

Фотиев Сергей Александрович

Технология бумаги

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 291
ББК 86.3
С32

С32 **Сергей Александрович Ф.**
Технология бумаги / Фотиев Сергей Александрович – М.: Книга по Требованию, 2023. –
407 с.

ISBN 978-5-521-28580-8

ISBN 978-5-521-28580-8

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2023
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2023

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг — не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель — вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания — решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

вращавшиеся в ручках, свободно надетых на вал и нагружаемых по желанию для необходимого прижима дерева к камню. Валики также связаны зубчатой передачей с главным валом аппарата, так что дерево имело медленное вращение в направлении камня с отношением 1:200. Создать такую сложную конструкцию побудило Келлера то, что его первые опыты шлифования неподвижного куска дерева дали массу с большим количеством щепы, отрываемой камнем от свободного края дерева. Сам Келлер в своей автобиографии дает такое объяснение этой конструкции:

„Вал с деревом вращался очень медленно, по отношению к камню 1:200, так что камню непрерывно предоставлялась рабочая поверхность без края. Так как вал с деревом вращался в том же направлении, что и камень, волокна отчасти, но не окончательно оторванные при вращении дерева, снова медленно приходили в соприкосновение с камнем. Выходящая масса совсем не содержала щепок, и волокна были длиннее, чем истертые по первому способу. Я затратил на ее производство меньше силы, однако, и массы получилось меньше, чем в первый раз“.

В этой выдержке обращает внимание то, что изобретатель сразу столкнулся с вопросом качества древесной массы и расхода силы. Следует отметить, что при этих примитивных опытах Келлер уже имел сортирование для отделения грубых пучков и щепы.

На этом и закончились работы самого Келлера. Недостаток технических знаний и средств не позволили ему создать конструкцию промышленного типа. Первая удовлетворительная конструкция дефибрера была разработана Генрихом Фельтером, с которым Келлер в 1846 г. заключил договор на использование своего изобретения. Надо заметить, что Келлер получил за свое изобретение совершенно ничтожную сумму, далеко не покрывшую его личных расходов, так как в течение пяти лет действия патента изобретение не было реализовано в промышленном смысле, а при продолжении патента Келлер не имел средств на внесение своей доли по договору с Фельтером, и эксплуатация патента перешла единолично к Фельтеру.

Фельтер оценил важность изобретения Келлера и с 1847 г. приступил к опытам на бумажной фабрике в Гейденгейме. Его конструкция определилась в виде много-прессового дефибрера с механическим нажимом дерева. Такой тип можно найти работающим на старых маленьких древесно-массовых заводах еще в настоящее время. Между прочим, Фельтер во время этих опытов испытывал продольное и поперечное дефибрирование и совершенно правильно, как будет указано дальше, остановился на последнем.

Изготовление дефибреров и прочих аппаратов производилось машиностроительным заводом Фойта в Гейденгейме. При начальных опытах Фойт, обратив внимание на значительный отброс грубого волокна при сортировании, предложил размалывать эти отходы вторично на обыкновенных мельничных жерновах. Результаты оказались вполне удовлетворительными, размолотая масса после сортирования могла употребляться в смеси с отсортированной массой. В дальнейшем переконструированные Фойтом жер-

нова нашли постоянное место в древесно-массном производстве в виде рафинера. В 1852 г., кроме опытной установки в 50 л. с. в Гейденгейме, работала древесно-массная установка на бумажной фабрике в Гирсдорфе, где вырабатывались бумаги с 50% тряпья и 50% древесной массы.

Острая потребность в сырье, назревшая в этот период в бумажной промышленности, способствовала чрезвычайно быстрому распространению древесно-массного производства, несмотря на крупные конструктивные недостатки первых моделей и их маломощность. На выставках в Мюнхене в 1854 г. и в Париже в 1855 г. уже фигурируют дефибреры и другие экспонаты древесно-массного производства, а в 1867 г. на всемирной парижской выставке Фельтер экспонировал законченную дефибрерную установку. В период 1852 по 1872 гг. им было выпущено 210 дефибрерных установок в Европе: в Германии—77, в Австрии—24, в Швеции и Норвегии—53, в России и Финляндии—16, в Бельгии—12, во Франции—10, в Англии—6, в Швейцарии—6, в Италии—3, в Дании—2, в Испании—1. В Северную Америку Фельтер поставил 105 дефибрерных установок, где эти машины быстро получили всеобщее признание.

Установки того времени имели уже все элементы современного древесно-массного завода: дефибреры с регуляторами, сортировки, рафинеры, папмашины. Подобные установки можно было встретить до последнего времени. На Панинковской фабрике работают еще до сих пор установленные в 1885 г. дефибреры, две плоских сортировки и папмашины с производительностью 11,5 т/час.

Добрушская установка из двух дефибреров работала до 1928 г.

Установка весьма близкая по расположению оборудования и трансмиссий работала до 1924 г. на Камокомском заводе Окуловской бумажной фабрики с тем отличием, что дефибреры были 8-прессовые с вертикальным валом, а сортировки—центробежные вертикальные. Принцип же расположения дефибреров во втором этаже и движения массы самотеком был сохранен.

Способы дефибрирования

Основная масса древесины состоит из тонких, длинных, вытянутых вдоль ствола волокон, расположенных концентрическими кольцами вокруг сердцевины ствола. Эти длинные волокна создают механическую прочность древесины. Между собой они прочно связаны межклеточными пластинками, состоящими из лигнина, плотно заполняющего пространство между волокнами. Объем этой части составляет около 90% всей древесины. Размеры волокон у разных пород, применяемых в древесно-массном производстве, как лиственных, так и хвойных, а также и в одном стволе, значительно различаются между собой, колеблясь у лиственных пород от 0,8 до 1,7 мм по длине волокна и от 0,020 до 0,045 мм по толщине, а у хвойных—от 2,5 до 4,5 мм по длине и от 0,025 до 0,075 мм по толщине. Остальная часть древесины состоит из образовательной

ткани, представляющей наружное кольцо древесины, и сердцевинных лучей, соединяющих ядро дерева с периферией. Клетки этой так называемой паренхимной ткани очень коротки и слабы, значение их в производстве древесной массы невелико.

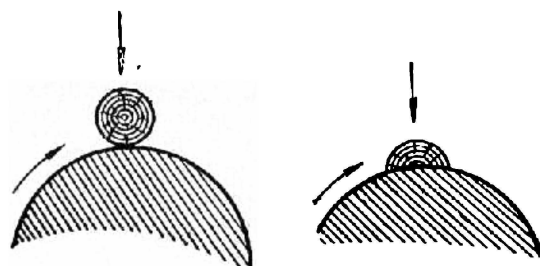


Рис. 2. Поперечное шлифование.

Процесс дефибрирования состоит в разделении древесины на отдельные волокна и части их, что может быть достигнуто различными способами.

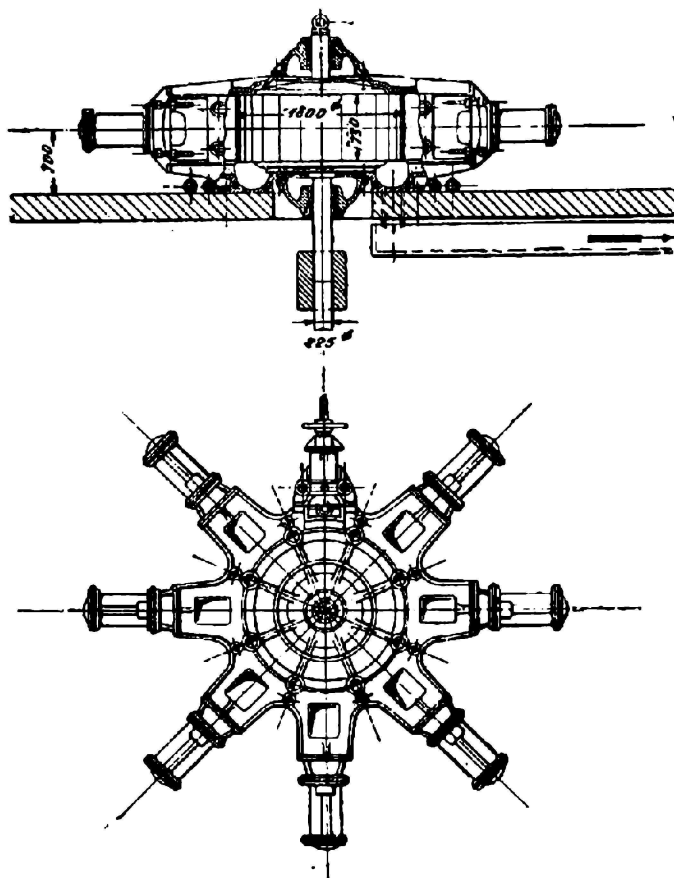


Рис. 3. Дефибрер с вертикальным валом для поперечного шлифования.

В первые десятилетия древесно-массного производства были предложены и испытаны три способа шлифования.

1. Поперечное шлифование, при котором движение шлифующего камня направлено перпендикулярно к длине ствола дерева, а следовательно, и к длине волокон.

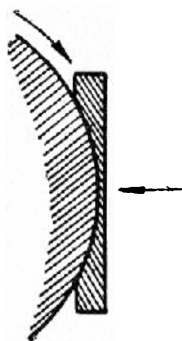


Рис. 4. Продольное шлифование.

Как видно на рис. 2, волокна отделяются от ствола по цилиндрической поверхности сго, причем вначале круглый чурак касается камня по математической прямой линии, в средней части площадь соприкосновения будет наибольшая и по истиранию дерева снова дойдет до нуля. Очевидно, что условия истирания в этих фазах будут сильно различны, вследствие изменения площади истирания, а следовательно, и удельного давления на камень, что неизбежно при употреблении круглых чураков.

Метод поперечного шлифования может быть осуществлен как на камне, посаженном на горизонтальный вал (рис. 2), так и на камне с вертикальным валом, представленном на рис. 3.

Способ поперечного шлифования был применен на первых опытных моделях Келлером и далее получил преимущественное распространение, а в настоящее время дефибреры всех систем строятся только по принципу поперечного шлифования.

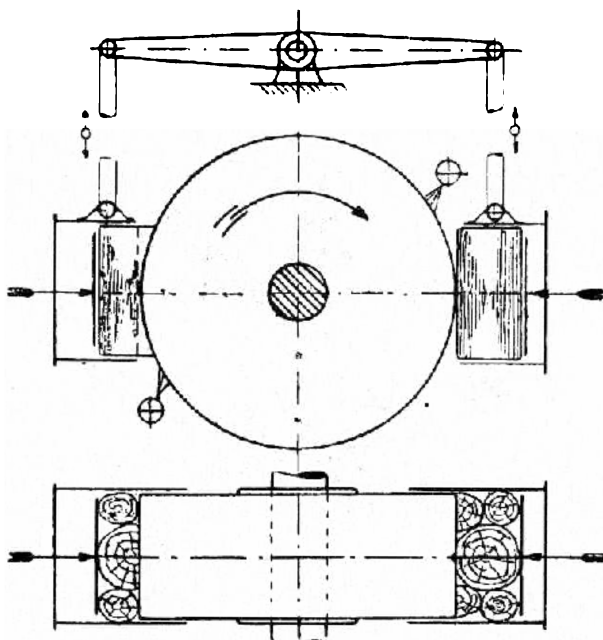


Рис. 5. Схема механизма для качательного движения при продольном шлифовании.

2. Продольное шлифование состоит в том, что шлифующая поверхность камня движется в направлении длины ствола дерева,

следовательно, вдоль волокна его (рис. 4). Этот способ был предложен в 1887 г. Предполагалось таким образом получить волокно более высокого качества с меньшим расходом энергии. В конце прошлого столетия было осуществлено несколько конструкций для продольного шлифования, вызвавших дискуссию, отраженную в труде Кирхнера.¹ Недостаток этого метода, заключающийся в неравномерном истирании чурака, устранялся посредством сообщения прессовой коробке с балансами качательного движения, так что к камню поступали попеременно все участки истираемого дерева (рис. 5).

Несмотря на то, что делались различные попытки улучшить конструкцию дефибреров этого типа, принцип не получил распространения как вследствие грубых свойств массы, так из-за сложности конструкции и невозможности применить продольное шлифование к мощным агрегатам.

3. Плоское шлифование было применено впервые около 1873 г., на дефибрере с вертикальным валом и прессовыми коробками, расположенными сверху камня на его лобовой плоскости (рис. 6). Прессы имели приспособление для поворота их вокруг вертикальной оси для производства поперечного 1 диагонального 2 и продольного 3 шлифования. Преимущество этого способа видели в том, что камень большего диаметра можно было охватить прочными железными кольцами по окружности, что предупреждало опасность разрыва камня от действия центробежной силы при большой окружной скорости. Кроме того, считалось, что можно выбрать диагональное шлифование, обеспечивающее нужное качество волокна. Как продольное, так и лобовое шлифование могли иметь место только в малосильных установках. Кроме того, они не позволяют производить горячее шлифование, требующее, чтобы камень вращался в полужидкой горячей массе при незначительном количестве охлаждающей воды. Так как температура шлифования—один из важнейших факторов качества массы, то оба эти метода шлифования не нашли места при дальнейшем развитии дефибрирования. То же относится и к поперечному шлифованию с вертикальным валом и коробками, расположенными вертикально вокруг цилиндрической поверхности камня. Все эти способы давно оставлены и вряд-ли могут найти применение в будущем.

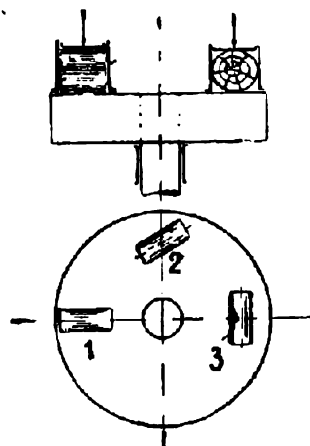


Рис. 6. Плоское шлифование.

Общее описание процесса дефибрирования

Сущность процесса выработки древесной массы чрезвычайно проста. Процесс состоит в разделении древесины на составляющие

¹ E. Kirchner. Die Holzstoff Fabrikation.

ее волокна и части их посредством шлифования на зернистом камне круглых чурakov дерева, прижимаемого к вращающемуся камню при орошении его водой. При этом необходимо при наименьшей затрате энергии получить волокно нужного качества и с наименьшими потерями, а следовательно, наибольшим выходом продукции из истертой древесины. Однако, несмотря на простоту основного принципа, при его практическом осуществлении в заводских масштабах имеется много различных обстоятельств, требующих тщательного изучения и контроля для успешного проведения процесса. Наиболее существенными моментами, определяющими технологически и экономически ход производства, являются: свойства перерабатываемой древесины, механическое оборудование, источники энергии и двигатели, дефибрерные камни, качество волокна древесной массы, контроль и учет производства.

В зависимости от этих обстоятельств, а также масштаба производства, может значительно меняться расположение оборудования и технологический процесс производства древесной массы. Поэтому нижесприводимая схема производства является только общей наметкой с возможными изменениями на практике (рис. 7). С лесной биржи балансы тем или иным видом транспорта подаются к дефибрерам. Во избежание остановки производства при возможных перебоях в подаче балансов в дефибрерном отделении всегда предусматривается место для некоторого запаса древесины. Балансы вручную загружаются в прессы дефибреров. Масса, выходящая из-под камня дефибрера, при употребляющемся горячем шлифовании имеет концентрацию от 20 до 40 г волокна в 1 л. Для возможности сортирования она должна быть значительно разбавлена водой, до 4—5 г на 1 л. Часто это делается последовательно: первый раз тотчас по выходе массы из ванны дефибрера, до концентрации 7—8 г на 1 л, обеспечивающей правильную работу щеполовок, и второй раз перед сортировками в зависимости от требований последних. Перед щеполовками или после них необходимо иметь бассейн, который мог бы служить достаточным аккумулятором массы при текущих изменениях режима дефибреров для равномерной подачи ее на сортирование. В маленьких установках роль такого аккумулятора играют сборные массные желоба, которые вообще желательно делать достаточного объема. Щепы, удаляемая со щеполовок вручную или каким-либо механизированным способом, употребляется снова на дефибрирование или идет в топки котлов, или же вывозится на свалку. Предварительно отсортированная масса поступает на тонкое сортирование. Последнее на приведенной схеме показано для упрощения ординарным. Однако, в настоящее время обычно применяются более сложные системы сортирования, о которых будет указано в разделе сортирование древесной массы. Тонкая масса, прошедшая сита сортировок, направляется на сгущение, а грубая, называемая рафиерной массой, собирается в мешальном бассейне, откуда подается на разработку в рафинеры. Так как масса, прошедшая рафинер, только частично приобретает нужную тонкость, то последнюю необходимо направить снова на сортирование, при чем на схеме подача массы после рафинеров показана в общий поток перед сортированием, что в новейших установках встречается редко. Тонкая масса выходит из сортировок

очень жидкая с содержанием только от 2 до 4 г волокна в 1 л и для возможности ее дальнейшего употребления должна быть сгущена. При немедленном использовании в собственном производстве массу сгущают на сгустителях до концентрации удобной для операций с ней, т. е. от 4 до 6%. При направлении ее на продажу или в запас обезвоживают массу до 25—30% на папмашинах, на кото-

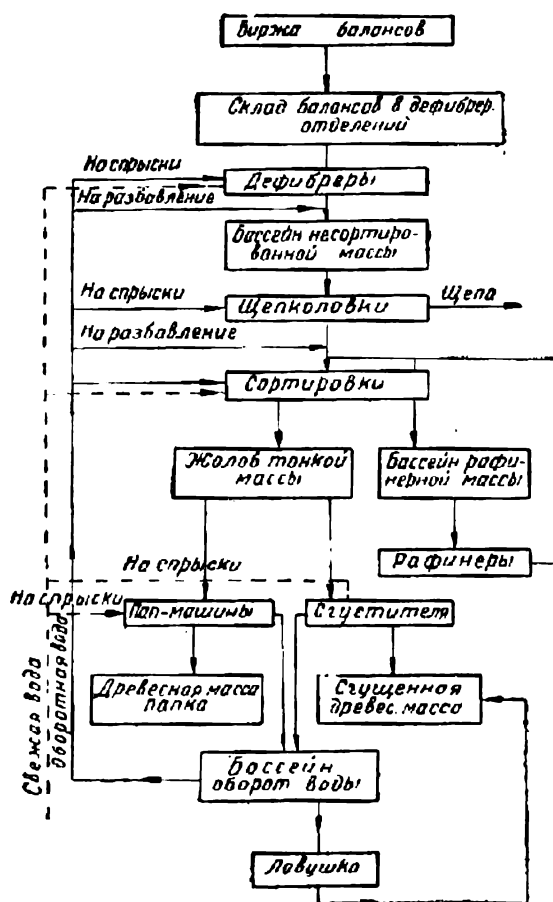


Рис. 7. Схема производства древесной массы.

рых она может получаться в виде толстого картона листами, свертками или рудонами в зависимости от конструкции аппарата. Сквозь сетчатые цилиндры обезвоживающих машин вместе с водой уходит значительное количество высококачественного тонкого волокна. При неиспользовании этой воды потери волокна могут достигнуть чрезвычайно высокого процента, почему везде, где позволяет про-

цесс, стремятся употреблять воду с сгустителей обратно на производство. Для сбора последней предусматривается бассейн, обеспечивающий полное равномерное питание насосов, подающих оборотную воду к различным производственным агрегатам. При установках со сгустителями избытка оборотной воды при надлежащем ее использовании в производстве практически не бывает, при применении же папмашин, потребляющих больше свежей воды и отжимающих массу до высокой сухости, следует для излишка воды устанавливать массоуловители. На моменты пуска завода, а равно на случаи недостатка оборотной воды, должна быть параллельная коммуникация свежей воды, при чем наиболее рационально добавление свежей воды в бассейн оборотной, что легко сделать автоматически в зависимости от установленного уровня оборотной воды. Чистая вода, как правило, подается также на спрыски сгустителей и папмашин.

Развитие древесно-массного производства

Рациональный выбор места для древесно-массных заводов определяется двумя основными требованиями: 1) дешевым и удобным транспортом для массового снабжения древесиной и 2) дешевой энергией. Насколько эти обстоятельства играют решающую роль видно из следующего примера. Если взять древесно-массную установку средней величины в современных условиях с производительностью 100 т в сутки или около 35 000 т в год, то, принимая расход чистоокоренных балансов в 3,33 скл. куб. м на 1 т массы и потерю на окорку в 12%, получим в год:

$$\text{расход древесины } \frac{3,33}{0,88} \times 35\,000 = 132\,440 \text{ куб. м}$$

Расход энергии на все производство колеблется в границах 1000—1300 квт.-час на 1 т, что составит годовой расход в 35 000 000—45 000 000 квт.-час.

Эти две основные статьи расхода могут составлять в калькуляции себестоимости древесной массы от 40 до 80% всей стоимости продукции в зависимости от положения предприятия по отношению к снабжению сырьем и энергией и от масштаба предприятия. Наиболее удобное для развития самостоятельных древесно-массных предприятий расположение на сплавных реках вблизи гидроэлектростанций или с собственными гидростанциями. Вследствие этого, развитие древесно-массного производства географически двигалось по направлению к сырью и к водяной энергии, а технически к крупным механизированным установкам. Наибольшее развитие выработка древесной массы получила в США, Канаде, Швеции, Норвегии и Германии. Возможность получения значительных количеств дешевой отбросной энергии при мощных паровых бумажно-целлюлозных предприятиях позволяет рентабельно развиваться при них и крупным древесно-массным установкам. Употребление в таких случаях древесной массы в жидком сгущенном состоянии без формования ее в папку и без высушивания делает существование древесно-массных заводов при комбинатах особо рентабельным. Поэтому наиболее

крупные установки, доходящие в настоящее время до 500 т суточной производительности, существуют в виде отделов бумажных комбинатов. Самостоятельные древесно-массные заводы и в настоящее время являются преимущественно мелкими и средними установками.

Древесно-массное производство развивалось исключительно быстро. Так, в 1852 г. в Германии было только 2 установки с ничтожной производительностью, к 1872 г. выработка достигла 40 000 т, а во всей Европе вырабатывалось в то время уже около 150 000 т в год.

Начало 20-го столетия ознаменовалось бурным развитием древесно-массного производства. Потребность в массовом производстве дешевых сортов бумаги не могло быть удовлетворено таким дорогим материалом, как целлюлоза и тем более тряпка, которые и по количеству никак не могли покрыть требования бумажной промышленности. К этому времени относится распространение мощных прессовых дефибреров до 500 л. с. и выше и затем магазинных дефибреров, позволяющих укрупнение машины до практически предельной в настоящее время мощности в 1000 квт на один камень. Усовершенствованная модель фойтовского магазинного дефибрера нашла широкое распространение в США и Канаде, где они до сего времени успешно конкурируют с новейшими типами непрерывных и прессовых дефибреров. В 1923—1924 гг. почти одновременно были выпущены непрерывные дефибреры большой мощности Фойтом, Ворреном, Фюльнером, чрезвычайно быстро получившие массовое применение. Одновременно велось конструирование более совершенных и мощных вспомогательных механизмов, а также контрольной аппаратуры по анализу качества древесной массы. Созданная таким образом техническая база дала возможность исключительно быстрого развития древесно-массного производства. Первенство в этом производстве получили страны, богатые древесиной и водяной энергией. До мировой войны первое место по производству древесной массы занимали США, выработавшие в 1913 г. 1 100 000 т, а в 1928 г. достигшие максимума в 1 650 000 т.

Растущую потребность в полуфабрикатах США покрывают использованием сосновых пород и отходов лесопиления на выработку сульфатной целлюлозы. Если рост древесно-массного производства за 15-летие 1913—1928 гг. составил 150%, то производство целлюлозы в целом (сульфитной и сульфатной) выросло с 1 400 000 т до 2 350 000 т, что составляет 168%. Другую картину представляет рост древесно-массного производства в Канаде: кривая растет непрерывно, не показывая максимума. Цифра 2 350 000 т в 1929 г. в следующие годы резко снизилась, вследствие наступившего мирового экономического кризиса в капиталистических странах. Однако, факт хищнического истребления лесных ресурсов, достаточно освещенный в специальной литературе, ряд ограничений в отношении лесозаготовок и полное запрещение вывоза балансов, введенные в Канаде в последнее десятилетие, дают основание заключить, что и здесь мы имеем дело с пределом естественного развития производства, упирающегося также в недостаток лесных ресурсов при значительных запасах водяной энергии.

Потребление древесной массы в Канаде идет, в основном на производство газетной бумаги, выработка которой в 1929 г. составила 2729 000 т. На это производство было израсходовано около 2 100 000 т древесной массы или 89,5% всей выработки этого года, экспортировано в виде древесной массы в том же году только 206 000 т. Экспорт древесной массы вообще незначителен. Данные таблицы 1 показывают экспорт массы из Канады в тысячах тонн.

Таблица 1

	1925 г.	1926 г.	1927 г.	1928 г.	1929 г.
В США	282	259	179	167	183
В прочие страны . .	78	123	82	37	23
Всего	360	382	261	204	206

Наоборот, экспорт газетной бумаги растет непрерывно, составив в 1928 г.—92,7% и в 1929 г.—92,1% всей выработки. Таким образом, Канада экспортирует от 87 до 88% всей древесной массы в виде газетной бумаги и собственно древесной массы. Данные таблицы 2 показывают распределение экспорта газетной бумаги из Канады в тысячах тонн.

Таблица 2

	1928 г.	1929 г.
В США	1 935	2 173
• Англию	131	174
• Австралию	49	63
• Н. Зеландию	17	23
• Ю. Америку	51	51
• прочие страны	24	27
Всего	2 207	2 511

Соответственно колоссальному развитию древесно-массового производства и масштаб установок в Канаде исключительно крупен. Так, фабрика в Кеногами имеет старый завод из 46 трехпрессовых дефибреров, работающих непосредственно от водяных турбин и новый из 14 непрерывных системы Фойт с моторами по 2800 л. с. на два дефибрера. Установка фабрики Интернациональной компании в Три-Риверс состоит из 2-прессовых дефибреров, 14-магазинных и 14-непрерывных системы Воррен; все дефибреры