашенная система	158
г) Регенерация SO_2 из варочных газов	159
а) Нормальный способ работы	159
б) Способ с регенерацией тепла	159
д) Получение варочной кислоты	160
е) Состав готовой варочной кислоты	162
И. Использование сульфитных щелоков	162
а) Производство сульфитного спирта	164
Процесс производства спирта	167
б) Производство целлюлозного пека	170
Численный пример	176
в) Производство горючего материала (топлива)	179
Сводка важнейших показателей при производстве сульфитной целлюлозы	180
К. Производство целлюлозы по патенту Партиягтова и К ^о	183
Л. Производство целлюлозы по азотно-кислородному способу	183

Глава VIII.

Производство полумассы из реже применяемого сырья

А. Производство полумассы из манильской пеньки	184
Б. Производство полумассы из джута	184
В. Реже применяемые полуфабрикаты	184

Глава IX.

Механическое оборудование для приготовления полумассы из бум. брака

А. Общие сведения	185
Б. Присущая сортировка	187
В. Машины для измельчения бум. брака	189
а) Бегуны	189
б) Месильные машины	189
в) Измельчитель системы Вурстера	190
г) Комбинированная месильно-измельчит. машина	190
д) Измельчитель сист. Хемельрика	190
е) Обработка макулатуры в роллах	191
а) Измельчение в роллах	191
б) Обработка макулатуры в ролле с дырчатой горкой	192

Глава X.

Механическое оборудование для приготовления бум. массы.

А. Общие сведения	194
Б. Композиция бумажной массы	194
а) Количество загружаемых материалов	194
б) Сорта бумаги и композиция	195
а) Потери волокна	196
б) Потери проклеивающих наполняющих веществ	196
В. Машины для приготовления массы	204
а) Массный или товарный ролл	204
1. Старая конструкция ролла	208
2. Современная конструкция ролла	207
а) Ванна ролла	210
б) Размалывающее устройство	211
γ) Арматура	216
δ) Потребная мощность и производительность	217

	СТР
3. Обычные конструкции роллов	221
а) Открытый ролл с овальной ванной	221
б) Ролл Горна	227
4. О развитии конструкции ролла	227
а) Ролл с двумя и более ножевыми барабанами	227
б) Роллы с нижним и верхним каналом	228
γ) Роллы с гонялкой	229
б) Мельница для тонкого помола массы	232
1. Типы мельниц для рафинирования	232
а) Мельница Кингсленда	232
β) Мельница Жордана	233
2. Установка конических мельниц	235
3. Другие системы мельниц	237
а) Шаровая мельница Гульда	237
β) Мельница Шульте	238
γ) Мельница Кука и Гибберта	238
Г. Автоматический регулятор консистенции и композиции массы	239
Мешальные бассейны и мешальные роллы	242
Д. Машины для предварительной обработки полуфабрикатов	244
1. Разрыватели	245
2. Круглые пилы	245
3. Бегуны	246
4. Загрузка роллов	246
Е. Приготовление клся, разводка каолина и красителей	246
а) Проклейка	246
а) Приготовление раствора глинозема	247
β) Приготовление канифольного мыла	248
б) Разводка глины, каолина и т. п.	251
Глиномешалки	252
в) Разведение красителей	253
г) Обезжелезивание	254