

10873

634.0.84

M18

В. МАЛЕЕВ и В. БЕЛОПОЛЬСКИЙ



634.0.84

M 18

4 APR 1957

Инж. В. И. МАЛЕЕВ
Инж. В. М. БЕЛОПОЛЬСКИЙ

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

Д Е П

ИСКУССТВЕННАЯ СУШКА ДЕРЕВА



46069

89.5.08

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

Пров. ред.

МИНСКАЯ ОБЛАСТНАЯ

РЕСПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА БССР

3255
193

Ответственный редактор А. Е. Дондеева
Технический редактор Э. М. Киселев
Сдано в набор 14/X—32 г.
Подписано к печати 19/III—33 г.
Учредитель Главдита Б—24973
Объем 12¹/₂ п. л. Тираж 5 000
Формат бумаги 62×94₁₆
В 1 п. л. 51.000 знаков
ГЛТИ № 849, Изд. ХПД
Заказ № 3286

ПРЕДИСЛОВИЕ

Развивающееся социалистическое строительство предъявляет все возрастающие требования на лесоматериалы, в том числе на сухие. Потребление лесоматериалов в текущем пятилетии, показанное в нижеприводимой табличке, иллюстрирует сказанное:

Годы	1927/28	1928/29	1930	1931	1932
Общее потребление лесоматериалов в млн. м ³ (без дров) по всем заготовителям	45,3	64,1	109,7	139,3	174,1

Во втором пятилетии, уже в 1937 г., намечено заготовить деловой древесины 400 млн. м³ против 174,1 млн. м³ в 1932 г. по всем заготовителям.

Не менее важным является удовлетворение сухим высокосортным лесом нужд лесозэкспортирующих организаций, так как удельный вес нашего лесозэкспорта в общей сумме экспорта из СССР (в стоимостном выражении) ежегодно возрастает, как это видно из следующих цифр:

Годы	1926/27	1927/28
Удельный вес в %	10,3	12,3

Таким образом совершенно очевидной является необходимость создать фонды выдержанных сухих лесоматериалов; однако бурные темпы нашего строительства и недостаточная пока мощность нашей лесной промышленности не позволяют образовать такие фонды путем длительной естественной сушки древесины. Лесная промышленность должна ускорить оборот древесины в производстве путем искусственной сушки ее. Мы и стали на этот путь. Начавшееся несколько лет тому назад строительство сушилок успешно развивается; рост выпуска искусственно высушенных лесоматериалов должен быть доведен в 1932 г. во вновь выстроенных сушилах примерно до 15 млн., а в 1937 г. уже до 60 млн. м³.

Между тем поскольку, с одной стороны, сушильное дело является у нас новым, мало известным нашим практикам, а с другой стороны, процесс сушки, на первый взгляд несложный, при неправильном ведении его влечет порчу древесины, перед работниками лесопильных и деревообрабатывающих предприятий стала задача овладеть техникой сушильного дела. При общем недостатке у нас технической литературы, в частности литературы по сушильному делу, особенно следует отметить почти полное отсутствие чисто практических руководств.

Выпуск настоящего «Руководства» имеет целью хоть отчасти восполнить этот пробел. При составлении его авторами были использованы: богатый американский опыт искусственной сушки, представленный трудом известных специалистов-сушильщиков Кёлера и Телена «The Kiln drying of lumber»; затем переработка и дополнения к этому труду, сделанные редактором немецкого сокращенного перевода Варлимонтом и внесенные в «Руководство» почти без всяких изменений; (русский перевод книги Р. Warlimont — „Das künstliche Holztrecknen“, сделан. авторами). Наконец, опубликованные в советской печати материалы, касающиеся работы сушильных хозяйств в СССР, равно и собственный опыт авторов в этой области.

Авторы

Москва. Февраль 1932 г.

Глава первая

ОСНОВЫ СУШКИ ДЕРЕВА

1. ЧЕМ ВЫЗЫВАЕТСЯ НЕОБХОДИМОСТЬ СУШКИ

Срубленное дерево годится для обработки только после удаления достаточного количества содержащейся в нем влаги, т. е. после сушки; в свежесрубленном состоянии дерево для обработки непригодно.

Удаление влаги из древесины может производиться или путем сушки материала на открытом воздухе (так называемая естественная сушка), или же искусственным путем в специальных сушилках; в обоих случаях сушка должна привести к следующему:

1. Дерево, как при обработке, так и после нее не должно коробиться и трескаться (явления, обычно вызываемые изменением влагосодержания дерева). Высушенное дерево, у которого после раскря не наблюдается сколько-нибудь значительного колебания влагосодержания, обладает также и достаточной формоустойчивостью.

2. Дерево должно быть предохранено от гнили и плесени. Возбудителями этих заболеваний обычно бывают различные виды грибов, одним из основных условий развития которых является определенная степень влажности в материале; поэтому хорошо высушенный лес не подвержен действию гнили и плесени, пока в силу каких-либо внешних воздействий не повысилось его влагосодержание; насекомые также обычно не нападают на сухой материал.

3. Так как в некоторых случаях вес материала в результате предварительной сушки уменьшается на 50 % по отношению к абсолютно сухому весу, то получается значительная экономия транспортных расходов. При водном транспорте леса это обстоятельство имеет меньшее значение, поскольку обычно фрахты при водных перевозках исчисляются не по весу, а по объему материала.

2. ПРЕИМУЩЕСТВА ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

Искусственной сушкой дерева называется доведение последнего до требуемой степени влажности при помощи создания благоприятнейших для сушки условий в отношении тепла, влажности и движения воздуха¹.

Главные преимущества искусственной сушки следующие:

¹ Проф. Юргенс Н. Э. «Дерево и его консервирование», стр. 149.

1. Искусственная сушка требует по сравнению с естественной значительно меньше времени: так, на естественную сушку затрачиваются месяцы и даже годы, искусственная же сушка занимает лишь дни или недели.

Следствием сокращения сроков сушки является более быстрое обращение капитала и его большая подвижность, меньшие капиталовложения и снижение прочих расходов.

2. В результате искусственной сушки может быть достигнута значительно меньшая влажность дерева, чем это возможно при естественной сушке.

Дерево, идущее на всякие поделки и изделия, применяемые в отопляемых помещениях, должно быть высушено до 4—8% влагосодержания, чего нельзя достигнуть естественной сушкой.

Каждый столяр знает, что он должен дать поделочному материалу до его обработки вылежаться в мастерской, что является примитивным способом искусственной сушки.

Кроме этих двух основных преимуществ искусственной сушки имеется еще целый ряд преимуществ второстепенного порядка:

1. При искусственной сушке дерево, как правило, меньше страдает от гнили, плесени, насекомых, трещин, коробления и т. д. чем при естественной сушке; при этом конечно основной предпосылкой является понимание процесса и умение регулировать режим сушки. Следствием того, что последние два условия весьма часто отсутствуют, является наличие некоторого предубеждения против искусственной сушки.

2. У хвойных, богатых смолой, древесных пород высокие температуры искусственной сушки способствуют выступанию большей части смолы на поверхность материала, легко удаляемой дальнейшей механической обработкой, остающаяся же в дереве смола переходит в твердое состояние. Если указанные выступание и затверждение смолы не имеют места, то под влиянием Ц солнечных лучей или отопления смола легко выступает на поверхность изделий, что конечно портит отделку при естественной сушке и окраску.

3. Под влиянием высокой температуры сушки уменьшается гигроскопичность дерева, вследствие чего в дальнейшем оно слабее реагирует на изменения влажности окружающего воздуха.

4. Искусственно высушенный материал легче склеивается и лучше поддается лицевой обработке.

5. При искусственной сушке уничтожаются возбудители всяких заболеваний, причем дерево в известной мере делается стерильным и может заботеть только в результате инфекций извне.

При естественной сушке возбудители заболевания не уничтожаются и при повышении влажности дерева возобновляют свою деятельность.

6. Убиваются насекомые—вредители дерева.

3. ПРОЦЕСС ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

При извлечении влаги из дерева следует различать: а) продвижение влаги изнутри материала наружу и б) испарение влаги с поверхности материала.

Тепло стимулирует оба эти процесса и таким образом является важнейшим фактором, влияющим на скорость сушки; но вместе с тем дерево, подвергнутое действию теплого, сухого воздуха, постепенно начинает испарять с своей поверхности больше влаги, чем поступает из внутренних слоев; следствием такого нарушения баланса между подачей влаги из внутренних слоев на поверхность материала и испарением влаги с поверхности является поверхностная засуха и поверхностное растрескивание материала (пп. 31 и 32).

При сушке теплым и влажным, а не сухим воздухом наблюдается обратное явление — замедление процесса сушки и меньший риск порчи материала; следовательно сушить следует не сухим, а влажным воздухом. Кроме тепла и влажности воздуха при сушке материала необходимо перемещение или так называемая циркуляция воздуха, в целях передачи материалу тепла и удаления испаряемой из дерева влаги.

Для быстрой и успешной сушки должны быть налицо все три основных фактора сушки — тепло, влажность и циркуляция воздуха; кроме того конструкции и установка нагревательных приборов должны обеспечивать возможность их наиболее тщательной регулировки; затем необходима соответствующая штабелевка материала, при которой происходило бы равномерное и одинаковое обтекание материала рабочим воздухом.

При сушке мягких древесных пород и воздушно-сухой древесины твердых пород, даже при некотором отклонении от основных правил сушки, иногда можно достичь вполне приемлемых результатов; но чем тверже и толще материал и чем меньше он предварительно подсушен, тем строже следует учитывать основное положение сушки, что влага в дереве должна сначала из внутренних слоев материала перейти в наружные слои и затем уже должна быть испарена с поверхности материала.

4. ТРУДНОСТИ, ВСТРЕЧАЕМЫЕ ПРИ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКЕ

Искусственная сушка дерева связана с целым рядом трудностей, обычно не встречаемых при сушке других материалов. Некоторых из этих трудностей сушки можно избежать или устранить их, другие же почти непреодолимы.

Главные затруднения, встречающиеся при сушке дерева, можно свести в следующие 8 групп:

1. Самое основное затруднение — неравномерность усадки дерева в разных направлениях, вызывающая возникновение внутренних напряжений, в результате которых получают внутренние и наружные трещины, пересушка наружных слоев материала и коробление.

2. У некоторых древесных пород при действии на них высоких температур наблюдается неравномерная усадка отдельных клеток (пункт 37).

3. Некоторые древесные породы при сушке меняют свою натуральную окраску, как например клен и некоторые хвойные.

4. При сушке низкими температурами и высокой влажностью возможно появление плесени.

5. При неравномерном протекании в камере процесса сушки одна

часть загруженного материала остается еще сырой в то время, когда другая уже достаточно высохла.

6. Возможна пересушка дерева, в результате чего наблюдается выпадение сучьев; кроме того дерево хуже поддается обработке, а также по закону устойчивой влажности подвергается разбуханию.

7. Медленность продвижения влаги к наружным слоям материала. Скорость продвижения влаги, вообще говоря, является мерилем, определяющим возможную скорость сушки материала.

8. Наконец, трудности, которые встречаются только при искусственной сушке, как например—запарка материала и т. д.

5. СРАВНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО И ИСКУССТВЕННОГО СПОСОБОВ СУШКИ

Для лиц, незнакомых с техникой искусственной сушки, последняя является несовершенной, вынужденной рядом обстоятельств, заменяющей естественную сушку. Такое мнение основывается на том, что искусственная сушка является якобы вмешательством в естественное течение процесса сушки.

Мнение это — глубочайшее заблуждение; искусственная сушка является не вмешательством, а по существу планомерным направлением и регулированием естественных процессов.

При сопоставлении преимуществ естественной и искусственной сушки необходимо, во избежание односторонности, учитывать как качество высушенного материала, так и стоимость сушки.

Практика доказала, что при наличии соответствующих знаний и тщательности наблюдения результаты искусственной сушки одних и тех же древесных пород, по меньшей мере, так же хороши, если еще не лучше, чем при естественной сушке.

При рассмотрении расходов, связанных с сушкой, не следует смешивать сушку дерева для таких целей, для которых достаточно дереву вылежаться короткий срок на открытом воздухе (обычно хвойные древесные породы, идущие для строительства), с сушкой дерева, идущего на различные изделия, для чего одна только естественная сушка недостаточна, сюда относятся преимущественно твердые древесные породы.

В первом случае применение естественной сушки дешевле, если только не имеется в виду необходимость удовлетворения спроса на сухой материал в больших количествах и с влажностью ниже воздушно-сухого состояния древесины.

Иногда целесообразно применять искусственную сушку дерева ради экономии необходимого под склады места, так как сухой лес не требует специальной укладки.

Во избежание значительных трудностей, связанных с сушкой свежесрубленной древесины, для твердых пород заключительная искусственная сушка часто комбинируется с естественной (предварительной).

Наибольшим преимуществом искусственной сушки являются бесспорно более короткие сроки сушки; однако искусственная сушка требует дополнительных расходов на сооружение сушильных установок, а также тщательности обслуживания.

Вардимонт указывает на ряд условий, которые в настоящее время заставляют, по его мнению, отдать в Германии предпочтение искусственной сушке:

1. Стоимость участка может иметь большое значение, если предприятие находится в каком-либо промышленном центре; в противном случае стоимость участка особого значения не имеет.

2. Высокий размер капитальных затрат в Германии; нельзя сказать, как долго с этим обстоятельством придется считаться.

3. При искусственной сушке имеют большое значение расходы, связанные с силовыми и тепловыми установками. Существуют деревообрабатывающие предприятия, дающие такой избыток древесных отходов, что только в целях их уничтожения эти отходы сжигаются в топке котельной установки, а пар, как излишний, выпускается в окружающую атмосферу; на других фабриках, при различных силовых установках пар получается как побочный продукт и может быть утилизирован почти без всяких расходов.

Наоборот, имеются и такие предприятия, которые для организации искусственной сушки требуют сооружения специальной котельной установки и топки каменным углем. Основания для исчисления стоимости пара так же весьма различны.

4. В среднем можно принять, что при искусственной сушке материала с влажностью выше 20% расход времени на снижение влагосодержания на 1% в два раза меньше, чем при сушке материала с влажностью 13—15%. Если сравнить искусственно-высушенный материал, одинаковый по породе и качеству, но разный по влагосодержанию, то оказывается, что для достижения более низкой влажности материала (ниже 15%) требуется значительно больше затрат и большие эксплуатационных расходов, чем для материала с влажностью 15% и выше.

5. Новые предприятия, строящиеся согласно последним требованиям техники, распланировываются таким образом, чтобы сушильные устройства располагались около транспортеров готовых изделий, благодаря чему снижаются транспортные расходы. Напротив, на старом предприятии строительные и эксплуатационные расходы, в связи с введением искусственной сушки, требующей новых транспортных сооружений, могут увеличить начисления на стоимость продукции.

6. Возрастание цен на лес увеличивает потребность в капиталах и заставляет вводить искусственную сушку.

Для иллюстраций размеров стоимости искусственной сушки Вардимонт приводит следующий пример: на одном предприятии в Германии, где путем искусственной сушки снижают влажность материала (50% мягких древесных пород и 50% твердых) с 30—40% до 12%, стоимость всех расходов, связанных с сушкой, выражается с округлением в 10 германских марок на 1 м³.

В условиях СССР преимуществу искусственной сушки перед естественной заключаются в следующем:

1) значительно меньший срок сушки лесоматериалов, позволяющий сокращать площади для хранения сырых лесоматериалов;

2) удовлетворение производства материалом в требуемом количестве и требуемой влажности;

3) ускорение оборачиваемости средств, так как нет надобности иметь

на складах завода большие запасы лесоматериалов с целью их высушивания на воздухе;

4) отсутствие дополнительных расходов на переборку штабелей лесоматериалов, необходимую при естественной сушке;

5) уменьшение процента брака и улучшение качества материала при искусственной сушке;

6) сокращение расходов на перевозку, если сушка производится на месте заготовки пиломатериалов;

7) сжигание, для получения необходимого при искусственной сушке тепла, отходов, имеющихся в больших количествах, при деревообделочных и лесопильных предприятиях, уменьшающее расходы на противопожарные мероприятия и освобождающее значительные площади заводской территории.

6. ТЕХНИЧЕСКИЕ ЗНАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ СУШИЛЬЩИКУ

В первую очередь необходимо знать, как ведет себя дерево под влиянием тепла и влажности воздуха: также желательны некоторые познания в области отопления и вентиляции. Лицо, обслуживающее сушилку, должно уметь регулировать процесс сушки и разбираться в сущности искусственной сушки. Требуемая конечная влажность, порода, качество, назначение сушеного материала, возможная неравномерность подачи пара и в некоторых случаях также меняющиеся метеорологические условия ставят перед сушильщиком постоянно новые задачи. Так как никаких универсальных правил сушки не существует, то каждый отдельный случай требует своего решения, в соответствии с которым и приходится вести сушительный процесс. Хороший сушильщик, даже при посредственной сушильной установке, может получать хорошие результаты, и наоборот самая лучшая сушильная установка при недостаточно компетентном обслуживании дает брак.

7. НАРОДНОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ ХОРОШЕЙ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

В САСШ за 1922 г. было истрчено на фрахтовые расходы по транспорту леса 250 млн. долл.; если бы влажность всего лесного груза за тот же год была снижена на 2%, то одно это дало бы непосредственной экономии на фрахте до 5 млн. долл., не считая экономии в потребных перевозочных средствах; между тем возможна и еще большая экономия как в расходах на фрахт, так и в перевозочных средствах, при снижении влажности перевозимого материала не на 2%, а на 5—10 и даже 30%¹.

Практика показывает, что иногда путем небольшой перестройки и рационализации самого сушильного процесса возможно повысить производительность сушильной установки на 25% и больше.

Варлимонт указывает, что на одной сушильной установке путем

¹ Соответствующие цифры экономии для СССР не поддаются сейчас точному подсчету, но привлекая во внимание и для России возможности в смысле снижения процента влажности надо полагать, что возможная в наших условиях экономия выразилась бы в цифрах порядка многих десятков миллионов рублей.

улучшения подвода воздуха в камеру удалось почти в два раза сократить сроки сушки, причем расходы на перестройку выразились только 400 руб.

Илишне говорить о преимуществах сушки для дальнейшей механической обработки дерева, вытекающих из наличия на предприятии высушенного до надлежащей степени влажности материала, без трещин и внутренних напряжений. Чем меньше брака при сушке, тем меньше потребность в лесоматериале; чем тщательнее сушка, тем больше возможности заменять в различных изделиях первосортный материал второсортным.

Рационализация обработки и применения дерева имеет весьма большое народнохозяйственное значение, в частности в САСШ, где размер ежегодной вырубki леса превышает древесный прирост в четыре раза.

В СССР постановке дела сушки лесных материалов придается огромное народнохозяйственное значение и считается совершенно необходимым придать ему правильные организационные формы в системе социалистического строительства.

Созванная в конце 1929 г. конференция по сушке дерева детально проработала вопросы о необходимости сушки дерева и выдвинула следующие положения:

1. Для выполнения поставленной правительством задачи удовлетворения потребности страны в сухой древесине, необходимо в кратчайший срок мобилизовать в этой области технические и научные силы соответствующих ведомств и организаций.

2. Задача эта может быть решена и уже разрешается на основе знаний и опытов как институтов и организаций СССР, так и зарубежных и главным образом американских.

3. Делу сушки древесины необходимо уделить соответствующие финансовые средства, придать такие организационные формы, которые обеспечивали бы концентрацию необходимых сил для выполнения поставленных задач. Вместе с тем должны быть немедленно начаты работы по подготовке кадров.

4. К делу сушки древесины необходимо усилить внимание общественной мысли и привлечь широкие рабочие массы, производящие продукцию из древесины и строящие из нее жилища, машины, мебель и прочие изделия.

5. Обратитъ серьезное внимание на целесообразность камерной сушки пиломатериалов заводов экспортного значения, тяготеющих к незамерзающим портам. В отношении же заводов, тяготеющих к портам с сезонной отгрузкой, признать целесообразной сушку только в объеме летней распиловки.

6. Материалы специального назначения (машиностроение, вагоностроение и т. п.) подлежат 100-процентной сушке на лесозаводах.

7. Материалы ценных лиственных пород подлежат сушке в максимальных размерах в местах производства; считаясь с разбросанностью заготовок на Украине, процент сушки может быть понижен до 50.

8. Материалы для высокосортной тары (масляной, яичной, табачной и т. п.) должны сушиться в местах производства на 100%.

9. Для строительства—обязательной сушке должны подвергаться пиломатериалы, идущие на ответственные части (перекрытия и пр.).

СУШКА И ЕЕ ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СТРОЕНИЯ ДЕРЕВА

8. СТРОЕНИЕ ДЕРЕВА И СУШКА

Древесина состоит из клеток. Часто клетки называют волокнами так как продольные размеры большинства клеток обычно в несколько раз превышают их поперечные размеры (рис. 1). Волокна образую главную массу древесины дерева, длина их от 1 до 6 мм и располагаются они по длине дерева параллельно его продольной оси. Волокно замкнуто с обоих концов и тесно связано с окружающими волокнами (рис. 2).

9. СОСУДЫ У ЛИСТВЕННЫХ ДРЕВЕСНЫХ ПОРОД

Между волокнами лиственных древесных пород расположены более крупные клетки с открытыми сросшимися концами; эти клетки, называемые сосудами или трахеями, служат в растущем дереве для продвижения влаги. Рис. 1 дает общий вид сосуда, рис. 2а, 2б, 2с дают поперечные разрезы. У некоторых древесных пород, как у дуба, ясени, каштана и американского ореха, на поперечном разрезе сосуды заметны невооруженным глазом в виде отверстий.

Полости соседних клеток сообщаются между собой порами.

10. ХВОЙНЫЕ (БЕССОСУДИСТЫЕ) ДРЕВЕСНЫЕ ПОРОДЫ

Древесина хвойных древесных пород не имеет сосудов и состоит исключительно из волокон, которые служат, так же как и сосуды у лиственных древесных пород, для продвижения влаги в древесине. Так как концы волокон не сообщаются между собой и обычно бывают не длиннее 6 мм, то можно было бы предполагать, что продвижение влаги в древесине испытывает у хвойных древесных пород больше затруднений, чем у лиственных, располагающих для продвижения влаги сосудами в виде трубок; или же пришлось бы допустить, что древесина хвойных пород должна сохнуть медленнее лиственных, но оказывается, что такие предположения не соответствуют действительности; хвойные древесные породы, несмотря на эти кажущиеся затруднения продвижению соков, достигают наибольшей высоты, и их древесина легче сохнет, чем древесина лиственных пород.

11. СЕРДЦЕВИННЫЕ ЛУЧИ

Почти у всех древесных пород (одним из немногих исключений является бамбук) поперек волокон из сердцевины ствола в радиальном направлении пронизывают древесину сердцевинные лучи, часть которых имеет свое начало у самой сердцевины — первичные лучи, другая же на некотором расстоянии от сердцевины, так называемые вторичные сердцевинные лучи. Назначение этих лучей заключается в продвижении соков от периферии ствола к центру и обратно, также в хранении питательных веществ; наиболее отчетливо видны сердцевинные лучи у дуба — на торцовом срезе в виде резко выраженных линий, а на радиальном в виде широких (до 100 мм) блестящих полос. У других древесных

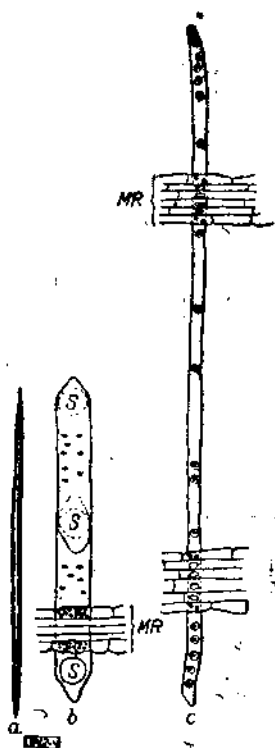


Рис. 1. Клетки древесины
 а — волокно лиственной
 древесной породы,
 б — два сосуда с откры-
 тыми концами S, по ко-
 торым поднимается дре-
 весный сок,
 с — волокно хвойной дре-
 весной породы,
 MR — клетки сердцеви-
 ного луча

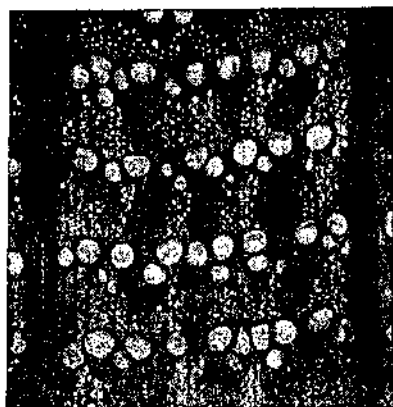


Рис. 2b, Поперечный разрез сосны
 Увел. в 12 раз



Рис. 2 а. Поперечный разрез ясеня
 Увел. в 12 раз

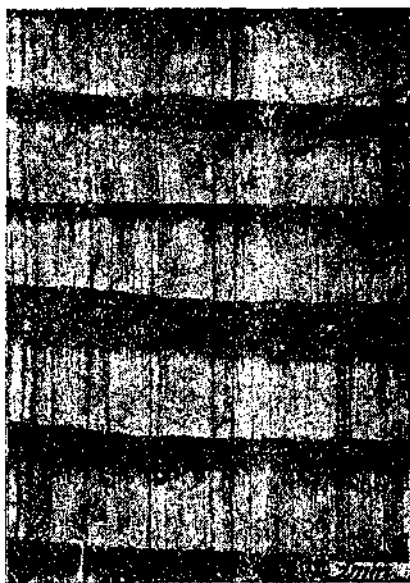


Рис. 2 с. Поперечный разрез дуба
 увел. в 12 раз

дород, как у лиственных, так и у хвойных, на радиальном срезе лучи имеют вид идущих поперек волокон тонких полосок. Большинство древесных пород имеет очень мелкие сердцевинные лучи; число их на единице площади тангентального среза весьма велико, так например желтая американская сосна имеет до 2 400 сердцевинных лучей на 1 см^2 тангентального среза.

Сердцевинные лучи имеют большое значение при сушке, усадке и растрескивании дерева, в связи с чем они упоминаются в дальнейшем изложении весьма часто.

12. ВЕСЕННЯЯ И ЛЕТНЯЯ ДРЕВЕСИНА ГОДОВЫХ КОЛЕЦ

Рост дерева происходит путем ежегодного нарастания под корой вокруг ствола новой свежей клеточной ткани, которая с годами постепенно из заболонной части превращается в ядровую и затем уже не претерпевает никаких дальнейших изменений; в виду этого время рубки дерева совершенно безразлично, если конечно не принимать во внимание наружного годового кольца.

У древесных пород умеренного климата новая клеточная ткань начинает откладываться вокруг ствола весной. Эти весенние клетки обладают сравнительно большими размерами и образуют рыхлое и в особенности у хвойных светлое, окрашенное кольцо, так называемый весенний слой годового кольца.

В течение лета деревья откладывают клетки меньших размеров, но значительно более толстостенные, образующие древесину летнего слоя годового кольца (рис. 2).

В особенности отчетливо видны летние слои у сосны, дугласовой пихты, дуба, ясеня и каштана; у многих других древесных пород летний слой мало отличается от весеннего. Весенний и летний слои являются ежегодным новообразованием, называемым годовым кольцом. Большинство тропических древесных пород растет круглый год, вследствие чего и не образуют видимых годовых колец.

13. РАДИАЛЬНЫЕ И ТАНГЕНТАЛЬНЫЕ ДОСКИ

По отношению к направлению в толще доски сердцевинных лучей и годовых колец различают два способа распиловки:

1) радиальную распиловку, дающую радиальную доску, у которой обе широкие стороны лежат примерно в плоскости сердцевинных лучей, пересекая поперек годовые кольца (рис. 3 А), и

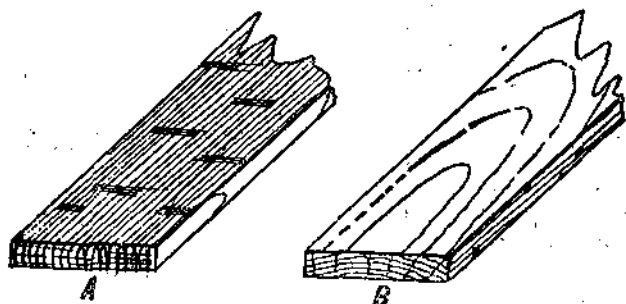


Рис. 3. А — радиальная доска, В — тангентальная доска

2) тангентальную распиловку; широкие стороны таких досок, примерно тангентальны к годовым кольцам, и пересекают сердцевинные лучи почти под прямым углом (рис. 3В).

Настоящими тангентальными являются боковые доски; переход к подлинной радиальной доске, включающей в себе сердцевинную трубку, происходит постепенно.

Тангентально выпиленная доска, при прочих одинаковых условиях, сохнет скорее, чем радиально выпиленная, так как теплопроводящие сердцевинные лучи у тангентальных досок перерезаются в большом количестве при тангентальном срезе и выступают на обеих широких сторонах доски (пластах), способствуя тем самым продвижению влаги к поверхности доски; у радиальных досок такого явления не наблюдается, так как широкие стороны досок лежат примерно в плоскости сердцевинных лучей, почти не перерезая их. С другой стороны сушка тангентальной доски представляет больше затруднений ввиду ее склонности к растрескиванию и искривлению.

Радиальная или тангентальная распиловка применяются в зависимости от назначения материала.

Радиальная доска имеет следующие преимущества:

- 1) меньшую сушку по ширине доски;
- 2) меньшую склонность к короблению и искривлению;
- 3) более красивую текстуру некоторых древесных пород, как например у дуба и красного дерева;
- 4) более гладкую поверхность доски и меньшую расколотость;
- 5) меньшую подверженность поверхностной засухе (п. 32) и растрескиванию, вследствие чего возможна более интенсивная сушка.

Тангентальная доска имеет также ряд преимуществ:

- 1) меньшую стоимость распиловки;
- 2) более красивую текстуру некоторых древесных пород, как например у ясеня и вяза;
- 3) большую возможную ширину доски;
- 4) выступление сучьев в виде почти круглых пятен, а не в виде более или менее эллипсообразных, как это наблюдается у радиальных досок;
- 5) более редкое спадание (п. 37), чем у радиальных досок.

14. ЯДРО И ЗАБОЛОНЬ

Более молодая древесина окрашена всегда светлее. У большинства древесных пород древесина, лежащая в центральной части ствола с годами темнеет и образует так называемое ядро; более светлая древесина на периферии ствола называется заболонью.

Только очень немногие древесные породы не имеют никакого отличия между ядром и заболонью, как например ель, в особенности в высушенном состоянии.

Размеры заболони зависят от породы, условий места произрастания и расстояния от корневой шейки ствола, у некоторых древесных пород ширина заболони не превышает 25 мм, у других же во много раз больше. Свободно растущее дерево при благоприятных условиях имеет более широкую заболонь, чем такое же дерево, растущее в густом насаждении. Чем ближе к вершине, тем тоньше заболонь.

Заболонь и ядро отличаются друг от друга преимущественно степенью одревеснения клеток. Различие по объемному весу и по крепости незначительно.

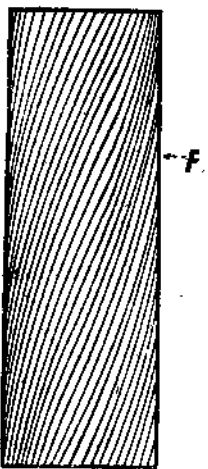
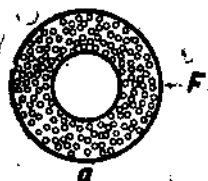
Ядро по сравнению с заболонью имеет следующие преимущества:

- 1) обычно лучший рисунок;
- 2) большую устойчивость в отношении всякого рода заболеваний;
- 3) меньшую проницаемость для жидкостей, что весьма важно в бондарном производстве;
- 4) содержание в ядре свежесрубленной древесины некоторых древесных пород меньшего количества древесного сока, и потому значительно меньший вес, чем заболонь.

Преимущества заболони заключаются в следующем:

- 1) она имеет большее применение для некоторых изделий благодаря более светлой окраске;
- 2) при одинаковой начальной влажности, по еще не вполне выявленным причинам, сохнет быстрее, чем ядро;
- 3) при обработке дает более гладкую поверхность и имеет меньше дефектов, вследствие чего ценится выше;
- 4) у смолистых древесных пород менее смолиста, чем ядро.

15. СТРУКТУРА КЛЕТОЧНЫХ СТЕНОК



Даже под микроскопом нельзя получить достаточно точного представления о структуре клеточных стенок, которое позволило бы вполне определенно судить о том, как связана влага в древесине и как она продвигается к поверхности. Теоретически это представляется в следующем виде: стенки клетки состоят из чрезвычайно тонких спирально-изогнутых нитей (рис. 4); при растрескивании клеточной стенки трещина идет по спирали; спиральную структуру клеточных стенок можно установить под микроскопом, но тех тончайших нитей, из которых, как можно предположить теоретически, состоят клеточные стенки, видеть даже при самом сильном увеличении не удастся.

Количество этих волоконцев в клеточной стенке чрезвычайно велико, они очень плотно и крепко связаны между собой, так что для их разъединения требуется значительное усилие.

Во влажной древесине эта сила сцепления между волоконцами ослаблена находящейся в клеточных стенках водой, так что следует предполагать, что сила сцепления между волоконцами клеточных стенок и определенным количеством влаги больше, чем сила сцепления между самими волоконцами; вследствие этого и происходит сильнейшая склонность сухой древесины к абсорбции (впитыванию) влаги и отрицательное отношение к отдаче влаги. При поглощении влаги сухой древесиной разви-

Рис. 4. Спиралевидные волокна клеточных стенок

вается тепло — тепло абсорбции»; так например 1 г сухой древесины клена (ядро), дает 19,64 калорий тепла, дуб (заболонь)—11,54 калорий. Когда клеточные стенки высыхают, прослойки влаги, находящиеся между отдельными волокнами, становятся тоньше, волоконца уплотняются между собой, и таким образом происходит усадка древесины в целом. При впитывании влаги таковая проникает между волоконцами, и в результате происходит разбухание древесины в целом. Относительно причин, обуславливающих разбухание древесины только до известных пределов, имеется тройное толкование:

1. В связи с увеличением расстояния между волоконцами при впитывании влаги сила сцепления волоконцев между собой, а также и сила сцепления волоконцев с влагой, падает. Уменьшение силы сцепления между волоконцами и влагой происходит интенсивнее, чем уменьшение силы сцепления волоконцев между собой, вследствие чего при впитывании влаги достигается некоторое равновесие—граница впитывания влаги клеточными стенками, т. е. предел разбухания древесины.

2. Влага впитывается древесиной до состояния насыщения ею, каковое наступает, как только клеточные стенки перестанут впитывать в себя влагу, а клеточные полости заполнятся имбибиционной влагой.

3. Весьма возможно, что волоконца не разъединены между собой как волокна древесной ткани, а переплетаются между собой сеткообразно, чем и объясняется ограниченная способность древесины впитывать влагу. Не установлено, впитывают ли сами волоконца влагу или нет, если и впитывают, то очень немного.

При сушке случается, что соседние волоконца совершенно разъединяются между собой, вследствие чего в клеточных стенках появляются трещины, видимые под микроскопом. Эти трещины, как будет в дальнейшем объяснено, нарушают продвижение влаги поперек волокон. Барлимонт указывает, что в Германии существует убеждение, что для достижения большей формоустойчивости дерева, древесина должна быть предварительно выщелочена, путем удаления растворимых в воде веществ. Как видно из табл. 1 количество этих веществ составляет в среднем 4% от веса абсолютно сухой древесины. Если даже мы примем, что эти вещества вполне гигроскопичны (что не соответствует действительности) и что путем выщелачивания все вещества удалены из древесины (чего достигнуть нельзя), то какое значение может иметь удаление 4% гигроскопических веществ, когда 96% гигроскопических клеточных стенок остается в древесине.

Вследствие этого пропаривание в целях выщелачивания, по мнению Барлимонта не имеет смысла.

16. ВЛАГООТДАЧА ДРЕВЕСИНЫ

Влага находится в древесине в двух состояниях:

- 1) в полостях клеток в свободном состоянии и
- 2) в клеточных стенках в абсорбированном (впитанном) состоянии.

Кроме того незначительное количество влаги входит в состав протоплазмы живых клеток древесины; количество таких клеток сравнительно весьма невелико, так как большинство клеток заболони и ядра мертвые, служащие только для продвижения сока и накопления продуктов жизнедеятельности.

При сушке в первую очередь выделяется влага, находящаяся в свободном состоянии в полостях клеток, и только после того, как вся свободная влага выделится, начинают отдавать влагу (сохнуть) клеточные стенки.

Отдачу воды клеткой можно сравнить с кожаным мешком, наполненным водой: пока вода находится в мешке, кожа не сохнет.

Влага может продвигаться в древесине только вдоль клеточных стенок; через поры влага не выделяется, также неправильно было бы предполагать, что вся влага в древесине превращается в пар и в виде пара выходит наружу (по новейшим исследованиям Мэддисонской лаборатории лесных продуктов в САСШ довольно значительное количество влаги превращается внутри древесины в пар и в виде пара продвигается к периферии). Сосуды, имея сообщение с окружающей средой только на торцевой поверхности материала оказывают весьма малое влияние на сушку. Влияние сушки естественно сказывается, главным образом, на широких поверхностях материала; кроме того у лиственных древесных пород сосуды иногда закупорены «тиллами», у хвойных же древесных пород сосуды совершенно отсутствуют, вследствие чего для продвижения влаги к поверхности остается один путь — по клеточным стенкам, аналогично движению жидкости по фитилю. Сушка древесины с сильно развитыми тиллами в сосудах требует не больше времени, чем сушка с совершенно свободными от тилл сосудами, что также указывает на отсутствие какого-либо влияния сосудов на процесс сушки.

Из всего сказанного о продвижении влаги в древесине можно вывести следующее положение: большая часть влаги должна продвигаться поперек волокон и затем испаряться на поверхности материала.

С торцевой поверхности отдача влаги идет интенсивнее, чем с боковых поверхностей, а с тангентальной интенсивнее, чем с радиальной; вызывается это следующими причинами:

1. В направлении торцового среза (рис. 5, X проводимость

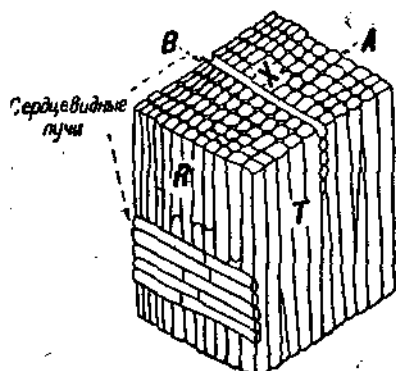


Рис. 5. Разрез древесины
X—торцовая поверхность
R—радиальная поверхность
T—тангентальная поверхность

влаги клеточными стенками по длине клеток наивысшая, за исключением стенок, горизонтально расположенных (клеток сердцевинных лучей). Продвижению влаги к радиальной поверхности R в направлении, указанном стрелкой A, способствуют только стенки тех клеток, которые вытянуты в направлении R; то же самое имеет место при продвижении влаги к тангентальной поверхности T в направлении, указанном стрелкой B.

Продвижению влаги к торцевой поверхности способствуют клеточные стенки почти всех клеток, продвижению же влаги к боковым поверхностям — клеточные стенки значительно меньшего количества клеток.

2. Кроме того естественно, что движение влаги вдоль волокон происходит легче, чем поперек волокон, вследствие чего и сушка с тан-

тангентальных поверхностей идет интенсивнее, чем с радиальных, так как волокна, образуемые клетками сердцевинных лучей, идут в направлении к тангентальной поверхности, облегчая продвижение влаги к ней, что не имеет места в случае радиальной поверхности, к которой влага движется в поперечном по отношению к сердцевинным лучам, направлении. Само собой понятно, что, несмотря на более интенсивную отдачу влаги торцовой поверхностью, наибольшее количество влаги отдается боковыми поверхностями, так как обычно торцовые поверхности являются незначительной частью общей поверхности сушеного материала.

Глава третья

ВЛАГА В ДЕРЕВЕ

17. ВЛАГА КАК ЕСТЕСТВЕННАЯ СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ ДЕРЕВА

В дереве всегда в большем или меньшем количестве содержится влага. Образование клеток древесины без влаги невозможно, вследствие чего уже по своей природе дерево является влагосодержащим материалом. Влага, будучи естественной составной частью дерева, с трудом из него удаляется. Задача искусственной сушки и заключается в том, чтобы путем воздействия теплом, превращающим влагу в пар, уменьшить влагосодержание дерева, т. е. выделить из него часть влаги. Конечная влажность дерева определяется его назначением, как материала.

18. СОК

До сих пор говорились о соке как о влаге (воде); в действительности же сок по своему составу не является чистой водой; в состав сока входят минеральные вещества, поступающие в дерево из почвы вместе с водой, затем также органические вещества, образующиеся в самом дереве, главным образом в листьях из углекислоты, воздуха и влаги, подведенной из почвы к листьям; в ядре они откладываются по большей части в виде сахара, в виде ганина красящих и прочих веществ, количество которых зависит от древесной породы. Состав сока в ядре и заболони весьма различен, но общее количество минеральных и органических веществ, входящих в его состав, очень незначительно, и доминирующей составной частью сока является вода.

На табл. 1 показаны количества растворимых в холодной воде веществ входящих в состав сока различных древесных пород по данным исследований Мэдиссонской лаборатории лесных продуктов в САСШ.

Для опытов употреблялись мелкие опилки, причем они брались как из ядровой, так и из заболонной древесины, и смешивались в пропорции, аналогичной пропорции ядра и заболони в растущем дереве. Испытание на более крупных кусках дерева дало бы, без сомнения, меньшее количество растворимых веществ.

Как и насколько влияет влага на качества дерева, известно более или менее определенно, влияние же на качества дерева растворенных в соке веществ изучено весьма слабо.

Если вообще и имеется какое-нибудь влияние этих веществ на качество дерева, то до сего времени нет способа удаления этих веществ из тех громадных количеств лесоматериалов, которые потребляются деревообрабатывающими предприятиями.

ТАБЛИЦА 1

Составные части дерева,
растворимые в холодной воде

Древесная порода	% от абсолютно сухого песа
Сосна длиннохвойная	6,20
Дугласова пихта	3,54
Лиственница	10,61
Спрус (ель)	1,12
Лиственница	2,12
Береза	2,67
Клен	2,65
Веймутова сосна	3,16
Желтая американская сосна	4,09
Гикория	4,78

Существует мнение, что дерево, пролежавшее долгое время (несколько лет) в воде, сохнет скорее чем свежесрубленное; если это соответствует действительности, то такое явление можно объяснить тем, что какие-либо составные части сока, стремящиеся удержать влагу в древесине, выделяются. Однако проведенные опыты по вымачиванию дерева в течение 30 дней в воде до естественной сушки не дали никаких результатов в смысле ускорения процесса.

По мнению Варлимонта вымачивание дерева могло бы оказаться хозяйственно целесообразным лишь в том случае, если бы время, затрачиваемое на вымачивание и последующую сушку, было меньше, чем на сушку без предварительного вымачивания.

Проф. Н. Э. Юргенс в своей книге «Дерево и его консервирование» указывает, что при погружении дерева в проточную воду на несколько недель или на несколько месяцев в стоячую часть соков из него вымывается, само же дерево сильно намокает, такое же явление имеет место и при силже леса. Практикой установлено, что впитанная деревом вода испаряется быстрее, и потребный для сушки срок пропитанного водой дерева сокращается на 30—35%.

Кроме этого уменьшается риск появления синевы и других заболеваний. Однако в толще материала попадают твердые минеральные частицы, затрудняющие обработку дерева острыми инструментами.

19. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ДЕРЕВА

Недостаточная степень сухости материала является причиной многих затруднений при деревообработке, вследствие чего определение степени влажности дерева имеет чрезвычайно важное значение.

При определении влажности рекомендуется руководствоваться следующими правилами.

При выборе какого-либо количества пробных образцов материала для определения влажности всей партии следует принять во внимание, насколько эта партия однородна по влажности. Можно выбрать пробные образцы таким образом, чтобы они представляли собой среднее по влажности состояние партии материала, или же можно взять несколько самых влажных и самых сухих образцов для определения по возможности крайних пределов влажности материала. Необходимо также помнить, что у свежесрубленного дерева заболонная часть обычно влажнее ядровой, у подсушенного же предварительно на воздухе дерева имеет место обратное явление—ядровая часть более влажна, чем заболонная.

Доска в торцах или влажнее или суше, чем ее действительная средняя влажность, вследствие чего от отобранной для взятия пробы доски отрезают кусок длиной около 50 см и затем уже берут на спиленном месте для пробы секцию в 20—25 мм или же несколько секций от 6 до 12 мм толщины (рис. 6).

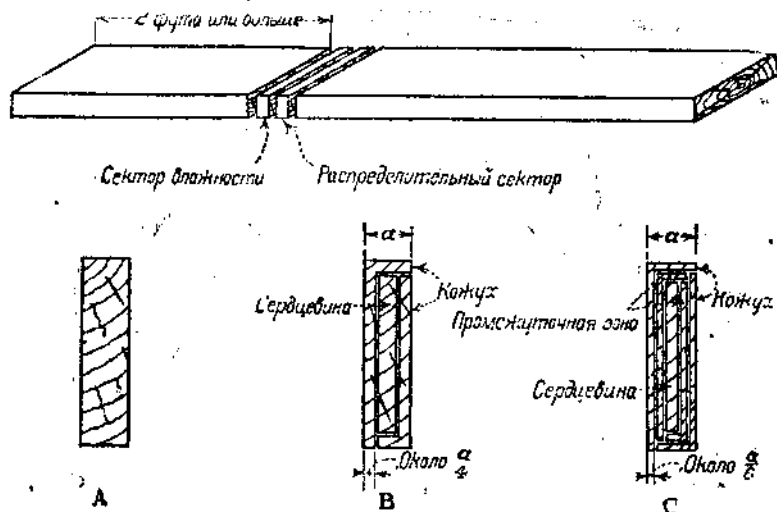


Рис. 6. Способ взятия секций влажности

- А—секция для определения средней влажности
- В—секция для определения влажности наружных и внутренних слоев
- С—секция для определения влажности в трех зонах по сечению доски

В месте взятия пробы дерево должно быть без всякого порока; сучья или какие-либо иные дефекты древесины могут привести к неправильным результатам. Секция очищается от задигов и пристающих опилок, так как в противном случае при сушке ее в сушильном шкафу неплотно связанные с древесиной частицы могут отвалиться, и определение влажности будет ошибочным.

Для определения средней влажности доски служит вся секция целиком (рис. 6 А); если же необходимо знать распределение влажности по толщине доски, то другую секцию разрезают, как показано на рис. 6 В или рис. 6 С, и определяют влажность каждого кусочка отдельно.

Вырезанные секции взвешиваются на точных весах; если точных весов под рукой не имеется, то для уменьшения ошибки увеличивают количество пробных секций. Секции должны взвешиваться немедленно после взятия их от выбранной доски, так как они благодаря своей незначительной толщине быстро отдают влагу окружающей среде. Полученные в результате взвешивания показания называются весом во влажном состоянии—А.

После взвешивания секции сушатся в сушильном шкафу (п. 20) при температуре около 100° до постоянного веса. Сушка в сушильном шкафу производится в продолжение 4—12 часов, в зависимости от древесной породы, от степени начальной влажности и толщины секций. Состояние секции, когда ее вес при повторных взвешиваниях перестает уменьшаться, т. е. такое состояние, когда секция высушена до постоянного веса, называется абсолютно-сухим состоянием секции. Таким образом, достигнутый в результате сушки «постоянный вес» является абсолютно сухим весом секции В. Уменьшение веса А—В, деленное на абсолютно сухой вес и умноженное на 100, дает процентное содержание влаги по отношению к абсолютно-сыхому весу.

$$X = \frac{A - B}{B} \cdot 100.$$

Обычно влажность дерева выражается по отношению к абсолютно сухому весу, а именно так называемой абсолютной а не относительной влажностью, т. е. отношением потери веса к начальному весу. В дальнейшем изложении под влажностью древесины следует понимать абсолютную влажность.

При определении влажности древесных пород, богатых смолой или летучими веществами благодаря частичному улетучиванию этих веществ получается некоторая ошибка в сторону увеличения влажности, которая однако столь ничтожна, что какого-либо практического значения не имеет.

Удельный вес самой древесной ткани, из которой состоят клеточные стенки, у всех древесных пород почти одинаков и равен 1,54, объемные же веса (вес единицы объема дерева при данной влажности) различных древесных пород различен, что объясняется, главным образом, неоднородностью их структуры, неодинаковой относительной плотностью, т. е. большим или меньшим размером полостей клеток и межклеточных пространств. При наличии одинаковых весовых количеств влаги в равных объемных количествах дерева процент влажности у древесных пород с большим объемным весом (твердые породы) будет меньший, чем у древесных пород с меньшим объемным весом (мягкие породы); это положение можно выразить и в обратном порядке, а именно, при сушке с одинаковой начальной влажностью равных объемов мягких и твердых древесных пород до одной и той же конечной влажности твердые древесные породы испаряют больше влаги, чем мягкие.

20. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ

Сушильные шкафы, применяемые для сушки секций, нагреваются паром, водой, электричеством или непосредственно огнем. Наиболее широкое применение имеют сушильные шкафы с электрическим нагревом, так как в них легче всего поддерживать постоянную температуру (рис. 7). В более совершенных шкафах устраиваются весы, по которым ведутся наблюдения за сушкой образцов и легко и просто устанавливается достижение образцами абсолютно сухого веса. Если нет сушильного шкафа, можно сушить образцы над обычной батареей, но при обязательном условии, чтобы образцы не соприкасались непосредственно с горячей поверхностью батареи.

Применяемые для взвешивания образцов весы должны обеспечивать определение веса с точностью до 0,1 %.

21. КОЛИЧЕСТВО ВЛАГИ В ДЕРЕВЕ

а) СВЕЖЕСРУБЛЕННОЕ ДЕРЕВО НА КОГНЮ

Влажность различных древесных пород колеблется между 20 и 50 %. У хвойных древесных пород, как правило, заболонь влажнее ядра; у многих лиственных древесных пород влажность заболони мало отлич-

ТАБЛИЦА 2

Влагосодержание дерева на когню в разные времена года
в % от абсолютно-сухого веса

Месяц	Дугласова пихта а)	Среднее для 24 европейских лиственных дре- весных пород б)	Среднее для 5 европейских хвойных древе- сных пород. в)	Береза (евро- пейская) а)	Каштан (аме- риканский) а)	Сосна	
						Заболонь	Ядро
Январь	40	47	60	46	} 91	109	58
Февраль	47	48	58	46			
Март	49	44	59	45	} 89	107	48
Апрель	38	43	54	—			
Май	40	43	60	—	} 89	107	57
Июнь	33	41	61	38			
Июль	28	45	60	41	} 88	100	47
Август	39	—	—	39			
Сентябрь	—	43	58	38	} 88	100	47
Октябрь	34	—	—	—			
Ноябрь	42	40	58	41			
Декабрь	39	—	—	34			

Примечания: а) По циркуляру лесного ведомства САШ 136, 146, 103, 151.
б) По Г. Нердлингеру «Технические свойства древесных пород», 1860.
в) По М. Бюсгену «Строение и жизнь наших древесных пород», 1897 г.

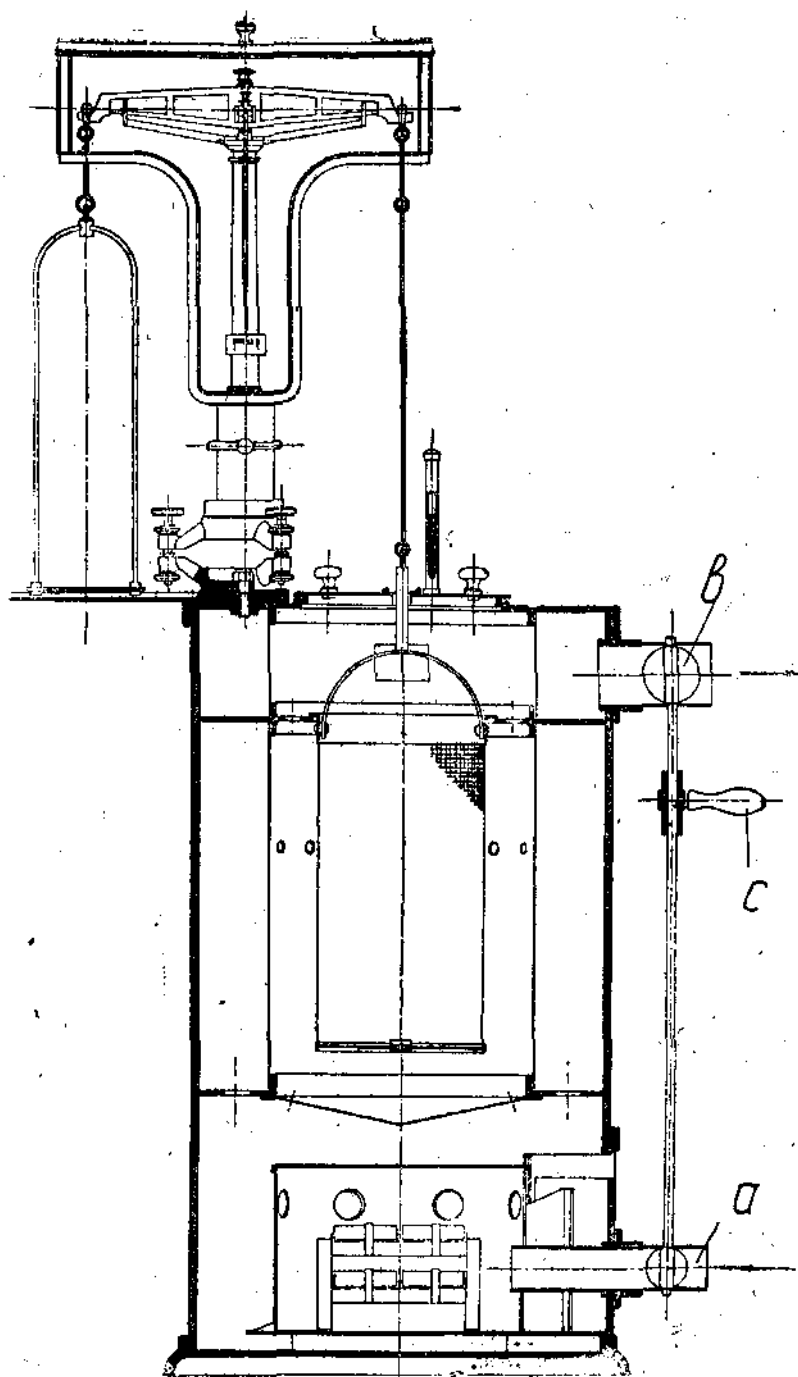


Рис. 7. Аппарат с весами для определения влажности дерева

чается от влажности ядра. Комлевая часть бревна обычно влажнее, чем верхний отруб, причем разница настолько велика, что верхний отруб бревна свободно плавает, комель же тонет.

Табл. 2 дает влагосодержание по месяцам года и показывает ничтожность колебаний.

Неправильное представление о том, что деревья весной и летом содержат сока больше, чем зимой, основывается на том, что при повреждении дерева весной вытекает больше сока, чем в другое время года. Однако причина этого явления заключается не в большем количестве сока в весенний период, а в более сильном напоре (давлении) сока, доказанном опытным путем. Более сильный весенний напор объясняется интенсивной абсорбцией деревом почвенной влаги с началом его жизнедеятельности; как только дерево начинает зеленеть, напор ослабевает, так как сок частично испаряется в листьях. Даже если перед самым раскрытием почек в дереве и наблюдается несколько большее количество сока, то по мере распускания листьев это количество быстро падает, значительно сокращаясь против количества сока в зимнее время.

б) ВОЗДУШНО-СУХОЕ ДЕРЕВО

Если сравнительно тонкий материал остается долгое время на воздухе, то он высыхает до наименьшей степени влажности, равной примерно от 12 до 15% (пункт 25); в очень сухих местностях этот предел снижается до 10%.

Различный по породе материал размером 40 × 40 мм и длиной 200 мм, пролежавший 2 года на открытом воздухе, имел следующие влажности.

ТАБЛИЦА 3

Процент влажности дерева в воздушно-сухом состоянии

П о р о д а	% влажности
Различные хвойные	13,3—14,7
Спрус (ель)	15,0
Дугласова пихта	14,1
Различные виды ясени	14,4—14,9
Клен	14,9
Каштан	13,8
В среднем 14,3	

Толстомерный материал сохнет весьма долго; так например влажность строевого материала сечением 300 × 300 мм и 200—400 мм после двухлетней сушки на открытом воздухе оказалась в наружных слоях равной 18%, а внутри—27,5%.

в) ДЕРЕВО ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

53 Степень влажности, до которой дерево должно быть высушено при искусственной сушке, определяется по американским данным назначением материала после его обработки. Материал для мебели следует сушить до 4—6% влажности, причем низкий предел влажности имеет смысл только при очень низкой относительной влажности воздуха в цехах и помещениях (п. 53). Материал для дверей и для аналогичных изделий должен иметь влажность 5—7%; для изделий, которыми пользуются на открытом воздухе, как например части самолетов, колес и т. д., при необходимом условии плотности пригонки частей, предел влажности материала обычно 7—8%. Конечная влажность материала устанавливается выше или ниже на 2—3% в зависимости от того, применяются ли изделия в особенно сухих или сырых местностях. Относительная влажность воздуха в цехах деревообрабатывающего предприятия должна соответствовать требуемой влажности изделия (рис. 8 и п. 23).

Если говорится, что конечная влажность, до которой сушится материал, должна соответствовать назначению изделия, то, как указывает Варлимонт, правильное это было бы уточнить следующим образом.

Конечная влажность должна соответствовать, во-первых,ению изделий из сушеного материала и во-вторых метеорологическим условиям места применения изделия.

В п. 25 приводятся данные, показывающие, что влажность дерева всегда соответствует влажности окружающего воздуха, вследствие чего влажность материала испытывает на воздухе постоянные колебания. Эти колебания зависят главным образом от относительной влажности воздуха, и менее от его температуры. Влажность воздуха в месте применения изделия определяет ту степень влажности (конечную влажность), до которой материал, употребляемый на это изделие, должен быть высушен. Покрытие дерева краской, програвой, лаком и прочими составами до некоторой степени предохраняет дерево от влияния быстро меняющихся условий влажности воздуха, но во всяком случае такие покрытия далеко нельзя считать совершенным способом предохранения дерева от указанных колебаний влажности воздуха (зависимость между разной влажностью воздуха и дерева, для радиальных и тангентальных досок 5 различных древесных пород, окрашенных и не окрашенных, пропаренных и непропаренных, изучается Г. Лаппем в Мангейме). В Германии средняя влажность воздуха около 70%, которой соответствует согласно рис. 8 влажность дерева от 13 до 16%; в жилых помещениях в Германии обычно поддерживается относительная влажность воздуха около 60%, соответствующая примерно 11% влажности дерева. В САСШ воздух в жилых помещениях, как полагает Варлимонт, чересчур перегревается без какого-либо искусственного увлажнения (в Германии во время отопительного сезона воздух искусственно увлажняется), вследствие чего относительная влажность воздуха весьма низкая—25—36%, требующая 6% влажности материала.

Таким образом, как говорит Варлимонт, из вышеизложенного вытекает, что приведенные в п. 21 устойчивые влажности для разных

изделий в североамериканских условиях слишком низки для германских условий, но лучше сушить до более низких степеней влажности, указанных в п. 21, чем недосушивать материал, так как во всех деревянных конструкциях легче допустить некоторое разбухание, но ни в коем случае не усушку. Конечная влажность материала, соответствующая устойчивой влажности изделия, для германских условий следующая (по Варлимунту):

Материал для мебели	8—10%
„ „ дверей	10—12%
„ „ колес, частей самолета	11—13%
„ „ грубых изделий и применяемых исключительно на открытом воздухе	13—15%

Ниже приводим конечные влажности идущего на разные изделия материала, применяемые в Америке и частично в СССР.

Конечная влажность материала для изготовления следующих изделий, соответствующая их устойчивой влажности:

Наименование изделий	% влажности дерева		
	Минимум	Максимум	Среднее
Части самолета	6	10	6
Сельскохозяйственные орудия	10	18	12
Протезы	5	9	16
Автомобильные кузова	5	10	6
Корзины и упаковка для фруктов	8	45	20
Сапожные колодки	4	6	5
Ящики и корзины	6	20	18
Щетки	2	10	5
Внутренняя отделка экипажа	5	6	6
Обшивка, крыши, ступеньки	10	20	12
Стулья и материал для стульев	5	12	6
Бочарное производство:			
Слабая клепка	6	12	7
Плотная	5	7	6
Головка	5	7	6
Паркет	6	10	7
Мебель	4	10	6
Ручки для инструментов	2	10	7
Музыкальные инструменты, радио	3	6	5
Электрические машины и приборы	2	6	5
Спички	10	12	10
Карандаши и ручки для перьев	3	8	6
Катушки	4	12	8
Спортивный инвентарь	7	10	8
Игрушки	6	7	6
Спицы для колес	2	5	4

22. ТОЧКА НАСЫЩЕНИЯ ВОЛОКНА

Как указано в п. 16 при сушке удаляется прежде всего свободная влага, т. е. влага, находящаяся в клеточных и межклеточных пространствах, а уже затем влага из самих клеточных стенок. Усушка и связанное с ней повышение крепости материала имеет место, как только начнется отдача влаги клеточными стенками.

Момент, когда уже вся свободная влага из древесины удалена, называется точкой насыщения волокна и соответствует влажности дерева от 25 до 35%, у большинства древесных пород таковая соответствует влажности древесины 25—30%.

Вполне естественно, что при удалении влаги из клеточных стенок те, которые находятся ближе к поверхности, раньше достигают точки насыщения волокна и вследствие этого раньше начинают усыхать, чем клетки внутри дерева; это явление вызывает ряд трудностей при сушке древесины, которые изложены в п. 32.

23. ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И СУШКИ НА КАЧЕСТВО ДЕРЕВА

а) ВЕС

Вес дерева уменьшается на весовое количество удаленной влаги.

б) КРЕПОСТЬ

Все виды крепости увеличиваются с уменьшением влажности дерева, кроме вязкости.

в) УСУШКА И РАЗБУХАНИЕ

Правильно высушенный в соответствии с требуемой конечной влажностью (п. 21), материал не подвержен ни усушке, ни разбуханию, если он служит в тех условиях, для которых предназначен.

г) ПРОЧНОСТЬ

При сушке, если применяется слишком плотная штабелевка, получается недостаточная циркуляция воздуха в штабеле, вследствие чего сушка замедляется, и дерево загнивает. Материал искусственной или естественной сушки остается здоровым, если не подвергается воздействию влаги или сырости, способствующих как правило, загниванию дерева. Многие древесные породы при постоянной службе в воде без доступа воздуха обладают высокой прочностью.

Для сравнения приводим из труда проф. Юргенса «Дерево и его консервирование» таблицу относительных сроков службы деревьев различных пород при принятии срока службы дуба за единицу.

ТАБЛИЦА 4

Породы	На воздухе	Под водой
Дуб	1,00	1,00
Бял	0,6—0,90	0,90
Лиственница	} 0,40—0,85	0,8
Сосна		0,5
Ель		0,70—1,00
Ясень	0,15—0,64	Не может служить
Бук	0,10—0,60	Не может служить
Ива	0,30	1,00
Ольха	} 0,20—0,40	Не могут служить
Тополь		
Осица		
Береза	0,15—0,40	

д) ОКРАСКА И СКЛЕЙКА

Для окраски и склейки требуется обязательная предварительная сушка дерева до соответствующей конечной влажности, так как в противном случае разбухание и усушка разрушают окраску и склейку.

е) ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ

Влажное дерево легче поддается обработке, но зато высушенный материал дает более гладкую поверхность обработки; как указывает Варлимонт, каких-либо точных данных о влиянии степени сухости материала на легкость обработки не имеется, во всяком случае вышеуказанное положение является слишком общим.

ж) ТЕПЛО- И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ

Тепло- и электропроводность падают с увеличением сухости материала. Уменьшение теплопроводности дерева имеет для сушки значение, поскольку для прогрева уже вылежавшегося материала требуется больше времени, чем при свежесрубленном материале.

з) ВОСПЛАМЕНЯЕМОСТЬ

Воспламеняемость дерева увеличивается с уменьшением влажности материала.

и) ВЛАГО- И ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ

Очень сухое дерево менее проницаемо для жидкостей, чем материал с влажной поверхностью; для газов сухое дерево более проницаемо, чем сырое.

24. ВЛИЯНИЕ ВРЕМЕНИ РУБКИ

Общепринятое положение, что дерево зимней заготовки в качественном отношении выше, чем дерево летней заготовки, совершенно не соответствует действительности.

Существует предположение, что дерево в летнее время содержит большее количество сока (неправильность этого предположения уже разбиралась в п. 21), и что растворенные в летнем соке вещества будто бы имеют свойства, влияющие на сушку, крепость и прочность дерева.

Если рассматривать отдельно заболонь и ядро, то оказывается, что заболонь всегда сохнет легче и она более чувствительна к влажности, чем ядро вне зависимости от времени рубки дерева.

Ядро состоит из мертвых одревесневших клеток, не являющихся больше проводниками сока, так что все выводы, основанные на наличии большего или меньшего количества сока, неприменимы к ядру и заранее отпадают. Ссылаются иногда на то, что во время образования нового годового кольца, происходящего весной и летом, дерево не «созрело» для рубки, и что вследствие этого дерево зимней рубки крепче и прочнее. На это следует возразить, что это может касаться только

самого последнего годового кольца, так как все кольца прошлых лет уже ранее закончили свое образование, наружное же кольцо при обработке обычно идет в отход.

Предполагается, что с удалением вместе с соком растворенных в нем веществ, как-то сахара и т. д., повышается качество материала, но не указано, почему именно с удалением этих веществ должна повыситься крепость дерева, не может это повлиять и на сушку, так как заболонь и без того сравнительно легко и быстро сохнет, притом лучше ядра. Не имеется также никаких указаний на повышение прочности дерева с удалением веществ, растворенных в соке.

Крепость ядра не увеличивается и от удаления растворенных в соке веществ, прочность же ядра должна в результате такого удаления снизиться, так как танин и другие вещества являются консервирующими средствами, увеличивающими прочность дерева.

Часть входящих в состав сока веществ действительно обладает гигроскопическими свойствами; возможно, что путем удаления этих веществ и будет достигнуто некоторое сокращение сроков сушки, но до сих пор такого способа удаления их из дерева еще не имеется. Длительное выщелачивание, в особенности в горячей воде, могло бы дать известный эффект, но оно само по себе является столь длительным способом, что ни в какой мере не способствует сокращению сроков сушки в целом.

Пропарка не выщелачивает дерева, хотя стекающая при ней вода и сильно окрашена; можно полагать, что она окрашивается красящими веществами, находящимися не внутри, а на поверхности дерева.

Варлимонт указывает, что в Германии придают большое значение выщелачивающему действию пропарки. Следует заметить, что данных по опытным исследованиям по этому вопросу не существует.

При опытах Варлимонт также не мог установить какого-либо влияния пропарки на выщелачивание содержащихся в соке веществ.

Почему же предпочитается дерево зимней рубки?

Дерево, срубленное летом, подвергается воздействию солнечных лучей и теплого воздуха, вследствие чего быстро сохнет с поверхности и растрескивается; кроме того летом возбудители всяких болезней чрезвычайно активны. Дерево же, срубленное зимой, наоборот имеет возможность медленно подсыхать, благодаря чему и менее подвержено растрескиванию, кроме того зимой, когда дерево еще совсем свежее и легко может подвергаться разным заболеваниям, возбудители всяких болезней малоактивны.

Если бы заготовленный лесоматериал можно было сейчас же после заготовки вывезти и погрузить в бассейн с водой, а затем после распиловки подвергнуть искусственной сушке, то было бы совершенно безразлично, срублено ли дерево летом или зимой.

25. ГИГРОСКОПИЧНОСТЬ ДЕРЕВА

Древесина является гигроскопичною тканью, т. е. она имеет свойство отдавать или впитывать влагу из окружающей среды до некоторого состояния равновесия между влажностью в древесине и влажностью воздуха.

а) ВПИТЫВАНИЕ ВЛАГИ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ В ВОДУ

Погруженное в воду дерево вначале впитывает воду весьма интенсивно, а затем все слабее и слабее; для полного насыщения требуется длительный промежуток времени, так опыты Мэдиссонской лаборатории над погруженными в воду образцами дугласовой пихты размером $100 \times 200 \times 1800$ мм показали, что даже после семилетнего пребывания под водой образцы не были еще полностью насыщены. Если несвежесрубленное дерево плавает на поверхности воды, то оно вообще не может дойти до состояния полного насыщения, так как поверхность дерева, соприкасающаяся с воздухом, так же быстро отдает влагу, как впитывает в части, находящейся в воде; свежесрубленное же дерево в клетках имеет незначительное количество воздуха, который не дает тонуть дереву, этот воздух быстро вытесняется водой, и дерево тонет гораздо быстрее, чем подсушенное.

В соответствии с тем, что говорилось о сушке в пп. 13 и 14 и о впитывании деревом влаги последнее идет наиболее интенсивно вдоль волокон с торцов.

В свою очередь заболонь поглощает в один и тот же промежуток времени влаги больше, чем ядро.

Тяжелое дерево в один и тот же срок времени впитывает влаги по отношению к своему весу в абсолютно-сухом состоянии больше, чем дерево с небольшим объемным весом.

Абсорбирующая (поглощительная) способность дерева растет с увеличением температуры, так при погружении образца еловой древесины на 9 суток в воду с температурой 20°C суточная абсорбция влаги в среднем выразилась в 0,98% (по отношению к весу в абсолютно-сухом состоянии), при погружении же дерева на 9 суток в воду с температурой 82°C суточная абсорбция оказалась равной 7,17%. Как будет указано в 6 и 7 главах увеличение абсорбции с повышением температуры имеет известное значение при сушке.

б) ВПИТЫВАНИЕ (ПОГЛОЩЕНИЕ) ВЛАГИ ИЗ ВОЗДУХА

В п. 21 уже упоминалось, что дерево на открытом воздухе не высыхает до совершенно сухого состояния, а в зависимости от температуры и относительной влажности окружающего воздуха удерживает в себе некоторое количество влаги. Высушенное дерево, перенесенное из теплого и сухого помещения во влажное и холодное впитывает в себя влагу, а при последующем повторном воздействии теплым и сухим воздухом опять отдает ее. Эта гигроскопичность и является причиной усадки и разбухания (коробления) дерева.

Вследствие гигроскопичности дерева также чрезвычайно большую роль играют колебания влажности и температуры в цеху; так например на одной мебельной фабрике в Гранд Рэпидс, штата Мичиган, были установлены следующие колебания влажности плотного 50-миллиметрового материала, причем влажность воздуха в цеху менялась от 15 (зимой) до 67% (летом). (табл. 5.)

Варлимонт замечает, что такая высокая влажность дерева показывает сильный перегрев рабочего помещения и недостаточное увлажнение воздуха.

Изменение влажности дерева в цеху

Месяц	Влажность дерева в %	Месяц	Влажность дерева в %
Январь	4,00	Июль	7,60
Февраль	3,89	Август	7,80
Март	3,78	Сентябрь	7,00
Апрель	4,35	Октябрь	6,20
Май	6,50	Ноябрь	5,20
Июнь	7,40	Декабрь	4,30

Между влажностью дерева и относительной влажностью воздуха при данной температуре существует определенная зависимость (рис. 8).

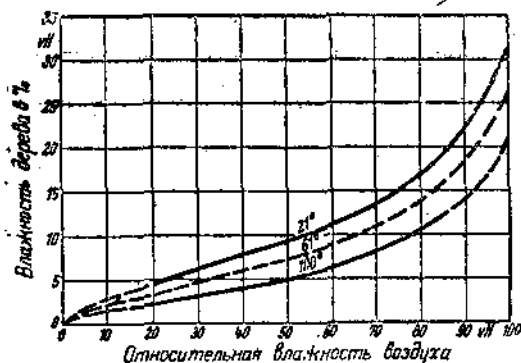


Рис. 8. График устойчивой влажности

Вследствие этого дерево при температуре воздуха в 21° и при относительной его влажности в 68% по истечении некоторого времени высохнет до 13%, а дерево с влажностью ниже 13%, наоборот, будет впитывать в себя влагу воздуха, пока влажность дерева не придет в равновесие с состоянием воздуха, т. е. будет равняться 13%. Другими словами гигроскопическое равновесие дерева, при температуре воздуха 21° и относительной влажности его в 68% равняется 13%. В практике эти зависимости не могут претендовать на большую точность, так как влажность дерева по толщине неодинакова, вследствие чего дерево не по всей своей толщине приходит в равновесие с состоянием воздуха. Как видно из кривых на рис. 8 при более высокой температуре, но при одинаковой относительной влажности воздуха, соответствующая влажность дерева ниже. Нижняя кривая графика дает значения при 100°, верхняя при 21°, а средняя, полученная путем интерполяции, при 61°; по новейшим исследованиям эта последняя кривая лежит несколько ниже. При относительной влажности воздуха в 100% дерево поглощает влагу до полного насыщения, но это — процесс весьма длительный.

В основу кривых на рис. 8 положены опыты над девятью различными древесными породами, причем показания оказались настолько одинаковыми, что эти кривые вполне пригодны и для всех прочих древесных пород.

Эта тесная связь между влажностью воздуха, температурой и относительной влажностью окружающего воздуха имеет чрезвычайно боль-

пное значение, являясь основой сушки, а также мерилем для установления состояния воздуха в цехах и помещениях.

Анализируя кривые графика, Варлимонт останавливает внимание на том, что относительная влажность воздуха имеет значительно большее влияние на влажность дерева, чем температура, что в свою очередь показывает, что относительная влажность воздуха в процессе сушки имеет по меньшей мере то же значение, как и температура.

В настоящее время Мэдисонской лабораторией разработан график устойчивой влажности для разных температур, (начиная с -20 до $+120^{\circ}\text{C}$) и разных влажностей воздуха.

Пользование этой таблицей следующее.

По оси абсцисс находится температура воздуха по сухому термометру ($t^{\circ}\text{C}$), по оси ординат—относительная влажность воздуха (φ) в процентах. Устойчивая влажность дерева будет соответствовать показанию прямой, проходящей через точку пересечения абсциссы и ординаты.

П р и м е р. Требуется найти устойчивую влажность дерева, если температура среды, где находится дерево $t = 60^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха $\varphi = 70\%$, устойчивая влажность дерева при этих параметрах будет равна $w = 11\%$ (рис. 9).

Дерево при температуре окружающего воздуха более 65° частично теряет свою гигроскопичность и тем больше, чем выше температура воздуха, и чем длительнее воздействие этого воздуха.

Как указывает Варлимонт, увеличение прочности материала в результате пропарки можно объяснить не частично выщелачивающим действием пара, а высокой температурой применяемого пара. Снижение гигроскопичности дерева при обработке высокими температурами является тем значительным преимуществом, которое даст искусственная сушка.

Действие высоких температур понижает гигроскопичность древесины, но и в то же время влияет на физико-механические свойства, которые снижаются в зависимости от продолжительности действия высоких температур на древесину.

Ниже приводим диаграммы изменения свойств древесины в зависимости от продолжительности нагрева и изменение гигроскопичности таковой, также в зависимости от продолжительности прогрева, по которым возможно судить об изменениях свойств древесины. В результате действия на древесину высоких температур, сопротивление динамическому изгибу значительно понизилось по сравнению с древесиной, не подвергшейся нагреву.

Сопротивление сжатию как ели, так и ясеня, понижено по сравнению с нормальной древесиной. Удельный вес также несколько снижается у древесины, подвергшейся обработке высокими температурами; однако это понижение незначительно и практического значения не имеет.

На диаграмме (рис. 10) указана зависимость влагоемкости еловой древесины от продолжительности действия на нее высоких температур, где прямая линия показывает влажность нормальной древесины. Эти данные относятся к древесине, выдержанной предварительно до по-

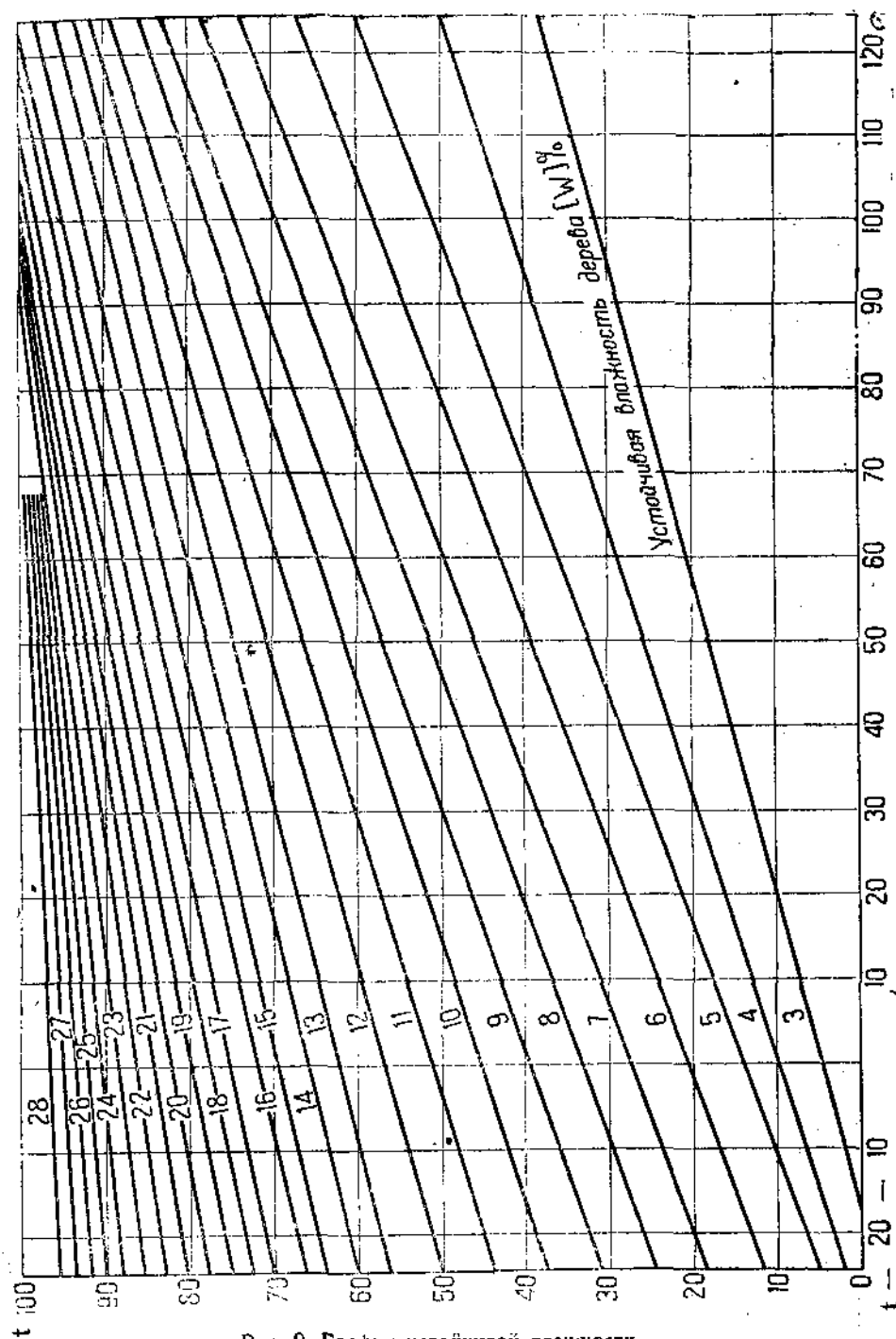


Рис. 9. График устойчивой влажности

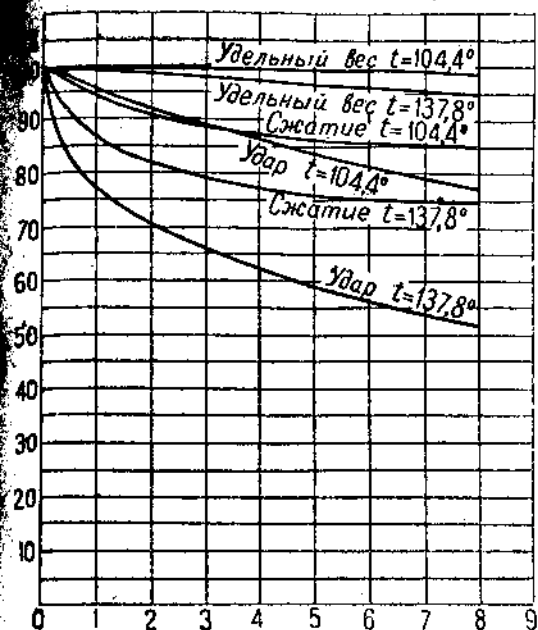


Рис. 10—а
 рядом—рис. 10—б
 внизу слева—рис. 10—в

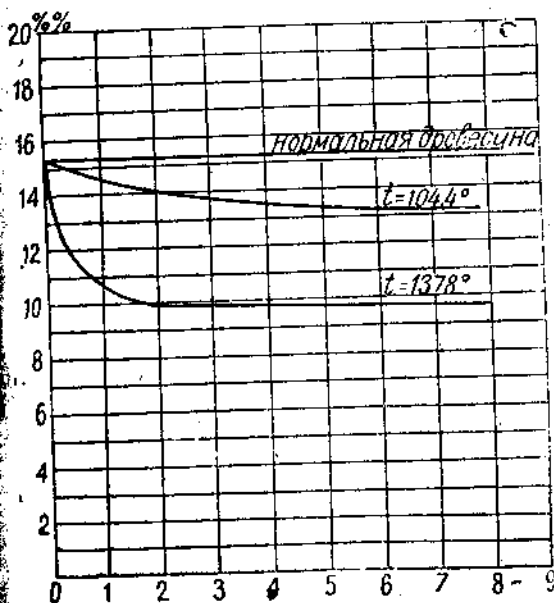


Рис. 10—а, б, в. Зависимость влагоемкости еловой древесины от продолжительности воздействия высоких температур

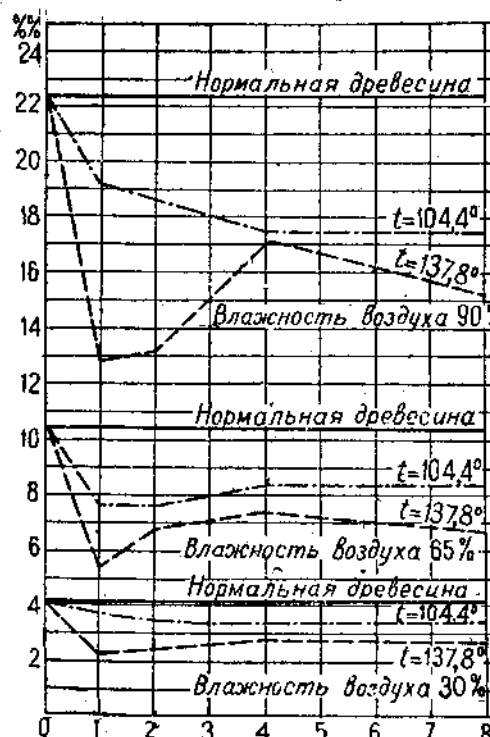
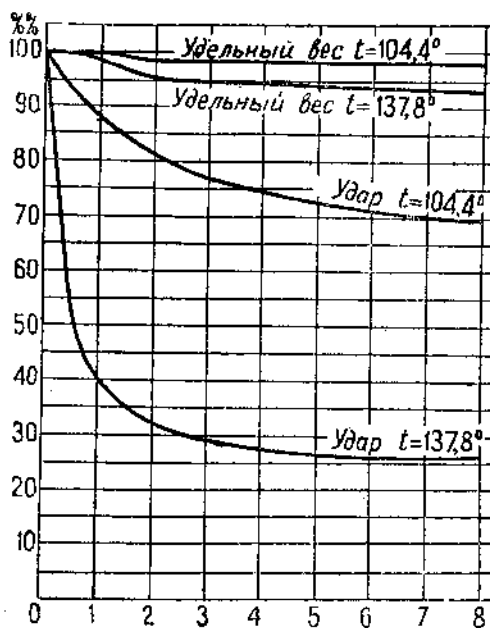


Рис. 11. Зависимость влагоемкости древесины от продолжительности воздействия высоких температур

стоянного веса при температуре $32,2^{\circ}\text{C}$ и при относительной влажности воздуха 80 %.

Данные диаграммы показывают, что влагоемкость еловой древесины понижается под действием температуры $104,4^{\circ}\text{C}$ на $\frac{1}{8}$ и под действием температуры $137,8^{\circ}\text{C}$ на $\frac{1}{8}$ по сравнению с древесиной, не подвергшейся нагреву.

На диаграмме (рис. 11) указана такая же зависимость для древесины ясеня, причем здесь образцы разбивались на 3 группы и выдерживались при температуре $32,2^{\circ}\text{C}$, но при различных относительных влажностях воздуха; первая группа — при $\varphi = 30\%$, вторая — при $\varphi = 65\%$ и третья при $\varphi = 90\%$.

Как видно из приведенного графика, влагоемкость древесины ясеня понизилась под действием температуры $104,4^{\circ}\text{C}$ на $\frac{1}{8}$, а под действием температуры $137,8^{\circ}\text{C}$ на $\frac{1}{8}$ по сравнению с древесиной, не подвергшейся нагреву.

Поставленные в СССР на некоторых заводах многочисленные опыты по обработке древесины высокими температурами с целью понижения гигроскопичности древесины, идущей для производства точных изделий, показали, что снижение гигроскопичности в результате обработки высокими температурами недостаточно и не гарантирует требуемой этими производствами нормальной устойчивости форм.

Глава четвертая

РАБОТА ДЕРЕВА И ЕЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

26. УСАДКА И РАЗБУХАНИЕ

Усадка при отдаче влаги и разбухание при поглощении (впитывании) ее являются наиболее неблагоприятными свойствами дерева; было бы гораздо лучше, если бы усадка или разбухание были одинаковы по всем направлениям, но в дереве именно мы имеем большую неравномерность их, что и создает серьезные затруднения при его обработке. Какого-либо способа или метода, полностью устраняющего усадку и разбухание, до сих пор не имеется. Если в том или другом случае выяснены причины, вызывающие эти явления, и зависимость их между собой, то тогда возможно наметить способы, с помощью которых могут быть устраняемы или уменьшаемы трудности, вызывающие «работу» дерева (усадка, разбухание и пр.). Успешное применение дерева для чрезвычайно ответственных конструкций и деталей, как например для пропеллеров, показывает, что при умелом обращении с ним дерево может свободно применяться в деталях и конструкциях, требующих высокого качества материала.

Для предупреждения усадки было испытано много различных методов, как-то: пропитка маслом, импрегнирование сахаристыми веществами, обработка высокими температурами и пр., но каких-либо результатов, полностью устраняющих усадку, получено не было; в лучшем случае удавалось добиться незначительного уменьшения ее.

При усадке и разбухании дерево развивает значительные напряжения; при искусственном противодействии работе этих напряжений получается разрыв или смятие волокон (для смятия волокон требуется нагрузка до 100 кг/см^2 , в зависимости от древесной породы).

Если сухое дерево подвергнуть действию сжимающей силы, т. е. создать условия, противодействующие работе дерева при поглощении им влаги, и затем снова продолжать сушку, то состояние сжатия частично остается, вследствие чего оно приобретает меньшие размеры, чем имело до отдачи влаги.

В отдельных случаях разбухание даже может быть использовано, например при изготовлении резервуаров, в кораблестроении и т. д.

27. ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ВЛАГООТДАЧЕЙ И УСАДКОЙ

Усадка в дереве начинается только тогда, когда влажность его ниже точки насыщения волокна, и наоборот — в этой же точке прекращается и разбухание дерева; только у очень немногих древесных пород усадка начинается выше точки насыщения волокна, причем не исключена возможность того, что это явление вызывается только «спаданием» клеточных стенок.

Зависимость усадки от влагосодержания для образца небольшой толщины показана кривой А на рис. 12; как видно из этой кривой, усадка идет пропорционально снижению влажности дерева; если точка насыщения волокна соответствует 27% влажности материала, то при влажности в 13,5% усадка будет равна половине общей усадки этого материала.

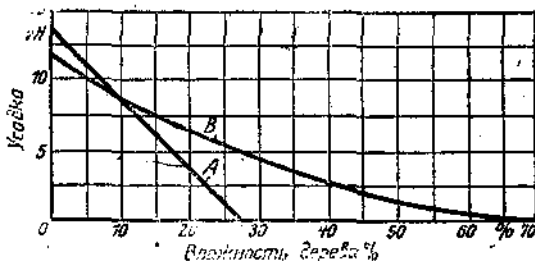


Рис. 12. График примерных кривых для тангентальной усадки дерева

На практике при измерении усадки в процессе сушки выявляется,

что усадка фактически начинается уже в самом начале процесса; объясняется это тем, что наружные слои материала весьма скоро высыхают ниже точки насыщения волокна, в то время как влажность других слоев и всего дерева в целом еще значительно выше точки насыщения волокна; поэтому кривая усадки доски или же вообще куска дерева только примерно соответствует кривой В на рис. 12.

Варлимонт указывает, что на основании его собственных опытов после длительной службы наблюдается «утомление дерева», т. е. при одинаковой отдаче или поглощении влаги дерево как-будто имеет несколько меньшую усадку и немного меньше разбухает, чем «свежее» дерево; определенно установить это явление весьма трудно, поскольку изучение затрудняется (как и при всех других испытаниях древесины) невозможностью исключить влияние посторонних факторов. Во всяком случае «утомляемость дерева» по своему численному выражению весьма незначительна.

28. ВЕЛИЧИНА УСАДКИ

Величина усадки обычно измеряется по отношению к размерам дерева до сушки, так как свежесрубленное дерево является исходным состоянием и дает ясное представление об усадке, в то время как размеры в сухом состоянии меняются в зависимости от процесса сушки и конечной влажности. Табл. 5 дает общее представление об усадке при сушке свежесрубленного дерева до абсолютно-сухого состояния.

Усадка вдоль волокон	0,1—0,35%
" в радиальном направлении	2,0—8,5 „
" в тангентальном	4,0—14,0 „
" объемная	7,0—21,0 „

Усадка вдоль волокон столь незначительна, что ее обычно не принимают во внимание. У отдельных древесных пород, например у березы и вяза, иногда наблюдается несколько большая усадка вдоль волокон наружных слоев заболони, по сравнению с внутренними слоями последней, результатом чего является продольное коробление материала.

Величина усадки в тангентальном направлении (рис. 13а) в среднем в два раза больше величины усадки в радиальном направлении (рис. 13б). Такая неравномерность усадки в результате сушки имеет своим последствием изменение формы поперечного сечения материала: материал квадратного сечения, у которого годовые кольца расположены параллельно двум противоположным сторонам, после сушки уже имеет форму сечения не в виде квадрата, а прямоугольника (рис. 14а); материал той же формы сечения, но с годовыми кольцами, расположенными по диагонали, имеет после сушки сечение ромбoidalной формы (рис. 14б), а круглый материал меняет свою форму сечения на овальную (рис. 14с).

Эти измененные в результате усадки формы сечения показаны на рис. 14 пунктиром.

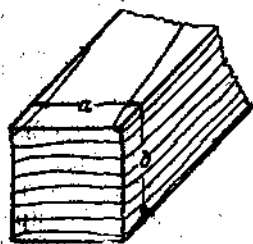


Рис. 13. Тангентальный и радиальный разрез

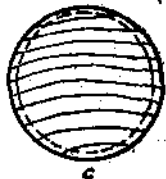
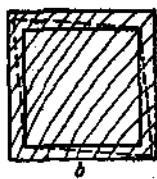
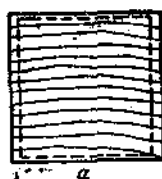


Рис. 14. Изменение поперечного сечения при усадке

На рис. 14б видно, какие большие отходы вызывает сушка материала квадратного сечения, с диагонально расположенными годовыми кольцами, если из материала с измененной формой сечения в резуль-

ТАБЛИЦА 6

Усадка для американских древесных пород при высушивании древесины до абсолютно сухого состояния в %

П о р о д а	Объемная усадка	Радиаль- ная	Танген- циальная	Отношение тангенталь- ной усадки к радиаль- ной прина- стоят за 1
Лиственные породы				
1. Красная ольха	12,6	4,4	7,3	1,61
2. Черный ясень	18,2	5,0	7,8	1,56
3. Белый ясень	14,0	5,3	8,7	1,64
4. Осина	11,1	3,8	6,9	2,09
5. Липа	16,2	4,8	10,6	2,21
6. Бук	16,2	4,8	10,6	2,21
7. Береза бумажная	16,8	6,6	8,8	1,33
8. „ сладкая	15,0	6,3	7,6	1,21
9. „ желтая	16,8	7,4	9,0	1,22
10. Конский североамериканский каш- тан	12,0	3,5	7,8	2,23
11. Вишня черная	11,5	3,7	7,1	1,92
12. Каштан	11,6	3,4	6,7	1,97
13. Канадский тополь	14,1	3,9	9,2	2,36
14. Кизил цветущий	19,9	7,1	11,8	1,59
15. Вяз твердый	14,1	4,8	8,1	1,69
16. „ мягкий	13,8	14,9	8,9	1,82
17. „ белый	14,4	4,2	9,5	2,26
18. Эвкалипт черный	13,9	4,4	7,7	1,75
19. „ красный	15,0	5,2	9,9	1,90
20. Гикори толстокорковый	19,2	7,6	12,6	1,66
21. Американский гикори (Центр. Аме- рика).	13,6	4,9	8,9	1,82
22. Североамериканский гикори	17,9	7,2	11,5	1,60
23. Белый гикори	16,7	7,0	10,5	1,50
24. Остролистник (гледичия)	16,2	4,5	9,5	2,11
25. Граб	18,6	8,2	9,6	1,17
26. Акация черная	9,8	4,4	6,8	1,57
27. Сладкое рожковое дерево	10,8	4,2	6,6	1,57
28. Магнолия вечнозеленая	12,3	5,4	6,6	1,22
29. Красное дерево (Центр. Америка)	7,8	3,4	4,9	1,44
30. Клен оregonский	11,6	3,7	7,1	1,92
31. „ красный	12,5	3,8	8,1	2,13

(Продолжение)

П о р о д а

	Объемная узелки	Радиаль- ная	Танген- циальная	Отношение тангенталь- ной узелки к радиаль- ной, приня- той за 1
32. Клен серебристый	12,0	3,0	7,2	2,40
33. „ сахарный	14,5	4,8	9,2	1,92
34. Дуб	12,7	4,4	8,8	2,00
35. Дуб черный калифорнийский	12,1	3,6	6,6	1,83
36. Каштан	16,7	5,5	9,7	1,76
37. Лавровое дерево	19,0	3,9	9,5	2,44
38. Красное лавровое дерево	—	—	—	—
39. Дуб испанский горный	16,3	4,5	8,7	1,93
40. „ „ равнинный	16,4	5,2	10,8	2,08
41. „ болотный	16,4	4,2	9,3	2,21
42. „ белый	15,8	5,3	9,0	1,70
43. Ива	18,9	5,0	9,6	1,92
44. Ива желтая	14,2	4,5	9,7	2,16
45. Пероммония (из породы эбеновых)	18,3	7,5	10,8	1,44
46. Желтый тополь	11,4	4,1	6,9	1,68
47. Сассифрас	10,3	4,0	6,2	1,55
48. Смоковница	14,2	5,1	7,6	1,40
49. Грецкий орех черный	11,3	5,2	7,1	1,37
50. Ива черная	13,8	2,6	7,8	3,00
Х в о й н ы е				
51. Кедр душистый	7,6	3,3	5,7	1,73
52. Кедр северный белый	7,0	2,1	4,9	2,33
53. Кедр западный красный	8,1	2,5	5,1	2,04
54. Кипарис виргинский	10,7	3,8	6,0	1,58
55. Дугласова пихта (со Скалистых гор)	10,6	3,6	6,2	1,72
56. Дугласова пихта (с Тихоокеанского побережья)	12,6	5,0	7,9	1,58
57. Пихта	14,1	4,5	10,0	2,22
58. „ бальзамическая	10,8	2,8	6,6	2,36
59. „ высокая	10,6	3,2	7,2	2,25
60. „ благородная	13,6	4,9	9,1	1,86
61. „ белая	10,2	3,4	7,0	2,06
62. Гемлок восточный	10,4	3,0	6,4	2,13
63. „ западный	11,6	4,5	7,9	1,76
64. Лиственница западная	13,2	4,2	8,1	1,93
65. Сосна	10,4	3,4	6,5	1,91
66. „	12,6	5,5	7,5	1,86

П о р о д а	Объемная усадка	Радиаль- ная	Танген- тальная	Отношение тангенталь- ной усадки к радиаль- ной, прини- мой за 1
67. Сосна	11,5	4,5	6,7	1,49
68. . белая американская	12,3	5,3	7,5	1,42
69. . норвежская	11,5	4,6	7,2	1,57
70. . короткохвойная	12,6	5,1	8,2	1,61
71. . сахарная	8,4	2,9	5,6	1,93
72. Веймутова сосна восточная	7,8	2,2	5,8	2,68
73. . белая западная	11,5	4,1	7,4	1,80
74. . западная желтая	10,0	3,9	6,4	1,64
75. Фериамбук	6,3	2,7	4,2	1,55
76. Ель энгельмановская	10,4	3,4	6,6	1,94
77. Ель красная	11,8	3,8	7,8	2,05
78. Ель (ситка)	11,2	4,5	7,4	1,64
79. Ель белая	14,8	3,7	7,3	1,97
80. Американская черная лиственница	13,6	3,7	7,4	2,00
81. Тисс западный	9,7	4,0	5,4	1,35

тате усадки необходимо получить материал квадратной формы сечения.

В табл. 6 приведены средние тангентальные, радиальные и объемные усадки разных древесных пород. Из таблицы видно, насколько величины тангентальных усадок больше радиальных.

Меньшая величина усадки в радиальном направлении объясняется влиянием сердцевинных лучей; волокна сердцевинных лучей расположены в радиальном направлении и перпендикулярны к главному направлению волокон в стволе, вследствие чего они препятствуют полному выявлению усадки дерева поперек волокон в радиальном направлении. В противоположность радиальной усадка в тангентальном направлении не встречает ни каких препятствий и выявляется полностью.

Величина усадки древесных пород весьма разнообразна. Древесные породы большего объемного веса имеют и большую усадку по сравнению с древесными породами с меньшим объемным весом, вследствие чего можно считать, что между величиной усадки и объемным весом существует некоторая зависимость (рис. 15). Исключением является акация, имеющая небольшую усадку, несмотря на большой объемный вес; эта особенность, а также большая крепость и прочность делают акацию особенно ценной для некоторых поделок. Объемный вес одних и тех же древесных пород меняется также в зависимости от различных условий местопроизрастания, причем дерево с меньшим объемным весом имеет и меньшую усадку; так например опыты Мэдиссонской

лаборатории с ясенем весьма малого и весьма большого объемного веса показали, что после сушки первый имел объемную усадку в 8,4%, а второй — 16,4%.

Меньшая усадка древесных пород с меньшим объемным весом является одной из причин, облегчающих сушку мягких древесных пород, которая протекает с меньшими затруднениями, нежели сушка твердых пород.

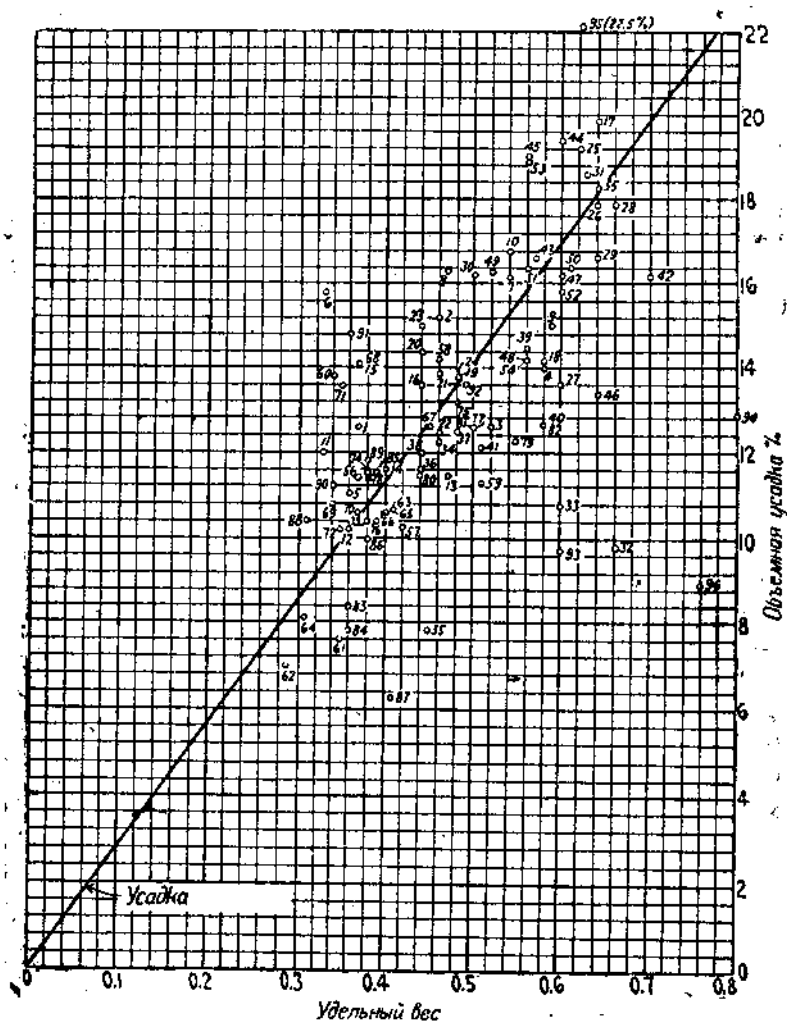


Рис. 15. Зависимость между объемным весом и объемной усадкой для древесных пород

В разного рода конструкциях следует учитывать эту работу дерева; там, где работа его может иметь в особенности неприятные последствия, необходимо выбирать настолько легкое по объемному весу дерево, насколько позволяют условия данной конструкции.

Величина усадки заболони и ядра одинакового объема веса, при прочих равных условиях в общем одинакова, но так как у большинства древесных пород объемный вес заболони меньше ядра, то и величина усадки заболонной части меньше ядровой. С другой стороны, заболонь быстрее реагирует на изменения состояния воздуха, вследствие чего она должна как-будто и работать больше, чем ядро; это явление иногда имеет место при сушке и сказывается в усадке отдельных клеток.

При быстрой сушке свежесрубленного дерева наблюдается меньшая величина усадки, чем при более медленной сушке; объясняется это тем, что при последней имеется больше времени для выявления тенденции дерева к усадке.

При быстрой сушке отдельные части дерева приходят к «формоустойчивому состоянию» без полного выявления своей тенденции к усадке, а также влияют и на остальные части его, в результате чего во всем дереве усадка не выявляется полностью; это явление обуславливает кажущееся преимущество быстрой сушки, кажущееся потому, что оно имеет своим последствием целый ряд весьма нежелательных явлений в дереве.

Путем обработки дерева высокими температурами уменьшается его гигроскопичность, а тем самым и усадка и разбухание (п. 25); так, согласно опытам Мэдисонской лаборатории, у ясеня после обработки его горячим воздухом (73°C) в течение 20 час. была констатирована в два раза меньшая величина разбухания, чем у нормального ясеня.

Каких-либо точных опытов, характеризующих эту зависимость между температурой обработки и гигроскопичностью, не имеется, но во всяком случае определенно установлено, что даже те температуры, которые применяются обычно при искусственной сушке, уменьшают величину усадки и коробления.

Проведенные Сушильной лабораторией Центрального научно-исследовательского института древесины опыты по выявлению влияния пропарки под давлением на величину усадки показали, что дерево, подвергнутое пропарке под давлением до 2 атмосфер и высушенное в сушильной камере, имеет большую усадку, нежели древесина высушенная в этой же камере, но без предварительной пропарки под давлением.

29. УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАИМЕНЬШЕЙ ВЕЛИЧИНЫ УСАДКИ

Если в определенных случаях особенно важно получить наименьшую усадку, то, как указывает Варлимонт, следует принять во внимание следующее:

- 1) необходимо брать дерево с возможно меньшим объемным весом;
- 2) материал должен быть радиальной распиловки;
- 3) конечная влажность должна соответствовать устойчивой влажности древесины;
- 4) клейка должна производиться с соблюдением взаимно перпендикулярного направления волокон;
- 5) сушка или пропарка должна вестись при высоких температурах;

6) до и во время обработки должны приниматься меры для предохранения дерева от воздействия меняющейся относительной влажности окружающего воздуха.

Кроме этих шести моментов придается еще большое значение внешним покрытиям как средству, предохраняющему дерево от воздействия меняющейся относительной влажности воздуха.

30. ПОПЕРЕЧНОЕ КОРОВЛЕНИЕ И СКРУЧИВАНИЕ

Под коровлением понимается деформация доски, состоящая в том, что одна широкая плоскость (пласть) ее становится выпуклой, а другая вогнутой при сохранении параллельности краев. Вызывается это явление следующими причинами:

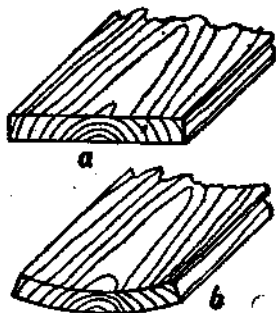
1. Односторонней сушкой, получаемой в результате нагрева одной только плоскости доски (пласти), например одностороннее нагревание материала солнечными лучами.

После того как односторонняя сушка выравнивается, коровление почти или даже целиком исчезает.

2. Интенсивностью высушивания одной плоскости (пласти) доски по сравнению с другой, несмотря на равномерность сушки.

Такое явление наблюдается у тангентальных досок вследствие того, что одна плоскость, лежащая ближе к ядру, по своему характеру больше подходит к радиальному распилу, а потому имеет меньшую усадку, чем противоположная плоскость.

Эта разница в усадке вызывает в дереве напряжения, в результате которых и происходит коровление (рис. 16). При сушке в штабелях коровлению препятствует вес верхних рядов досок, или специально положенный груз, или наконец зажим материала.



По наблюдениям Варлимонта даже при самых больших нагрузках деформаций в материале избежать нельзя; вместо коровления, которому препятствует груз, получается растрескивание материала. Коровление может быть уменьшено только равномерной и не слишком быстрой сушкой.

3. При распиловке доски по толщине, имеющей внутренние слои более влажные, чем наружные, получаются доски с неодинаковой влажностью на широких плоскостях, причем более влажная сторона у такой доски выгибается наружу.

После того как доска в течение некоторого времени вылежится, более влажная сторона подсыхает и выравнивается или даже из выпуклой делается вогнутой.

4. Материал с поверхностной засухой коровится после распиловки по толщине, он подвержен также коровлению при строжке, но в том случае, если с одной плоскости доски снимается более толстая стружка, чем с противоположной.

5. Материал, имеющий наружные покрытия, подвержен коровлению при значительном изменении относительной влажности воздуха, если покрытие неодинаково на сторонах доски.

При скручивании края доски не остаются взаимно-параллельными (рис. 17).

Причиной, вызывающей скручивание, является неравномерность сушки, а также косослойность древесины, влекущая за собой неравномерную усадку.

Лучшим средством против скручивания при сушке является тщательная штабелевка с применением достаточного количества отвесно друг над другом расположенных прокладок.

Если после сушки все-таки наблюдается коробление, то это указывает на пересушку или наоборот недосушку. Тангентальные доски имеют большую тенденцию к короблению, чем радиальные.



Рис. 17. Скручивание

31. РАСТРЕСКИВАНИЕ

Растрескивание дерева вызывается следующими двумя причинами:

- а) неравномерностью сушки и
- б) неодинаковыми усадками в тангентальном и радиальном направлениях.

а) НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ВЫСУШИВАНИЯ

1) *Торцовые трещины.* Торцы доски в штабеле сохнут скорее, чем вся остальная доска вследствие того, что:

- а) торцы скорее отдают свою влагу и
- б) более всей остальной части доски омываются рабочим воздухом.

Более быстрая отдача влаги торцами вызывает и появление усадки в них ранее, чем в остальных частях доски; вследствие этого торцы, встречая в своем стремлении к усадке противодействие остальной части доски, растрескиваются. У твердых древесных пород, имеющих большую усадку, чем у мягких, наблюдается наиболее частое и наиболее сильное растрескивание.

При естественной сушке торцовое растрескивание отчасти предупреждается тем, что торцы заслоняются от действия солнечных лучей; иногда в торцы для предупреждения от растрескивания забиваются специальные скобы.

По мнению Варлимонта последнее средство имеет весьма условное значение, так как оно не устраняет причин вызывающих, растрескивание, а только помогает бороться с последствиями их и то только тогда, когда дерево подвержено действию проходящих неблагоприятных условий.

При искусственной сушке торцовое растрескивание предупреждается до известной степени путем применения высокой влажности рабочего воздуха, что однако замедляет процесс сушки. Весьма надежным способом как при естественной, так и при искусственной сушке является смазывание торцов веществами, задерживающими отдачу влаги через торцы; эти вещества разделяются на низкоплавкие, действующие только до 60°C , и на высокоплавкие, расплавляющиеся при 77°C , после чего они теряют свое предохранительное действие.

Таким образом при температурах ниже 60° применяются низкоплавкие вещества, при температурах от 60 до 77° — высокоплавкие; каких-либо веществ для покрытия торцов при температурах выше 77° , которые были бы достаточно надежны, не имеется.

В Мэдиссонской лаборатории было испытано действие следующих низкоплавких веществ, расположенных в порядке их эффективности:

- 1) густая олифа с баритами и асбеститом,
- 2) масло хинного дерева и бариты,
- 3) льняное масло и свинцовые белила,
- 4) сервокислый барий и бариты.

Масляный лак составляется следующим образом: густое масло разбавляется 8 частями негашеной извести, 100 частями канифоли и 57,5 частями алкоголя; в эту смесь прибавляется 25 частей барита и 25 частей асбестового порошка, для черноты можно прибавить одну или две части сажи.

Для получения высокоплавкого вещества берется деготь (смола) или канифоль (100 частей) и сажа (7 частей). Пригодны также некоторые сорта асфальта, но они трудно применимы вследствие высокой температуры плавления. Весьма хорош при естественной сушке парафин, который благодаря низкой точке плавления неприменим при искусственной сушке.

Все указанные покрытия должны наноситься толстым слоем.

2) *Поверхностные трещины.* Неравномерность сушки происходит также при ускорении самого процесса сушки, так как наружные слои материала сохнут скорее внутренних. Усадка наружных слоев наступает также раньше, вследствие чего они сжимают внутренние слои и испытывают растягивающее напряжение, в результате получается поверхностное растрескивание. Глубина поверхностных трещин невелика и при дальнейшем выравнивании влажности, а следовательно и усадки внутренних и наружных слоев, эти трещины могут закрыться. Понятно, что с исчезновением трещин не восстанавливается крепость дерева, в чем можно легко убедиться, если взять от такого материала поперечную секцию; эта секция ломается при малейшей нагрузке, приложенной в направлении поверхностных трещин.

Появление поверхностных трещин при естественной сушке может быть предупреждено применением тонких прокладок при штабелевке или каким-либо иным способом, уменьшающим количество обтекающего материал воздуха, но это уменьшение должно производиться весьма осторожно, так как оно влечет за собой увеличение опасности загнивания материала.

При искусственной сушке следует принять, как и для предохранения от торцового растрескивания, высокую влажность рабочего воздуха, пропарка же не рекомендуется.

б) РАЗНАЯ ВЕЛИЧИНА РАДИАЛЬНОЙ И ТАНГЕНТАЛЬНОЙ УСАДКИ

На рис. 18 показан поперечный разрез древесного ствола с характерным растрескиванием в направлении меньшей усадки, т. е. в радиальном. Иногда такое растрескивание предупреждается путем вы-

сверливания в дереве еще до сушки ядра, чем облегчается усадка в тангентальном направлении; такое высверливание практикуется при изготовлении из сердцевинных брусков искусственных протезов, ступиц для колес тяжелого типа и прочих аналогичных изделий.

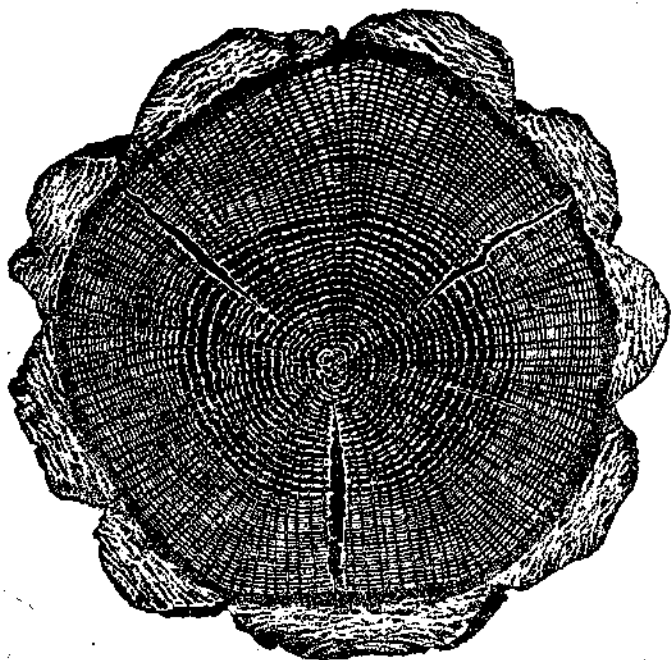


Рис. 18. Радиальные трещины на торце

32. ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАСУШКА

Под поверхностной засушкой подразумевается состояние неравномерного затвердевания отдельных слоев (по сечению) материала, вызывающего ряд напряжений. Эти напряжения являются причиной появления коробления и прочих нежелательных формоизменений при разделке и обработке материала с поверхностной засушкой.

Поверхностная засушка материала является устойчивым состоянием, которое может продолжаться до «утомления», хотя влажность по сечению материала давно уже выравнилась; однако поверхностная засушка может быть в любое время уничтожена путем принятия соответствующих мер.

Образование поверхностной засушки объясняется следующим: когда дерево с влажностью, скажем, 60% сушится в условиях низкой относительной влажности воздуха, то получается несоответствие в скорости сушки наружных и внутренних слоев материала, именно наружные слои сохнут быстрее внутренних, и в рассматриваемом случае их влажность может равняться 22%, при одновременной влажности

внутренних слоев в 47%. Таким образом наружные слои перешли уже точку насыщения волокна и имеют стремление к усадке, влажность же внутренних слоев выше точки насыщения волокна, и у них еще нет стремления к усадке, а если и имеется, то в очень слабой степени. При дальнейшем снижении влажности, например соответственно до 14 и 32%, вышеуказанные противоречия значительно обостряются: наружные слои находятся в состоянии напряжения, охватывая и сжимая внутренние слои (растягивающее и сжимающее напряжения показаны на рис. 19, АI). Под влиянием растягивающего напряжения

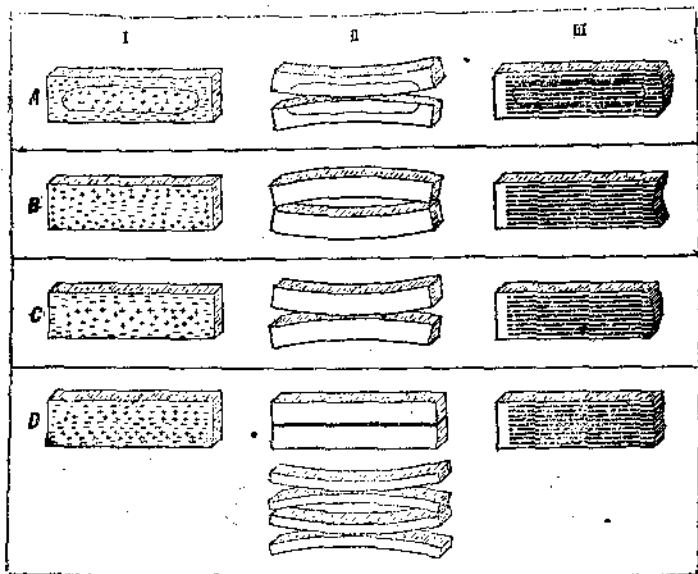


Рис. 19. Различные напряжения при сушке

возможно либо появление трещин, либо продолжение сужения слоев в таком растянутом состоянии; при этом слои не имеют возможности полностью вывить своего стремления к нормальной усадке, т. е. они затвердевают в состоянии растягивающего напряжения. Возможно, что одновременно будет иметься как затвердевание в состоянии напряжения, так и растрескивание материала.

Если из доски с поверхностной засушкой вырезать секцию и разрезать последнюю вдоль ее длинной оси, то обе половинки под влиянием растягивающего направления принимают выгнутую форму (рис. 19, АII) у вилки, вырезанной из такой секции, с возможно-тонкими зубьями, наружные зубья тотчас же укорачиваются, что указывает на имевшееся в наружных слоях напряжение растяжения (рис. 19, АIII). Состояние некоторого незначительного напряжения, как следствие растяжения в наружных слоях в процессе сушки, явление вполне нормальное.

Если, далее, обе вышеуказанных половинки положить в сухое, проветриваемое помещение, то поверхности разреза начинают подсыхать, в результате чего наблюдается усадка этих поверхностей; вели-

чина усадки обычно бывает больше, чем у бывших наружных поверхностей, которые уже более или менее затвердели; при этом обе половинки выпрямляются или даже изгибаются в противоположную сторону (рис. 19, *BII*).

При продолжении сушки материала влажность внутренних слоев постепенно снижается ниже точки насыщения волокна, и в них начинается процесс усадки, иногда очень интенсивный (медленная сушка — сильная усадка), наружные же одревесневшие слои не могут следовать за усадкой внутренних слоев (самое большее — закрываются поверхностные трещины) и начинают испытывать напряжение сжатия. Такое состояние материала называется второй стадией поверхностной засушки (рис. 19, *BI*). Секции и вилки, выпиленные из такого материала, показаны на рис. 19 *BII* и *III*.

Поверхностная засушка может наблюдаться также и в материалах естественной сушки, но там она выражена значительно слабее.

При искусственной досушке воздушно-сухого материала поверхностная засушка может произойти при форсировании сушки; однако наибольшая засушка получается при сушке свежесрубленного материала, у которого влажность внутренних слоев значительно выше точки насыщения волокна, вследствие чего они вообще еще не подвержены усадке.

Как сильно нагруженная пружина со временем теряет свое напряжение, т. е. приходит в состояние утомления, так и в дереве напряжения, вызываемые засушкой, после длительного промежутка времени испытывают то же состояние «утомления».

Долгое вылеживание материала после искусственной сушки в особенности ценных древесных пород освобождает его от напряжений полученных в результате «утомления» дерева, в особенности ценных древесных пород.

Изложенные положения говорят за то, что выдержка материала после сушки нужна только в том случае, если во время процесса получились в материале напряжения (засушка); в противном случае, т. е. когда материал высушен без всяких напряжений и по окончании сушки влага в нем распределяется равномерно по всему сечению, его можно пускать в производство тотчас после сушки без ущерба для изготавливаемых из него изделий.

33. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАСУШКИ

Определение поверхностной засушки производится путем взятия «секций напряжений», аналогичных секциям для определения влажности или даже несколько большей толщины (около 25 мм) (пункт 19); для испытания рекомендуется брать тангентальные доски, которые имеют большую усадку по ширине, чем радиальные, вследствие чего в тангентальных досках более отчетливо видны все изменения, связанные с поверхностной засушкой.

Выпиленные из доски «секции напряжения» высушивают или же немедленно разрезают вдоль длинной оси; в первом случае секции после высушивания покажут то состояние напряжений в дереве, которое будет иметься в высушенном материале после сушки и выравнивания степени влажности по его сечению, во втором случае то состояние

дерева, которое имеется в нем в момент взятия «секций напряжения». Сушка «секций напряжения» производится в теплом сухом помещении в течение до 48 часов; какие-либо меры, ускоряющие сушку секций, применяться не должны.

«Секции напряжений» разделяются, как указано на рис. 19 (II и III).

Вилки с тонкими зубьями имеют некоторое преимущество, так как они дают более наглядное представление об имеющихся в материале напряжениях; о величине напряжения лучше всего судить по степени изгиба половинок, полученных при продольном разрезе секции, как указано на рис. 19 II.

Третий способ разделки «секций напряжений» состоит в приготовлении вилки только с несколькими толстыми зубьями, причем зазоры между отдельными зубьями делаются достаточно широкими, чтобы возможное искривление их было полностью выявлено; такой способ разделки секции применяется при сушке толстомерных досок, так как при разрезе секции, взятой от толстомерной доски, на две части напряжения не будут достаточно ясно выражены ввиду большой толщины каждой из этих частей. Кроме того при наличии большого количества испытаний исключается возможность перепутывания секций между собой, что нередко бывает при пользовании способом разреза секции на половинки.

Следует указать, что та или иная деформация вилки показательна только при том условии, если вилка сделана из только что вырезанной «секции напряжений».

34. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ, УСТРАНЕНИЕ И ОБРАЩЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАСУШКИ

Если процесс сушки происходит при столь высокой относительной влажности рабочего воздуха, что наружные слои материала сохнут несколько (но незначительно) быстрее внутренних слоев, то какой-либо опасности появления поверхностной засушки не имеется; несколько большая скорость сушки наружных слоев необходима для получения неравномерности распределения влаги по сечению, что вызывает более интенсивное продвижение ее из внутренних слоев к поверхности материала.

Варлимонт считает следующее объяснение более ясным: испарение влаги с поверхности материала создает неодинаковую влажность внутри и снаружи материала (разные градиенты влажности по сечению). Относительная влажность воздуха должна устанавливаться таким образом, чтобы градиент влажности по сечению материала был достаточно велик для нормальной скорости процесса сушки, но не настолько, чтобы вызывать образование поверхностной засушки.

Слишком большая осторожность чрезвычайно замедляла бы процесс сушки, так что при искусственной сушке, а также при сушке на воздухе в сухом климате, почти всегда получается некоторая поверхностная засушка; последняя устраняется обработкой дерева воздухом большой относительной влажности и высокой температуры. От действия нагретого влажного воздуха дерево делается пластичным, напряжения выравниваются или же нейтрализуются и исчезают.

Высокая относительная влажность воздуха от 65 до 90% предупреждает поверхностное растрескивание и задерживает сушку наружных слоев материала, кроме того несколько выравнивает влажность по сечению, увлажняя наружные слои. Высокая температура воздуха ускоряет продвижение влаги к поверхности материала, способствуя тем самым скорейшему выравниванию влажности по сечению. Благодаря выравниванию влажности в материале и его пластичности исчезают напряжения. (Влияние увлажнения показано на рис. 20, где слева секции с засушкой, а справа без таковой).

В конце процесса сушки с целью уничтожения поверхностной засушки применение длительной обработки материала нагретым воздухом с очень высокой относительной влажностью (85—100%) нецелесообразно, так как наружные слои при этом впитывают слишком много влаги и стремятся разбухать, но встречают противодействие со стороны внутренних слоев, которые впитывают или очень незначительное количество влаги или даже совсем не впитывают ее. В результате такого противодействия наружные слои испытывают сжатие, вследствие чего возможно появление внутренних трещин; после того как наружные слои снова высохнут, они будут иметь большую усадку, чем до увлажнения, и будут находиться в состоянии растяжения, а внутренние в состоянии сжатия, т. е. получится так называемая обратная поверхностная засушка (рис. 19 В).

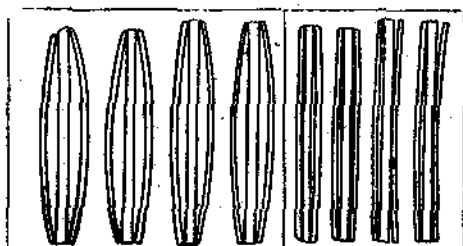


Рис. 20. Секции для определения поверхностной засушки

Дерево, склонное к образованию сильной поверхностной засушки, в особенности толстомерный материал, рекомендуется в течение процесса сушки обрабатывать время от времени воздухом высокой относительной влажности, т. е. делать так называемые периодические увлажнения для того, чтобы выравнивать внутренние напряжения в самом начале их возникновения; естественно, что это имеет смысл только тогда, когда влажность внутренних слоев перешла точку насыщения волокна.

Точные указания о длительности и времени увлажнения материала, а также о температуре и относительной влажности воздуха при увлажнении, даются ниже.

35. ВНУТРЕННЕЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ

Внутренние растягивающие напряжения, вызываемые второй стадией поверхностной засушки, бывают настолько интенсивны, что преодолевают силу сцепления между волокнами, вследствие чего в материале возникают свищи (внутренние трещины). Направление свищей такое же они пересекают сердцевинные лучи так же (п. 31), как и поверхностные трещины (рис. 21). Обычно внутренние трещины не доходят до поверхности, так как таковая находится под

действием растягивающего напряжения. Но часто они идут в одной плоскости с теми поверхностными трещинами, которые только стали образовываться в начале процесса в результате слишком интенсивной сушки поверхности материала; эти поверхностные трещины иногда при дальнейшей сушке закрываются и, одновременно углубляясь, как-будто превращаются во внутренние трещины; следовательно, закрытие наружных трещин свидетельствует о наступлении опасности возникновения внутренних трещин (свищей), для предотвращения которых необходимо срочно применять поверхностное увлажнение материала.

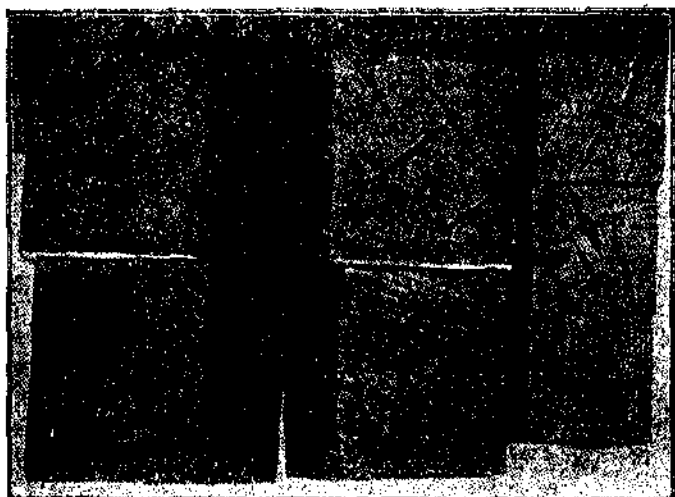


Рис. 21. Материал с внутренними трещинами

Внутреннее растрескивание вдоль годовых колец встречается редко. Предполагается, что у некоторых древесных пород, когда они поступают в сушку в свежесрубленном состоянии, неравномерность усадки отдельных клеток увеличивает внутренние напряжения и способствует возникновению внутренних трещин.

На торцах доски почти никогда не наблюдается образования поверхностной засушки, равно как и внутреннего растрескивания, так как отдача влаги идет через торец, в результате чего материал высушивается равномерно по всему сечению. Ввиду быстрой отдачи влаги торцами секции для определения влажности и других целей следует вырезать на некотором расстоянии от торцов (п. 19).

Внутренние трещины появляются иногда даже после сушки, а именно когда внутренние слои были еще влажны, т. е. материал имел влажное ядро, или же когда поверхность пересушенного материала опять начинает впитывать влагу и разбухать.

36. ПОСЛЕДСТВИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАСУШКИ И ВНУТРЕННЕГО РАСТРЕСКИВАНИЯ

а) ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАСУШКА

Поверхностная засушка материала вызывает:

1) коробление после продольной распиловки доски по толщине, коробление доски после строжки при обработке на строгальных и фрезерных станках, вследствие неодинаковой толщины снимаемой стружки с каждой стороны доски или же при равномерной строжке, но при неодинаковой толщине слоя поверхностной засушки на той и другой сторонах доски;

2) внутренние трещины — как следствие растягивающих напряжений внутри материала;

3) ослабление материала вследствие появления в нем напряжений в результате поверхностной засушки. Если даже напряжения не вызывают растрескивания при сушке, то вследствие ослабления материала часто имеет место растрескивание при его строжке.

б) ВНУТРЕННЕЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ

Внутреннее растрескивание вызывает:

1) значительное уменьшение крепости на скалывание,

2) появление при обработке на поверхности трещин или даже распадение материала по трещинам на отдельные куски.

37. НЕРАВНОМЕРНОСТЬ УСАДКИ ОТДЕЛЬНЫХ КЛЕТОК («Collapse»)

При сушке очень влажного материала наблюдается явление, похожее на очень сильную усадку. Поверхности материала на некоторых участках сильно углубляются вследствие того, что происходит особенно интенсивная отдача влаги, и клеточные стенки сближаются между собой. Такая неравномерность в усадке отдельных клеток особенно часто наблюдается у очень влажных радиальных досок ясеня и ивы, произрастающих на сырых почвах.

Это явление объясняется следующим образом: в очень влажном материале многие клетки совершенно заполнены влагой; когда клетка отдает свою влагу, то последняя должна заменяться воздухом, но вследствие большой влажности окружающей ткани доступ воздуха в пустоты клеток затруднен, и происходит сближение стенок между собой под действием силы притяжения воды; клетки сжимаются, как сжимается эластичный сосуд, из которого выливается вода без впуска в сосуд воздуха. В сосуде имеет место влияние атмосферного давления, в нашем же случае имеет место «сила притяжения», стягивающая стенки клеток. Сила притяжения между клетками может быть от 10 до 300 атмосфер.

Влажное дерево под действием тепла делается мягким и пластичным и обнаруживает стремление к равномерной усадке клеток; вследствие чего в начале процесса сушки древесных пород, склонных

к неравномерной усадке клеток, следует избегать применения высоких температур. Еще более надежной является предварительная естественная сушка, так как при естественной сушке почти всех древесных пород в клетки всегда проникает некоторое количество воздуха, который расширяется при выходе из клетки влаги и противодействует «силе притяжения» клеточных стенок.

В торцах доски и в заболони неравномерная усадка отдельных клеток не может иметь места, так как и в торцы и в заболонь легко проникает воздух.

Если в отдельных участках материала до достижения точки насыщения волокна получают заметные углубления, то такое явление называемое «коллапсом» и происходит от сближения клеточных стенок между собой. Иногда удается устранить коллапс путем обработки материала насыщенным воздухом при 100% влажности и при температуре 85—90° до тех пор, пока влажность дерева не повысится до 25%, после чего его следует сушить вновь; наименьший срок такой обработки для материалов до 25 мм толщины составляет 48 часов.

38. УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА)

Об увлажнении дерева уже говорилось при обсуждении вопроса о возникновении напряжений в дереве и о способах их устранения. В частности при увлажнении следует руководствоваться следующим:

1. При увлажнении не следует перекрывать нагревательные приборы; снижение температуры допускается только тогда, когда требуемая высокая относительная влажность воздуха не может быть иначе получена. Ниже приводимые сроки сушки включают время, необходимое для получения высоких степеней влажности воздуха, и время на самое увлажнение.

2. Процесс повышения относительной влажности воздуха и его температуры рекомендуется производить быстро, для чего по возможности применять острый пар.

3. После увлажнения снижение относительной влажности воздуха следует производить медленно.

4. Гнутый материал не рекомендуется подвергать увлажнению, так как он при этом распрямляется или же, если он увлажняется в зажимах, растрескивается.

а) УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) СВЕЖЕСРУБЛЕННОГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕД СУШКОЙ

Увлажнение перед сушкой производится с целью быстрого прогрева дерева для стимулирования продвижения влаги изнутри к периферии материала. В противном случае поверхность материала начинает усиленно сохнуть, в то время как продвижение влаги изнутри к поверхности происходит гораздо медленнее, вследствие чего возможны поверхностная засуха и растрескивание. Относительно ошибочного представления об увлажнении, как о выпечлачивающем средстве см. гл. III. Предварительное увлажнение ни в коем случае не гарантирует от поверхностной засухи, которая может наступить в течение дальнейшего процесса сушки.

Увлажнение производится при относительной влажности воздуха 100% из расчета 1 часа на каждые 25 мм толщины материала. Температура увлажнения может быть при этом примерно на 15° выше начальной, указываемой соответствующим режимом (расписанием) сушки, при условии постепенного охлаждения материала до температуры сушки в воздухе вполне насыщенном водяным паром.

б) УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) ВОЗДУШНО-СУХОГО МАТЕРИАЛА ПЕРЕД СУШКОЙ

Увлажнение воздушно-сухого материала перед сушкой имеет двоякую цель:

1) быстрый прогрев, как и в случае увлажнения свежесрубленного материала;

2) придание дереву пластичности или, иначе говоря, устранение напряжений, которые могли иметь место в материале в результате неравномерной естественной сушки.

При увлажнении поверхность дерева усиленно поглощает влагу и разбухает, чем легко вызывается появление свищей. Если в древесине уже до увлажнения имелись поверхностные трещины (наружные растягивающие напряжения), которые при увлажнении начинают закрываться, то следует немедленно прекратить дальнейшее увлажнение, так как закрытие наружных трещин свидетельствует о постепенном развитии в наружных слоях под влиянием поглощаемой ими влаги, сжимающего напряжения, а во внутренних слоях — напряжения растяжения, чем, в свою очередь, вызывается опасность углубления поверхностного растрескивания (наружные трещины углубляются во внутренние слои).

Если влажность предварительно высушенного на воздухе материала ниже 18%, то увлажнение следует производить при относительной влажности воздуха не 100%, а 65—85% (см. график устойчивой влажности). Длительность увлажнения от 10 до 30 часов; увлажнение тем дольше, чем толще материал и чем выше его влажность. Температура воздуха при увлажнении поддерживается на уровне 70—80°. При влажности дерева значительно ниже 18% относительную влажность воздуха следует поддерживать в 60—70%.

При увлажнении сухого материала надо всегда иметь в виду, что при этом не только возникают временные внутренние напряжения, но кроме того поверхностные слои материала поглощают влагу, которую в дальнейшем опять приходится испарять.

в) УВЛАЖНЕНИЯ (ПРОПАРКИ) В ПРОЦЕССЕ СУШКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССА

При сушке листового толстомерного материала рекомендуется в процессе сушки время от времени увлажнять материал в течение от получаса до трех часов, при температуре на 10—17° выше температуры ступени режима, при котором производится сушка.

Относительная влажность воздуха устанавливается согласно температуре увлажнения и кривой устойчивой влажности таким образом,

чтобы дальнейшая сушка поверхностных слоев была прекращена. Если разница во влажности по сечению материала слишком велика, то устанавливается несколько более высокая относительная влажность воздуха. Такие промежуточные увлажнения стимулируют продвижение влаги в дереве, благодаря чему ускоряется процесс сушки.

г) УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) КАК СРЕДСТВО УНИЧТОЖЕНИЯ ПЛЕСЕНИ

Для этой цели необходимо материал обработать в течение от $1\frac{1}{2}$ до 2 часов воздухом, относительная влажность которого 100%, температура, примерно, 75°.

д) УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) ДЛЯ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕРЕВА ОТ ПОВЕРХНОСТНОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Как известно, поверхностное растрескивание является показателем того, что наружные слои дерева скорее сохнут, чем внутренние. Как только появляются признаки поверхностного растрескивания, необходимо возможно скорее повысить относительную влажность воздуха; дальнейшее понижение влажности производится постепенно, и сушка продолжается только тогда, когда будет определенная уверенность в том, что растрескивание продолжаться не будет.

е) УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАСУШКИ

Поверхностная засушка, в особенности в случае толстомерного и твердого материала, может появиться в процессе сушки не только один раз. Как только у секции напряжений зубья свежевырезанной вилки вгибаются внутрь, следует немедленно же применить увлажнение для выравнивания влажности по сечению материала. В конце процесса сушки почти всегда наблюдается некоторая остаточная поверхностная засушка, которую также необходимо устранять; применяемая при этом температура увлажнения должна быть от 75 до 85° вне зависимости от породы и толщины дерева. При установлении размера относительной влажности воздуха следует руководствоваться следующим: 1) при влажности внутренних слоев дерева выше 17% применяется относительная влажность воздуха 100%, длительность увлажнения от $1\frac{1}{2}$ до 3 часов; если материал имеет уже поверхностное растрескивание, то применяется относительная влажность воздуха 85—95%, при длительности увлажнения в 10—20 часов; 2) при влажности внутренних слоев дерева от 15 до 17% увлажнение производится при относительной влажности воздуха 75—85%; 3) при влажности внутренних слоев дерева ниже 15% увлажнение производится при относительной влажности воздуха 60—70%.

Во 2-м и 3-м случаях увлажнение следует производить в течение 20—30 часов в зависимости от толщины материала и от степени поверх-

костной засухи. Не следует превышать указанные величины относительной влажности воздуха, так как в противном случае наружные слои поглощают слишком много влаги и разбухают, и таким образом напряжения еще более увеличиваются. В этом случае также следует руководствоваться кривыми устойчивой влажности, которые дают надежные величины относительной влажности воздуха, обеспечивающие не слишком быстрое поглощение влаги наружными слоями дерева.

39. ДЕФЕКТЫ ПРИ СУШКЕ, ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И УСТРАНЕНИЕ

В дополнение к изложенным выше указаниям о способах предохранения древесины от появления разных дефектов ниже приводим описание дефектов, могущих встретиться при неправильной сушке, вызывающие их причины, меры предупреждения и способы их исправления, сведенные в общую таблицу (по Henderson'у).

а) ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Появление этого вида дефекта вызывается:

- а) слишком быстрым испарением влаги с поверхности материала, каковое происходит или вследствие высокой температуры и слишком низкой влажности воздуха в камере в процессе сушки, или же вследствие каждого из этих факторов в отдельности;
- б) неравномерностью высушивания материала, происходящей вследствие медленной и неодинаковой циркуляции воздуха в штабеле или же вследствие слишком больших колебаний температуры в разных зонах камеры.

Предупредить появление внутренних напряжений возможно:

- 1) путем применения более низких температур и достаточной влажности воздуха;
- 2) путем ускорения циркуляции воздуха в штабеле с тем, чтобы ее сделать равномерной в каждой данной зоне;
- 3) обеспечение более частого контроля за температурой и влажностью воздуха с устранением слишком резких перепадов;
- 4) применением частых промежуточных поверхностных увлажнений древесины путем повышения влажности воздуха;
- 5) наблюдением за поведением материала в процессе сушки, для чего нужно сделать испытания сушимой древесины на внутренние напряжения и распределение влажности по сечению материала. Если своевременно не были приняты соответствующие меры, и в материале уже появились внутренние напряжения, то следует применить меры исправления, указанные в п. 39.

б) ПОВЕРХНОСТНЫЕ ТРЕЩИНЫ

Поверхностные трещины в древесине появляются:

- 1) вследствие более быстрого высыхания поверхности материала, нежели внутренней части доски во время первых стадий сушки;

2) вследствие неравномерности высушивания материала, которая вызывается:

- а) несовершенной и неравномерной циркуляцией,
 - б) неправильной штабелевкой и
 - в) попаданием на материал воды с потолка;
- 3) вследствие неправильной предварительной естественной подсушки материала, в результате чего и получены поверхностные трещины.

Образование этих дефектов может быть предупреждено принятием следующих мер предосторожности:

- 1) обеспечением нормальной циркуляции воздуха;
- 2) обработкой материала в начале процесса сушки воздухом высокой влажности (пропарка);
- 3) применением частых периодических увлажнений воздуха во все время сушки;
- 4) обеспечением правильной укладки материала;
- 5) принятием мер к устранению капель с потолка путем изоляции или подвода к нему нагретого воздуха.

Устранить образовавшиеся поверхностные трещины не представляется возможным, но дальнейшее растрескивание может быть предупреждено применением тех же мер, как и при исправлении имеющихся в материале внутренних напряжений. Кроме того следует указать, что если сушку дерева производить равномерно до низких степеней влажности, то большая часть мелких поверхностных трещин может закрыться.

в) НЕРАВНОМЕРНОЕ ПРОСЫХАНИЕ МАТЕРИАЛА

Этот дефект появляется вследствие того, что:

- 1) температура и влажность воздуха колеблются слишком сильно в различных зонах камеры;
- 2) циркуляция воздуха не отвечает требованиям правильной сушки дерева, а именно имеются:

- а) наличие движения воздуха помимо штабеля,
- б) неравномерная циркуляция в разных частях штабеля;
- 3) лесоматериал уложен без соблюдения требуемых условий штабелевки:

а) оставлены слишком незначительные зазоры между рядами досок, и

- б) концы досок выступают из штабеля;
- 4) происходят утечка тепла в результате неплотного прикрывания дверей и капание с потолка;

б) трубы калорифера неисправны и имеет место парение.

Все указанные моменты, вызывающие неравномерное просыхание материала, должны быть устранены; кроме того для предохранения от появления этого дефекта следует:

- 1) проверить нагревательные приборы:
- а) устранить течь и обеспечить надлежащий сток конденсата,
- б) продуть калориферные трубы,
- в) поставить водоотделители в случае применения для сушки отработанного пара;

- г) увеличить давление пара;
- д) изменить способы регулировки подачи пара;
- 2) отрегулировать циркуляцию воздуха в камере при помощи:
 - а) шиберов на вытяжных трубах,
 - б) добавления надлежащего количества свежего воздуха,
 - в) установления направляющих щитков для потоков воздуха и исправления дверей,
 - г) увеличения зазоров между рядами досок и применения продухов (труб) внутри штабеля.

Неравномерность распределения влаги в материале возможно уничтожить, если не были приняты соответствующие меры в процессе сушки, путем длительной выдержки в промежуточных складах высушенного материала перед пуском его в производство.

г) КОРОБЛЕНИЕ И СКРУЧИВАНИЕ

Коробление или скручивание древесины в процессе сушки получается в результате:

- 1) неправильной укладки материала на вагонетки:
 - а) из-за применения прокладок разной толщины, неправильного их расположения и недостаточного количества,
 - б) из-за выступа концов досок из штабеля;
- 2) неотрегулированной циркуляции воздуха:
 - а) применена слишком плотная штабелевка, нет достаточных зазоров между досками,
 - б) скорость движения воздуха незначительна, кроме того имеется утечка через двери,
 - в) плохая конструкция камеры;
 - 3) чрезвычайно сильных внутренних напряжений.

Для предупреждения этого дефекта нужно:

- 1) произвести окончательную укладку лесоматериала:
 - а) прокладки должны быть одинаковы по толщине для каждого штабеля, количество их должно быть достаточным и они должны располагаться на равных расстояниях друг от друга и строго одна над другой,
 - б) прокладки на торцах штабеля должны укладываться заподлицо с концами досок и без свешивания концов досок,
 - в) должен быть дан доступ между кромками досок и устроена в середине штабеля труба,
 - г) вертикальные углы штабеля не должны иметь завалов и впадин;
 - 2) улучшить циркуляцию воздуха в камере:
 - а) при помощи тщательной штабелевки,
 - б) путем проверки работы вытяжных труб и, в случае надобности, изменения площади их сечения,
 - в) устройством направляющих щитков для воздуха,
 - г) применением искусственного движения воздуха путем механических побудителей, в случае невозможности ускорить циркуляцию воздуха естественным путем;
 - 3) предупредить образование внутренних напряжений в материале путем применения частых периодических поверхностных увлажнений его;

4) помещать на верх штабеля достаточное количество тяжелых грузов.

Способы исправления коробления и скручивания, полученных при сушке дерева, следующие:

1) вывозка сушеного материала из камеры, хорошая его перештабелевка и помещение его опять в сушило с последующей обработкой воздухом высокой влажности в течение 6—24 часов; процесс сушки должен продолжаться с применением менее жесткого режима;

2) устранение внутренних напряжений указанным выше способом.

д) ВНУТРЕННИЕ ТРЕЩИНЫ

Внутренние напряжения в дереве при дальнейшей сушке влекут за собой появление внутренних трещин, которые вызываются:

- а) слишком жесткими режимами сушки,
- б) недостаточным периодическим увлажнением воздуха и
- в) недостаточной влажностью воздуха после появления поверхностных напряжений.

Предупредить образование внутренних напряжений и внутреннего растрескивания возможно:

- 1) применением более мягкого режима сушки,
- 2) применением частых периодических увлажнений,
- 3) отрегулированием циркуляции внутри штабеля.

Способов исправления материала, получившего сильные повреждения свищами, нет. В случае легких повреждений этот дефект может быть устранен помощью частого увлажнения и последующей сушки при более мягком режиме.

е) СИЛЬНАЯ ДЕФОРМАЦИЯ КЛЕТОК — «КОЛЛАПС»

Причины, благодаря которым появляется этот дефект, следующие:

- 1) высокая влажность (85—200%) дерева перед процессом сушки;
- 2) слишком быстрое испарение влаги с поверхности;
- 3) применение чрезмерно высоких температур;
- 4) высокие остающиеся внутренние напряжения.

Для предупреждения коллапса следует:

- 1) применять режим с низкими температурами, при необходимом условии ускорения циркуляции в штабеле;
- 2) вести процесс сушки, насколько это возможно, медленно;
- 3) применять периодические увлажнения с целью предупреждения внутренних напряжений.

Дерево, получившее в процессе сушки коллапс, привести в нормальный вид крайне затруднительно.

Исправление этого дефекта (коллапса) возможно:

- 1) длительным периодическим увлажнением до тех пор, пока из лесоматериала не будет сочиться вода;
- 2) повторной просушкой, но при более низкой температуре и более высокой относительной влажности.

ж) РАСЩЕПЛЕНИЕ И РАСТРЕСКИВАНИЕ КОНЦОВ ДОСОК

Появление расщепления и растрескивания концов досок в процессе сушки главным образом зависит от:

- 1) слишком быстрого просыхания материала с концов и медленного в середине;
- 2) неправильной укладки материала и применения прокладок неравномерной толщины;
- 3) выступления из штабеля концов досок;
- 4) слишком сильной циркуляции воздуха у концов штабеля и слабой внутри его;
- 5) утечки воздуха через двери;
- 6) наличия трещин, имевшихся уже перед сушкой.

Предупредить появление расщепления и растрескивания концов досок возможно:

- 1) применением правильной штабелевки, для чего необходимо:
 - а) укладывать прокладки заподлицо с торцами досок с одного конца штабеля и по возможности соблюдать это на противоположном,
 - б) увеличить в штабеле зазоры для воздуха между досок;
- 2) установкой направляющих щитков для воздуха;
- 3) предохранением концов от растрескивания путем смазывания торцов составом не боящимся высоких температур и влажности воздуха (описание приготовления разных предохраняющих торцы составов см. выше);
- 4) отрезанием от досок перед пуском их в сушку концов, имеющих трещины.

Появившееся растрескивание и расщепление концов досок неустраняемы.

Дальнейшее повреждение может быть предупреждено достаточной по времени обработкой материала воздухом высокой влажности и сушкой в условиях высокой относительной влажности воздуха.

Кроме этого в процессе сушки необходимо применять периодические увлажнения.

з) ПЛЕСЕНЬ И ГРИБКИ

Плесень и грибки на материале в процессе сушки появляются в том случае, когда:

- 1) применяется слишком слабая циркуляция воздуха в камере,
- 2) температура низка, а влажность воздуха в сушиле высока.

Предупреждается появление этого дефекта путем:

- 1) применения режимов сушки с температурами не ниже 40°C и
- 2) ускорения циркуляции воздуха в камере.

Устранить появившуюся плесень или грибок возможно:

- 1) приемами, указанными в этой же главе (п. 2) и
- 2) применяя при конечных стадиях сушки температуры не ниже 60°C .

и) СИНЕВА

Синева появляется либо вследствие медленной воздушной сушки материала при влажной погоде, либо вследствие применения неправильной штабелевки. Дерево от повреждений синевой предохраняется:

1) сушкой леса в сушилках непосредственно после распиловки, без предварительной воздушной сушки его;

2) погружением материала в соответствующий антисептик.

Устранить появившуюся на материале синеву не представляется возможным.

к) КОРИЧНЕВАЯ ОКРАСКА МАТЕРИАЛА

Потемнение материала в процессе сушки вызывается применением режима с очень высокими температурами.

Появление этого дефекта предупреждается:

1) применением более умеренных режимов сушки и

2) усилением циркуляции воздуха.

Приведение материала в нормальный вид не представляется возможным.

л) КРАСНЫЕ ПЯТНА

Появление на материале красных пятен во время сушки возможно в том случае, если:

1) трубы калорифера пропускают пар;

2) острый пар бьет непосредственно в сушимый материал;

3) в камере производится слишком сильное увлажнение материала.

Мерами предупреждения появления этого дефекта являются:

1) устранение утечки пара;

2) уменьшение давления пара, если он поступает в камеру в месте очень близком к лесоматериалу;

3) подмешивание свежего воздуха во впрыскиватель перед тем, как пар поступит в штабель.

Появившиеся во время сушки красные пятна устранить средствами, применяемыми в камере, не представляется возможным.

Глава пятая

ТЕПЛО

40. ЗАДАЧИ ТЕПЛА

Все без исключения способы искусственной сушки основываются на использовании тепла, что в первую очередь выражается в применении повышенных температур; в этом — основное отличие искусственной сушки от естественной. Тепло выполняет целый ряд рассматриваемых ниже задач:

1. Тепло испаряет влагу с поверхности лесоматериала. Для собирания этой испаренной влаги служит воздух, который является агентом сушки. При соприкосновении с материалом воздух охлаждается, вследствие чего для его нагрева постоянно должно подводиться новое тепло; в противном случае происходило бы все большее охлаждение воздуха, а следовательно постепенное затухание и наконец полное прекращение процесса испарения.

Всем известны походные фляжки, обтянутые сверху материей; чтобы охладить содержимое такой фляжки, их окупают в воду и затем дают впитавшейся в матерчатый чехол воде испаряться. Для испарения воды из материи расходуется тепло, и матерчатый чехол фляжки охлаждается, в свою очередь охлаждая стенки и содержимое фляжки.

На том же законе охлаждения при испарении построен прибор для определения относительной влажности воздуха.

Для превращения воды в пар требуется затратить значительное количество тепла, которое называется «теплотой парообразования». Для превращения 1 кг воды при 100 °C в пар той же температуры требуется затратить 539 ЕТ (единиц тепла), причем это количество тепла увеличивается с понижением температуры воды, превращаемой в пар. Применение вакуума или повышенная циркуляция воздуха ни в коем случае не уменьшают потребности в тепле; вакуум способствует только скорейшему, чем при нормальном давлении и такой же температуре, испарению влаги, т. е. при применении вакуума точка кипения воды понижается, вследствие чего вакуум применяется в тех случаях, когда процесс должен протекать при низких температурах (например, при конденсировании молока).

При сушке дерева вакуум не дает каких-либо преимуществ, так как цель сушки состоит не в ускорении испарения влаги с поверхности лесоматериала, а в стимулировании продвижения влаги из внутренних слоев материала наружу.

Варлимонт комментирует это таким образом, что испарение влаги не представляет никаких затруднений, сложность же сушки заключается в трудности продвижения влаги, находящейся во внутренних слоях, на поверхность материала, где влага легко испаряется. Слишком интенсивное испарение с поверхности не только излишне, но даже опасно (п. 32 и 35), если не удастся подродить в таком же количестве влагу изнутри материала.

В СССР вакуумная сушка для дерева в промышленных масштабах не применяется, но таковая, несомненно, представляет значительный интерес, в особенности для сушки ценных пород, если принять во внимание еще сообщение Левборе (Мэдиссонская лаборатория) о низких оптимальных температурах хотя бы для сушки бука (50—52° C), так как применение в этих случаях вакуумной сушки, как можно предполагать, значительно ускорит процесс без понижения качества материала. Все дополнительные как капитальные, так и эксплуатационные расходы, возможно, будут компенсироваться за счет понижения процента брака.

При конденсации пара, т. е. при превращении пара обратно в воду, «теплота парообразования» освобождается. Это свойство пара легло в основу применения парового отопления; а именно при соприкосновении с холодными трубами пар конденсируется и отдает свое «тепло парообразования» трубам паропровода, а следовательно и окружающей среде; сконденсировавшийся пар стекает в виде конденсата, температура которого, если исключить дальнейшие потери тепла, равна температуре пара до конденсации.

Расход тепла в сушиле составляется из тепла, требуемого на испарение влаги лесоматериала, и из различных потерь тепла, как-то: на

излучение, на нагрев материала и оборудования, на поддержание влажности воздуха в камере и т. д.

Общий расход тепла на сушку лесоматериала в два и даже до десяти раз превышает то количество тепла, которое требуется непосредственно на испарение находящейся в нем влаги (539 ЕТ на 1 кг влаги).

2. Высокие температуры ускоряют продвижение влаги из внутренних слоев лесоматериала наружу. Теплая вода продвигается в дереве легче, чем холодная. Причина такого явления лежит, по видимому, главным образом, в том, что с повышением температуры вязкость воды уменьшается; с другой стороны с повышением температуры уменьшаются также и силы капиллярности, но, как видно из рассмотрения кривых, изображенных на рис. 22, уменьшение сил капиллярности при повышении температуры происходит в меньшей степени, чем уменьшение вязкости. Продвижению влаги при высоких температурах способствует также большее давление пара. Так как длительность процесса сушки зависит от скорости продвижения влаги к поверхности лесоматериала, где она испаряется, то дерево сохнет тем скорее, чем выше применяемые температуры, при условии, чтобы слишком усиленное испарение с поверхности не повлекло за собой задержки в продвижении влаги; в этом и заключается основное преимущество применения при сушке высоких температур. Вполне удовлетворительная поверхностная сушка могла бы происходить и при низких температурах, но при соответствующей относительной влажности

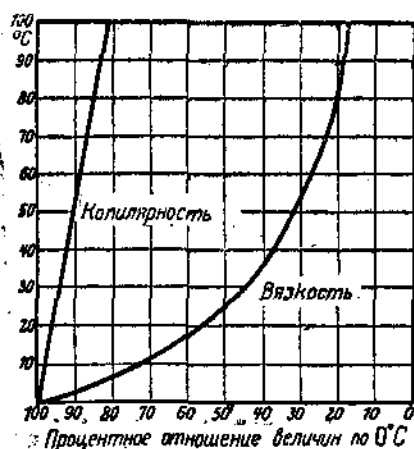


Рис. 22. Кривые зависимости капиллярности и вязкости воды от температуры, представленные в процентах по отношению к вязкости и капиллярности при 0°.

и циркуляции воздуха. Если бы процесс сушки дерева заключался только в испарении влаги с поверхности, то сушка дерева не представляла бы никаких затруднений, и длительность ее можно было бы как угодно ускорять; но этот процесс осложняется именно трудностью продвижения влаги из внутренних слоев наружу, в силу самой природы древесины происходящего весьма медленно. Ускорение продвижения влаги возможно до известной степени путем применения высоких температур и поддержания некоторой разницы во влажности внешних и внутренних слоев лесоматериала (градиенты влажности).

Как на особенность некоторых методов сушки указывается на то, что при их применении дерево будто бы сохнет раньше внутри, а потом снаружи; дерево постепенно прогревается, и высокая температура, якобы, гонит наружу влагу.

Такое явление, конечно, не соответствует действительности, так как никакая ткань не может начать сохнуть внутри до тех пор, пока

она не высохнет снаружи, по крайней мере до степени сухости внутренних слоев ткани. Если бы высокие температуры сами по себе выгоняли влагу, то прежде всего влага продвигалась бы внутрь материала, так как обогревание дерева начинается с наружных слоев, а затем, когда дерево целиком одинаково прогрелось бы, вообще никакое продвижение влаги не могло бы иметь места. Влага продвигается из внутренних слоев и наружным только тогда, когда наружные слои менее влажны, чем внутренние, так как она вследствие капиллярности дерева имеет естественное стремление к продвижению от сырых мест к сухим, в процессе же сушки происходит постоянное испарение влаги с поверхности и, таким образом, наружные слои всегда суше внутренних.

3. Далее тепло необходимо для удаления влаги из дерева при влажности последнего ниже точки насыщения волокна. Эта потребность в тепле увеличивается по мере уменьшения влажности дерева, но все же по сравнению с прочими тепловыми расходами она весьма мала; на 1 м³ дерева, даже при сушке до абсолютно сухого состояния, требуется всего лишь, примерно, 40 ЕТ.

4. Чем теплее воздух, тем больше его влагоемкость; это его свойство быстро увеличивается с повышением температуры, благодаря чему высокие температуры применять хозяйственно целесообразно, так как то же количество воздуха поглощает и уносит большее количество испаряемой из дерева влаги, уменьшая таким образом потребность в обмене воздуха в сушиле. Кривая на рис. 23 показывает

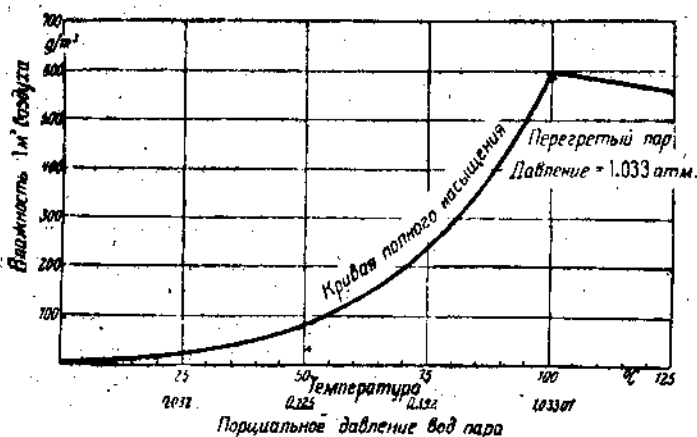


Рис. 23. Влагоемкость воздуха при полном насыщении, разных температурах и атмосферном давлении

влагоемкость воздуха в зависимости от его температуры. Как видно из кривой, влагоемкость воздуха при температуре, например, 80° Ц в три раза больше, чем при температуре 50° Ц.

Значение увеличения влагоемкости воздуха при высоких температурах уменьшается ввиду того, что при искусственной сушке более высоким температурам должна соответствовать и более высокая относительная влажность воздуха; подробно этот вопрос рассмотрен в главе VI,

При сушке перегретым паром испарение влаги сопровождается теми же физическими явлениями, как и при сушке воздухом. Чем выше перегрев пара, тем больше его влагоемкость, т. е. и в этом случае между воздухом и перегретым паром нет ни малейшего различия.

По мнению Варлимонта перегретый пар значительно усиливает продвижение влаги в дереве (что особенно важно) и благодаря своей высокой температуре уменьшает его гигроскопичность.

5. Тепло вызывает циркуляцию воздуха. Во всех сушилках с естественной циркуляцией тепло, вернее температурные перепады, вызывает движение (циркуляцию) воздуха. Теплый воздух легче холодного, благодаря чему он поднимается, а охлажденный опускается.

Более подробно этот вопрос рассматривается в гл. VIII.

6. Высокие температуры убивают возбудителей всяких заболеваний. Дерево в результате искусственной сушки делается как бы стерилизованным; по новейшим данным стерилизующее влияние имеет, главным образом, пропарка; так, при обработке куска дерева толщиной в 100 мм, воздухом с температурой 50°C и относительной влажностью 100% различные виды грибов были уничтожены в 24 часа, а при 63°C в 3 часа (более подробно см. Е. В. Губерт — «Влияние искусственной сушки, пропарки и естественной сушки на некоторые заболевания дерева». Бюллетень Департамента земледелия САСШ, № 1262, 1924 г.).

Весьма опасно, в смысле возможности заболевания дерева, оставлять лесоматериал продолжительное время в сушиле в условиях низкой температуры и высокой относительной влажности воздуха.

Высокая температура убивает также всяких насекомых — вредителей дерева.

7. Тепло делает дерево пластичным и уничтожает, таким образом, развивающиеся при усадке напряжения.

Более неприятным явлением, наблюдаемым у некоторых древесных пород при применении высоких температур, является изменение естественной окраски, выражающееся в некотором потемнении.

Варлимонт не видит беды в том, что дерево после сушки при высоких температурах меняет свой цвет; если потемнение только поверхностное, то оно будет удалено при строжке, если же потемнение проходит через всю толщу материала, то и в этом нет беды, так как после обработки материал окрашивается, или протравливается.

Большим недостатком является влияние высоких температур на крепость дерева.

Чрезвычайно важен тот факт, что применение высоких температур ослабляет гигроскопические свойства дерева, вследствие чего дерево слабее реагирует на изменения влажности воздуха, т. е. становится более формоустойчивым.

Уменьшение крепости дерева вызывается главным образом температурами выше 100°C , каковые при искусственной сушке в условиях СССР почти не применяются.

41. НАГРЕВАНИЕ ДЕРЕВА В СУШИЛЕ

Подлежащий сушке лесоматериал может быть нагрет следующими тремя способами.

Во-первых, путем непосредственной передачи тепла при соприкосновении дерева с источником этого тепла; таким путем осуществляется например нагрев материала в фанерных пластинчатых прессах. Доски и пластины сушить непосредственным соприкосновением с источником тепла нецелесообразно, так как а) дерево получило бы сильную поверхностную засуху и б) производительность пластинчатых прессов слишком незначительна.

Во-вторых, посредством лучеиспускания, что вызвало бы необходимость подвергать лесоматериал со всех сторон воздействию тепловых лучей, исходящих от теплоисточника. Такое явление наблюдается в сушиле при расположении нагревательных приборов внизу камеры, в нижнем ряду штабеля, если он не защищен от действия тепловых лучей теплоисточника. Даже не принимая во внимание возможности нагрева посредством лучеиспускания в небольшой части материала, при такой подаче тепла неизбежно сильное одностороннее нагревание материала, вызывающее порчу, поверхностное растрескивание и засуху его, вследствие чего нагрев путем лучеиспускания при сушке допускаться не должен. Термометры, расположенные в сушиле, необходимо предохранять от непосредственного действия тепловых лучей, так как в противном случае их показания будут неправильны.

В-третьих, передачей тепла посредством какого-либо теплоносителя — воздуха, пара; этот способ передачи тепла лесоматериалу является единственно возможным, так как только при помощи его можно получить равномерное распределение тепла по всей объекту.

42. ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА

Нагревание агента сушки может производиться различными способами.

1. *Нагревание непосредственно дымовыми газами.* В этом случае тепло подается лесоматериалу, и выпаренная из него влага забирается непосредственно дымовыми газами (п. 47). Этот способ, как указывают американцы, хозяйственно нецелесообразен; раньше предполагалось, что дымовые газы особенно благотворно действуют на качество материала.

Указания относительно хозяйственной нецелесообразности применения дымовых газов в качестве агента сушки не имеют достаточных оснований. Сушила, работающие на дымовых газах, являются одними из первых типов и весьма примитивной конструкции, благодаря чему они и были вытеснены так называемыми паровыми сушилами. В настоящее время эти сушила остаются такой же конструкции, как и в начале их появления, а между тем проблема сушки древесины дымовыми газами является актуальнейшей для СССР, если принять во внимание, что такие сушила не требуют паровых котлов, калориферов, трубопроводов и других дефицитных в данное время металлических изделий. Следует только создать тип сушила, работающего на дымо-

вых газах в соответствии с современными достижениями сушильной техники и с учетом всех требований, которые предъявляются к правильно построенному лесосушильному. Применение дымовых газов в качестве агента сушки несколько не отразится на качестве лесоматериала, уменьшит капитальные вложения при постройке лесосушильни и расходы по эксплуатации в наших условиях. Все эти предпосылки вряд ли могут вызвать «хозяйственную нецелесообразность».

2. *Нагревание посредством огневого калорифера*; применение этого способа для нагрева большого количества воздуха, т. е. для массовой сушки, является нецелесообразным.

3. *Нагревание газом* возможно лишь при очень небольших сушильных устройствах.

4. *Нагрев электричеством*, так же как и нагрев газом, пригоден для небольших установок и пока еще слишком дорог для крупных сушильных устройств.

5. *Нагревание горячей водой* имеет место в таких сушилках, где сушка протекает при сравнительно невысоких температурах; стоимость оборудования выше, чем при нагревании паром.

6. *Нагревание паром* является наиболее распространенным; пар применяется как высокого давления, так и мягкий (низкого давления).

43. ТЕМПЕРАТУРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СУШКЕ

Применение той или иной температуры зависит от породы древесины, толщины и начальной влажности материала, а также от его назначения. Хозяйственно целесообразно применять наиболее высокие температуры, так как при этом:

1) ускоряется процесс продвижения влаги из внутренних слоев материала наружу и

2) с увеличением температуры быстро возрастает влагоемкость воздуха.

Высокие температуры невыгодно влияют на крепость дерева, вследствие чего лесоматериал для спортивного инвентаря, для частей самолета и т. д. не должен подвергаться действию температуры, примерно, выше 65° Ц. Даже при достаточно высокой относительной влажности воздуха высокие температуры влияют ослабляюще на крепость дерева. Для большинства деревянных изделий незначительное уменьшение крепости не имеет никакого значения.

Почти все хвойные древесные породы переносят при высокой относительной влажности воздуха температуру до 100° Ц, лиственные же породы, наоборот, обычно тем хуже переносят высокие температуры, чем больше их объемный вес. При сушке свежесрубленного материала не следует применять высоких температур до тех пор, пока весь материал в целом не снизит своей влажности ниже точки насыщения волокна, после чего этот материал уже менее подвержен моллюску и не так сильно растрескивается. При досушке материала, предварительно подвергавшегося выдержке в естественных условиях, следует построить процесс таким образом, чтобы таковой являлся как бы продолжением процесса искусственной сушки от свежесрубленного состояния.

ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА И ИСПАРЕНИЕ

44. ЗАДАЧИ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Тому, кто незнаком с поведением дерева в процессе сушки, может показаться странным, почему, с одной стороны, в сушилах применяется высокая температура, с другой же, одновременно поддерживается большая или меньшая относительная влажность воздуха, чем естественно задерживается испарение влаги.

Как уже ранее указывалось, основная задача сушки дерева заключается не в испарении содержащейся в нем влаги с поверхности материала, а в продвижении этой влаги из внутренних слоев дерева наружу, или короче говоря, в стимулировании продвижения влаги при небольших перепадах влажности по сечению дерева. В гл. IV были показаны повреждения, получающиеся в дереве при слишком быстром испарении влаги с его поверхности, если не имеется соответствующего компенсирования влаги из внутренних слоев наружу. В этом уже лежит ответ на вопрос, почему применяется увлажнение там, где нужна сухость.

В основном задачи влажности сводятся к следующему:

1. Влажность агента сушки предупреждает или уменьшает поверхностное и торцовое растрескивание. Как указывалось в гл. IV, растрескивание является следствием напряжений, вызываемых неравномерной усадкой дерева, одной из причин которой в свою очередь является неравномерная отдача влаги; так, если поверхность или торцы сохнут скорее, чем внутренние слои доски, то неизбежно появление растрескивания.

2. Влажность воздуха предупреждает поверхностную засуху или устраняет ее, если таковая имеется. Подробные указания о методах обработки дерева высокой влажностью (пропарка) даются в конце настоящей главы.

3. Влажность воздуха ускоряет продвижение влаги в дереве. Чем суше поверхность, тем больше затруднений в продвижении влаги из внутренних слоев наружу. При работе с малыми влажностями воздуха можно часто наблюдать такие явления, что внутренние слои материала, даже спустя несколько недель, остаются совершенно влажными в то время как наружные слои уже окончательно высохли.

Продвижение влаги в очень сухих материалах происходит значительно медленнее, чем во влажных; это можно пояснить двумя ниже следующими примерами из повседневной жизни. Если вытирать мокрый пол совершенно сухой тряпкой, то до тех пор пока вся тряпка не увлажнится, впитывание влаги будет происходить весьма слабо.

На обработанных полях верхний слой почвы находится в разрыхленном состоянии, что обуславливается сохранением нижних слоев почвы во влажном состоянии, так как верхний рыхлый слой быстро засыхает от действия солнечных лучей и тем самым задерживает продвижение влаги наружу и, следовательно, ее испарение; то же явле-

ние происходит и в дереве, и сушильщик должен это предупреждать, поддерживая поверхность материала во влажном состоянии.

Влияние влажности материала на продвижение влаги объясняется следующим образом: все вышеуказанные материалы пористы, половая тряпка состоит из нитей, почва из комочков, дерево из волокон, и все эти составные части соприкасаются между собой только некоторой частью своей поверхности, оставляя свободные промежутки для продвижения влаги. Если материал влажен, т. е. все эти частицы обтянуты тончайшими водяными нитями, то поглощающая материалом влага находит в этих нитях опорную поверхность для своего продвижения, если же материал совершенно сух, то вода имеет для своего продвижения опорные точки только в местах соприкосновения частиц между собой. В приложении к дереву это преломляется следующим образом: если волокна дерева становятся очень сухими, то не все волокна клеточных стенок обтянуты водяными нитями, некоторые волокна совсем отделены друг от друга (под микроскопом видны трещины в клеточных стенках), благодаря чему влага не может «перескочить» через эти разрывы, и должна идти в «обход», вследствие чего продвижение влаги замедляется, так же как и весь процесс сушки. Когда поверхность материала сильно высыхает и тем самым мешает продвижению влаги, обычно прибегают к поверхностному увлажнению материала. Иногда это называют «пропаркой»; что касается открытия пор дерева, то это неправильно, так как поры при сушке не закрываются, а потому при увлажнении им нечего и открываться. Кроме того большая часть влаги продвигается не вдоль волокон, а в поперечном к ним направлении (п. 16). Увлажнение подводит к клеточным стенкам влагу, которая, располагаясь нитесобразно вдоль волоконца, тем самым облегчает дальнейшее продвижение влаги.

У дугласовой шихты и спруса увлажнение, повидимому, не ускоряет продвижения влаги, вообще же для других пород увлажнение является весьма действительным средством.

4. Влажность воздуха выравнивает распределение влаги в дереве. Увлажнение дерева при высокой температуре увеличивает влажность наружных слоев его и одновременно ускоряет продвижение влаги из внутренних слоев к наружным, так как тепло, стимулирующее продвижение этой влаги, быстрее проникает внутрь дерева, чем влага из воздуха.

5. Влажностью воздуха регулируется степень сухости дерева. Из кривой на рис. 8—9 следует, что например при относительной влажности воздуха, равной 34%, и температуре 61° дерево не может высохнуть ниже 5% содержания в нем влаги; повышение температуры, при неизменной относительной влажности воздуха, весьма мало изменяет соответствующую устойчивую влажность дерева, изменение же относительной влажности воздуха, хотя и небольшое, при той же температуре влечет за собой значительное изменение этой устойчивой влажности.

Как правило, недопустимо в конце процесса сушки применять такую относительную влажность воздуха, которая в точности соответствовала бы желаемой степени сухости материала, а следует эту относительную влажность воздуха уменьшать с тем, чтобы она соот-

ветствовала более низкому градиенту влажности материала, так как в противном случае в конце сушки процесс протекает чрезвычайно медленно. Если одна часть материала сохнет медленнее, т. е. отстает, другая же уже достигла требуемой степени сухости, то применяют такой режим, чтобы отстающая часть высыхала интенсивнее, а уже высушенная часть материала вместе с тем не пересыхала.

Даже, если в процессе сушки разница во влажности материала по сечению становится слишком большой, например влажность наружных слоев 10%, а внутренних — 25%, тогда следует остановить дальнейшую сушку наружных слоев, доведя влажность воздуха до уровня, соответствующего устойчивой влажности дерева при 10%. При влажности наружных слоев материала, равной 10%, состояние воздуха будет: температура 70° и относительная влажность — 68% (график устойчивой влажности дерева).

45. АБСОЛЮТНАЯ И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Воздух всегда содержит в себе известное количество влаги в газообразном состоянии, в виде так называемого «водяного пара». Всесо-вое количество водяного пара, содержащегося в единице объема сухого воздуха, называется абсолютной влажностью воздуха. Из п. 40 известно, что теплый воздух поглощает значительно больше влаги, чем холодный; констатируя, что, например каждый кубометр содержит 100 г водяного пара, не указывая в то же время температуры воздуха, мы совершенно не даем представления о степени его влажности.

Если при соответствующей температуре воздух полностью заполнен водяным паром, то он называется «насыщенным». Критерием того, насколько сух или влажен воздух, служит отношение весового количества водяного пара, находящегося в воздухе, к весовому количеству водяного пара, насыщающего воздух при данной температуре; это отношение называется относительной влажностью или степенью влажности воздуха и выражается обычно в процентах. Полностью насыщенный воздух отвечает 100% относительной влажности его. Если охлаждать теплый воздух с небольшой относительной влажностью, то он становится более влажным и наоборот, нагревая воздух, мы делаем его более сухим.

Один кубометр воздуха с относительной влажностью 50% содержит при 75° 125 г водяного пара (в круглых цифрах); при 59° 1 м³ воздуха полностью насыщается 125 г водяного пара, между тем как относительная влажность воздуха возрастает от 50 (при 75°) до 100%; при дальнейшем охлаждении (при 59°) водяной пар начинает выделяться в виде влаги, т. е. «конденсироваться». Температура, при которой происходит конденсация водяного пара, называется «точкой росы».

На графике, изображенном на рис. 24, по оси абсцисс отложены температуры, а по оси ординат относительные влажности воздуха; кривые этого графика показывают, сколько грамм водяного пара содержится в 1 м³ воздуха при температурах от 10° до 105° и при различной относительной влажности в пределах от 0 до 100%; кроме того, по этим кривым можно судить о степени изменения относительной влажности при нагревании или охлаждении воздуха.

В вышеприведенных кратких данных о свойствах воздуха не принималось во внимание того, что при охлаждении или нагревании воздуха происходит также уменьшение или увеличением объема, и что все газы при нагревании (или охлаждении) на 1° , при постоянном давлении, (при 0°) расширяются (или сжимаются) на $1/273$ своего удельного объема, при постоянном же удельном их объеме увеличивается (или уменьшается) давление на $1/273$ часть имеющегося давления при 0° .

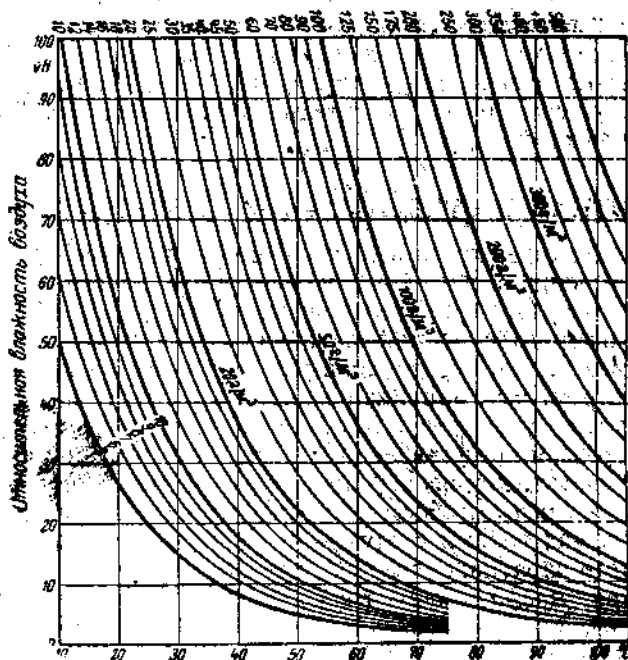


Рис. 24. Влагосодержание воздуха при разных температурах и относительных влажностях.

Необходимо еще отметить, что воздух и водяной пар образуют газовую смесь, и в этой смеси каждая из составляющих ее ведет себя так, как будто другой газ отсутствует, т. е. сумма парциальных (частичных) давлений обоих газов составляет давление смеси. Если воду ввести в избыточном количестве в помещение, из которого выкачан воздух, то вода моментально испарится и заполнит все помещение водяным паром (относительная влажность воздуха тогда будет равна 100%); в помещении же, заполненном воздухом, испарение воды происходит медленно, и давление воздуха увеличивается на величину парциального давления водяного пара. В условиях атмосферного давления, при изменяющемся объеме, водяной пар вытесняет соответствующее количество воздуха. При обычных температурах парциальное давление водяного пара весьма незначительно (рис. 24), в то время как парциальное давление сухого воздуха неизмеримо больше; при высокой температуре наблюдаются обратные явления.

Остается разрешить вопрос, почему испарение, если воздух не связан с влагой, идет быстрее при пониженном давлении; причина заключается в следующем: при испарении слой воздуха, непосредственно соприкасающийся с водяной поверхностью (при сушке — с влажной поверхностью дерева), полностью насыщается водяным паром, медленно передавая забранную влагу остальному воздуху. В результате этого насыщенный слой воздуха задерживает процесс испарения влаги из объекта, подвергающегося сушке. В вакууме это препятствие полностью отпадает и значительно ослабляется при циркуляции воздуха, что особенно важно при сушке дерева вследствие постоянной замены насыщенного слоя свежим, ненасыщенным (рис. 25).

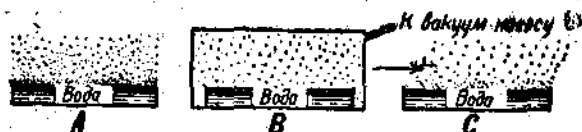


Рис. 25. Распространение водяного пара над влажной поверхностью.

А — при спокойном воздухе,

В — в вакууме,

С — при движении воздуха над водой

46. ИСПАРЕНИЕ

Воздух жадно поглощает влагу до полного своего насыщения; испарение происходит тем интенсивнее, чем меньше воздух насыщен, т. е. чем меньше относительная его влажность. Интенсивность испарения зависит не только от относительной влажности воздуха, но также от температуры, рода материала, отдающего свою влагу, циркуляции и давления воздуха.

Вопросы циркуляции подробно разбираются в следующей главе. Давление воздуха можно принять во всех сушилках, за исключением работающих на перегретом паре, практически — постоянным и равным атмосферному. Остается только рассмотреть влияние температуры и рода материала.

Если нагреть воду до 100° , то она быстро превращается в водяной пар; однако и при более низких температурах вода постепенно переходит в газообразное состояние, т. е. испаряется.

С повышением температуры растет интенсивность испарения воды и увеличивается давление пара. Наоборот, если давление находящегося в воздухе водяного пара выше давления пара самой жидкости, что возможно только в том случае, когда температура воды ниже точки росы окружающего воздуха, то водяной пар осаждается на поверхности воды, т. е. конденсируется.

В начале процесса между влажной поверхностью дерева и свободной поверхностью воды нет никакой разницы; но как только влажность поверхностных слоев дерева понижается за точку насыщения волокна, давление водяного пара оставшейся в нем влаги тотчас падает вследствие стремления клеток абсорбировать и удерживать в своих стенках воду, т. е. вследствие гигроскопичности дерева. Благодаря этому при том состоянии воздуха, при котором происходит дальнейшее испарение воды с водяной поверхности, испарения влаги из

дерева не происходит, в результате чего и устанавливается некоторое равновесие между влажностями дерева и воздуха, показанное кривыми рис. 8 и 9.

Испарение содержащейся в дереве влаги происходит тем интенсивнее, чем больше разница между парциальными давлениями водяного пара влаги на поверхности дерева и водяного пара окружающего воздуха. Давление водяного пара увеличивается с повышением температуры; если имеются два сушила, в которых относительная влажность воздуха одинакова и равна 75%, но температуры в них разные — в одном сушиле 50°, а в другом 70°, то в первом случае испарение идет менее интенсивно, чем во втором. Это явление имеет исключительно важное значение и точно учтено при установлении температур и влажностей воздуха, соответствующих разным градиентам влажности дерева при различных режимах сушки. Если сушка дерева производится при более высоких температурах, чем это указывается соответствующей таблицей режимов, то необходимо поддерживать и более высокую относительную влажность воздуха, так как в противном случае возможно появление поверхностной засухи и растрескивания. Правильно рассчитать, насколько следует увеличить относительную влажность воздуха при повышении его температуры в целях сохранения разницы парциальных давлений, т.е. сохранения парциального давления водяного пара влаги в дереве и парциального давления водяного пара воздуха, в практике почти невозможно, да и не так необходимо. Достаточно при повышении температуры несколько поднять относительную влажность воздуха, ибо более высокие температуры вызывают более интенсивное продвижение влаги, вследствие чего может быть допущено и несколько более сильное испарение с поверхности без риска получить слишком большие перепады влажности по сечению материала. В случае повышения только температур, без поднятия относительной влажности воздуха, материал может подвергнуться поверхностной засухе, растрескиванию и пр., так как вследствие неравномерной сушки по толще материала в нем возникнут разные напряжения. При сушке требуется большая осторожность, причем считается, что нужно руководствоваться следующим правилом: процессе сушки нельзя регулировать только путем изменения относительной влажности воздуха или же только изменением одних температур, а исключительно путем одновременного изменения как температуры, так и относительной влажности воздуха.

В настоящее время существует также и другая точка зрения в отношении построения режимов сушки.

Мэдисонская лаборатория в САСШ и Сушильная лаборатория Центрального научно-исследовательского института древесины Наркомлеса заняты разработкой режимов с постоянными температурами и переменными относительными влажностями воздуха.

Принцип, положенный в основу этой работы, заключается в следующем: для каждой древесной породы существует такая температура, при которой относительное удлинение ее имеет свой максимум. Следовательно, если сушить данную древесную породу только при наимыгоднейшей для нее (оптимальной) температуре, то древесина будет легче противостоять всем возникающим во время сушки напряжениям,

а вместе с тем будет уменьшаться и возможность появления разнообразных дефектов, как то: растрескивания, свищей, коробления и пр.

Мэдисонская лаборатория провела работы с буковой древесиной с оптимальной температурой в 43°C , при которой и получила наилучшие результаты сушки.

Сушильная лаборатория Института древесины проводит аналогичные работы с дубом, березой и сосной.

Глава седьмая

СУШИЛА ДЛЯ ДЕРЕВА

47. РАЗВИТИЕ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

Уже давно было установлено, что естественная сушка дерева для изготовления мебели и других аналогичных производств недостаточна. Прототипом искусственной сушки является выдержка материала, после естественной его сушки, в течение некоторого времени в теплой мастерской. Первым шагом к применению искусственной сушки было устройство специальных помещений для выдержки материала.

Впервые настоящие сушила были построены в Европе и состояли из помещения с решетчатым полом, под которым помещалось отопительное устройство. В этом сушиле нагретый воздух вместе с дымом попадал под штабель, и проходил по зазорам штабеля омывал материал и затем выходил через вытяжную трубу наружу; считалось что лучшая сушка получалась при отапливании сушилки сучьями той же древесной породы, которая подвергалась сушке. У некоторых сушил над отопительным устройством,

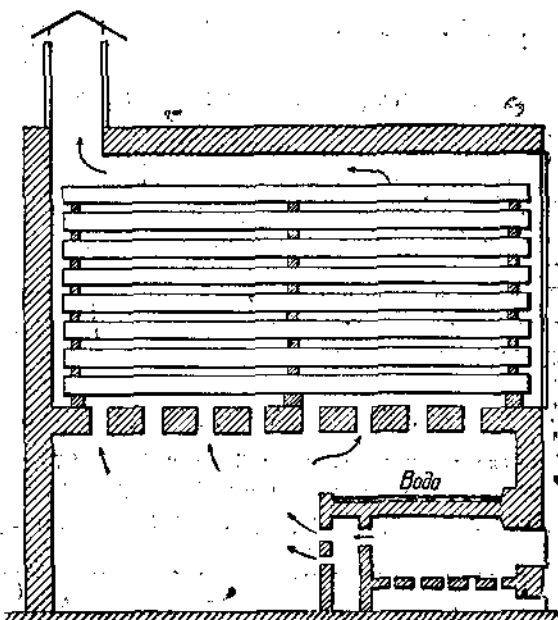


Рис. 26. Старый тип сушила с дымовыми газами

устанавливался открытый резервуар с водой (рис. 26). Подобные простые сушильные устройства постепенно превратились в современные сушила.

Несколько десятилетий тому назад было оценено значение, которое имеет относительная влажность воздуха при сушке дерева, в связи с

чем сильно рекламировались «влажно-воздушные сушила». В основном такие сушила мало чем отличались от других применявшихся сушил, но они имели уже некоторые простейшие приспособления для регулирования относительной влажности воздуха.

Применение наклонной штабелевки, различных искусственных побудителей циркуляции воздуха, конденсаторов, перегретого пара и пр. являются дальнейшими стадиями искусственной сушки. Сушила с реверсивным движением воздуха и с автоматическим регулированием процесса сушки — результат новейших усовершенствований.

Об окончательном развитии сушильных устройств конечно не приходится говорить. Как указывает Варлимонт, в Америке процесс сушки рассматривается главным образом с точки зрения изменения физических свойств дерева, в Германии же делаются попытки разрешить вопросы, связанные с происходящими при сушке дерева химическими изменениями.

48. КЛАССИФИКАЦИЯ СУШИЛ

Существует много различных систем сушил, различающихся между собой особенностями конструкций. В зависимости от характера работы сушила разделяются на камерные (периодического действия) и коридорные (непрерывного действия). Коридорные сушила применяются, главным образом, на лесопильных заводах и на производствах, потребляющих большое количество однородного и легко высушиваемого материала, камерные же там, где требуется небольшое количество разнородного или же трудно поддающегося сушке материала (лиственные древесные породы, хвойный толстомер), а также когда требуется особо высокое качество высушиваемого дерева.

При массовой переработке на лесопильных заводах в настоящее время хвойных материалов могут иметь применение обе системы сушил.

По способу регулирования влажности воздуха сушила можно разделить на конденсационные и вентилируемые, по способу циркуляции воздуха — на сушила с естественной и искусственной циркуляцией.

49. СУШИЛА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Сушила непрерывного действия (рис. 27) представляют собой помещение длиной от 18 до 100 м (обычно 30—45 м). Материал загружается с одного конца сушила (сырого) и постепенно продвигаясь по тоннелю,



Рис. 27. Сушило непрерывного действия

выходит уже высушенным с другого конца сушила. Состояние воздуха (температура и относительная влажность его) в каждом отдельном участке сушила постоянно одно и то же, так что материал при продвижении по сушилу проходит все ступени режима сушки, от низкой температуры и высокой относительной влажности воздуха до высокой температуры воздуха с низкой относительной влажностью. Материал передвигается вдоль сушила на тележках по рельсовому пути, имеющему для более легкого продвижения тележки с грузом некоторый уклон в сторону разгрузочного конца сушила. На разгрузочном (сухом) конце сушила воздух наиболее сухой и нагретый. Сушка ведется по специальным расписаниям-режимам.

50. СУШИЛА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Длина сушил периодического действия обычно от 6 до 15 м, но строятся также и длиной свыше 30 м. В противоположность сушилу непрерывного действия материал в камерном сушиле находится в течение всего процесса сушки в неподвижном состоянии, причем по всей камере состояние воздуха одинаково и изменяется оно через определенные промежутки времени. Камерное сушило загружается и разгружается целиком, сушило же непрерывного действия — постепенно, по мере выхода высушенного материала. Камерные сушила имеют

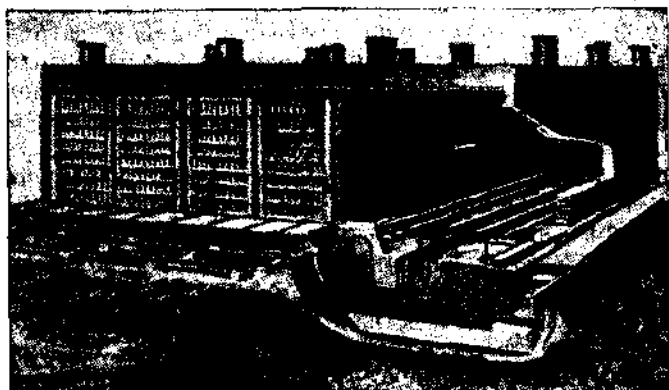


Рис. 28. Сушило периодического действия

двери только с одной стороны. Рельсовые пути в камерном сушиле не обязательны, так как внутри такового не происходит передвижения тележек с материалом, который может выкладываться на простых лежаках. В более крупных камерах для облегчения работ по загрузке и разгрузке обязательно применяется укладка на специальные тележки. На рис. 28 показаны сушила периодического действия.

51. СОПОСТАВЛЕНИЕ СУШИЛ НЕПРЕРЫВНОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Отдать безусловное предпочтение той или иной системе сушил нельзя; при выявлении их преимуществ следует принимать во внимание

количество предназначенного к сушке лесоматериала, древесную породу, подлежащую сушке, территориальное размещение сушиль и т. п.

Преимущества сушила непрерывного действия следующие.

1. При одной и той же производительности стоимости постройки одной камеры непрерывного действия ниже стоимости нескольких камер сушиль периодического действия, так как в первом случае требуется меньше строительных работ, оборудования и подъездных путей.

Как указывает Варлимонт, сравнивать сушило непрерывного действия с одной камерой периодического действия равной емкости было бы неправильно, так как основное назначение второго типа сушиль это — одновременная сушка небольших количеств разнородного материала.

2. Упрощение обслуживания вследствие того, что состояние воздуха, оставаясь постоянным после отрегулирования режима для сушки какого-либо определенного материала, проходящего через все ступени установленного по длине тоннеля режима (расписания сушки), не требует частых изменений.

3. Постепенность поступления материала после сушки; через определенные промежутки времени из сушила выкатывается тележка с высушенным материалом и загружается одна тележка с влажным материалом. Обратное явление наблюдается при сушке в сушилах периодического действия, которые одновременно целиком загружаются и разгружаются; однако и здесь, при наличии большого количества сравнительно небольших камер и при тщательной организации дела, возможно также наладить некоторую постепенность поступления высушенного материала.

При прочих равных условиях применение сушилок непрерывного действия имеет те преимущества, что они не требуют большой территории для складов сырого материала, а при правильной укладке работы сушила с производством отпадает необходимость постройки дополнительных складов для сухого материала.

4. Сушила непрерывного действия с продольным движением воздуха более выгодны в смысле расхода тепла при сушке свежесрубленного материала: если рабочий воздух, поступая в сушило с сухого конца, отводится в сыром его конце почти в насыщенном и охлажденном состоянии, то это означает, что рабочий воздух совершил всю возможную для него работу по испарению влаги. В сушилах периодического действия имеет место обратное явление, а именно отработанный воздух уходит из сушила в ненасыщенном состоянии, причем в конце процесса он имеет сравнительно высокую температуру, вследствие чего теряется большое количество тепла; аналогичное явление наблюдается и в сушилах непрерывного действия при досушке уже предварительно подсушенного материала.

Мнение относительно выпуска воздуха из камерных сушиль в состоянии незначительного насыщения, и благодаря этому наличия в них больших потерь тепла с отходящим воздухом, принципиально неверно и не может распространяться, как правило, на все камерные сушила. Это зависит в каждом отдельном случае от ряда причин, главным обра-

зом от конструкции камеры. (См. описание сушил периодического действия Грум-Гржимайло и «Националь»).

Сушила периодического действия имеют следующие преимущества:

1. В противоположность сушилам непрерывного действия, требующим длинных построек и дверей с обоих концов здания, сушила периодического действия ограничиваются дверьми с одной стороны и сравнительно коротким зданием. Таким образом эти сушила не требуют так много места, как сушила непрерывного действия.

2. Сушить периодически можно и небольшие партии, в сушилах же непрерывного действия для получения хороших результатов необходимы полная загрузка и непрерывность работы.

3. Если необходимо сушить одновременно разный по сорту, толщине и степени влажности материал, то в сушилах непрерывного действия невозможно получить хорошие результаты. При камерной же сушке каждая камера загружается исключительно однородным материалом, вследствие чего возможен индивидуальный подход к сушке того или иного лесоматериала.

4. Процесс сушки ничем не нарушается, в сушилах же непрерывного действия при каждой загрузке и разгрузке вагонетки открываются двери, что безусловно мешает нормальному развитию процесса сушки.

5. Процесс сушки может быть тщательнейшим образом подобран к каждому сортименту и породе, вследствие чего получаются и значительно лучшие результаты.

6. Лесоматериал, если это вызывается необходимостью, может быть увлажнен или же оставлен после сушки на некоторое время в сушиле для остывания. В сушилах непрерывного действия, напротив, какую-либо особую обработку части загруженного материала производить не представляется возможным.

В особенности трудно в процессе сушки применять с целью устранения поверхностной засушки увлажнение отдельной части материала без того, чтобы не распространить его действия и на остальную часть загруженного материала.

В условиях СССР, когда деревообделочное хозяйство строится по типу больших комбинатов с массовым выпуском стандартных изделий и с учетом необходимости просушки всего пиломатериала, выпускаемого лесопильными заводами как для целей экспорта, так и для внутреннего рынка, несомненно, должно иметь место применение сушил непрерывного действия, которые при меньших затратах площади и капитала имеют большую пропускную способность, чем сушила периодического действия, требующие прекращения процесса сушки по высушке каждой отдельной партии лесоматериала. Сушила периодического действия применимы, главным образом, для мелких хозяйств и деревообделочных производств, требующих разносортного материала в сравнительно небольших количествах.

Вообще выбор того или иного типа сушила зависит в каждом отдельном случае от назначения высушиваемого материала, количества его и других условий.

52. СУШИЛА ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ И КОНДЕНСАЦИОННЫЕ

Вентилируемыми сушилами называются такие, у которых регулирование степени относительной влажности воздуха происходит путем выхлопа насыщенного и добавления части свежего воздуха.

В конденсационных сушилках циркулирует постоянное количество воздуха, относительная влажность которого регулируется специальным конденсационным устройством.

Сушила непрерывного и периодического действия устраиваются как конденсационные, так и вентиляруемые.

53. РАЗЛИЧНЫЕ ВИДЫ СУШИЛ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

а) ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ СУШИЛА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ.

Устройства сушил непрерывного действия различаются между собой расположением отверстий для впуска и выхлопа воздуха и соответственно с направлением движения его в сушиле. Различия в размещении нагревательных приборов имеют второстепенное значение. Направление движения рабочего воздуха в сушилках непрерывного действия почти всегда происходит вдоль тоннеля. Воздух входит в приточный канал, расположенный под штабелями в сухом конце сушила и затем через окна канала поступает в тоннель; приточные каналы тянутся почти до половины длины сушила. Иногда сушила делаются без приточных каналов и тогда для подачи воздуха в сушило используется свободное пространство, находящееся под рельсовыми путями тоннеля. Приточные каналы часто устраиваются не только до половины длины сушила, но протягиваются даже до другого (сырого) конца. (рис. 29).

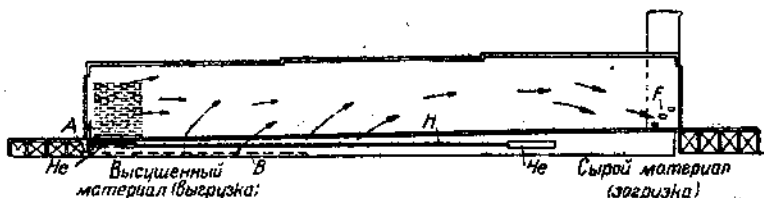


Рис. 29. Сушило непрерывного действия с естественной циркуляцией.
А—входное отверстие для воздуха, В—приточный канал, H—калорифер,
F—отверстия для отвода отработанного воздуха

Поступающий в сушило рабочий воздух прежде всего омывает наиболее высушенный материал, затем на своем пути к сырому концу забирает из материала испаренную влагу и одновременно охлаждается. Таким образом более влажный материал омывается воздухом с более низкой температурой и с большей относительной влажностью, чем подсушенный материал. Направление движения воздуха противоположно направлению движения материала, т. е. в данной конструкции имеется противоток. В этих сушилках выходные отверстия для выхлопа воздуха находятся в переднем ее (сыром) конце на уровне или немного выше нижнего уровня тележки; через выходные отверстия воздух пона-

дает в вытяжные трубы и выводится наружу. В отдельных сушилках непрерывного действия движение воздуха происходит в направлении движения материала, но такое движение воздуха, применяемое при сушке фруктов и овощей, совершенно не оправдывает себя при сушке лесоматериалов.

В сушилках непрерывного действия почти всегда применяется естественная циркуляция; иногда при входе воздуха циркуляция его усиливается пароструйными приборами. В САСШ сушилка непрерывного действия с искусственной циркуляцией применяются весьма редко.

В Германии, наоборот, сушилка непрерывного действия встречаются весьма часто.

В некоторых сушилках непрерывного действия циркуляция воздуха осуществляется в поперечном направлении. В таких сушилках отверстия для выхода воздуха расположены вдоль тоннеля вблизи потолка или под самым потолком, некоторые же отверстия расположены довольно низко над настилом и распределяются по всей длине сушилки, за исключением небольшого участка в сыром конце.

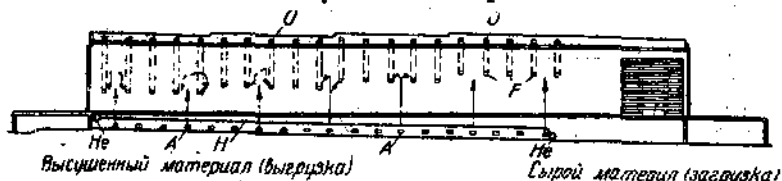


Рис. 30. Сушилка непрерывного действия с естественной циркуляцией.
А—входное отверстие для воздуха, В—отверстия для отвода отработанного воздуха, К—калорифер

Калориферные устройства устанавливаются под рельсовыми путями на протяжении $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ длины сушилки. В сыром конце калорифер не устанавливается, а имеется лишь труба для подвода острого пара. Пар поступает в нагревательные приборы обычно в сухом конце сушилки, кроме того сухой конец для получения требуемого количества тепла и поддержания определенной высокой температуры снабжается большей поверхностью нагрева отопительных приборов.

б) КОНДЕНСАЦИОННЫЕ СУШИЛКИ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Конденсационные сушилки непрерывного действия строятся весьма редко. Для получения достаточной циркуляции воздуха в них кроме конденсатора и соответствующей поверхности нагрева отопительных приборов требуется установка побудителей, которые обычно располагаются в специальном помещении рядом с тоннелем. Воздух отсасывается с сырого конца, а затем через конденсатор и отопительные приборы подводится к сухому концу сушилки.

54. РАЗНЫЕ ВИДЫ СУШИЛ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

а) ВЕНТИЛИРУЕМЫЕ СУШИЛКИ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Сушилки этой конструкции имеют наибольшее распространение. При естественной циркуляции воздух подается через приточный канал,

расположенный на полу сушила и имеющий отверстия на своей верхней части. Выход воздуха осуществляется в сушила с естественной циркуляцией через вытяжные отверстия, расположенные почти всегда внизу боковых стен и сообщающиеся с вытяжными шахтами, посредством которых отработанный воздух выпускается наружу. Если клапан *D* (рис. 31) закрыт, то сушило работает без добавочного воздуха.

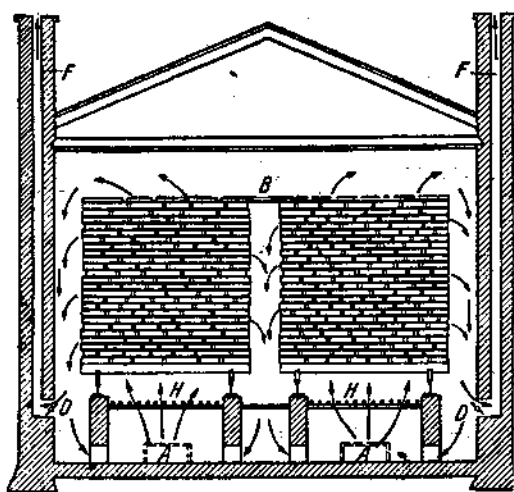


Рис. 31. Поперечный разрез сушила периодического действия с естественной циркуляцией. *A*—входное отверстие для воздуха, *F*—вытяжные шахты, *D*—шибера вытяжных отверстий, *H*—калорифер, *B*—экран для регулирования циркуляции

В некоторых конструкциях вытяжные отверстия располагаются ниже настила, в других же даже наверху боковых стен.

Варлимонт высказывает сомнения относительно движения воздуха, указывая, что естественный путь сухого, теплого воздуха — снизу вверх. Производя работу при сушке материала, воздух охлаждается, делается тяжелее и опускается; одновременно воздух, поглощая влагу материала, уменьшается в весе, но это в конечном счете перекрывается увеличением веса воздуха от охлаждения, и он всегда стремится вниз. Циркуляция воздуха более подробно разобрана ниже.

В некоторых конструкциях для усиления движения воздуха в вытяжных шахтах устанавливаются нагревательные трубы.

Отопительные приборы почти всегда размещаются под штабелями, в редких случаях между ними.

В сушилах с искусственной циркуляцией воздуха особенно легко осуществляется приток свежего и выхлоп отработанного воздуха или смешение того и другого. Приборы для усиления циркуляцией помещаются вне камер.

Оригинальной конструкцией является сушило с винтовыми вентиляторами, установленными на общем валу, расположенном на полу вдоль сушила.

Вращение вентиляторов, а в связи с этим и направление циркуляции, может меняться в ту и другую сторону, т. е. возможно реверсивное движение воздуха. В сушилах такой конструкции достигается особая равномерность сушки, так как сухой воздух входит в штабель попеременно то с одной, то с другой стороны.

Относительно переменного направления воздуха в сушилах Варлимонт делает замечания, что в большей части конструкций сушил с искусственной циркуляцией перемена направления движения воз-

духа осуществляется посредством особого устройства воздухопроводов, снабженных клапанами или шиберами.

Сравнивая два способа получения в камерах реверсивного движения воздуха, указанных Колером и Варлимонтом, следует признать, что осуществление реверсивности движения воздуха при помощи переключения воздухопроводов оправдывает себя только в том случае, когда в штабеле не требуется больших скоростей воздуха. При больших же скоростях возникают колоссальные сопротивления в этих воздухопроводах, и вследствие этого вентиляционную установку приходится делать большой мощности, что уже становится крайне нежелательным как по конструктивным, так и по экономическим соображениям.

Кроме описанных выше сушил имеются еще сушила, работающие «сухим воздухом», «горячим воздухом» и «перегретым паром».

В сушилах, работающих «сухим воздухом», относительная влажность воздуха не регулируется. Сушка происходит при низких температурах и в очень длительные сроки. Чем медленнее сушка, тем лучшие результаты могут быть достигнуты. Эти камеры напоминают сушила, существовавшие в начале развития сушильной техники. Медленность сушки говорит против этих сушил, так как обычно от искусственной сушки требуется достаточная быстрота процесса, вследствие чего нельзя отказаться от применения влажного воздуха и, следовательно, от его регулирования.

Сушила, работающие «горячим воздухом» (температура воздуха 90—110°), имеют слабую циркуляцию. Процесс сушки идет очень быстро; обмен воздуха минимальный, вследствие чего влажность его весьма значительна. Подобной сушке могут подвергаться только весьма нетребовательные хвойные породы, причем только в тех случаях, когда требуется понижение влажности материала в целях экономии транспортных расходов, а не планомерная сушка.

Возможность применения для сушки вместо воздуха перегретого пара основывается на том, что последний при охлаждении поглощает влагу. Сушка перегретым паром применяется только для тех древесных пород, которые выносят без каких либо затруднений, температуру выше 100°. Следует иметь в виду, что поглощение влаги при температуре пара ниже 100° останавливается, а при дальнейшем охлаждении начинается даже конденсация его, в результате чего процесс сушки замедляется; следовательно, температура перегрева должна быть весьма высокой, или же пар должен прогоняться через штабель с большой скоростью, чтобы возможность охлаждения его ниже 100° была совершенно исключена; таким образом, чем больше скорость движения пара в сушиле, тем меньшая требуется температура перегрева. При таком способе достигается большая скорость сушки однако при недостаточном использовании тепла.

6) КОНДЕНСАЦИОННЫЕ СУШИЛА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Следует различать четыре конструкции конденсационных сушил:

1. Сушила с поверхностным конденсационным устройством, расположенным как вентиляторы и отопительные приборы, вне камеры.

2. Сушила с поверхностным конденсационным устройством, расположенным в самой камере. Влажность воздуха в сушилке регулируется температурой воды в конденсационном устройстве, т. е. скоростью прохождения воды по конденсационным трубам. Получение достаточной циркуляции воздуха в таких сушилках часто весьма затруднительно, в особенности в начале процесса, когда именно важно иметь интенсивную циркуляцию воздуха.

Указания американцев на недостаточную циркуляцию воздуха в конденсационных сушилках при сушке лесоматериала, хотя бы даже в начале процесса, не совсем правильны. Скорость движения воздуха в штабелях этих сушилок не меньше, чем в любом сушилке с естественной циркуляцией.

3. Сушила с водоструйными конденсационными устройствами (патент Г. Д. Тимана), в которых водоструйные приборы располагаются рядами вдоль боковых стен, отопительные же приборы устанавливаются под штабелями (рис. 32). По выходе из калорифера нагретый

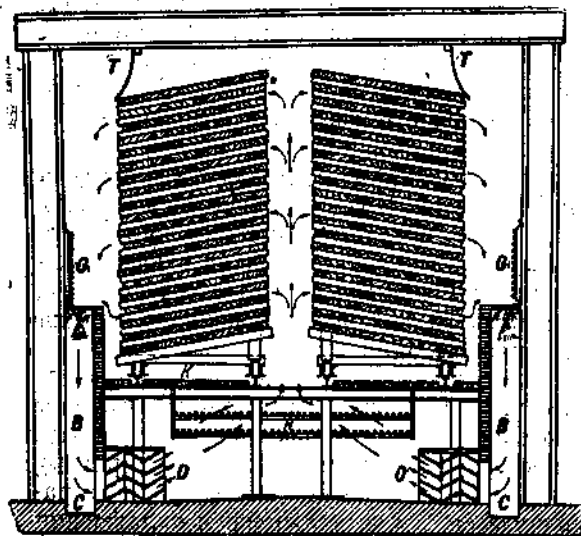


Рис. 32. Схема конденсационного сушилка периодического действия водоструйными приборами, Н—калорифер, Г—конденсатор, М и Н—водоструйные приборы, В—камера разбрызгивания, С—отверстие для входа воздуха, D—ловитель воды, Т—матерчатые экраны

воздух поднимается, идет в горизонтальном направлении через зазоры штабеля к продольным стенам камеры, где находятся конденсационные устройства, проходит через них и уменьшает влажностное содержание до требуемой степени влажности. Водяные фонтанчики способствуют продвижению воздуха вниз. Обезвоживатели D (рис. 32) удерживают частицы осажденной воды, затем воздух поступает к отопительным приборам, нагревается и снова поднимается. Установление той или иной влажности воздуха производится здесь также, как и в

предыдущем сушилке, регулированием температуры воды. Эта конструкция имеет большие преимущества, так как циркуляция воздуха, температура и влажность его не зависят друг от друга.

4. Сушила с конденсацией на пористых тканях. Раньше эти сушилки устраивались сплошь (стены, потолок) из какой-либо ткани; оборудование такого сушилка производилось внутри здания. Отопительные приборы помещались вдоль одной стены, а циркуляция осуществлялась искусственным путем. Нагретый влажный воздух при соприкос-

повении с более холодной тканью отдает часть своей влаги этой ткани, которая, в свою очередь, испаряет ее с обратной стороны в окружающую среду.

Более поздняя конструкция имеет жесткие стены; внутри, на расстоянии 30 см от боковых стен, устроены стенки из натянутой ткани. Между жесткими и матерчатыми стенами прогоняется снизу вверх, при помощи вентиляторов, холодный воздух, который поглощает осаждающуюся внутри сушила на матерчатых стенах влагу; этот воздух проходит только снаружи матерчатых стен сушила и ни в коем случае не приходит в соприкосновение с сушимым материалом. Циркуляция воздуха в камере осуществляется находящимся снаружи вентилятором. Отопительные приборы располагаются, как обычно, внизу под штабелями. Поперечный разрез такого сушила представлен на рис. 33.

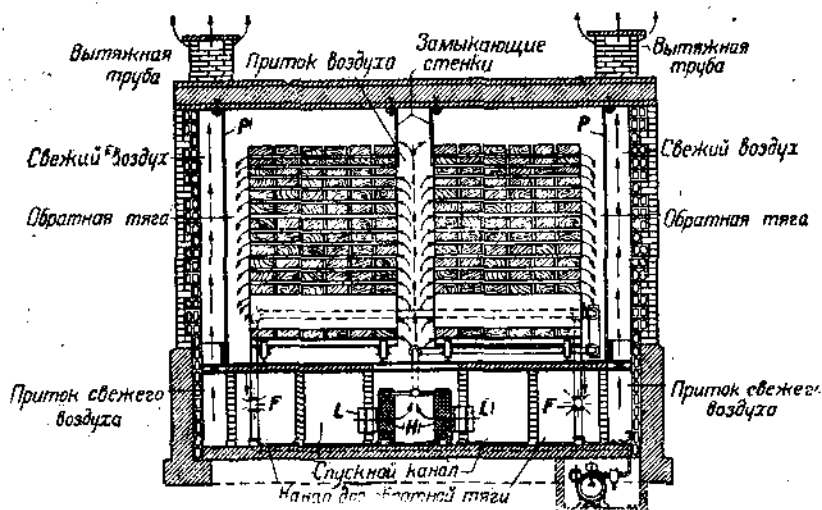


Рис. 33. Сушила периодического действия с конденсатором в виде матерчатых стен

Варлимонт указывает, что в Германии конденсационные сушила почти совсем неизвестны.

55. СОПОСТАВЛЕНИЕ ВЕНТИЛИРУЕМЫХ И КОНДЕНСАЦИОННЫХ СУШИЛ

Большая хозяйственная целесообразность применения той или иной конструкции зависит от целого ряда привходящих обстоятельств, вследствие чего какого-либо определенного суждения по этому вопросу быть не может. Стоимость постройки вентилируемого сушила ниже, чем конденсационного, так как отпадают расходы на дорогие стоящие устройства последнего.

Понижение влажности воздуха в вентилируемых сушилах производится исключительно путем добавления того или иного количества

наружного воздуха, благодаря чему создается некоторая зависимость от состояния этого наружного воздуха: конденсационные сушила совершенно не зависят от каких-либо внешних факторов, а потому в них возможно более тщательное регулирование процесса сушки, необходимость которого тем большая, чем труднее лесоматериал поддается сушке.

Сказать что-либо определенное об эксплуатационных расходах как на этих сушилах, так и на других весьма трудно. Согласно многочисленным наблюдениям качество материала, получаемое при сушке в конденсационных сушилах, почти полностью перекрывает высокую стоимость постройки последних и их дополнительные эксплуатационные расходы.

Конденсационные сушила в СССР получили незначительное распространение, имеющиеся же в большинстве случаев страдают рядом конструктивных недостатков. Малое распространение этих сушил объясняется главным образом существующим до сих пор мнением об экономической нецелесообразности их постройки; однако как указывалось выше, все дополнительные по сравнению с другими типами сушил расходы покрываются за счет получения материала исключительно хорошего качества.

Проведенные сушильной лабораторией Центрального научно-исследовательского института древесины испытания конденсационного сушила также указывают на целый ряд отдельных факторов, говорящих в пользу этих сушил.

Так Институт древесины делает следующие выводы:

- 1) принцип устройства вполне обеспечивает нормальное регулирование сушильного процесса;
- 2) скорости движения воздуха в штабеле обеспечивают нормальные сроки сушки в конденсационных сушилах;
- 3) конечный процент колебания влажности отдельных досок не превышает 3;
- 4) расход пара на 1 м³ материала в час равен 2,99 кг.

Все эти данные, несомненно, говорят за то, что конденсационные сушила являются одними из немногих типов, заслуживающих серьезного внимания, особенно для сушки ответственных лесоматериалов.

56. СУШИЛА ДЛЯ ФАНЕРЫ

Тонкая фанера сушится совершенно иначе, чем доски и брусья, а также и толстая фанера, которая весьма часто сушится, как и прочий лесоматериал. На рис. 34 показан продольный разрез сушила непрерывного действия для толстой фанеры; отопительные приборы расположены в сухом конце сушила; циркуляция воздуха осуществляется посредством вентилятора, установленного у сырого конца сушила, отсасывающего отработанный воздух, во всем остальном такое сушило вполне аналогично сушилам для досок.

Специальные сушила для фанеры разделяются на два основных типа:

1. Сушила непрерывного действия в виде вытянутого короба длиной 15—30 м, высотой примерно 2,5 м и шириной 2—4 м. Стены и



Рис. 34. Сушило непрерывного действия для фанеры с искусственным движением воздуха

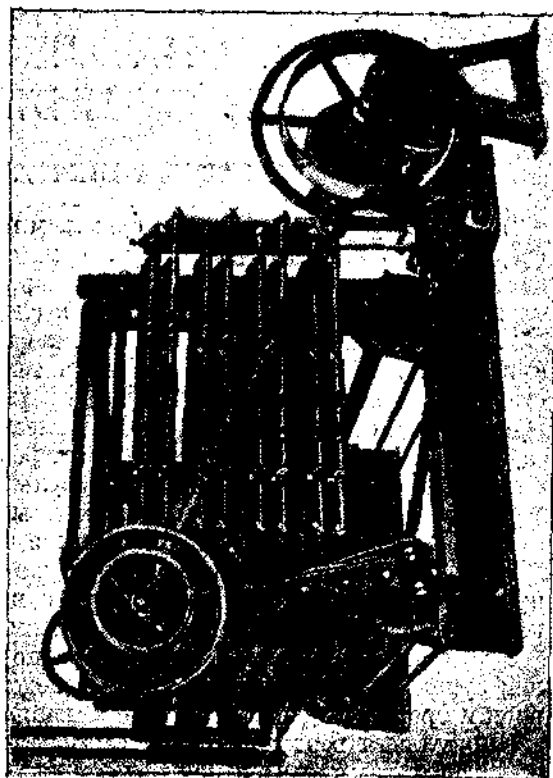


Рис. 36. Дыхательный пресс для сушки фанеры



Рис. 35. Конвейерное сушило для фанеры

Потолок сушила делается главным образом из железа и жести. Циркуляция воздуха происходит вдоль сушила; состояние воздуха устанавливается согласно принятому режиму сушки. Листы фанеры передвигаются в сушила посредством попарно расположенных живых валиков или движущейся ленты. Скорость движения материала может меняться по мере надобности (рис. 35).

2. Сушильные (дыхательные) прессы состоят из некоторого количества полых плит (коробчатых калориферов), нагреваемых паром и устанавливаемых горизонтально или вертикально в металлической раме. При помощи соответствующего механизма каждая пара плит плотно сжимается на время от 5 секунд до 5 минут, затем снова отсрывается на короткое время, в течение которого происходит удаление испаренной влаги и усадка фанеры. Во время сжатия плит листы фанеры сильно нагреваются и в то же время прессуются. Сушка продолжается, в зависимости от сорта и толщины фанеры до 30 мин. (рис. 36).

Глава восьмая

СУШИЛА, ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОЗДУХА И ШТАБЕЛЕВКА ЛЕСОМАТЕРИАЛА В СУШИЛАХ

57. ЗАДАЧИ ЦИРКУЛЯЦИИ

Если циркуляция воздуха в сушиле и не является фактором, непосредственно влияющим на сушку лесоматериала, то во всяком случае она необходима и без нее нельзя обойтись. Работа, производимая в сушиле циркуляцией воздуха, состоит в следующем:

1. Благодаря движению воздуха тепло подводится к лесоматериалу и в последнем поддерживается такая температура, которая способствует быстрому удалению влаги и непрерывному ее испарению. Испарение всегда сопровождается охлаждением воздуха. Кроме того тепло также расходуется лучеиспусканием через наружные ограждения, и если бы не было циркуляции, то в результате указанных охлаждений в сушиле образовывались бы охлажденные зоны; циркуляция устраняет возможность образования таких зон.

2. Только благодаря движению воздуха возможно удалить испаренную влагу из вентилируемых сушил, а в конденсационных сушилах подать ее к конденсационным устройствам.

Количество испаряемой влаги особенно велико в начале процесса при сушке свежесрубленного леса, вследствие чего именно в этот период и требуется достаточно интенсивная циркуляция.

Циркуляция воздуха должна быть равномерной и интенсивной во всех зонах камеры. При неудовлетворительной циркуляции воздух в некоторых частях сушила становится более холодным и влажным и

не дает возможности дереву достаточно просыхать, а в некоторых случаях материал даже покрывается плесенью. Если например температура воздуха при входе в штабель равна 54° , а его относительная влажность 66%, в другой же части сушилка температура воздуха равна 46° при той же абсолютной влажности, то согласно кривым на рис. 24 получается, что во втором случае воздух полностью насыщен, и никакой сушки в этой части камеры происходить не может.

Правда, воздух и водяной пар и при отсутствии какой-либо циркуляции постепенно распространяются по всей камере, но этот процесс протекает чрезвычайно медленно, благодаря чему для сушки лесоматериалов он не имеет никакого практического значения.

Таким образом только посредством циркуляции возможно добиться равномерной температуры и влажности воздуха по всей камере и поддержания однородных условий во все время процесса сушки. Но и при самой совершенной циркуляции воздух при входе в штабель всегда имеет более высокую температуру, чем при выходе из него, вследствие чего материал со стороны входа воздуха сохнет скорее, чем со стороны его выхода.

Барлимонт указывает на то, что работа, производимая воздухом, состоит в отнятии от материала влаги, которое сопровождается некоторой затратой тепла, чем и обуславливается большая влажность и меньшая температура выходящего из штабеля воздуха, нежели входящего в него.

Иногда высказывается предположение, что циркуляция воздуха ускоряет процесс сушки: это предположение правильно, поскольку и лесоматериалу посредством циркуляции подводится тепло, и уносится, испаренная из дерева влага, но циркуляция, как таковая, не оказывает никакого влияния на испарение.

Влияние циркуляции на ускорение процесса сушки обуславливается тем, что она не дает возможности образовываться около поверхности материала тонкому слою воздуха с высокой влажностью. Образование такого слоя вызывается тем, что в воздушной среде, соприкасающейся с влажной поверхностью, получается слой воздуха с более высокой, чем в удаленных слоях содержанием влажности, который и замедляет дальнейшее испарение влаги из материала. Чем интенсивнее циркуляция, тем меньше возможность образования около материала такого слоя, и тем суше воздух, приходящий в соприкосновение с лесоматериалом; отсюда следует, что при более интенсивной циркуляции следует применять и большую относительную влажность воздуха, чем при медленной циркуляции. Применение более интенсивной циркуляции, чем это требуется для удаления испаряемой влаги, не рекомендуется, так как таковая, хотя и будет способствовать некоторому ускорению процесса испарения влаги с поверхности, однако не сможет ускорить продвижения влаги из центральных слоев древесины к наружным, а быстрота сушки, как указывалось выше, зависит, главным образом, от этого процесса.

Таким образом из изложенного следует, что процесс сушки регулируется не циркуляцией воздуха, а только температурами и относительной влажностью его.

58. СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ЦИРКУЛЯЦИИ ВОЗДУХА

а) ЕСТЕСТВЕННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

Естественная циркуляция воздуха основывается на разнице удельных весов теплого (более легкого) и холодного (более тяжелого) воздуха.

Высказываемое иногда предположение, что воздух после прохождения через штабель опускается благодаря увлажнению за счет выпаренной из материала влаги, неправильно; воздух опускается потому, что при прохождении через штабель он охлаждается и становится вследствие этого более тяжелым; при одинаковых температурах влажный воздух легче сухого, так как водяной пар легче воздуха, благодаря чему увеличение влажности воздуха приводит к уменьшению удельного веса.

Удельный вес водяного пара по отношению к удельному весу воздуха, принятому за единицу, равен 0,6233. Так например 1 м³ совершенно сухого воздуха (0% влажности) при 60° и атмосферном давлении (760 мм рт. ст.) весит 1,060 кг, а 1 м³ насыщенного воздуха (относительная влажность 100%) при той же температуре и при давлении — 0,981 кг.

Естественная циркуляция воздуха имеет то преимущество, что если получается в камере зона с более низкой температурой, то воздух в этой охлажденной зоне стремится опуститься, а теплый воздух занимает его место, благодаря чему температура в камере выравнивается.

Основным недостатком естественной циркуляции является то, что при отсутствии тщательной штабелевки движение воздуха происходит очень медленно и вследствие этого циркуляция бывает недостаточной.

б) ИСКУССТВЕННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

Большей частью искусственная циркуляция рассматривается как средство, стимулирующее естественную циркуляцию. Искусственная циркуляция, как таковая, имеет тот недостаток, что движение воздуха независимо от его температуры и влажности происходит по пути наименьшего сопротивления, в то время как при естественной циркуляции наиболее интенсивное движение воздуха происходит в местах наивысших перепадов температуры; вследствие такого несовершенства искусственной циркуляции следует, по возможности, создавать движение воздуха механическими побудителями в том же направлении, в каком он проходил бы при исключительно естественной циркуляции.

Не следует думать, что воздух вследствие сообщенной ему скорости распределяется равномерно по всему штабелю, он лишь переходит от точек с высоким к точкам с более низким давлением.

Само собой разумеется, что на циркуляцию воздуха влияет также и способ штабелевки, который должен обеспечивать равномерность омывания материала в штабеле. В случае необходимости для придания потоку воздуха надлежащего направления применяются экраны.

Искусственная циркуляция осуществляется двумя способами:

1) водоструйными или пароструйными приспособлениями и 2) центробежными или винтовыми вентиляторами.

Водоструйные приборы применяются в конденсационных сушилах с разбрызгивателями, в которых они являются и побудителями движения воздуха; пароструйные приборы находят себе применение почти в каждом сушиле и служат главным образом для увлажнения воздуха в камере; вместе с тем при соответствующей установке они могут служить также и для создания циркуляции, но при этом их действие далеко не так сильно, как у вентиляторов.

Вентиляторы являются наиболее действительным средством для создания циркуляции воздуха в сушиле и находят все большее и большее применение в сушильном деле.

59. ЦИРКУЛЯЦИЯ В СУШИЛАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Движение воздуха в камере может быть продольным, когда поток воздуха движется вдоль камеры, и поперечным, когда воздух движется поперек. Первое применяется в сушилах непрерывного, а второе в сушилах периодического действия. На прилагаемых рисунках стрелки указывают лишь основное направление циркуляции; под влиянием каких-либо местных причин в камере возможны еще побочные местные движения воздуха.

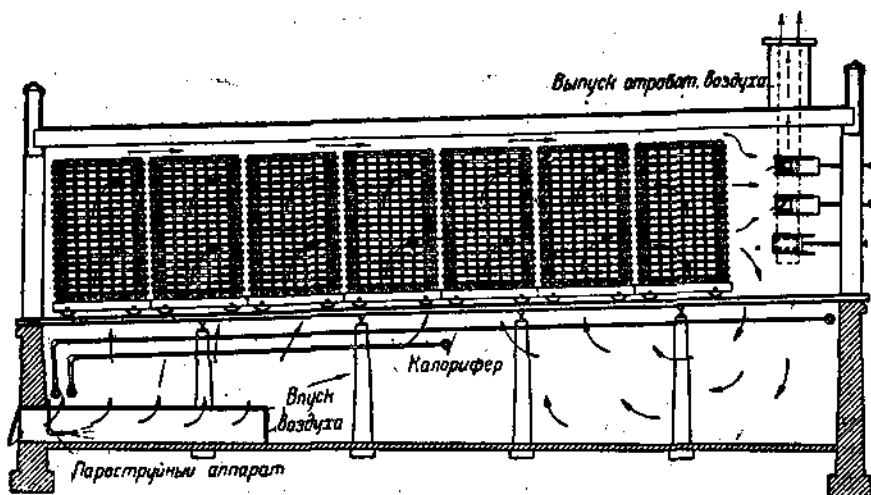


Рис. 37. Схема циркуляции воздуха в сушилах непрерывного действия

На рис. 37 показан продольный разрез сушила непрерывного действия, стрелками показано общее направление циркуляции. Наружный воздух входит в сушила в сухом конце его через приточный канал, тут же установлены пароструйные аппараты для орошения пара, служащего для увлажнения воздуха и стимулирования циркуляции. Из приточного канала воздух поступает к нагревательным приборам,

обогревается и поднимается в штабель, омывая его продольно по направлению к сырому концу сушила. Воздух по мере продвижения по камере постепенно охлаждается и насыщается влагой. Достигнув сырого конца сушила, уже охлажденным и почти насыщенным воздух выводится через отверстия с задвижками в вытяжную трубу наружу, или же, если задвижка перекрыта, опускается, возвращается к сухому концу и затем вновь повторяет свой путь. Если бы циркуляция воздуха действительно была такой устойчивой и равномерной, как это описано, то этот тип сушила был бы идеальным для несложной сушки; но на практике циркуляция происходит очень медленно и далеко не следует направлению, указываемому стрелками; в сыром конце, а также и по всей длине сушила, происходит столкновение потока нагреваемого, поднимающегося и потока охлажденного воздуха, частично опускающегося; в результате такого столкновения образуются воздушные вихри, мешающие нормальному ходу сушки.

В этих сушилах единственным побудителем циркуляции является разница удельных весов теплого и холодного воздуха. Пароструйные аппараты имеют весьма незначительное влияние на циркуляцию, так как площадь сечения приточного канала, в которых эти аппараты установлены, незначительна по сравнению с камерой.

Сушило непрерывного действия работает как вытяжная труба: поступающий снизу холодный воздух нагревается и затем, охлажденный, но все-таки более теплый чем наружный, выводится наружу в сыром конце сушила наверху.

При перекрытой вытяжной трубе влияние разницы удельных весов теплого и холодного воздуха также имеет место, т. е. циркуляция при этом не приостанавливается.

В сыром конце сушила температура воздуха обычно ниже, но черевых потому, что здесь расположено меньше нагревательных приборов, а во-вторых, ввиду того, что воздух уже израсходовал часть своего тепла при работе во время движения от сухого конца к сырому. В сушилах непрерывного действия часть воздуха по мере прохождения вдоль тоннеля, но не доходя до своего конца, опускается, возвращается (обратный поток) к сухому концу сушила, где и смешивается с общим потоком нагретого воздуха и поступает обратно в сушило.

Существуют сушила непрерывного действия и с поперечной циркуляцией, конструкция которых главным образом разработана Мэдисонской лабораторией. В этих сушилах требуемые температуры поддерживаются путем расположения нагревательных приборов и пароструйных аппаратов отдельными участками, которые могут по мере надобности включаться или выключаться, чем возможно создавать требуемые условия сушки по зонам камеры.

Сушила непрерывного действия с искусственной циркуляцией встречаются сравнительно редко. В таких сушилах вентилятор устанавливается в сухом конце, а нагревательные приборы располагаются в засасывающем воздуховоде. Воздух поступает непосредственно в камеру в сухом конце ее, проходит по всей длине камеры до сырого конца, откуда и выводится наружу. В некоторых случаях в таких сушилах в сыром конце совершенно отказываются от дверей, и воздух после прохождения через штабеля выпускается наружу через откры-

тый конец. Работа таких сушил весьма неудовлетворительна; так как воздух в большей своей части совершенно не заходит во внутрь штабеля, а выбирает пути с наименьшим сопротивлением в обход его; кроме того в них также почти невозможно устанавливать многократность циркуляции, особенно при значительной длине камеры.

Центральный научно-исследовательский институт древесины в 1930/31 г. производил обследование различных типов сушил с целью выявления наиболее рационального типа. В числе обследованных сушил были также сушила непрерывного действия «Националь», описанные в настоящей главе.

Обследование сушил непрерывного действия «Националь» установило следующее:

1) расход пара в этих сушилах на 1 м³ высушиваемой древесины в течение одного часа выражается в 3,53 кг, самая большая статья расхода падает на потери с отходящим воздухом; делится она на тепло, затраченное на испарение влаги из древесины и составляющее 62% всего тепла, расходуемого на эту статью, и 38% просто потери, т. е. то тепло, которое не производит в камере никакой работы;

2) на практике циркуляция воздуха, положенная в основу действия камеры, осуществляется в камере непрерывного действия;

3) при существующей конструкции камеры непрерывного действия не может быть достигнута надлежащая гибкость в управлении сушильным процессом;

4) по влажности выпускаемый материал довольно однороден, разница между крайними пределами невелика;

5) сушила непрерывного действия системы «Националь», несмотря на трудную регулируемость режима, дают довольно хорошие результаты в отношении качества сушки и расхода тепла.

60. ЦИРКУЛЯЦИЯ В СУШИЛАХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Сушила периодического действия почти всегда конструируются с поперечным движением воздуха. Установка нагревательных приборов, расположение приточных и вытяжных каналов, а также штабелевка в этих камерах должны находиться в таком взаимодействии, чтобы была обеспечена достаточная и равномерная циркуляция воздуха.

а) ЕСТЕСТВЕННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

На рис. 38 показан поперечный разрез сушила периодического действия с естественным движением воздуха. Приточный канал идет вдоль всего сушила и имеет в верхней своей части равномерно расположенные отверстия для распределения воздуха по всему сушилу. Для усиления циркуляции применяются пароструйные аппараты. Вытяжные каналы располагаются вдоль боковых стен, нагревательные приборы смонтированы в средней части камеры и штабеля расположены так, чтобы в центре штабеля оставалась труба по всей длине штабеля.

Варлимонт указывает, что штабелевка с разрывом (трубой) в середине штабеля имеет в САСШ большое распространение и при условии направления движения воздуха согласно стрелкам на рис. 38, 40 и

42, дает сокращение длины пути рабочего воздуха через материал.

Иногда применяются экраны на потолке, которые требуются, впрочем только тогда, когда штабель полностью не заполняет сушила по высоте. Проходы между штабелем и боковыми стенами совершенно свободны и служат для выхода отработанного воздуха. Пароструйные приборы располагаются таким образом, чтобы стимулировать движение воздуха вниз; по бокам пароструйных устройств имеются направляющие экраны, обеспечивающие полное омывание нагревательных приборов воздухом. Циркуляция воздуха показана стрелками на рис. 38.

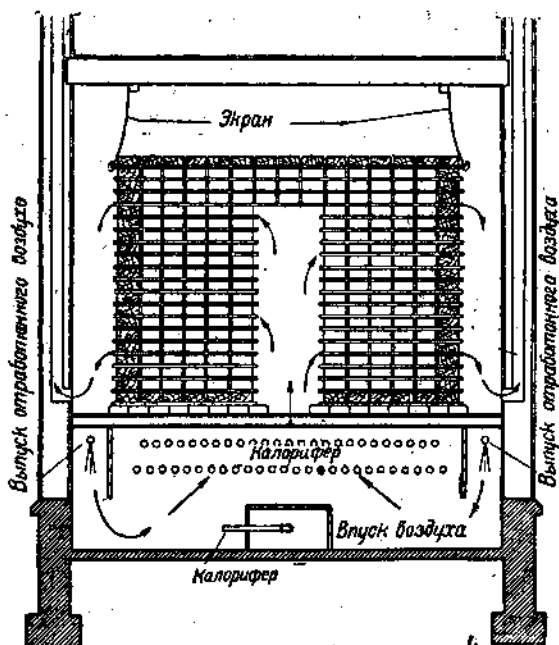


Рис. 38. Сушило периодического действия с естественной циркуляцией

Такая циркуляция в этом сушале вызывается только разницей удельных весов теплого и холодного воздуха. Сушка в этих сушалах, по мнению американцев, дает очень хорошие результаты.

В СССР наиболее распространенные сушила периодического действия с естественным движением воздуха строятся по типу «Националь» (схема указана на рис. 31). Стрелки показывают движение воздуха в камере во время ее работы. Предполагается, что, воздух из входного короба *A* проходит через калорифер *H* и направляется вверх камеры через штабель, по выходе из которого опускается по вертикальным каналам, образованным между боковыми стенами и штабелями и в середине камеры между штабелями. Далее часть отработанного воздуха отводится через отверстие *D* по вытяжному каналу *F* наружу, другая же часть направляется к калориферу, смешивается со свежим воздухом и вновь продолжает описанный путь.

В действительности в сушалах этой конструкции движение воздуха не соответствует направлению, указанному стрелками. Как показали

произведенные Центральным научно-исследовательским институтом древесины опыты по исследованию работы сушила периодического действия «Националь», воздух в этих сушилах движется по следующей схеме:

Выйдя из калорифера, нагретый воздух не идет непосредственно в штабель, а направляется в промежутки между штабелями и частью между стеной и штабелем, по которым проходит к потолку камеры. По мере остывания воздух проходит в штабель, в котором и движется вниз по вертикальным каналам, образованным между рядами досок. Выйдя из штабеля, воздух смешивается с главным потоком и повторяет свой путь.

Часть воздуха, вышедшая из калорифера, направляется сразу же к вытяжным отверстиям, через которые и выходит наружу, не производя никакой работы.

В сушилах периодического действия системы «Националь» общий расход пара на 1 м³ пиломатериала в 1 час составляет 5,16 кг, из которых 9% падает на потери с конденсационной водой, 44% на потери с отходящим воздухом, 44% на потери через ограждения и 3% расходуется на нагрев древесины. Как видно из этих цифр, наиболее крупная статья расхода относится к потерям с отработанным воздухом. Главной причиной непроизводительной траты тепла во время сушильного процесса следует признать большое количество вытяжных отверстий и труб в камерах этой системы, которые оказывают отрицательное влияние на ведение процесса сушки, выражающееся в неправильной циркуляции воздуха в разных зонах камеры. Во время испытания были отмечены неравномерные скорости в разных вытяжных трубах, вызывающие в камере также и продольное движение воздуха.

Совокупность всех этих факторов делает камеру плохо поддающейся регулировке и неустойчивой в отношении поддержания заданного режима.

В камерах периодического действия «Националь» движение воздуха происходит без какой-либо закономерности, что отзывается на равномерности высушивания материала в разных точках и приводит к разнице во влажности по длине одних и тех же досок, отрицательно отзывается на качестве материала.

Таким образом установлено, что:

- 1) при описанном конструктивном оформлении в сушилах периодического действия «Националь» производить рациональную сушку пиломатериалов крайне затруднительно;
- 2) расход пара на 1 м³ сушеного пиломатериала в течение 1 часа в сушилах периодического действия «Националь» по сравнению с сушилами некоторых других конструкций повышен, в результате чего значительно увеличивается стоимость сушки;
- 3) существующая циркуляция воздуха в сушильной камере сушила периодического действия «Националь» не отвечает требованиям равномерного высушивания пиломатериала;
- 4) неравномерность высушивания пиломатериала по длине одного и того же образца вызывает в материале излишние напряжения влияющие на увеличение брака;

5) объем загружаемого материала к общему объему камеры сравнительно невысок;

6) благодаря указанным положениям сушило периодического действия «Националь» дает неудовлетворительные результаты, как в отношении качества высушенного материала, так и в отношении экономического эффекта.

Второй, наиболее распространенный в СССР, тип сушил, предложенный проф. В. Е. Грум-Гржимайло, работает по принципу гидравлической теории газов. На

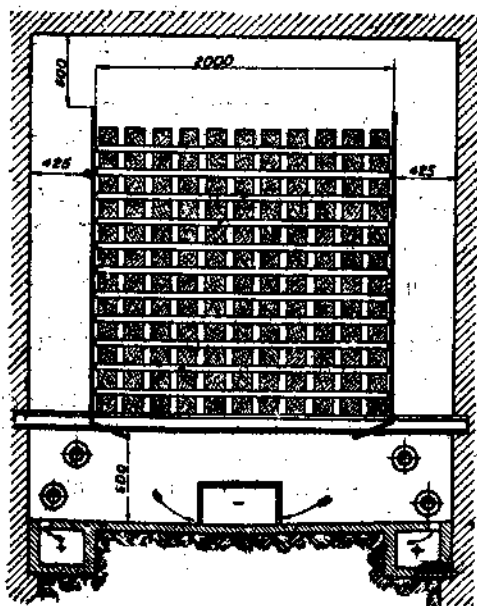


Рис. 39. Поперечный разрез сушила системы Грум-Гржимайло

рис 39. показан поперечный разрез камеры системы Грум-Гржимайло. Приточные каналы в этой камере расположены у боковых стен по всей длине ее. В верхней своей части эти каналы имеют отверстия, через которые свежий воздух поступает под калорифер, расположенный также вдоль боковых стен над приточными каналами. После нагрева в калорифере воздух направляется по вертикальным каналам, образованным стеной и штабелем, к потолку, где и расходуется над верхней частью штабеля. По мере охлаждения воздух опускается в штабель через прозоры между рядами досок, смывает материал и забирает от него влагу.

Влажный и остывший воздух по выходе из штабеля по-

падает в нижнюю часть камеры и снова увлекается в калорифер, где подогревается, увеличивает свою влагоемкость и опять направляется в верх камеры. Более остывшие и насыщенные частицы воздуха падают на пол камеры, откуда через отверстия попадают в расположенный по середине камеры вытяжной канал и отводятся наружу.

Для поддержания в камере соответствующего влажного режима над калориферными трубами проложена газовая труба, с отверстиями по телу трубы и заглушенным концом, через которую в камеру поступает острый пар для увлажнения воздуха.

Управление процессом сушки происходит из специального помещения, располагаемого обыкновенно рядом с камерами.

Проведенные Центральным научно-исследовательским институтом древесины исследования работы сушил системы Грум-Гржимайло показали, что характерной особенностью этой системы является отдача влаги материалом в процессе сушки по высоте штабеля.

Так в среднем по контрольным образцам, при средней начальной

влажности материала (верх—20, низ—21%), материал отдал влаги в процентах:

		верх штабеля	низ штабеля
1)	За 33 часа от начала сушки	4	2
2)	" следующие 10 часов	3,5	3,5
3)	" " 25 "	2,3	2,7
4)	" " 26 "	1,9	2,1

Сопоставляя проценты отдаваемого материалом влаги за первые 33 часа, видно, что более интенсивная отдача происходит в верхней части штабеля и менее интенсивная в нижней; далее процент отдачи влаги внизу и вверх штабеля выравнивается, а затем к концу сушки можно констатировать уже влияние, обратное имевшемуся в начале сушки, а именно низ штабеля отдает влагу интенсивнее, чем верх штабеля.

Таким образом балансируется отдача влаги по высоте штабеля, чем достигается значительная равномерность конечной влажности материала вне зависимости от положения доски в штабеле.

Средняя разница конечной влажности материала вверх и вниз штабеля определилась в 0,5% (на основании сопоставления конечной влажности 16 досок в 3 местах по длине каждой доски).

Следует также отметить равномерность сушки материала по длине: разница во влажности по таковой не превышает 1%.

Такая равномерность сушки по высоте штабеля и по длине доски, обуславливающая хорошее качество высушенного материала, достигается благодаря закономерному и естественному движению воздуха.

Многочисленность циркуляции и закономерность движения воздуха в камере влияют на легкость регулирования режима и являются причиной отсутствия значительных колебаний температуры и влажности в пределах ступени режима.

Расход пара на сушку 1 м³ древесины в час составляет 2,99 кг.

Вышеизложенные исследования установили, что:

1) количество расходуемого пара в сушилах периодического действия Грум-Гржимайло на 1 м³ сравнительно невысокое, обеспечивающее также и невысокую стоимость сушки;

2) регулирование и установление требуемых температур и влажностей воздуха осуществляется без всякого напряжения, что значительно облегчает обслуживание камеры;

3) существующее в камере движение воздуха обеспечивает равномерность сушки в разных точках камеры;

4) равномерность сушки по длине и по сечению доски, обусловленная закономерностью движения воздуха в камере, дает в результате сушки хороший материал с незначительным браком;

5) отрицательным фактором является незначительность процентного отношения загрузки камеры к общему объему камеры, составляющего всего лишь 9—10%;

6) существующие в камере циркуляция и скорость движения воздуха в штабеле соответствуют принципу устройства камеры.

6) ИСКУССТВЕННАЯ ЦИРКУЛЯЦИЯ

На рис. 40 приводится схема сушила периодического действия с искусственным движением воздуха, которая осуществляется центро-

бежным вентилятором (рис. 41), помещающимся вне камеры. Направление движения воздуха внутри сушильной камеры такое же, как и в сушилке периодического действия с естественной циркуляцией (рис. 38). Воздух также поступает из центрального приточного канала вверх в трубу штабеля, затем

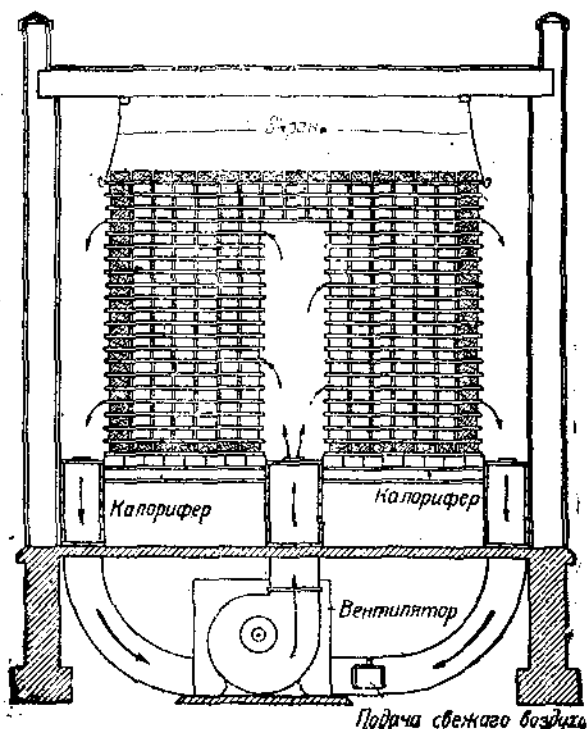


Рис. 40. Сушилка периодического действия с искусственной циркуляцией

входит в штабель, и пройдя его, опускается вдоль боковых стен; но далее вместо того, чтобы собираться под штабелем, как это имеет место в сушилках с естественной циркуляцией, воздух подсасывается к вентилятору, обычно установленному в одном из концов сушилки; пройдя через вентилятор, воздух попадает в нагревательные приборы, установленные непосредственно после вентилятора, подогревается и поступает в камеру через

центральный короб. Затем этот процесс повторяется. Увлажнители большей частью устанавливаются около нагревательных приборов; пароструйные аппараты размещаются иногда также и на боковых стенах камеры. Отверстие для впуска свежего воздуха находится на всасывающем воздуховоде; отверстия для выхода отработанного воздуха иногда совсем не делаются в предположении, что неплотность сушилки достаточно заменяет отсутствие выходных отверстий, или же они делаются вверху камеры.

Центральный научно-исследовательский институт древесины произвел исследование работ сушилки системы Блоуэр, принцип действия которого аналогичен с только что описанным, с той лишь разницей, что в обследованной сушилке воздух поступает в камеру по двум боковым каналам, а от-



Рис. 41. Центробежный вентилятор

водится через центральный канал, расположенный по середине камеры, т. е. воздух совершает обратное движение.

Исследования показали, что расход пара на 1 м³ высушенной древесины в течение одного часа в сушилке системы Блоуэр составил 6,4 кг.

Циркуляция воздуха в этой сушилке, по идее конструктора, должна осуществляться поперек камеры, проходя из воздушнонагревательного канала через сушильный объект к воздухоотсасывающему, обеспечивая тем самым равномерность высушивания материала в разных точках камеры.

В результате изучения циркуляции выяснилось, что таковая не соответствует принципу устройства камеры, вследствие чего не достигается равномерности сушки ни по длине, ни по высоте, ни по ширине камеры. Максимальная конечная влажность материала составляла 10,4%, минимальная—5%.

Колебания во влажности по длине высушенного материала отражаются на понижении его качества; колебания во влажности материала в разных точках камеры вызывают удлинение срока сушки, а также частичную пересушку материала; так из наблюдений за сушкой контрольных образцов следует, что примерная средняя конечная влажность материала, равная 7%, была достигнута в некоторых точках камеры (внизу штабеля) через 92 час. от начала сушки, в других точках через 130 час. (в середине штабеля), а в некоторых даже через 158 час., конечная влажность была 14,5%.

По полученным показателям при исследовании работы сушилки системы Блоуэр установлено что:

1) существующее в камере движение воздуха, вызывающее неравномерность сушки в разных точках камеры и вследствие этого удлиняющее срок сушки, дает в результате повышенный расход пара, а вместе с тем и удорожание сушки материала;

2) установление в камере требуемых температур не встречает каких либо препятствий (режим устойчив);

3) конечная влажность материала колеблется в больших пределах, что не дает равномерности высушивания материала;

4) как результат существующей циркуляции отсутствует равномерность высушивания материала по длине штабеля;

5) циркуляция воздуха в камере не соответствует принципу устройства камеры;

6) скорость движения воздуха в штабеле (0,3 м/сек) не оправдывает применения искусственной циркуляции, которая должна стремиться к увеличению скоростей движения воздуха в штабеле и которая не отличается от скоростей в сушилках с естественной циркуляцией;

7) расход пара на 1 м³ сушеного материала следует признать чрезмерно высоким;

8) дополнительной статьей расхода в сушилках этой конструкции, вследствие применения скоростей воздуха, не превышающих таковых в сушилках с естественной циркуляцией, является электроэнергия и все связанные с установкой и эксплуатацией ее производные элементы.

Все эти положения дают основания полагать, что для сушки пило-

материалов (не предвещая вопроса о пригодности их для материалов специального назначения и мелких деталей) сушила системы Блоуэр мало пригодны в отношении равномерности сушки и расхода тепла.

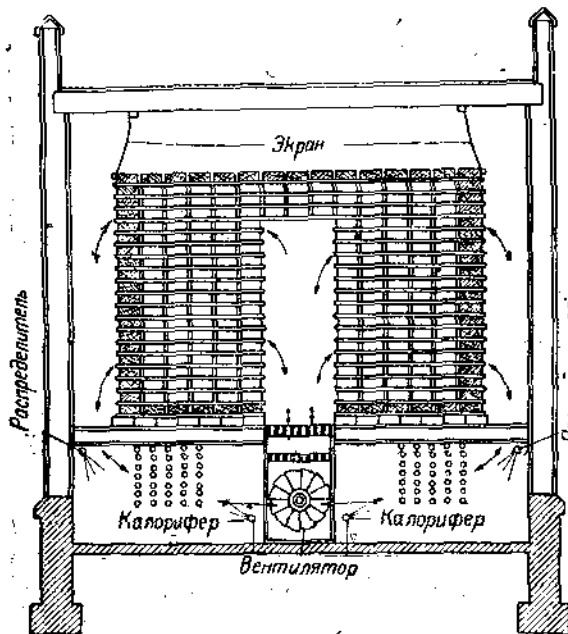


Рис. 42. Сушило периодического действия с реверсивным движением воздуха

оборотов от 500 до 800 в минуту, действие вентиляторов реверсивное. Для увлажнения воздуха при вращении вентилятора по часовой стрелке используется верхняя пара пароструйных аппаратов, при вращении же вентиляторов в обратную сторону — нижняя пара, причем в последнем случае воздух засасывается из трубы штабеля, прогоняется мимо нагревательных приборов, затем идет вверх вдоль боковых стен по промежуткам, образованным стеной и штабелем, далее проходит через штабель по направлению к центру и опять поступает в трубу штабеля.

Вследствие реверсивности движения воздуха устраняется неравномерность высыхания различных частей штабеля, чего нельзя получить при циркуляции в одном направлении, когда высыхание стороны штабеля, из которой воздух выходит, значительно отстает от противоположной.

Реверсивное движение воздуха вместе с коротким путем его в штабеле благодаря наличию в последнем продуха трубы спо-

На рис. 42 показан поперечный разрез сушила периодического действия с внутренними реверсивными винтовыми вентиляторами (рис. 43). Циркуляция воздуха в камере этого типа очень сходна с циркуляцией в описанных сушилах, изображенных на рис. 38 и 40. Пароструйные аппараты установлены таким образом, чтобы стимулировать движение воздуха в требуемом направлении.

Винтовые вентиляторы устанавливаются в канале на одном общем валу, проходящем вдоль всей камеры, расстояние между отдельными вентиляторами обычно равно 1,2—2,4 м и число

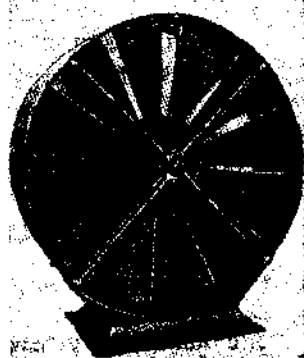


Рис. 43. Винтовой вентилятор

способствует чрезвычайно равномерной и притом быстрой сушке. Преимущество винтовых вентиляторов заключается в том, что они дают возможность, изменяя направление вращения, менять также направление потока воздуха, что неосуществимо с центробежными вентиляторами. Затем, ввиду того что винтовые вентиляторы установлены внутри сушила, уменьшаются сопротивления, так как воздуху не приходится проходить по длинным, узким воздуховодам и преодолевать большое сопротивление нагревательных приборов, расположенных снаружи. Винтовые вентиляторы прогоняют большие количества воздуха в единицу времени при небольшом давлении, вследствие чего весь воздух используется полностью.

При таком небольшом давлении винтовые вентиляторы дают лучшие результаты, чем центробежные. В результате при очень незначительной затрате энергии возможно получить интенсивный обмен воздуха и быструю и равномерную его циркуляцию.

В СССР в настоящее время сушила с реверсивным движением воздуха имеют очень незначительное распространение. Исследования работы сушил с реверсивным движением, проведенные Центральным научно-исследовательским институтом древесины, также подтверждают хорошие качества этих сушил.

Разница между обследованными сушилами и описанными выше заключается в том, что они не имеют внутри штабеля трубы, а воздух может попадать в штабель попеременно с одной стороны от боковой стены и выходить в противоположный. Сушила с реверсивным движением воздуха имеют следующие интересные моменты:

1) данная конструкция сушил допускает легкое регулирование режима сушки;

2) расход пара на 1 м³ сушеного материала невелик (3,8 кг);

3) наблюдения за циркуляцией в камере указывают, что проектные расчеты и принцип реверсивности движения воздуха оправдывают себя в практике работы сушил;

4) колебания температуры и влажности воздуха по длине и высоте камеры являются незначительными, что дает возможность получать равномерно высушенный материал;

5) объем загружаемого материала составляет довольно высокий процент к общему объему камеры (52,5 : 142,1 т. е. 36,9%), причем возможно увеличение процента загрузки камеры при уменьшении зазоров между досками штабеля.

6) применение вентиляторов и электромоторов вызывает дополнительные капитальные затраты и расходы, связанные с их содержанием и расходом энергии;

7) существующие скорости движения воздуха в штабеле (1 м/сек) значительно превышают скорости при естественной циркуляции и дают возможность форсировать ведение процесса сушки без ущерба для качества сушеного материала.

61. ЦИРКУЛЯЦИЯ В СУШИЛАХ С ВОДОСТРУЙНЫМИ АППАРАТАМИ

Поперечный разрез сушила с водоструйными аппаратами показан на рис. 32. Направление движения воздуха в этих сушилах равно как и в сушилах с поверхностными конденсаторами, то же самое, что и в сушилах с естественной циркуляцией воздуха.

Сушила с водоструйными аппаратами весьма часто снабжаются также поверхностными конденсационными устройствами, которые в конце процесса сушки, когда не требуется интенсивной циркуляции, работают без помощи водоструйных аппаратов. Водоструйные аппараты устанавливаются в специальных камерах вдоль боковых стен (на расстоянии 300—600 мм от этих стен) и способствуют продвижению воздуха вниз, причем при прохождении через камеру с водоструйными аппаратами воздух охлаждается и почти полностью насыщается; как увеличение удельного веса, так и действие водоструйных аппаратов влияют на движение воздуха вниз.

В сушилах с поверхностным конденсационным устройством без водоструйных аппаратов охлаждение не такое сильное, так как в этом случае обычно воздух не весь охлаждается до точки росы, и отсутствует подсасывающее действие водяной струи, вследствие чего движение воздуха менее интенсивно.

В СССР нет ни одного сушила для сушки дерева с водоструйными аппаратами, а потому сказать что-либо о них по данным практики не представляется возможным.

Сушила с поверхностными конденсационными устройствами находят у нас применение для сушки материалов, идущих для специальных производств, как напр. для катушечно-челночного, колодочного и др.

Центральный научно-исследовательский институт древесины произвел исследование работы одной сушилки с поверхностным конденсатором, причем конструкция этой камеры представляла следующее: внизу камеры под рельсами, на которых на тележках помещается лесоматериал для сушки, находится калорифер, расположенный по всей ширине камеры и состоящий из гладких труб; конденсатор расположен у одной из боковых стен и отделен от сушимого материала экраном; двери у испытываемой камеры брезентовые, поднимающиеся.

Как показали опыты, расход пара в конденсационных сушилках на 1 м³ пиломатериала в течение одного часа равен 2,99 кг, причем самой большой статьей расхода является потеря через ограждения, составляющая 78% общего расхода тепла. Такой расход через ограждения, несмотря на прекрасную изоляцию потолка и стен, объясняется прежде всего несовершенной конструкцией брезентовых дверей. Однако качество материала получается удовлетворительное.

Расположение конденсационного устройства вдоль одной только боковой стены отражается на равномерности высушивания материала, находящегося в разных точках камеры. Такое расположение конденсатора в ближних к нему зонах материала способствует более быстрой циркуляции воздуха в штабеле, нежели в отдаленных зонах.

Полученные при испытаниях конденсационного сушила показатели устанавливают, что:

- 1) принцип устройства камеры вполне обеспечивает нормальное регулирование сушильного процесса;
- 2) расположение конденсационных устройств не вполне отвечает правильной циркуляции воздуха;
- 3) конструкция дверей влияет на увеличение потерь тепла;
- 4) объем загружаемого материала равен 15,5% объема камеры;
- 5) дополнительной статьей расхода в конденсационных сушилах является вода, требуемая для конденсационных устройств, и все связанные с установкой и эксплуатацией ее производные элементы;
- 6) расход воды в количестве 5,87 л на 1 м³ материала в час при правильном конструктивном оформлении камеры должен снизиться;
- 7) скорости движения воздуха в штабеле обеспечивают нормальные сроки в конденсационных камерах.

62. ЦИРКУЛЯЦИЯ В СУШИЛАХ, РАБОТАЮЩИХ ПЕРЕГРЕТЫМ ПАРОМ

В таких сушилах сушка производится не воздухом, а перегретым паром (рис. 44). Циркуляция осуществляется почти исключительно действием пароструйных аппаратов, причем она обратима. Когда работают нижний и верхний пароструйные аппараты в левой части сушила, то направление циркуляции происходит слева направо, когда же они выключаются, и в ход пускаются нижний и верхний пароструйные аппараты, в правой части камеры направление циркуляции меняется на обратное. Движение пара в сушيله весьма интенсивно и почти не зависит от разницы удельных весов пара, вызываемой изменениями температуры.

К описанным выше системам сушил необходимо добавить довольно распространенный в СССР тип сушила, предложенный Теплотехническим институтом.

Процесс сушки в этих сушилах происходит следующим образом.

Воздух засасывается из камеры через воздуховод, расположенный по правой ее боковой стороне, проходит через калорицер, подогревается в нем и поступает в вентилятор. По выходе из последнего он направляется также по воздуховоду к распределительному коробу на левой боковой стороне камеры, из которого через отверстия в рукавах

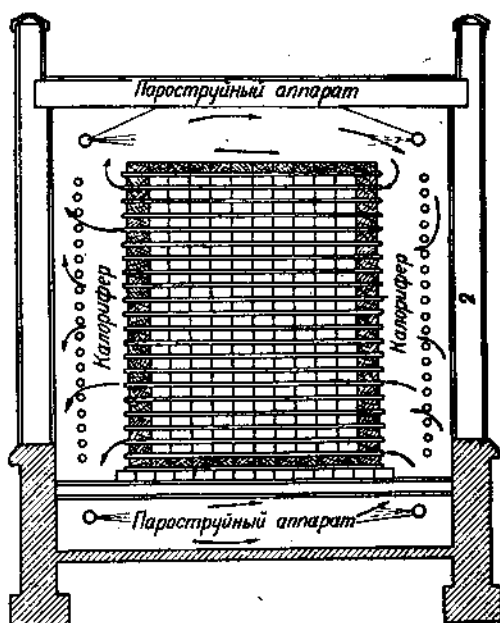


Рис. 44. Сушило, работающее перегретым паром

выходит к штабелю; проходит через камеру и засасывается через щель воздуховода, расположенного на противоположной стороне камеры. Далее процесс повторяется.

Для добавления свежего воздуха служит специальное отверстие на всасывающем воздуховоде, расположенное перед калорифером. Наблюдение за процессом сушки производится по психрометру, установленному на всасывающем воздуховоде.

По исследованиям работы этого сушила, произведенным Центральным научно-исследовательским институтом древесины, расход пара на 1 м³ хвойного пиломатериала в 1 час выражается в 4,16 кг.

Наиболее крупная статья расхода тепла относится за счет потерь через ограждения.

При выявлении циркуляции в камере обнаружено, что движение воздуха не отвечает в полной мере предположениям конструктора. Кроме поперечной циркуляции в камере наблюдается и продольная, появление которой зависит частично от неплотности прикрывания дверей, вследствие чего в камеру поступает дополнительный воздух и перерывает поперечную циркуляцию, скорости которой, создаваемые вентилятором, незначительны.

Неплотность прилегания дверей отражается на качестве сушки; так в передней части камеры понижается интенсивность сушки.

Показатели, полученные при исследовании работы сушила конструкции Теплотехнического института, приводят к положениям:

- 1) сушило допускает легкое регулирование режима сушки;
- 2) расход пара на 1 м³ сушеного материала довольно высок, что неизбежно влияет на увеличение стоимости сушки;
- 3) дополнительной статьей расхода вследствие применения скоростей воздуха, не превышающих таковых в сушилах с естественной циркуляцией, является электроэнергия и все, связанные с установкой и эксплуатацией ее производные элементы;
- 4) циркуляция воздуха в сушильной камере не отвечает конструктивным заданиям;
- 5) наблюдаемая циркуляция воздуха не обеспечивает равномерности сушки по высоте и ширине штабеля;
- 6) объем загружаемого материала составляет относительно высокий процент к общему объему камеры (22,5%);
- 7) расположение сушильных агрегатов требует специального помещения с незначительным процентом его использования;
- 8) существующие скорости движения воздуха в штабеле не отличаются от скоростей в сушилах с естественной циркуляцией;
- 9) для сушки пиломатериала (не предпретая вопроса о пригодности их для материалов специального назначения и мелких деталей) сушила этого типа мало пригодны как в отношении равномерности сушки, так и расхода пара.

Остановимся также на газогенераторной сушилке ЦНИИМОД I, предложенной и разработанной в сушильной лаборатории ЦНИИМОД пнж. Матеевым при разрешении проблемы массовой сушки пиломатериалов на лесопильных заводах, выдвинутой в 1932 г. наркомлесом СССР т. С. С. Лобовым.

Газогенераторная сушилка ЦНИИМОД I (рис. 45) предусматри-

вает сушку дерева в камерах непрерывного действия посредством смеси генераторного газа с наружным воздухом и состоит из помещения для газогенератора и сушильных камер, число которых определяется в каждом отдельном случае заданием.

Работа газогенераторной сушилки проходит по следующей схеме.

Топливо-древесные отходы—загружаются в газогенератор 1 генераторный газ из генератора с температурой примерно 120°C , поступает в скруббера 2, где охлаждается и отдает смолу и уксусную кислоту. Охлажденный газ по газопроводу 3 подается с температурой $20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ к горелкам 4, расположенным около каждой камеры. В этих горелках поступающий газ сгорает и подается в камеру смешения 5. Количество поступающего газа в горелку регулируется специальным устройством. В камере смешения к сгоревшему газу, который имеет температуру до $1000\text{--}1200^{\circ}$, подмешивается наружный воздух и температура понижается до требуемой по режиму. Смешение сгоревшего газа с наружным воздухом может производиться также и в камере сгорания, если таковая будет соответствующей конструкции.

Для получения смеси воздуха и генераторного газа требуемой по режиму влажности, предусматривается специальное устройство для увлажнения водой или паром в камере смешения. Из камеры смешения газозадушная смесь вентилятором 6, который приводится в движение мотором 7, по воздуховоду 8 направляется в камеру 9 и воздуховоды для двух зон 14 и 15.

В камере воздух движется, направляемый экранами 11, омывая штабеля 10 попеременно сверху и снизу.

Пройдя все штабеля воздух направляется в сборный короб 12, соединенный с общей трубой для отработанного воздуха 13, по которой он возвращается к горелкам и смешительным камерам для повторного подогрева и последующей циркуляции в камере.

Регулировка температуры и относительной влажности воздуха в разных зонах камеры осуществляется путем добавления нагретого воздуха через воздуховоды 14 и 15.

Загрузка дерева в камеру производится на вагонетках по рельсовым путям, причем движение материала происходит навстречу движению воздуха.

Газогенераторная сушилка имеет следующие преимущества:

1. Совершенно безопасна в пожарном отношении, так как газогенератор может быть вынесен даже с территории завода и газ по трубам может подаваться на расстояние до 2 км.
2. Максимально использует топливо, коэффициент полезного действия которого примерно в 2 раза превышает таковое у паровых котлов.
3. Имеется возможность регулировать каждую камеру отдельно, т. е. в каждой камере возможно держать требуемый режим.
4. Отсутствует возможность взрывов, так как при сгорании подается наружный воздух в количествах, далеко превышающих требуемые. Так на каждый объем газа подмешивается до 30 объемов наружного воздуха, что также ликвидирует вредность его.
5. Газогенераторная сушилка полностью освобождает затрачиваемый в настоящее время на оборудование паровых сушил металл.

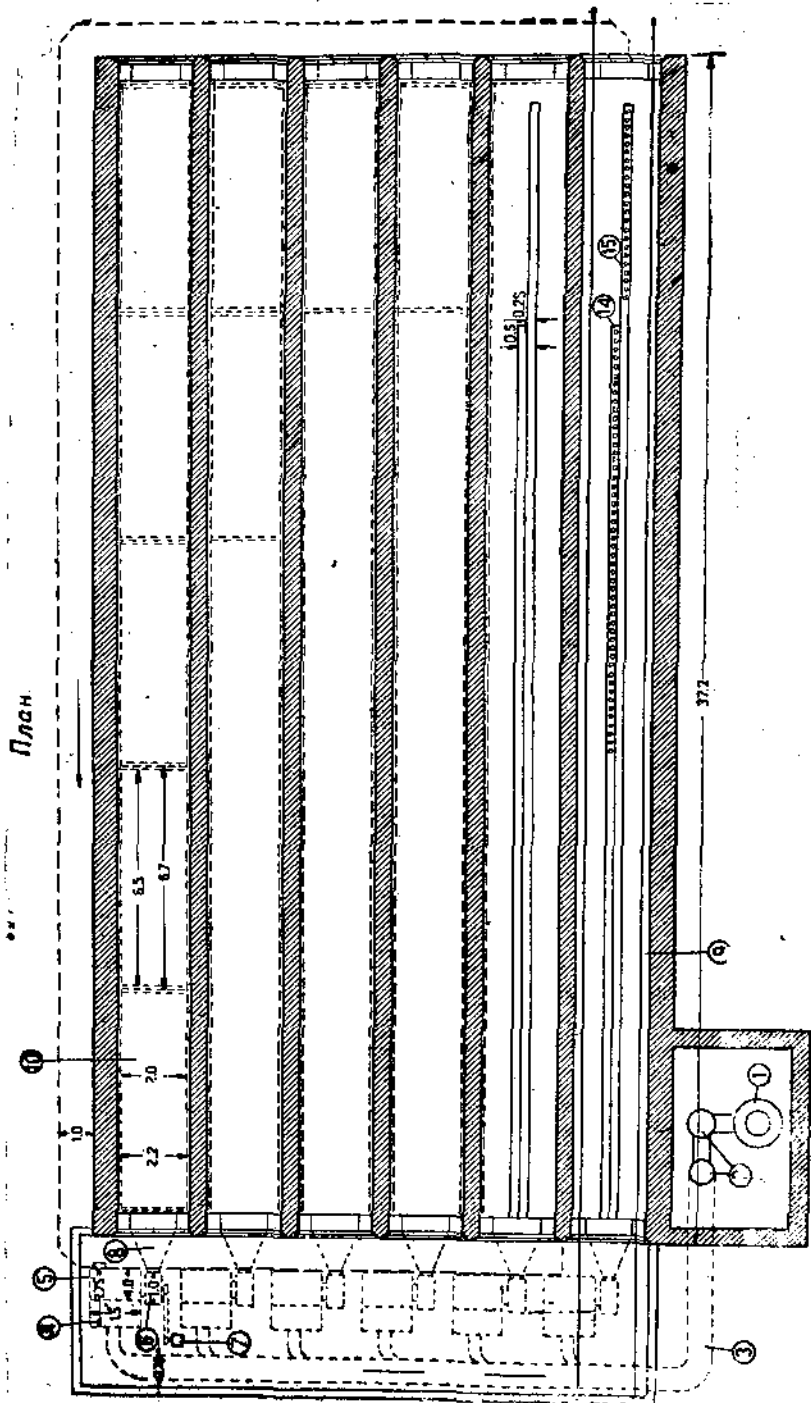


Рис. 45. Газогенераторная
ЦНИИОД

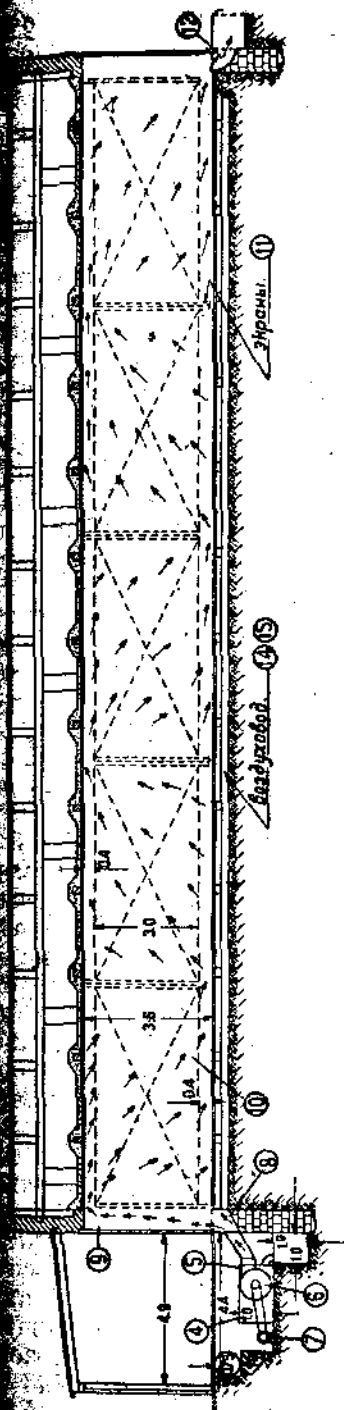
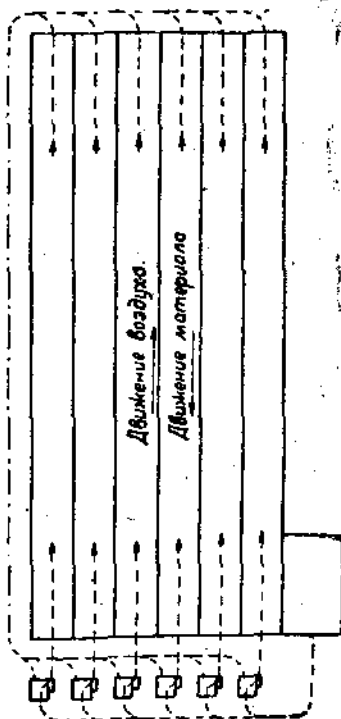


Схема действия сушкилки.



6. При применении генераторного газа получают побочные продукты в виде смол и уксусной кислоты, которые полностью окупят не только топливо, но также и всю генераторную установку в течение 1—2 лет.

7. Строительство камер значительно дешевле, нежели паровых сушил, требующих сложного оборудования.

63. ЦИРКУЛЯЦИЯ ВОЗДУХА ПРИ РАЗЛИЧНОЙ ШТАБЕЛЕВКЕ

Во всех предыдущих описаниях работы сушил штабелевка предполагалась продольная, горизонтальная.

Этот способ штабелевки принят в описании потому, что он наиболее распространен и на нем наиболее наглядно можно показать принципы циркуляции. В сушилах с двумя рельсовыми путями и горизонтальной штабелевкой имеются два ряда штабелей, которые располагаются параллельно. В этом случае циркуляция происходит так же, как и с одним рельсовым путем, причем пространство между штабелями играет роль центрального канала.



Рис. 46. Штабелевка на ребро

При двухрельсовых сушилах возможно также выложить два параллельных штабеля с трубами посередине каждого из них. В этом случае под каждым штабелем проходитточный канал, и воздух отводится через вытяжные каналы, расположенные вдоль обеих боковых стен камеры, и через третий вытяжной канал, расположенный внизу между обоими штабелями. Эффект получается такой же, как и в сушилах с одним рельсовым путем. Сушила на два параллельных штабеля с продухами имеют преимущество перед сушилами этого же типа с одним штабелем благодаря их значительной емкости без ухудшения циркуляции воздуха.

При сушке хвойных древесных пород часто применяется вертикальная штабелевка на ребро (рис. 46); на рисунке видно, что материал уложен на тележку таким образом, что продольная ось доски перпендикулярна продольной оси сушила, что не имеет значения, так как циркуляция воздуха при вертикальной штабелевке происходит в штабеле в вертикальном (сверху вниз), а не в горизонтальном направлении. На первый взгляд такой способ штабелевки кажется весьма выгодным, так как естественное стремление нагретого воздуха — подниматься вверх сквозь штабель, но в действительности уже после короткого пути в штабеле воздух благодаря расходу тепла на испарение охлаждается, становится тяжелее и теряет свое стремление подниматься вверх.

годаря их значительной емкости без ухудшения циркуляции воздуха.

При сушке хвойных древесных пород часто применяется вертикальная штабелевка на ребро (рис. 46); на рисунке видно, что материал уложен на тележку таким образом, что продольная ось доски перпендикулярна продольной оси сушила, что не имеет значения, так как циркуляция воздуха при вертикальной штабелевке происходит в штабеле в вертикальном (сверху вниз), а не в горизонтальном направлении. На первый взгляд такой способ штабелевки кажется весьма выгодным, так как естественное стремление нагретого воздуха — подниматься вверх сквозь штабель, но в действительности уже после короткого пути в штабеле воздух благодаря расходу тепла на испарение охлаждается, становится тяжелее и теряет свое стремление подниматься вверх.

При вертикальной штабелевке на ребро целесообразнее заставить подняться нагретый воздух между штабелем и боковой стеной сушила, а затем охлажденный и отяжелевший пропустить через штабель по направлению сверху вниз. Такой способ циркуляции, по мнению американцев, существует в сушилах с наружными вентиляторами, однако в сушилах с естественной циркуляцией дать движению воздуха такое направление весьма трудно вследствие невозможности надлежащим образом установить нагревательные приборы.

Данных, позволяющих вычислить эффективность этого способа, пока не имеется.

Более подробно способы штабелевки рассматриваются в следующих главах настоящей книги.

В СССР полностью разрешен вопрос о возможности при естественном движении воздуха в камере пропускать его через штабель сверху вниз по принципу Грум-Гржимайло. Эти сушила у нас в настоящее время имеют большое распространение. Подробно см. выше о сушилах Грум-Гржимайло.

64. ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ ЦИРКУЛЯЦИИ

Скорость движения воздуха внутри сушила в большинстве случаев так мала, что обычные способы определения скоростей движения воздуха при помощи приборов мало пригодны; кроме того эти приборы показывают только скорость движения воздуха, а в сушилах особенно важно знать и направление движения. Весьма целесообразным для определения скорости и направления движения воздуха в сушילה является наблюдение за движением дыма.

Дым, даваемый табаком или трuтом, неприменим, так как собственное тепло такого дыма дает ему иное направление и повышенную скорость; лучше всего пользоваться дымом, получаемым например смешиванием паров аммиака и соляной кислоты; на рис. 47 показан прибор для получения такого дыма, так называемый химический дымарь. Через резиновую трубку в сосуд с соляной кислотой подается воздух, который вытесняет пары кислоты в сосуд с аммиаком, где они, смешиваясь с парами аммиака, выходят в виде дыма.

Недостаточная и неравномерная циркуляция является весьма часто основной причиной плохих результатов процесса сушки, вследствие чего следует знать циркуляцию сушила и периодически производить обследование движения воздуха в них. Определение циркуляции должно вестись во всех характерных точках внутри камеры. Настоятельно рекомендуется увязать определение циркуляции воздуха с температурой и относительной влажностью его в разных точках штабеля при входе и выходе воздуха из него; такая увязка весьма ценна и дает сушильщику ориентировку при ведении процессов; например, если температура воздуха при входе в штабель сильно колеблется по длине сушила, то это служит показателем какой-либо неисправности в нагревательной системе, если же увеличение степени влажности при прохождении через штабель сильно колеблется, т. е. если величина относительной влажности его при выходе из штабеля неодинакова по длине сушила, то это указывает на неравномерность циркуляции воздуха.

Чем медленнее движение воздуха, тем он больше поглощает влаги при прохождении через штабель. Наличие продольного движения воздуха в сушилах периодического действия указывает на неравномерную подачу тепла нагревательными приборами или же на неправильное расположение входных и вытяжных отверстий для воздуха. Причина сильного завихрения воздуха обычно лежит в препятствиях свободному, естественному движению его. Весьма часто причиной неудовлетворительной циркуляции является несоответствующая штабелевка.

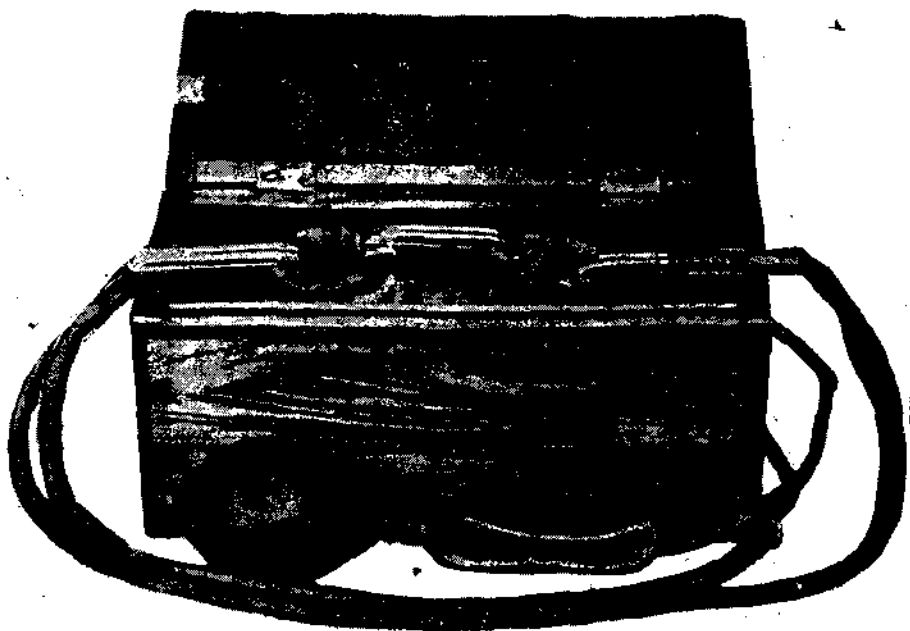


Рис. 47. Дымарь

65. ИНТЕНСИВНОСТЬ ЦИРКУЛЯЦИИ

Интенсивность циркуляции измеряется двумя способами:

1) скоростью движения воздуха при прохождении через штабель и

2) многократностью обмена воздуха в камере в единицу времени.

Второй способ применяется чаще, но он не безупречен. Расчет кратности обмена воздуха в камере производится путем подсчета количества воздуха ($1 \text{ м}^3/\text{мин}$), проходящего через приточный канал в единицу времени; это количество равно скорости движения воздуха в приточном канале ($\text{м}/\text{мин}$), умноженной на площадь его поперечного сечения (м^2).

Измерение скорости движения воздуха в каналах производится анемометром обычного типа. (См. главу о контрольных приборах). Эту величину делят на объем пустой камеры и получают таким образом кратность обмена воздуха в минуту.

Для сушил с искусственной циркуляцией такой способ определения

интенсивности циркуляции воздуха, для сушил же с естественной циркуляцией он неприменим, так как в этом случае он определяет только подачу свежего воздуха, не учитывая кратности циркуляции. Гораздо правильнее искомую величину, т. е. скорость движения воздуха в штабеле, определять непосредственным измерением с помощью химического дыма и секундомера (часов).

Точного понятия о «правильной» и наиболее благоприятной скорости движения воздуха для различных сушил и древесных пород еще не имеется, и фактически возможно привести только примерные скорости; так при измерении в одном сушиле периодического действия скорость движения воздуха в штабеле определилась в 1,5 м/мин, однако, несмотря на столь медленную циркуляцию, сушка была очень неравномерной, высыхание материала со стороны выхода воздуха в штабель было значительно интенсивнее; это можно объяснить тем, что воздух, благодаря медленности своего продвижения, пройдя часть штабеля, уже становится насыщенным и теряет способность забирать далее влагу из древесины.

При сушке трудносохнущих древесных пород скорость движения воздуха, т. е. путь, который проходит воздух в одну минуту, должен быть в 5—10 раз больше длины пути воздуха в штабеле или, иначе говоря, частица воздуха должна пересечь штабель примерно в 6—12 сек.

В начале процесса сушки, когда дерево еще совсем сырое, и процесс протекает при высоких влажностях воздуха, скорость движения его должна быть наибольшей для данной породы дерева, затем постепенно уменьшаясь, она должна приближаться к своему меньшему пределу. Хвойные древесные породы отдают свою влагу быстрее, и продвижение последней от центральной части к периферии интенсивнее, чем у лиственных пород. Вследствие более легкой отдачи влаги воздух при сушке хвойных пород, на одном и том же отрезке пути в штабеле, насыщается и охлаждается значительно больше, чем при сушке лиственных, т. е. воздух при сушке хвойных пород будет неспособен через более короткий отрезок пути, вследствие чего для получения равномерности просушивания материала по сечению штабеля необходимо применять значительно большие скорости движения воздуха. Если эти скорости не будут достаточно велики, то свойство быстрой отдачи влаги хвойными породами останется неиспользованным. Даже при условии короткого пути воздуха через штабель равного 1 м с трудом обходятся без реверсирования циркуляций, при скорости движения воздуха примерно в 20 м/мин. В случае штабелевки вертикально на ребро (рис. 46), при которой обычно длина пути воздуха через штабель равна 2 м и более, скорость движения воздуха должна примерно равняться 30 м/мин.

Варлимонт формулирует вышеизложенное следующим образом:

- 1) при сушке лиственных древесных пород допускается более длинный путь воздуха через штабель и меньшая скорость движения в нем;
 - 2) при сушке хвойных пород требуется небольшая длина пути воздуха через штабель, т. е. большая скорость движения его в штабеле.
- Далее Варлимонт указывает, что в одном и том же сушиле сушить хвойные и лиственные древесные породы одновременно не предста-

является возможным, с одной стороны, вследствие того что сушить лесные породы без прерывающих процесс сушки частных периодических увлажнений, необходимых при сильной поверхностной засухе, крайне затруднительно, с другой же стороны, из-за того что при сушке хвойных пород невозможно использовать быструю отдачу влаги.

Подробные исследования наиболее благоприятных скоростей движения воздуха, длины пути его в штабеле и зависимости между этими факторами, по мнению Варлимонта, могут дать весьма интересные результаты.

66. ШТАБЕЛЕВКА ЛЕСОМАТЕРИАЛА В СУШИЛЕ

Необходимо, во-первых, следить за тем, чтобы воздух во всех точках имел только один удобный путь в соответствии с желаемым направлением и, во-вторых, наилучшим способом использовать полезную емкость сушила.

Выполнение первого требования является наиболее важным. Способы штабелевки оказывают большое влияние на движение воздуха в сушиле, а также и на скорость сушки. Существуют разные типы штабелевки.

а) ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ (ПЛОСКАЯ) ШТАБЕЛЕВКА

Горизонтальная штабелевка является наиболее простой и распространенной; материал штабелюется на тележках, на которых и вкатывается в камеру, или непосредственно на настиле.

Если доски уложены вдоль сушила, т. е. торцы обращены к дверям камеры, то такая штабелевка называется «продольной» в противоположность «поперечной», при которой доски укладываются поперек сушила. Нельзя укладывать доски, как задумается, «продольно» или «поперечно»; требуемая штабелевка определяется направлением движения воздуха, зависящего от конструкции сушила, так как прокладки между горизонтальными рядами досок препятствуют движению воздуха в направлении, перпендикулярном к длине этих прокладок.

В сушилах непрерывного действия с продольной циркуляцией имеет место «поперечная» штабелевка (рис. 29 и 37), при поперечной циркуляции применяется «продольная штабелевка». Продольная штабелевка имеет главным образом то преимущество, что она совершенно не зависит от ширины сушила и таким образом возможно лучшее использование помещения сушила; при поперечной штабелевке значительная часть сушила весьма часто остается неиспользованной, так например при лесоматериале длиной 2,5 м, который нужно высушить в сушиле шириной 4 м, к тому же незаполненные пространства неблагоприятно влияют на циркуляцию воздуха.

В сушилах периодического действия, в которых путем соответствующего расположения приточных и вытяжных воздухопроводов или же конденсационных устройств осуществляется поперечная циркуляция воздуха, лесоматериал укладывается в «продольные штабеля» (рис. 31, 32, 33, 38, 40, 42).

Влияние штабелевки на равномерность и скорость процесса сушки подтверждается многочисленными работами Мэдиссонской лаборатории.

В сушило с поперечной циркуляцией было загружено для одновременной сушки две тележки, одна с продольным, другая с поперечным расположением лесоматериала; для того чтобы устранить какие-либо иные влияния и выявить зависимость между процессом сушки и методом штабелевки в условиях поперечной циркуляции, между штабелями устанавливался матерчатый экран, позволявший в обеих частях камеры держать один и тот же режим.

Ежедневно в разных точках каждого штабеля производились измерения температуры и относительной влажности воздуха; так например на восьмой день сушки имели место следующие температуры воздуха:

	Поперечная штабелевка	Продольная штабелевка
Середина штабеля	43°	61°
Низ "	76°	67°
Верх "	63°	63°
Наибольший температурный перепад .	33°	6°

Такой большой температурный перепад (33°) в одном и том же штабеле при поперечной штабелевке, не отвечающей поперечной циркуляции воздуха, должен естественно влиять на равномерность и скорость высыхания, и действительно в материале продольной штабелевки влажность была снижена с 30 до 6% в течение 10 дней, а в лесоматериале поперечной штабелевки с 30 только до 12% в течение 18 дней.

При горизонтальной штабелевке и подаче рабочего воздуха в штабель снизу или сверху расстояние между кромками (ребрами) досок должно равняться $1/4$ — $1/3$ ширины доски; при сушке очень узких досок, они могут укладываться попарно вплотную с оставлением указанных размеров зазоров между отдельными парами. Если циркуляция воздуха строго горизонтальна, то между кромками досок остаются лишь узкие воздушные щели.

Прокладки между горизонтальными рядами досок должны располагаться отвесно друг над другом, во избежание прогиба досок и для придания жесткости штабелю; в обоих концах штабеля прокладки укладываются заподлицо с торцами досок. Расстояние между прокладками при сушке толстых хвойных древесных пород толщиной более 25 мм—1,2 м, при сушке лиственных древесных пород толщиной в 25 мм не более 0,9 м, при более тонком материале, легко поддающемся короблению, расстояние между прокладками должно быть не больше 0,6 м. Следует иметь в виду, что вес самого лесоматериала, равномерно распределяемый по правильно расположенным прокладкам, в значительной мере устраняет явление коробления.

Прокладки должны быть одинаковой толщины—20—25 мм, при ширине 35—60 мм, при одновременной сушке досок различной длины короткие доски укладываются с таким расчетом, чтобы их торцы с одной стороны были заподлицо с торцами штабеля (рис. 48); такая укладка препятствует образованию свободных пространств, в которые мог бы проходить воздух, не совершая никакой работы. Во всяком случае не

следует класть длинные доски над короткими так, чтобы они перекрывались, так как это вызывает сильное продольное искривление материала. На рис. 49 показаны штабеля лесоматериала с воздушными трубами, по которым поднимается воздух.

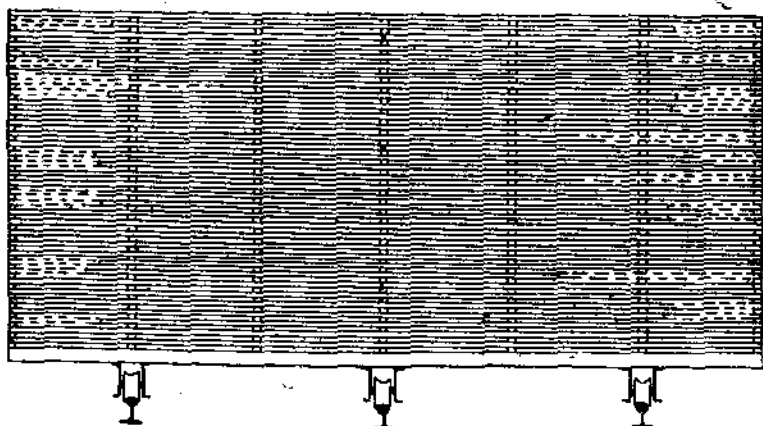


Рис. 48. Правильная штабелевка разной длины

При сушке ценного лесоматериала ряд штабеля, подвергающийся непосредственному действию тепловых лучей, выкладывается из худшего по качеству материала.



Рис. 49. Штабелевка на тележках с трубой

б) ВЕРТИКАЛЬНАЯ ШТАБЕЛЕВКА (НА РЕБРО)

Вертикальная штабелевка на ребро применяется в западной части САСШ для сушки хвойных лесоматериалов. Преимуществами такого метода штабелевки являются равномерность омывания обеих широких

сторону доски воздухом и увеличенная загрузка, так как зазоры между кромками досок не оставляются. Имеется ряд остроумных приспособлений для полуавтоматической штабелевки: на рис. 50 показано такое приспособление, состоящее из наклонного подъемника, на который накладываются доски, и подъемного механизма, с помощью которого подъемник с досками принимает вертикальное положение. Для разборки такого штабеля после сушки также применяются специальные устройства.

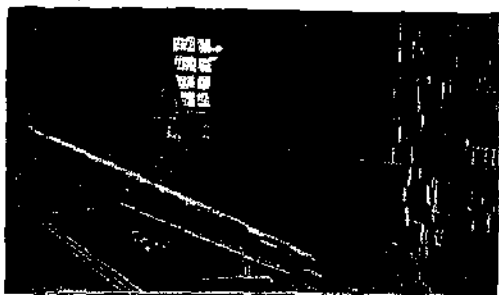


Рис. 50. Полуавтомат для штабелевки

в) НАКЛОННАЯ ШТАБЕЛЕВКА

Этот метод штабелевки (рис. 32) был разработан Мэдисонской лабораторией. При наклонной штабелевке воздух поднимается по продольному продуху между штабелями, но вверху встречается с экранами, не дающими ему возможности обойти штабель под потолком и направляющими его в зазоры штабеля, сквозь которые он проходит и выходит в промежутках между штабелями и продольными стенами камеры.

Предполагается, что наклонная штабелевка способствует продвижению охлажденного, отяжелевшего воздуха, стремящегося опуститься. Доски в наклонных рядах укладываются плотно без каких-либо зазоров между кромками досок.

Недостатком такой штабелевки является трудность ее осуществления, вследствие чего наклонная штабелевка не получила широкого применения.

На рис. 51 показано такое расположение нагревательных приборов

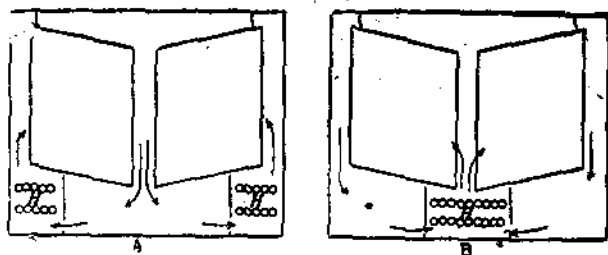


Рис. 51 Схема сушила с наклонной штабелевкой и реверсивным движением воздуха

при наклонной штабелевке, которое обеспечивает реверсивность циркуляции воздуха в сушиле непрерывного действия.

Реверсивность циркуляции воздуха в таком сушиле достигается тем, что в сыром конце камеры (рис. 51 А) нагревательные приборы рас-

полагаются вдоль продольных стен, благодаря чему рабочий воздух входит в штабель.

Со стороны боковых стен воздух, двигаясь в штабеле сверху вниз, выходит по направлению к центру камеры в промежуток между штабелями.

В сухом конце сушила, где воздух подвергается меньшему охлаждению в силу менее интенсивного испарения влаги из материала, нагревательные приборы расположены в центре камеры под промежутком между штабелями, и воздух, поднимаясь сквозь штабель, движется в направлении снизу вверх, а опускается вдоль стен, и проходит под штабелем к калориферу; затем циркуляция повторяется. (Рис. 51В).

67. ШТАБЕЛЕВКА СПЕЦИАЛЬНЫХ СОРТОВ ЛЕСОМАТЕРИАЛА

Материал конической формы, как например спицы, укладывается в ряд поочередно наружным и внутренним концом, то в одну, то в другую сторону (рис. 52).

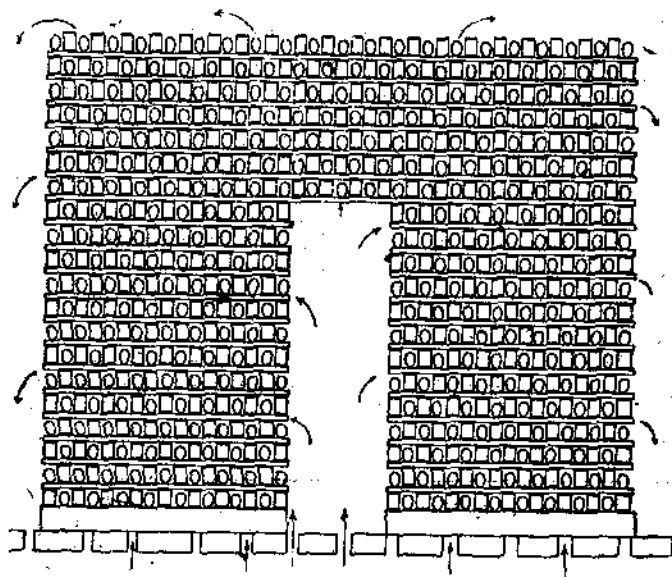


Рис. 52. Штабелевка обозных спиц

Так как специальные сорта материала обычно более подвержены деформации, чем доски, то для них рекомендуется расстояние между прокладками сокращать, т.е. применять более частую укладку прокладок.

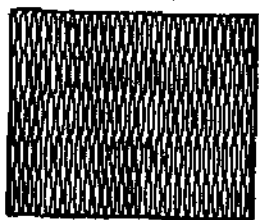
Штабелевка в клетки без прокладок нецелесообразна, так как при этом перекрывается значительная часть поверхности материала, благодаря чему сокращается поверхность испарения; во всяком случае при такой штабелевке следует оставлять большие зазоры между отдельными брусками.

Для штабелевки лесоматериала неправильной формы, как напри-

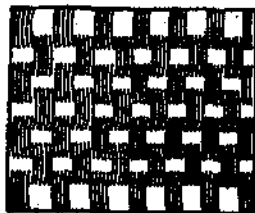
мер лыж, сапожных колодок, применяются специально изготовленные прокладки. Для клежки и аналогичного с ним лесоматериала существуют особые сушильные рамы (рис. 53), на которых материал укладывается, как указано на рис. 54.



Рис. 53. Вертикальная штабелевка клежки



А



В

Рис. 54. Два метода укладки клежки

68. РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

На первый взгляд может показаться, что при сушке дерева наибольшим затруднением при регулировании влажности воздуха является удаление из сушила выпаренной из дерева влаги, и в начале развития сушильной техники этот вопрос фактически считался основным. В действительности же главная задача состоит не столько в удалении влаги, сколько в доставке ее по заданному режиму в камеру сходящим воздухом. Регулирование относительной влажности воздуха тесно связано с циркуляцией его в сушиле и с методами ее создания.

В сушилах однократного насыщения без повторной циркуляции, в которых свежий воздух засасывается снаружи, а отработанный, по прохождении через пространство камеры, выхлопывается целиком наружу, почти всегда требуется искусственное увлажнение.

В сушилах с многократным насыщением, не обобщающихся с наружным воздухом, необходимость увлажнения зависит прежде всего от

степени утечки воздуха из камеры. В герметически закрытых сушила возможно поддерживать требуемую влажность воздуха, не прибегая к добавлению дополнительной влаги извне.

В сушиле температура обычно бывает выше температуры наружного воздуха, благодаря чему получается некоторое разрежение, и сушило работает как дымовая труба: через верхние отверстия теплый влажный воздух уходит, а внизу просачивается паружный более холодный воздух. Влажность воздуха в сушиле при этом понижается, так как холодный паружный воздух содержит меньше влаги, чем воздух внутри сушила: следовательно, всякие неплотности обуславливают нежелательные потери влажности.

Из всего сказанного вытекает, что в сушила для дерева управление сушильным процессом при равных условиях необходимо снабдить соответствующими устройствами как для повышения, так и для понижения степени влажности воздуха.

Понижение влажности воздуха возможно двумя способами:

1) осаждением части влаги, содержащейся в воздухе, т. е. понижением влажности воздуха путем конденсации водяных паров и

2) удалением из сушила части влажного воздуха с заменой его более сухим.

Оба способа дают соответствующий эффект и применяются на практике.

Конденсационные сушила работают на первом принципе; производится это следующим образом: воздух, соприкасающийся с конденсатором, охлаждается ниже точки росы, в результате чего часть влаги, конденсировавшись, стекает по специальному жолобу и выводится по трубам из камеры.

Воздух после выделения из себя влаги подогревается, становится суше, чем он был до охлаждения. Степень понижения относительной влажности воздуха регулируется температурой воды, пропускаемой через конденсационные трубы (см. соответств. раздел); то же самое имеет место в сушила с водяными разбрызгивателями и иными конденсационными устройствами. В сушила, имеющих конденсационные устройства в виде камер с водяными разбрызгивателями, воздух выходит из этой камеры (рис. 32) в насыщенном состоянии с температурой, равной температуре разбрызгиваемой воды. В то время как в трубчатых конденсационных устройствах возможно лишь снижение влажности воздуха, в сушила с разбрызгивателями возможно как снижение, так и увеличение ее; последнее имеет место при температуре разбрызгиваемой воды выше точки росы воздуха, вследствие чего, приходя в соприкосновение с этой водой в камере разбрызгивания, воздух поглощает влагу. Возможность повышения и понижения влажности с помощью только одного конденсационного устройства является известным преимуществом сушил с водяными разбрызгивателями.

В сушила, не имеющих повторной циркуляции, снижение относительной влажности воздуха производится вторым способом, а именно большим или меньшим открытием клапанов в приточных каналах, через которые подается определенное количество свежего воздуха, причем соответственно выхлопывается наружу теплый, влажный воздух.

Поскольку требуемое повышение относительной влажности воздуха не достигается перекрытием одних лишь клапанов приточных каналов или конденсационных устройств, постольку необходимо искусственное увлажнение его, т. е. выпуск в камеру острого пара. Такой метод увлажнения воздуха применяется во всех сушилах, за исключением конденсационных с водяными разбрызгивателями, о работе которых указывалось выше. Выпуск острого пара в сушило весьма часто является также средством стимулирования циркуляции; кроме того он быстро повышает как влажность, так и температуру воздуха, что особенно важно при кратковременных увлажнениях. Ввиду этого обычно предпочитают сушила с увлажнением путем выпуска острого пара, а не сушила с водяными разбрызгивателями.

69. СТЕПЕНИ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ СУШКЕ

Применяемые при сушке степени влажности воздуха ни в коем случае не могут быть подчинены определенному правилу, так как они зависят от целого ряда причин, как-то: породы дерева, влажности его, температуры рабочего воздуха и пр. Чем ниже относительная влажность, тем сильнее идет поверхностная сушка, но тем больше и опасность качественного повреждения материала.

Процесс сушки свежесрубленного или слегка подсушенного леса начинается при относительной влажности воздуха в 60—85%, сушка же воздушно-сухого материала при влажности воздуха 60—70%, которая постепенно снижается до 20—40%.

Глава девятая

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ

Одним из основных моментов, влияющих на правильность работы сушиль, является контроль как за своевременной подачей тепла, так и за процессом сушки.

Регулировка пара должна обеспечивать нужное изменение давления, температуру, количество расходуемого пара и его влажность.

У руководителей предприятий, да и у самих сушильщиков, к сожалению, до сих пор учет расхода пара и контроль за его влажностью считаются чем-то необязательным, как бы технической роскошью без которой можно обойтись.

Такое мнение, совершенно неправильное, вредно отражается на организационной и экономической стороне сушильного дела.

Точный учет расхода тепла поможет сушильщику ориентироваться в работе своего сушильного хозяйства, быстро находить непроизводительные потери пара, которые сплошь и рядом достигают 10—20% от общего расхода.

Исходя из сказанного, рассмотрим ниже ряд простейших приборов, которые должны составлять неотъемлемую принадлежность сушиль, каковыми являются например психометры.

70. МАНОМЕТРЫ

В настоящее время наиболее распространенными являются пружинные манометры двух основных типов — Шевера (рис. 55) и Бурдона (рис. 56). Наиболее надежной считается система Бурдона.

Манометры Бурдона снабжены согнутой по спирали плоской, полый внутри, медной трубкой. Эта трубка на одном конце открыта и соединена с отверстием нипеля корпуса, через который сообщается с пространством, в котором измеряется давление. Другой конец этой трубки запаян и при помощи шарнира соединен с зубчатой передачей, состоящей из сектора и шестеренки; последняя укреплена на оси стрелки манометра и при перемещении сектора, вращаясь, поворачивает стрелку на некоторый угол. Трубка зажата у своего открытого конца, а запаянный конец ее может свободно перемещаться, когда на манометр через нипель действует определенное давление, трубка при этом испытывает воздействие двух давлений — атмосферного и испытываемого, если измеряемое давление выше атмосферного, то равнодействующая стремится выпрямить спиральную трубку, причем свободный конец трубки, перемещаясь, поворачивает стрелку манометра. На шкале манометра, по которой при своем вращении перемещается стрелка, нанесены деления в соответствующих единицах давления; по положению стрелки на этой шкале производят отсчет.

При установке манометра необходимо: 1) чтобы механизм манометра не подвергался действию высоких температур; 2) чтобы механизм манометра не испытывал следующих друг за другом сильных колебаний давлений, толчков или механических сотрясаний; 3) чтобы состояние его при работе было в одинаковом положении с тем, в котором он находился при градуировке, наиболее естественным положением является вертикальное положение шкалы.

Для того чтобы предохранить манометр от нагревания, его устанавливают непосредственно на паропроводе, а между ним и

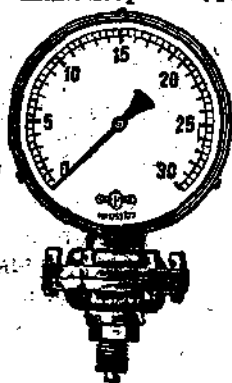


Рис. 55.

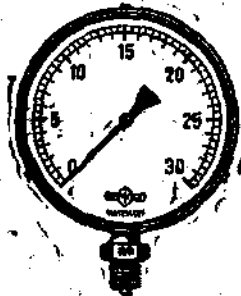


Рис. 56. Манометр

местом установки вводят петлю, в которой пар охлаждается и конденсируется. Таким образом эта петля всегда наполнена водой, и пар не попадает внутрь пружины манометра, а передает давление через воду.

По давлению сушильщик может контролировать правильную подачу пара в сушила из котельной и, в случае надобности, принимать соответствующие меры.

71. ПАРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ КЛАПАНЫ

Парораспределительные клапаны служат для понижения давления пара и устанавливаются обыкновенно на главной магистрали, по которой пар поступает из котельной в сушильные камеры (рис. 57).

Пар входит в клапан по направлению стрелки через отверстие *A* и производит давление с одной стороны на золотник, а с другой, через посредство воды в камере, на поршень; так как площади золотника и поршня, находящиеся под одним и тем же давлением, одинаковы, то золотник является вполне уравновешенным. Если же равновесие золотника будет нарушено тем, что он будет поднят с сидения давлением пара, то последний, проникнув поверх золотника, начнет давить на него сверху и пар будет проникать до тех пор, пока давление на золотник сверху будет равно или немного больше давления, производимого пружиной на поршень снизу. Таким образом это давление снизу будет всегда равняться уменьшенному давлению на золотник, а из этого следует, что, изменяя напряжение пружины по отношению к поршню, можно получать пар любого уменьшенного давления.

Парораспределительный клапан должен быть расположен так, чтобы камера для воды была обязательно внизу. Перед пуском клапана в работу, камеру через закрываемое винтом *a* отверстие наполняют водой. Трубочка *в* служит как для удаления через нее воздуха, так

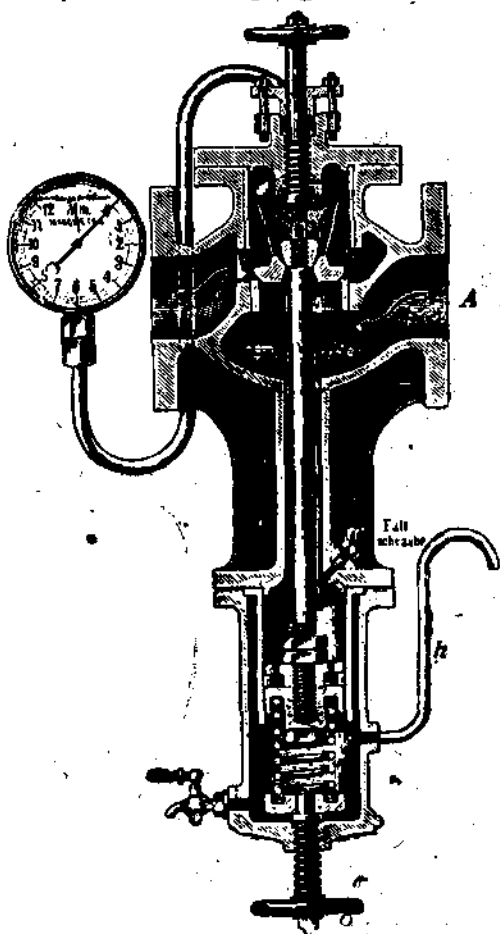


Рис. 57. Парораспределительный (редукционный) клапан

и для удаления воды, просачивающейся под поршень вследствие неплотности.

72. ПАРОМЕРЫ

Учет расхода пара производится паромером. Паромеры основаны на принципе истечения пара, причем существуют две группы; первая основана на изменении площади сечения отверстия, через которое пар проходит с постоянной скоростью, это так называемые поплавковые паромеры, вторая группа основана на переменной скорости пара при неизменном сечении отверстия и относится к диафрагмовым. Для сельского хозяйства наиболее подходящими являются диафрагмовые паромеры, описание конструкции и работы которых приводится ниже.

Простейший паромер состоит из диафрагмы и дифференциального манометра.

Пар при протекании через диафрагму теряет давление и одновременно приобретает повышенную скорость. Так как между увеличением скорости и понижением давления существует прямо пропорциональная зависимость, то при определении перепада давления, при проходе пара через диафрагму, при площади дифференциального манометра можно определить величину расхода пара, основываясь на простой математической зависимости между расходом и перепадом давления.

Существуют два типа диафрагмы — острые и округленные; преимущество остается за первыми, так как изготовление их весьма просто и легко выполнимо даже в мелких заводских механических мастерских.

Диафрагма представляет собой круглое чугунное кольцо толщиной в 25 мм в зависимости от диаметра трубопровода, имеет отверстие с острыми краями и вставляется в трубопровод острыми краями навстречу движению пара (рис. 58 и 59).

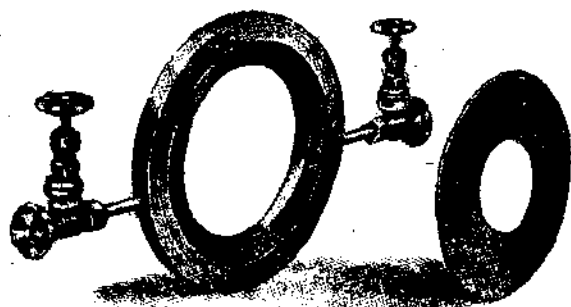


Рис. 58. Общий вид диафрагмы

Диафрагма устанавливается между фланцами трубопровода. Необходимо правильное прямолинейное поступление струи пара в сужающее отверстие (диафрагму), для получения которого следует:

1) центрировать диафрагму фланцевыми болтами таким образом, чтобы отверстие расточки было концентрично сечению трубы;

2) укладывать прокладки настолько аккуратно, чтобы их кромки не выступали во внутрь трубы;

3) устанавливать диафрагму на прямом участке трубопровода не менее 3 диаметров последнего до диафрагмы и 5 диаметров после диафрагмы. В диафрагму ввернуты 2 железные трубки диаметром $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{2}$ " с таким расчетом, что в одну может поступать пар перед входом в диафрагму, а в другую по прохождении через нее. На концах этих трубок привинчены встилки, к которым присоединяются 25-миллиметровые медные или железные трубы, прокладываемые горизонтально на расстоянии 3 м. Через переходы 25-миллиметровые трубы соединяются трубками диаметром $\frac{3}{8}$ " с дифференциальным манометром, по которому производится измерения перепада давления.

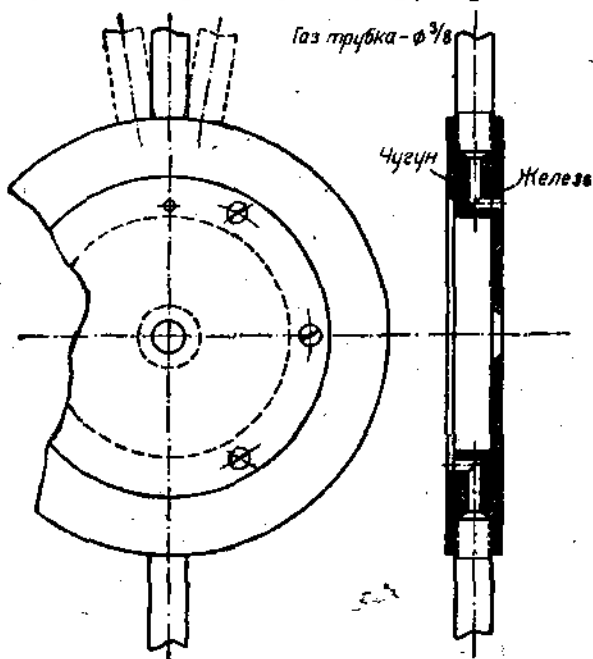


Рис. 59. Разрез диафрагмы по диаметру

На рис. 60 показан одноколенчатый дифференциальный манометр паромера «Радио».

Сосуд *b* наполняется ртутью настолько, чтобы последняя доходила в стеклянной трубке *dd* до нулевого деления шкалы, прикрепленной возле трубки. Сосуд *b*, трубка *dd* сообщаются между собою коленом. Присоединение манометра к паропроводу производится через краны *f* и *п*. Краны $\frac{1}{2}$ и f_1 служат для сообщения сосуда *b* и трубки *dd*, с атмосферой. Перед пуском паромера в ход труба *l* и трубка *dd* заполняются водой через краны f_1 и f_2 , при заливке следует тщательно удалить из трубок воздушные пузырьки.

Краник манометра должен соединяться с трубкой, подводящей пар перед диафрагмой (по течению пара), а другой краник (над стеклянной трубкой) — с паропроводом за диафрагмой.

Место для установки дифференциального манометра выбирается на стене, не подвергающейся сотрясениям; кроме того манометр не следует устанавливать в очень жарком месте, так как от высокой температуры ртуть расширяется и ее уд. вес (13,6), введенный в расчеты, уменьшается.

Соединительная линия между диафрагмой и дифференциальным манометром не должна иметь пропусков, которые могут вызвать не только

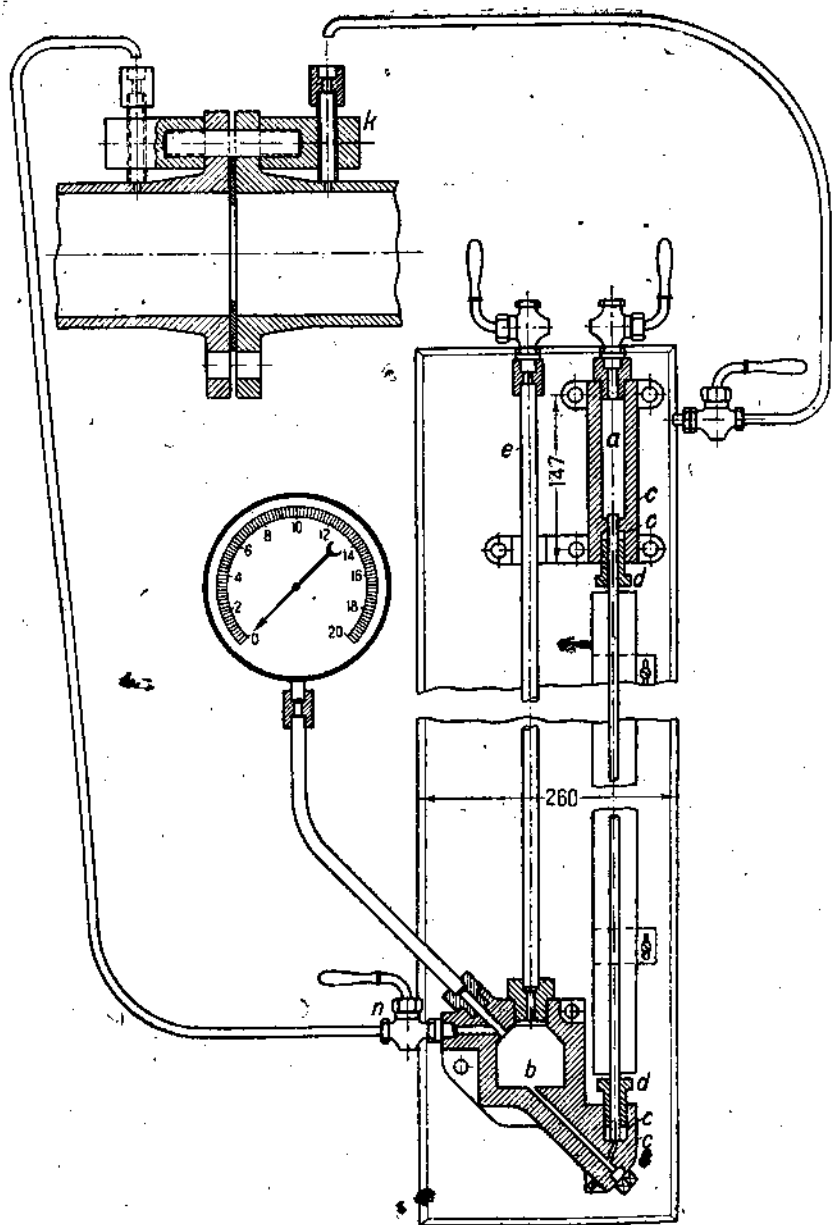


Рис. 60. Дифференциальный манометр паромера „Рацио“

неточные замеры, но и выбрасывание ртути из манометра. Соединительные трубы, также как и манометр, должны быть заполнены водой, образуемой от конденсации пара. Соединительная линия должна быть длиной до 10—15 м.

Перед включением манометра следует продуть линию, чтобы выпустить имеющийся в ней воздух.

Под влиянием разности давлений до и после сужения уровень ртути в стеклянной трубке повышается.

По высоте подъема ртути в стеклянной трубке и давлению пара определяется расход его по формуле проф. Ясинского.

Для подсчета диаметра диафрагмы применяется формула Ясинского:

$$d = \sqrt{\frac{Q}{14,1 \cdot \mu \cdot x \cdot \sqrt{\frac{h}{p}}}}$$

где:

Q —количество пара в килограммах в час,

d —внутренний диаметр диафрагмы в сантиметрах,

x —коэффициент, зависящий от отношения $\frac{h}{p}$,

p —давление перед диафрагмой в абсолютных атмосферах,

h —высота подъема ртутного столба в стеклянной трубке в сантиметрах,

μ —коэффициент, зависящий от пара и диаметра диафрагмы,

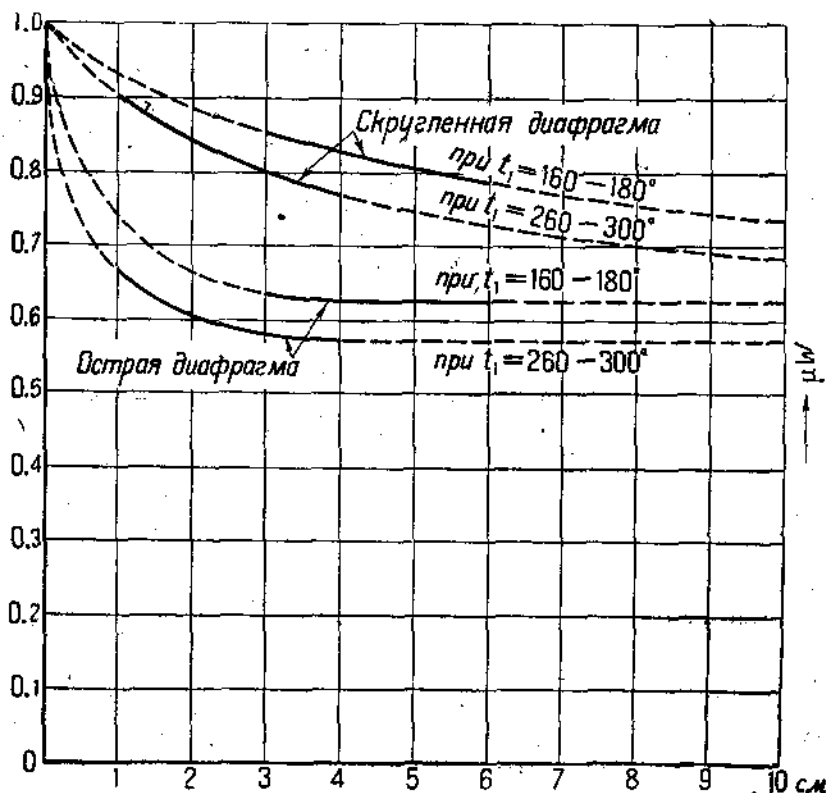


Рис. 61. Диаграмма изменений μ .

V —удельный объем пара в кубических метрах.

Для определения внутреннего диаметра диафрагмы расход пара исчисляется приблизительно—коэффициент μ берется из диаграммы (рис. 61).

Перепадом задаются обычно в 15—20 см.

По принятому давлению и перепаду определяется из диаграммы (рис. 62) коэффициент x .

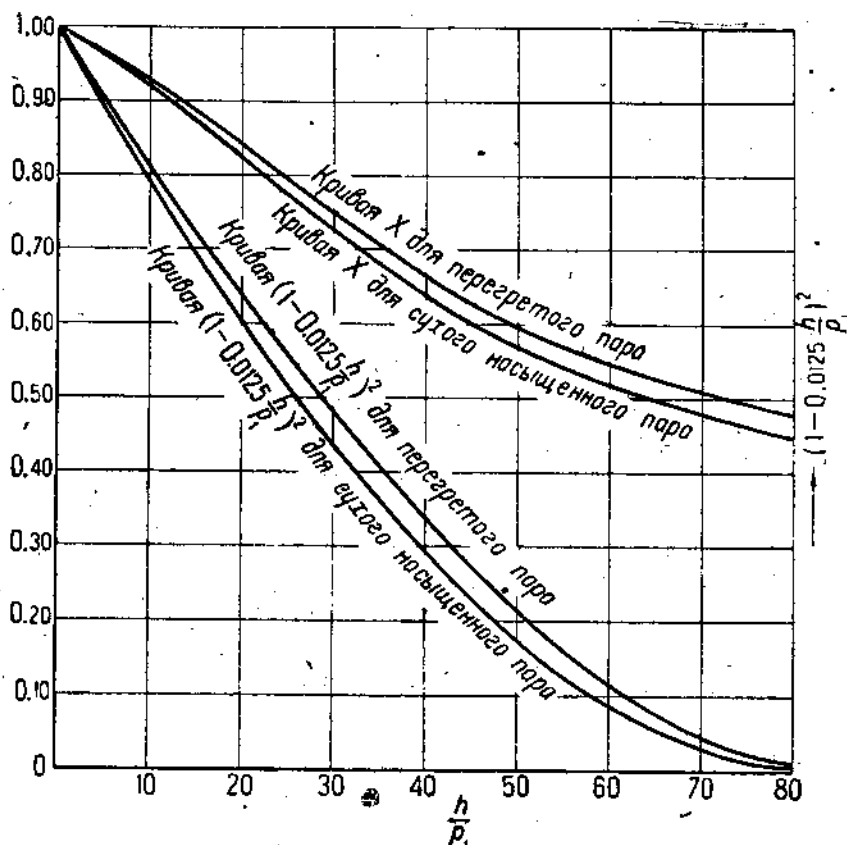


Рис. 62. Диаграмма изменений x в зависимости от величины $\frac{h}{p}$

Удельный объем определяется по таблицам.

Подставляя все найденные величины в формулу, получаем d диафрагмы.

Если при пуске паромера будет заметно выбрасывание ртути из стеклянной трубки, то это будет свидетельствовать о том, что диаметр диафрагмы мал, и его следует пересчитать в сторону увеличения.

Подсчет расхода пара на основании данных наблюдений производится по следующим формулам.

$$\begin{aligned} \dot{q} &= 0,00389 x \cdot \mu \cdot d^2 \sqrt{\frac{h}{p}} \text{ кг/сек.} = \\ &= 14,1 x \cdot \mu \cdot d^2 \sqrt{\frac{h}{p}} \text{ кг/час.} \end{aligned}$$

При подсчете расхода пара пользуются теми же диаграммами, как и при предварительном подсчете диаметра диафрагмы.

Температура пара определяется посредством термометра или термопары, последние в особом мундштуке ввертываются в паровую трубу на соответствующем участке.

Если сушилка питается насыщенным паром, то температуру такого возможно определить при помощи показания манометра и таблиц насыщенного водяного пара.

Учет пара на увлажнение воздуха производится либо при помощи паромера, установленного на пропарочной трубе, либо исключением количества конденсационной воды из общего количества пара, определенного по паромеру, если таковой установлен на общем участке паропровода, через который производится питание как калорифера, так и пропарочной трубы.

Учет пара должен производиться по следующей форме:

Год и число	Время— час. мин.	Время от начала сушки	Показания манометра	Перепад ртутного столба	Темпера- тура пара	Режимы	Диаметр отстой диафрагмы	Примечание

Записи при сушке следует производить через час и отдельно в момент большого увеличения расхода пара, например при пуске нескольких камер сразу. После подсчетов расхода составляется график расхода пара по времени.

73. ВОДОМЕРЫ

Учет расхода пара, прошедшего через калорифер, в случае отсутствия паромера, возможно производить также и при помощи конденсационной воды. Замеры производятся следующим образом. После

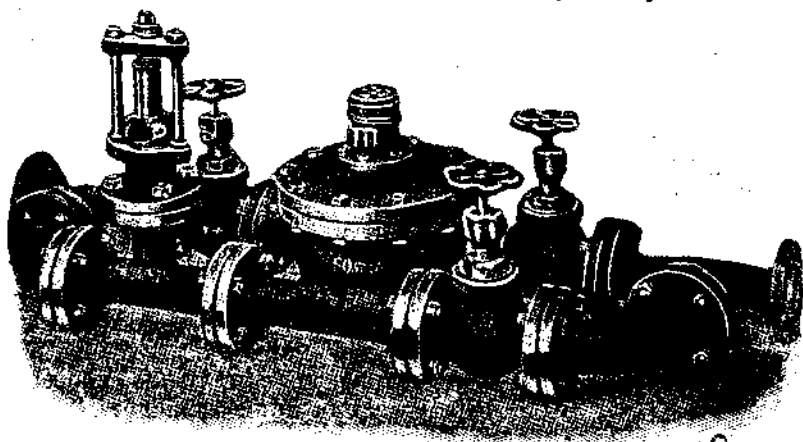


Рис. 63. Установка водомера с обходной линией

конденсационного горшка в трубопровод, через который проходит конденсационная вода, врезаются и устанавливаются два вентиля; один на отводе и другой после него на трубопроводе. При производстве замеров закрывается вентиль на трубопроводе и открывается на отводе, и таким образом вода собирается в мерники.

Кроме этого способа учет конденсационной воды возможно производить специальными водомерами, которые включаются в конденсационную магистраль, как указано на рис. 63.

Водомер состоит из часеобразной мерной камеры, неподвижной вертикальной перегородки и счетчика с шестеренной передачей. Мерная камера снабжена двумя щелеобразными проходами для воды, по обеим сторонам вертикальной перегородки

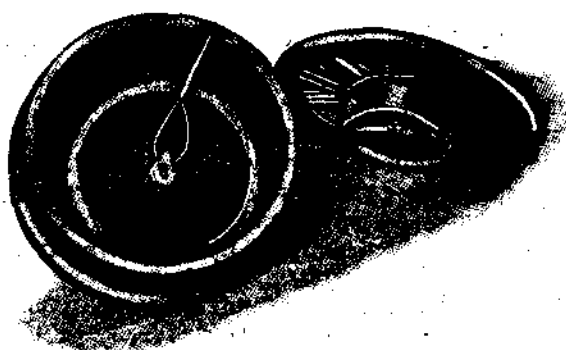


Рис. 64. Мерная камера с Т-образным поршнем

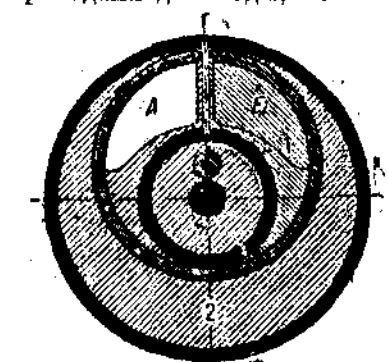


Рис. 65. Поперечный разрез камеры и поршня в схематическом виде. 1—Внутренняя полость мерной камеры (между поршнем и внутренним цилиндром). 2. Внешняя полость мерной камеры (между поршнем и стенками камеры)—внутренний цилиндр мерной камеры, Б—входное отверстие для воды (находится в нижнем днище камеры, А—проекция выходного отверстия для воды (находится в верхнем днище камеры)

поршнем и стенками камеры и стенками внутреннего цилиндра образуются луннообразные полости, как указано на рис. 65. Входное и выходное отверстия для воды расположены в камере по обеим сторо-

вода поступает по входному штуцеру в камеру через входное отверстие, обтекает ее и выходит по другую сторону перегородки через выходное отверстие камеры и выходной штуцер, при этом вода на своем пути встречает препятствие в виде круглого поршня, который имеет эксцентрическое круговое перемещение в горизонтальной плоскости. На рис. 64 показано устройство этого поршня, горизонтальная перегородка которого имеет ряд отверстий для пропуска воды. Ось поршня вращается вокруг направляющего штифта, укрепленного в днище мерной камеры, в которой находится поршень. В камере имеется вертикальная разделительная стенка, которая входит также и в зазор горизонтальной перегородки поршня, благодаря чему при вращении оси вокруг направляющей поршень получает перемещение подобно движению их кривошипа, причем точки прореза перемещаются прямолинейно. Между

нам вертикальной перегородки, причем входное находится в нижнем днище, а выходное в верхнем. Продольный разрез описанного водомера указан на рис. 66. Эти водомеры изготавливаются для трубопро-

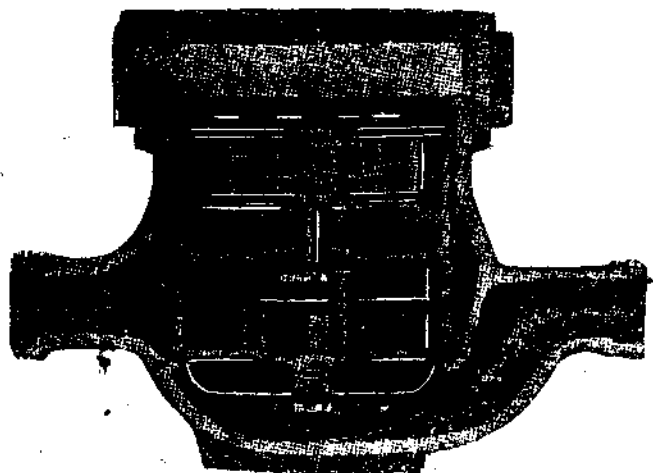


Рис. 66. Продольный разрез водомера „Супериор“

водов внутреннего диаметра от 15 до 100 мм и давления до 30 ат, (температура воды может доходить до 150°С).

74. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ БЫСТРОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ

Практикуемые в СССР способы определения влажности древесины не дают возможности быстро определять влажность в исследуемой партии материала; на это требуется затрачивать по меньшей мере несколько часов.

В заграничной практике в настоящее время имеется целый ряд приборов, основанных на электропроводности древесины. Эти приборы пригодны лишь для древесины с влажностью выше 7%, поскольку с возрастанием содержания влаги возрастает в определенной последовательности также и электропроводность.

Схема устройства такого прибора (рис. 67) следующая.¹

В электрическую цепь введена батарея *В*, дающая напряжение 180 вольт; в этой цепи имеются два ответвления: одно из них имеет

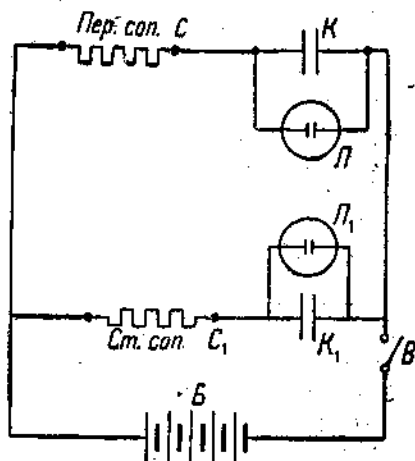


Рис. 67. Схема устройства электрического прибора для определения влажности дерева

¹ Из доклада инженера Д. Н. Ковякова.

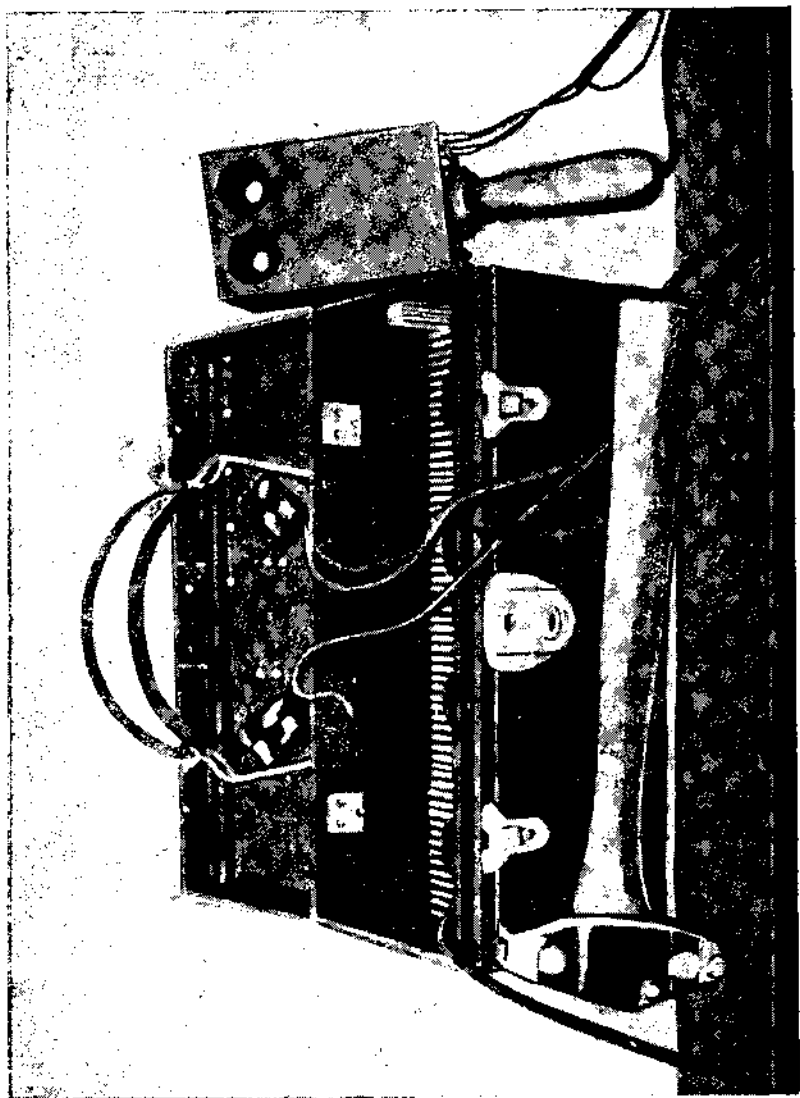


Рис. 68. Общий вид прибора для определения влажности дерева

стандартное сопротивление C , конденсатор K , и лампу L , второе от-
ветвление имеет то же самое, причем сопротивление здесь вводится
переменное, в качестве которого берется испытываемая древесина.
При замыкании цепи контактом B конденсатор K получает заряд,
причем течение тока регулируется вводимым в цепь сопротивлением,
с последовательным образованием напряжения через конденсатор и
параллельно идущую лампу. При определенном потенциале в лампе
происходит процесс ионизации, характеризующийся вспышкой.
В цепь может быть включен любой из конденсаторов, причем частота
вспышек лампы L может быть уравнена частотой лампы L_1 . На этом

принципе сконструированы 2 прибора: для влажности в пределах от 7 до 25 % и для сортировки древесины одной установленной влажности.

На рис. 68 показан общий вид прибора для определения влажности дерева. Прибор заключен в ящик, весьма портативен и состоит из молотка, которым ударяют по дереву, слуховых трубок, циферблата для отсчета влажности дерева и двух лампочек.

Одна из ламп, являющаяся сигнальной, при прохождении через трубку тока загорается красным светом. Скорость вспышки примерно одна в секунду.

Другая лампа с ее конденсатором находится в цепи с электродами молотка, имеющими ножеобразную форму и при ударе по дереву вдавливающимися в него. Вспышка второй лампы зависит от электропроводности и, следовательно, от влажности древесины. С помощью переменного сопротивления замкнутая цепь устанавливается таким образом, что обе лампы дают вспышку одновременно; при этом по шкале переменного сопротивления возможно определить влажность дерева. Установить влажность наблюдатель может также, прислушиваясь к жужжанию в специальных трубках, надеваемых на уши. Установление влажности по звуку имеет преимущества при работе в яркий солнечный день, когда показания сигнальных лампочек недостаточно отчетливы.

Опыты показали, что электропроводность древесины не зависит от породы, и что глубиной проикновения электродов молотка в дерево или же направлением волокон можно пренебречь.

Любой удар по дереву дает правильные показания влажности. Ударный молоток — двухсторонний, металлические электроды отстоят друг от друга примерно на 25 мм и укреплены как на одной, так и на другой стороне. Электроды соединяются с прибором посредством длинного водонепроницаемого с резиновой изоляцией кабеля, проходящего внутри ручки молотка. Ввиду того, что электроды заострены и только слегка проникают в дерево, качество материала от этого не страдает.

Как уже указывалось, прибор дает правильные показания при влажности от 7 до 24 %; более низкая влажность трудно улавливается ввиду влияния влажности воздуха, поэтому этот прибор для небольших влажностей не применяется.

75. АНЕМОМЕТРЫ

Анемометры служат для определения скорости движения воздуха. В сушильном деле определение скоростей движения воздуха необходимо для подсчета расхода как входящего, так и отработанного воздуха, а также установления интенсивности циркуляции внутри штабеля.

Наиболее распространены анемометры крыльчатые и чашечные. Первые употребляются для скоростей до 10—12 м в секунду, а вторые для больших скоростей, ими можно также измерять скорости до 1 м.

Крыльчатый анемометр (рис. 69) состоит из вентилятора и механизма со счетчиком, который приводится в движение при вращении вентилятора. Вращение вызывается потоком воздуха, причем между по-

ступательной и окружной скоростями вентилятора существует определенная зависимость. В случае очень больших скоростей воздуха при пуске в ход этого анемометра возможны толчки в осевом направлении вентилятора, от которых прибор часто портится. Шаровой анемометр

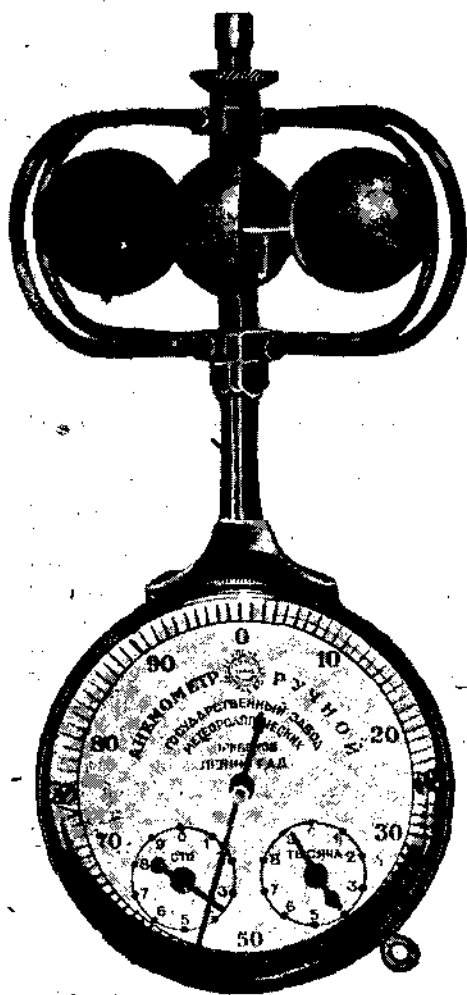


Рис. 70. Шаровой анемометр

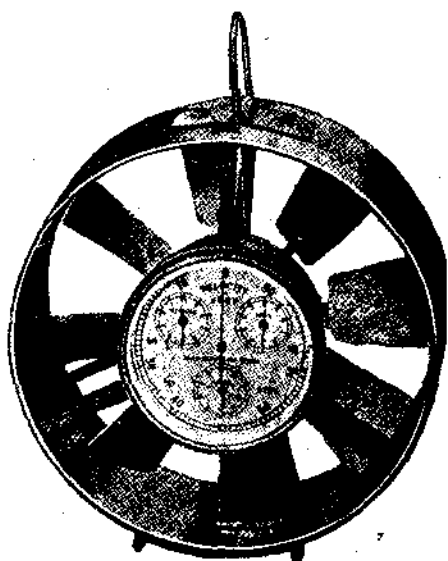


Рис. 69. Крыльчатый анемометр

(рис. 70) имеет вместо крыльев у вентилятора 4 полых полушария, прикрепленных к специальной крестовине. Полушария обращены в одну сторону, а стержни, на которых они укреплены, проходят через ось вращения. Ввиду того, что движение воздуха действует только на два полушария, напор на ось вращения является разницей между напорами на полушария, обращенные внутренней стороной к течению струи, и давлением на полушария, обращенные внешней стороной

к струе, вследствие чего напор на ось при больших скоростях сравнительно невелик. Анемометры приходится время от времени проверять так как вследствие изнашивания трущихся частей уменьшается точность показаний прибора. При проверке устанавливаются поправочные коэффициенты, которые и вводятся в показания прибора при подсчетах скоростей воздуха. Проверка анемометра обыкновенно производится специальными учреждениями, у нас — Палатой мер и весов. Подсчет объема воздуха при скоростях, замеренных анемометром,

производится путем перемножения данной скорости в метрах в единицу времени на площадь поперечного сечения отверстия, в котором производился замер. Полученный результат дает показания кубатуры воздуха в единицу времени.

76. ПРИБОРЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

а) ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Температура внутри сушила определяется термометрами, которые делятся на обыкновенные (ртутные) и самозаписывающие даль-нодействующие.

Самозаписывающий термометр (термограф) показан на рис. 71.

Колебания давления пара жидкости в чувствительном шарике прибора, происходящие при изменении температуры, передаются через трубку *A* плоской спирали *B*, сделанной из сплюсненной трубки. Эти колебания заставляют наружный конец спирали двигаться вперед и назад, причем движения эти передаются посредством рычажка *C* ручке *D*, снабженной пером, ведущим записи на диаграмме *G*. Диаграмма вращается с помощью часового механизма *H*. Диаграммы применяются либо односте-пенные, либо семидневные. Перо регулируется снаружи посредством ключа *F*, поворот которого изменяет длину рычажка *E* и тем самым меняет положение пера.

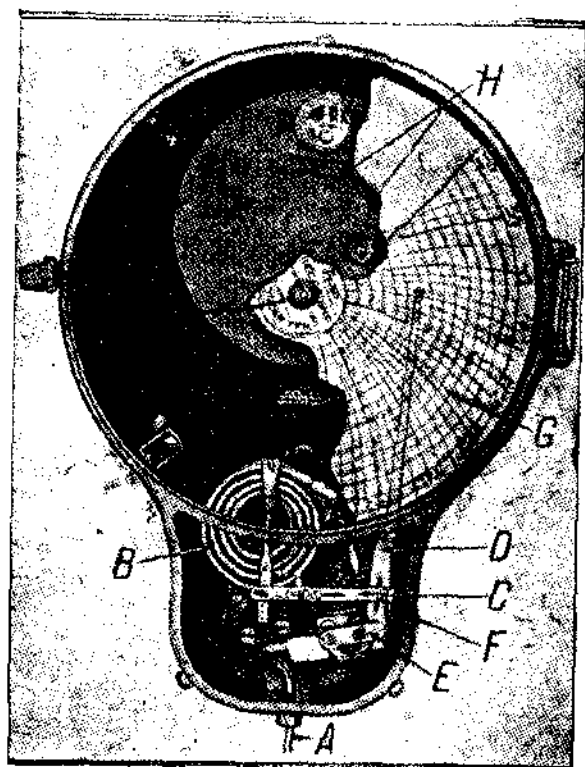


Рис. 71. Самозаписывающий термометр (термограф)

Существуют также приборы, при помощи которых производится автоматическая регулировка подачи пара, а следовательно, и температур внутри камеры. Такие приборы называют терморегуляторами.

На рис. 72 показан терморегулятор с независимым управлением, который производит регулирование подачи пара от изменения давлений вследствие изменений температуры чувствительного шарика. Давление передается посредством трубки *B* подвижной диафрагме *C*, стремящейся опустить клапан *D* и его шпиндель *E*. Этому стремлению диафрагмы противодействует пружина *F*, давление которой регули-

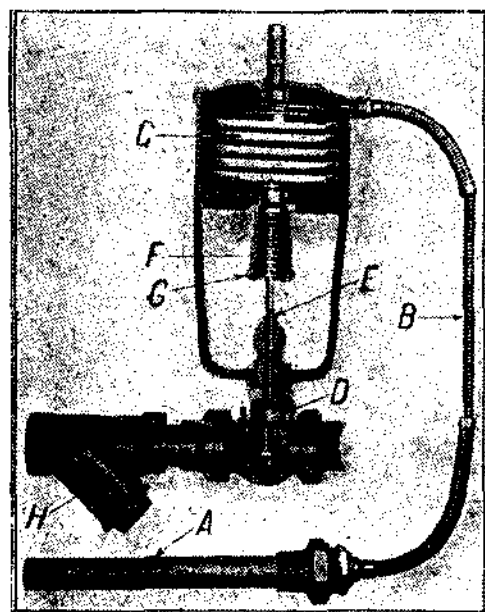


Рис. 72. Терморегулятор с независимым управлением

руется и устанавливается для любой температуры посредством перемещения капсулы *G*. Когда температура среды поднимается выше от регулируемой на приборе, диафрагма закрывает клапан; когда же температура становится ниже отрегулированной, пружина открывает клапан. Фильтр *H* предохраняет клапан от засоров и в связи с этим от возможности просачивания пара. Кроме регуляторов температуры с независимым управлением имеются регуляторы: с воздушным с электрическим и с двойным воздушным и электрическим управлением. Терморегулятор с воздушным управлением изображен на рис. 73. У этого терморегулятора открытие и закрытие подвижной диафрагмы клапана производится посредством сжатого воздуха при 2—3 ат давления. Попадая в камеру *M*, воздух заставляет опускаться диафрагму *Q*, а вместе с ней и клапан со шпинделем *N*, благодаря чему пар перекрывается. При уменьшении давления воздуха пружина *P* и давление пара, действующие на нижнюю поверхность клапана, поднимают его и открывают проход для пара. Доступ воздуха в диафрагме контролируется клапаном *C*; этот контроль осуществляется следующим образом: когда температура чувствительного шарика *L*, находящегося в сушиле, повышается, следуя за повышением температуры среды, тогда увеличенное давление передается через капиллярную трубку *K* пружинной коробке *I*, которая вследствие повышения давления расширяется и поднимает нажимной винт *I* и рычаг *H*; это позволяет давлению воздуха из приточной линии *A* поднять клапан *C* и его шпиндель *D*, при этом воздух обтекает клапан и через трубку *F* поступает в камеру *M*, перекрывая пар. Когда температура чувствительного шарика *L* падает, имеет место обратное явление: клапан *C* опускается, закрывая доступ воздуха к диафрагме, при этом давление воздуха в камере *M* падает вследствие выхода его между стенками цилиндра и шпинде-

лем клапана *D*, так как последний пригнан неплотно. В результате падения давления в камере *M* клапан со шпинделем поднимается, открывая проход для пара.

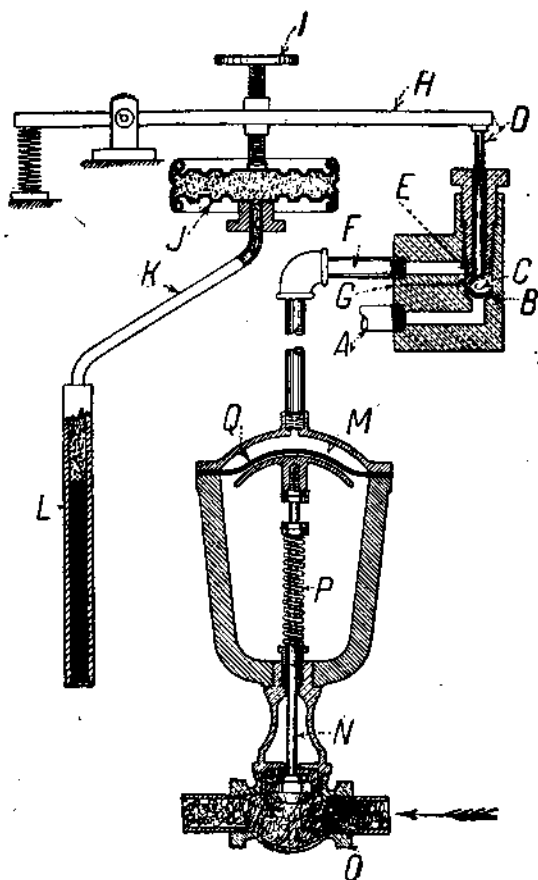


Рис. 73. Терморегулятор с воздушным управлением

6) ИЗМЕРЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Наиболее практичным прибором, применяемым для определения относительной влажности воздуха, является психрометр, который состоит из сухого и мокрого термометров; под мокрым термометром подразумевается обыкновенный термометр, у которого шарик с ртутью находится во все время работы во влажной среде, для чего он обернут марлей (или, что еще лучше, батистом), свободный конец которой опускается в сосуд с водой. Вода из сосуда впитывается материей, подводится к поверхности шарика термометра и смачивает его. Если происходит испарение, то шарик, обернутый влажной материей, охлаждается и, следовательно; показываемая этим термометром температура будет ниже температуры термометра с сухим шариком. Эта тем-

пература тем ниже, чем интенсивнее испарение, усиливающееся с увеличением сухости воздуха. Показания сухого термометра и разница между показаниями сухого и мокрого являются критериями для определения относительной влажности воздуха. Если оба термометра показывают одинаковую температуру, то это означает, что никакого испарения влаги с поверхности шарика мокрого термометра не происходит, т. е. воздух полностью насыщен и, следовательно относительная влажность его равна 100%.

Приведенная в конце книги психометрическая таблица служит для определения относительной влажности воздуха по разнице показаний между обоими термометрами и температуре сухого термометра для температур воздуха от 0 до 100°C, причем предполагается, что воздух в том месте, где установлен прибор, находится в состоянии незначительного движения.

Следует следить за тем, чтобы ткань мокрого термометра оставалась пористой, не загрязнялась и не становилась жесткой от извести, растворенной в воде; для психометров рекомендуется применять дождевую воду.

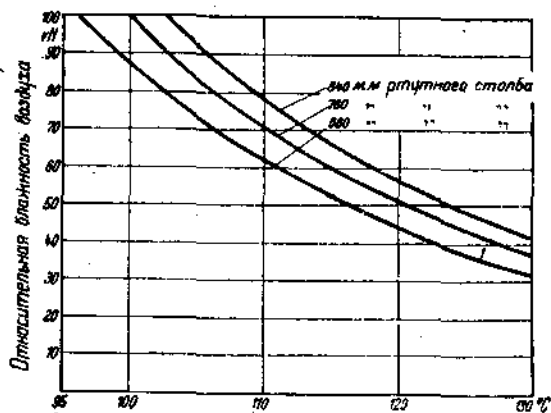


Рис. 74. Относительная влажность перегретого пара при различных давлениях

ности воздуха в зависимости от изменения температуры для трех различных давлений пара.

Для определения относительной влажности воздуха для скоростей его до 4,5 м/сек, т. е. таких, которые обыкновенно встречаются в практике, возможно пользоваться приводимой ниже диаграммой (рис. 75)

На психометрической диаграмме ($\varphi - d - \tau$) по оси абсцисс отложены температуры по сухому термометру, по оси ординат — относительная влажность воздуха. Кроме относительной влажности воздуха по этой диаграмме возможно определить и температуру точки росы при данном влагосодержании и влагосодержание воздуха в граммах на 1 кг сухого воздуха.

Пример. Пусть сухой термометр показывает 60°, мокрый термометр — 51°.

Требуется найти: относительную влажность воздуха φ , влагосодержание воздуха d , точку росы τ .

Психрометрическая диаграмма φ -d-t

Шкала воздуха-45°С

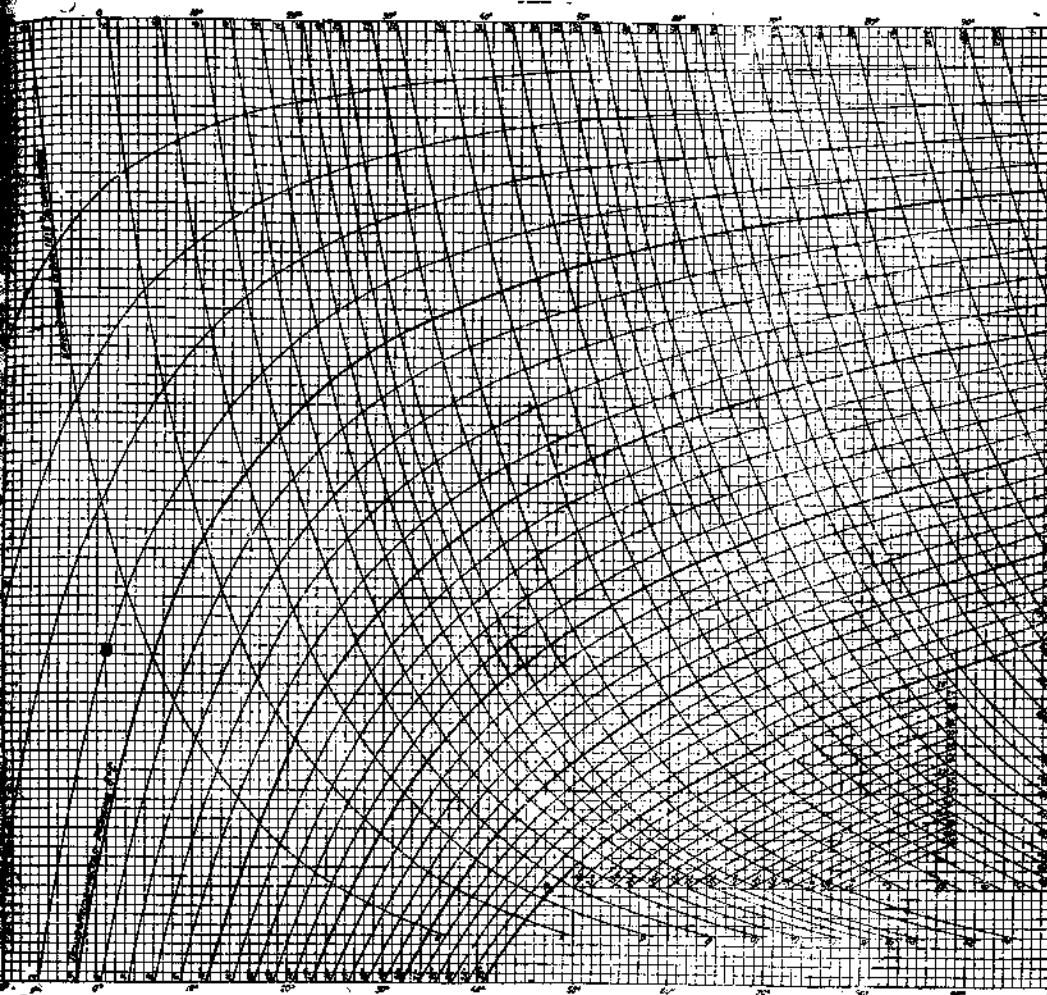


Рис. 75. Диаграмма для определения влажности воздуха

Прежде всего находят разницу между показаниями сухого и мокрого термометров, которая равна $60^\circ - 51^\circ = 9^\circ$, она называется психрометрической разницей.

Далее находят точку пересечения кривой «психрометрической разницы» для 9° , с линией температуры 60° . Относительная влажность воздуха читается на оси ординат, которая и будет равна 61,4%. По другой кривой, проходящей через точку пересечения температуры и психрометрической разницы, определяется влагосодержание воздуха

при данной температуре, которое и равно 90° кг содержания влаги. Температура точки росы будет равна 50° .

Следовательно, относительная влажность $\varphi = 61,4\%$, влагосодержание $d = 90^\circ$ кг содержания влаги, точка росы $\tau_r = 50^\circ$.

Кроме простых психрометров для определения влажности воздуха существуют так называемые самозаписывающие, состоящие из двух самозаписывающих термометров, показания которых фиксируются на одной и той же диаграмме (рис. 76). Чувствительный шарик С

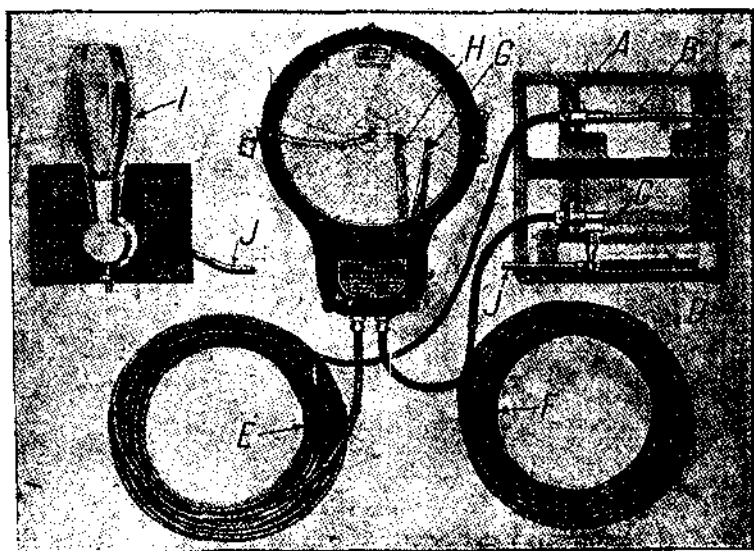


Рис. 76. Самозаписывающий психрометр

одного из термометров обертывается батистом или марлей, конец его опущен в резервуар D, наполненный водой. Чувствительные шарика термометров B и C и резервуар для воды D устанавливаются в сушилке на рамке A и соединяются трубками E и F с остальным прибором. Для поддержания постоянного уровня воды в резервуаре D служит бутылка I, соединенная с резервуаром трубкой J.

Перо G записывает температуру сухого термометра, а перо H — влажного.

Самозаписывающий психрометр устроен по тому же принципу, как и описанный выше термограф, с той только разницей, что психрометр состоит из двух термографов, заключенных в одном приемнике.

Существуют приборы, которые автоматически, по контрольным образцам лесоматериала, производят регулирование как температуры, так и влажности воздуха в камере, т. е. самостоятельно ведут весь процесс сушки без помощи человека. Фирмой, впервые выпустившей такой прибор, является фирма Фоксборо в САСШ.

Работа этого прибора протекает по следующей схеме (рис. 77).

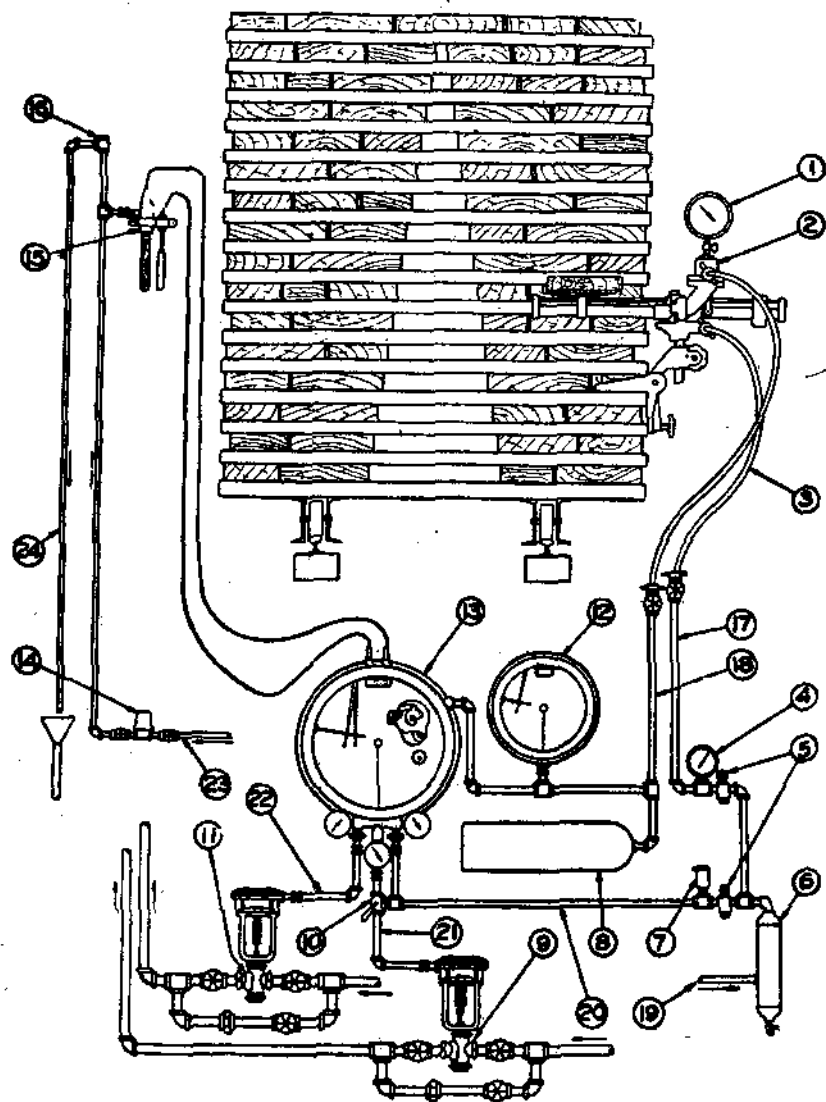


Рис. 77. Автоматический регулятор состояния воздуха

Образец лесоматериала помещается внутри сушила на весах, соединенных с прибором 1; через клапан 2, по трубке 3 и 17 подается воздух к прибору 1. Манометр 4 показывает регулируемое особым клапаном 5 давление подводящей воздушной сети. Прежде чем попасть в воздушную магистраль, воздух очищается в специальном воздушном фильтре 6. На магистрали имеется также воздушный предохранительный клапан 7. Воздушная линия соединена с прибором регулятора влажности и температур 13. Вес образца действует на прибор 1, который в

зависимости от веса, изменяет воздушное давление в магистрали, прибор же 12 фиксирует потерю влаги образцом в единицах ее содержания, который соединен с трубкой 18 и воздушным резервуаром 8. Температура в камере фиксируется дальнедействующим термометром, соединенным с прибором 13, регулирование подачи пара в калорифер производится автоматически клапаном 11, соединенным воздушной линией 22 с прибором 13. Влажный термометр 15, расположенный рядом с сухим термометром, также соединен с прибором 13. Вода для влажного термометра подается по водяной линии 23 через водяной фильтр 14 и вертикальную трубку 16; лишняя вода сливается по трубке 24. Регулирование подачи острого пара в камеру производится посредством клапана 9, который в свою очередь соединен с прибором 13 воздушной трубкой 21.

Воздух в систему прибора входит по трубке 19.

Самозаписывающий состояние воздуха регулятор 13 и прибор 12 находятся вне камеры, в обслуживающем помещении.

Глава десятая

ПРОВЕРКА РАБОТЫ И ВЫБОР ТИПА СУШИЛА

В процессе работы сушила иногда встречаются затруднения как в нормальной подаче тепла, так и в отводе или добавлении свежего воздуха, влияющего на сроки и качество сушки.

Руководитель сушильного хозяйства должен выявить причины недостатков работы, которые могут лежать в недостаточном количестве пара, поступающего из котельной, или в ненормальной работе побудителей циркуляции.

77. ПРОВЕРКА РАБОТЫ КАЛОРИФЕРА

Причины недостаточного количества тепла для сушки надо искать, во-первых, в неисправной работе калорифера, во-вторых, в недостаточности поверхности нагрева нагревательных приборов.

В первом случае необходимо проверить:

- 1) достаточно ли давление поступающего пара,
- 2) исправен ли конденсационный горшок,
- 3) нет ли воздушных застоев в трубопроводе калорифера.

Для этого нужно перекрыть конденсационный горшок и открыть вентили у обводных труб, чтобы пар из калорифера шел на выход.

В случае если этими мероприятиями не удастся повысить температуру внутри камеры, необходимо проверить, достаточно ли поверхность нагрева калорифера для сушки лесоматериала высокой влажности.

Проверка может быть произведена следующим образом.

- 1) Подсчитывают количество тепла, необходимого на нагрев древесины по следующей формуле:

$$q = \frac{k}{T} \gamma [W_1 (80 + 0,5 t_0) + 0,33 (t_1 - t_0) + W_2 t] \text{ для зимы}$$

$$q = \frac{k}{T} \gamma [0,33 (t_1 - t_0) + W_2 (t_1 - t_0)] \text{ для лета,}$$

где:

- k — количество древесины в 1 загрузку в камеру,
 γ — вес 1 м³ абсолютно сухой древесины $\cong 420$ —450 кг,
 W_1 — начальная влажность древесины,
 W_2 — конечная влажность древесины,
 t_0 — начальная температура,
 t_1 — максимальная температура сушки,
 $0,5$ — теплоемкость льда,
 $0,33$ — теплоемкость абсолютно сухой древесины,
 T — время сушки в часах.

2) Подсчитывают расход тепла на испарение влаги из древесины:

$$q_2 = 10^3 \frac{i_2 - i_0}{d_2 - d_0} \cdot \frac{V}{T}$$

i — определяется по следующей формуле:

$$i = 0,24 t + \lambda \frac{d}{1000},$$

$$\lambda = 596,8 + 0,446 t \text{ от } 0 \text{ до } 55^\circ \text{Ц.}$$

$$\lambda = 599,0 + 0,408 t \text{ от } 50 \text{ до } 100^\circ \text{Ц.}$$

- i_2 — теплосодержание отходящего воздуха,
 i_0 — теплосодержание входящего в камеру воздуха,
 d_2 — влагосодержание отходящего воздуха,
 d_0 — влагосодержание входящего воздуха,
 V — количество влаги, подлежащее испарению в килограммах за весь процесс,
 t — температура воздуха.

3) Выявляют количество тепла на нагрев оборудования:

$$q_3 = (Q_{\text{желез}} c_{\text{желез}} + Q_{\text{дер}} c_{\text{дер}}) \cdot (t_1 - t_0)$$

$Q_{\text{желез}}$ — вес железных частей оборудования,

$Q_{\text{дер}}$ — вес деревянных частей оборудования,

$c_{\text{желез}}$ — теплоемкость железа — 0,12,

$c_{\text{дер}}$ — теплоемкость дерева.

4) Учитывают расход тепла через ограждения по следующей форме:

№ по порядку	Наименование ограждений	Размеры		Площадь в м	К-коэф. теплоизоляции в м ² °	Температура		Разница температур	Потери тепла в кал-мере	Примечание
		Ширина в м	Длина в м			Внутри	Снаружи			
1	Наружные стены				1,0					
2	Потолок				0,6					
3	Двери				2—3,0					
4	Пол				0,5					

б) Определяют расход тепла с конденсационной водой.

После того как будут подсчитаны все статьи расхода, следует их сложить и разделить на 600, частное получится в килограммах пара, потребного на сушку в 1 час. Количество килограммов пара следует умножить на температуру сконденсировавшейся воды, которая при выходе из калорифера будет примерно равна 90—95° Ц. Произведение будет равно количеству калорий, расходуемому с конденсационной водой:

$$Q = a \cdot t,$$

где:

a — количество килограмм воды, полученной при конденсации пара,

t — температура конденсата.

Для подсчета поверхности нагрева калорифера следует выявить общий расход тепла и произвести вычисления по следующей формуле:

$$F = \frac{Q}{\delta_m K} \text{ м}^2,$$

где:

Q — общее количество тепла в калориях, которое необходимо снять с калорифера в 1 час,

K — коэффициент теплопередачи через 1 м² поверхности в течение 1 часа при разнице температур в 1°Ц для ребристых труб

$K=6$, для гладких $K=1$.

δ_m — разность температур между паром и нагреваемым воздухом.

$$\delta_m = \frac{\theta_a - \theta_e}{\ln \frac{\theta_a}{\theta_e}}$$

где:

θ_a — максимальная разница температур на одном конце калорифера,

θ_e — минимальная разница температур на другом конце.

δ_m может быть найдена при помощи нижеследующей таблицы:

если $\frac{\theta_e}{\theta_a} = 0,005; 0,01; 0,02; 0,03; 0,04; 0,05; 0,06; 0,07; 0,08; 0,09;$

то $\delta_m = 0,166; 0,188; 0,215; 0,274; 0,298; 0,317; 0,335; 0,352; 0,368; 0,378;$

если $\frac{\theta_e}{\theta_a} = 0,1; 0,11; 0,12; 0,13; 0,14; 0,15; 0,16; 0,17; 0,18; 0,19;$

то $\delta_m = 0,391; 0,405; 0,418; 0,430; 0,440; 0,451; 0,461; 0,466; 0,478; 0,489;$

если $\frac{\theta_e}{\theta_a} = 0,20; 0,21; 0,22; 0,23; 0,24; 0,25; 0,30; 0,35; 0,40; 0,45;$

то $\delta_m = 0,500; 0,509; 0,518; 0,526; 0,535; 0,544; 0,553; 0,562; 0,568; 0,593;$

если $\frac{\theta_e}{\theta_a} = 0,5; 0,55; 0,60; 0,65; 0,70; 0,75; 0,80; 0,85; 0,90; 0,95; 1,$

то $\delta_m = 0,724; 0,756; 0,786; 0,815; 0,843; 0,872; 0,897; 0,921; 0,953; 0,982; 1.$

При пользовании этой таблицей без применения формулы расчет следует производить следующим порядком:

Пример. Пусть пар входит в калорифер с температурой 130°Ц , а выходит из него с температурой 100°Ц . Воздух нагревается при прохождении через калорифер с температуры 10°Ц до 80°Ц . Требуется найти разность температур δ_m .

$$\theta_a = 100 - 10 = 90^{\circ},$$

$$\theta_b = 180 - 80 = 100^{\circ},$$

тогда:

$$\frac{\theta_a}{\theta_b} = \frac{50}{90} = 0,55.$$

По таблице находится значение δ_m , которое будет равно 0,756; $\delta_m = \delta_a \cdot \delta_b = 0,756 \cdot 90 = 68,04^{\circ}\text{Ц}$.

Кроме поверхностей нагрева калорифера следует также проверить и диаметр трубопровода, подводящего в камеру пар, так как часто ставят трубы недостаточного диаметра, благодаря чему невозможно получить и требуемого количества пара в калорифере.

Диаметр трубопровода можно подсчитать по следующей формуле:

$$D = 0,001 \sqrt[5]{\frac{l \cdot Q (Q + W_1)}{P_2 - P_1}},$$

где:

D — диаметр трубопровода,

l — длина трубопровода в метрах,

Q — часовая потребность тепла в конце трубопровода,

W_1 — часовая потеря напора пара,

P_2 и P_1 — начальное и конечное давление в трубе.

По этой формуле можно проверить и трубопровод, по которому в камеру подается острый пар для увлажнения.

Для подсчета расхода пара на сушку как через калорифер, так и на поддержание влажности в камере, следует пользоваться паромерами, (см. гл. об измерительных приборах). Подсчет расхода пара только через калорифер можно производить по конденсационной воде, для чего требуется в течение часа производить учет конденсационной воды, выходящей из калорифера, с замером его температуры. Количество тепла подсчитывается, как указано выше. При наличии паромера возможно также установить расход пара на одно только увлажнение. Для этого из общего количества расхода пара, определенного по паромеру, вычитается количество тепла, израсходованное через калорифер и подсчитанное по количеству конденсата.

При пользовании калориферами типа Юнкера необходимо, в случае плохой его работы, следить за тем, чтобы между пластинками не набивались мелкие сухие кусочки дерева и пыль; кроме того следует чаще проверять состояние трубопровода отдельных секций, так как он часто закипает и препятствует доступу пара в калорифер.

78. ПРОВЕРКА РАБОТЫ ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

В случае недостаточно интенсивного обмена воздуха и циркуляции в камере необходимо проверить вентиляционную систему. Прежде

Всего нужно выявить, работают ли приточные и вытяжные воздухо-
воды и агрегаты.

Если после прочистки и выверки улучшений не наблюдается, то не-
обходимо проверить, достаточна ли существующая вентиляционная
установка для сушки данного лесоматериала.

а) ПРОВЕРКА ПРИ ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

Прежде всего необходимо подсчитать расход воздуха в час на испа-
рение влаги, который определяется по следующей формуле:

$$l = \frac{10^3}{d_2 - d_0} \cdot x \text{ кг},$$

где:

d_2 — влагосодержание воздуха при выходе из камеры,

d_0 — влагосодержание воздуха при входе в камеру,

x — количество влаги в килограммах, подлежащей удалению из
камеры в 1 час.

Влагосодержание возможно определить по таблицам или же по
формуле:

$$d = \frac{623}{B} \frac{e}{\varphi \cdot P_n} - 1$$

где:

B — барометрическое давление (для средней европейской части
СССР $B=745$),

φ — относительная влажность воздуха,

P_n — давление насыщенного пара при данной температуре.

Подсчет объема воздуха произвести по формуле:

$$lv = V \text{ м}^3,$$

где:

V — объем воздуха в кубических метрах,

v — объем 1 кг воздуха,

l — количество кг воздуха.

Далее следует проверить, дает ли существующая вытяжная труба
такое разрежение, чтобы можно было покрыть все потери, получаемые
при движении воздуха в камере:

- 1) потерю напора для создания скорости в приточных каналах,
- 2) потерю напора в отверстиях приточных труб,
- 3) потерю напора для получения требуемой скорости в вытяжных
каналах и отверстиях,
- 4) потерю напора в вытяжных трубах.

Все эти потери напора определяются по следующей формуле:

$$h = \gamma \cdot \frac{v^2}{2g},$$

где:

γ — уд. вес воздуха при данной температуре,

$\gamma = 1,293 \frac{273}{273 + t}$, [1,293 уд. вес воздуха при $t = 0^\circ \text{Ц}$ и при
давлении 760],

v — скорость движения воздуха,
 g — ускорение силы тяжести = 9,81 м/сек².

В случае наличия какого-либо изменения в направлении движения воздуха (например закругление воздуховода, колено или пр.) следует учесть потери напора на этом участке отдельно, подобрав коэффициенты трения по соответствующим справочникам.

При подсчете общей потери напора в вентиляционной системе необходимо все потери по отдельным участкам сложить и сопоставить с величиной напора, получаемой существующей трубой:

$$h = H(\gamma_1 - \gamma_2),$$

где:

h — разрежение, даваемое вытяжной трубой,

γ_1 — уд. вес входящего в сушило воздуха,

γ_2 — уд. вес выходящего из сушила воздуха,

H — высота трубы.

Если при проверке окажется, что высота трубы недостаточна, необходимо ее увеличить, сделав ее нормальной по расчету.

ПРОВЕРКА ИСКУССТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

При наличии в камерах для создания циркуляции искусственных побудителей-вентиляторов необходимо их работу проверять следующим образом:

- 1) не засорены ли воздуховоды;
- 2) соответствует ли укладка предусмотренной по проекту; если имеются отклонения, намерения их следует устранить, если же они необходимы, то пересчитать вентилятор;
- 3) не введены ли дополнительные устройства, увеличивающие сопротивление в вентиляционной системе, при наличии их следует устранить или изменить так, чтобы они не мешали движению воздуха;
- 4) проверить количество воздуха, подаваемое вентилятором, для чего необходимо замерить число оборотов и диаметр крыльев. Объем воздуха, прогоняемого вентилятором, подсчитывается по формуле:

$$V = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot 3600 v$$

где:

V — объем воздуха, прогоняемого вентилятором в час,

v — скорость прохождения воздуха через вентилятор в метрах в секунду,

D — диаметр вентилятора.

Подсчет потерь напора производится тем же способом, как и при естественной циркуляции.

По выявлении общей потери напора в вентиляционной установке и определении указанным выше способом количества, прогоняемого вентилятором воздуха, проверяется затрата мощности по формуле:

$$N = \frac{V \cdot Z}{75 \cdot 3600 \cdot \mu} \text{ л. с.,}$$

где:

N — необходимая энергия в лошадиных силах,
 V — объем воздуха, прогоняемого вентилятором в час,
 μ — коэффициент полезного действия вентилятора,
 Z — потеря напора в мм водяного столба.

Если при проверке будет установлено, что для создания в камере соответствующей циркуляции мощность мотора недостаточная, следует его заменить более мощным. Если будет установлен недостаток пропускаемого через камеру воздуха, следует увеличить число оборотов вентилятора или сменить его.

Пример¹. Воздух, нагретый до температуры $t = 90^\circ \text{C}$, по пяти трубам попадает в камеру в количестве $V = 30\,000 \text{ м}^3/\text{час}$.

Воздух проходит через штабель, поверхность которого на решетке 80 м^2 , поступает также через пять отводов в выпускную трубу с температурой $t_2 = 35^\circ \text{C}$.

Требуется определить общий напор вентилятора и потребную для него энергию при наружной температуре $t_0 = 15^\circ \text{C}$ и при коэффициенте полезного действия вентилятора $\mu = 0,50$.

Скорость воздуха в выпускной трубе равна $13,3 \text{ м/сек}$.

Уд. вес воздуха при $t = 35^\circ$ равен:

$$\gamma_s = 1,293 \frac{273}{273 + 35} \approx 1,15 \text{ кг/м}^3.$$

Чтобы получить скорость $v = 13,3 \text{ м/сек}$, требуется потеря напора

$$h_1 = \gamma_s \frac{v^2}{2g} = 1,15 \frac{13,3^2}{2 \cdot 9,81} \approx 10,7 \text{ мм водяного столба}.$$

Калорифер представляет сопротивление $h_2 = 15 \text{ мм}$ водяного столба.

Потеря напора на проход через сушильный объект определяется по формуле:

$$h_3 = \frac{m \cdot V}{F} \gamma_s \text{ мм водяного столба}.$$

где:

h_3 — потеря напора в мм водяного столба,
 V — объем воздуха в $\text{м}^3/\text{час}$ при температуре t_1° ,
 γ_s — уд. вес воздуха при температуре t_1° ,
 F — площадь решетки,
 m — коэффициент, равный от 0,0015 до 0,03.

Принимая $m = 0,0145$; $V = 30\,000 \text{ м}^3/\text{час}$, $\gamma = 0,98$,

получим:

$$h_3 = \frac{0,0145 \cdot 30\,000}{80} \cdot 0,98 \approx 5,3 \text{ мм водяного столба}.$$

Далее подсчитываются потери напора в отводах. В каждом отводе скорость движения воздуха 14 м/сек , сопротивление $\xi_4 = 0,2$.

¹ Пример позаимствован из курса лекций, читанных проф. Н. Э. Юргенсом в Московском лесотехническом институте.

Для каждого отвода $h_4 = \gamma_c \frac{v^2}{2g} \xi_4 = 0,98 \frac{14^2}{29,81} \cdot 0,2 = 1,96$ мм водяного столба.

Через каждый из пяти отводов поступает $\frac{1}{5}$ количества воздуха, т. е. в 1 сек.

$$\frac{30\,000}{5 \cdot 3\,600} = \frac{8,33}{5} \approx 1,67 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Как средний напор для пяти отводов получим:

$$h_4 = \frac{5 \cdot 1,67 \cdot 1,96}{8,33} = 1,97 \text{ мм водяного столба.}$$

Ту же потерю напора можно принять и для пяти отводящих каналов

$$h^5 = 1,97 \text{ мм водяного столба.}$$

Затем необходимо определить влияние изменения площади сечения из пяти отводов диаметром 390 мм, из которых воздух вступает под сушильный настил, причем скорость падает с v_1 до v_2 .

Площадь одного отвода обозначим f_1 , площадь под соответствующей частью настила f_2 ,

$$f_2 = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{0,39^2 \cdot \pi}{4} = 0,1194 \text{ м}^2,$$

$$f_2 = 3,2 \text{ м}^2,$$

$$\xi_2 = \left(\frac{f^2}{f_1} - 1 \right)^2 = \left(\frac{3,2}{0,1194} - 1 \right)^2 \approx 680.$$

$$\text{Высота напора } h_p = \gamma_c \frac{v_2^2}{2g} = 0,98 \frac{0,52^2}{2 \cdot 9,81} = 0,0134,$$

$$\gamma_c = 0,98$$

$$v_2 = \frac{1,67}{3,2} = 0,52 \text{ м/сек.}$$

$$h_6 = h_p \cdot \xi_2 = 0,0134 \cdot 680 \approx 9,1 \text{ мм водяного столба.}$$

Из сушильной камеры воздух поступает в пять отводов, причем скорость его меняется с v_3 на v_4 .

$$f_3 = \text{площадь камеры } 20 \text{ м} \cdot 4 \text{ м} = 80 \text{ м}^2,$$

$$f_4 = \text{площадь одного отвода } \frac{\pi d^2}{4}, \text{ где } d = 35 \text{ см,}$$

$$f_3 = 20 \text{ м} \cdot 4 \text{ м} = 80 \text{ м}^2,$$

$$f = \frac{0,35^2 \pi}{4} = 0,0962 \text{ м}^2,$$

а общая площадь пяти отводов:

$$5f_4 = 0,0962 \cdot 5 = 0,481 \text{ м}^2.$$

$$\xi_7 = \left(1 - \frac{f_4}{f_3} \right)^2 = \left(1 - \frac{0,481}{80} \right)^2 = (1 - 0,006)^2 \approx 1.$$

Потеря напора подсчитывается по формуле:

$$h_{\kappa} = \gamma \cdot \frac{v_4^2}{2g}$$

где:

$\gamma = 1,15$ (при температуре отходящего воздуха $= 35^{\circ}\text{C}$),

v_4 — скорость движения воздуха $13,1 \text{ м/сек}$,

$$h_{\kappa} = 1,15 \frac{13,1^2}{2 \cdot 9,81} \approx 10 \text{ мм водяного столба.}$$

Высота напора, которая затрачивается на это, будет равна

$$h_7 = h_{\kappa} \xi_7 = 10,0 \cdot 1 \approx 10 \text{ мм водяного столба.}$$

Далее следует узнать общую потерю напора, для чего все потери на отдельных участках складывают:

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 = h$$

$$10,7 + 15 + 5,3 + 1,97 + 1,97 + 9,1 + 10 = 54,04 \text{ мм водяного столба.}$$

Воздух поступает в вентилятор при $t = 15^{\circ}\text{C}$ и нагревается до $t_1 = 110^{\circ}\text{C}$, следовательно, часовой объем его будет равен

$$V = 30'000 \frac{273 + 15}{273 + 110} = 22'500 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Теперь, получив все необходимые для расчета вентилятора данные, подсчитаем расход энергии в час по формуле:

$$N = \frac{Vz}{75 \cdot 3'600 \mu},$$

где:

V — объем воздуха прогоняемого вентилятором $= 22'500 \text{ м}^3/\text{час}$,

z — потеря напора в миллиметрах водяного столба $= 55 \text{ мм}$,

μ — коэффициент полезного действия принимаем равным $0,5$,

$$N = \frac{22'500 \cdot 55}{75 \cdot 3'600 \cdot 0,5} = 10,6 \text{ л. с.}$$

Этого достаточно, чтобы проверить правильность работы калорифера и вентиляционной системы и на основании полученных данных ввести в камеру для улучшения ее работы соответствующие изменения.

Все другие вопросы, могущие возникнуть по работе камеры, освещены в соответствующих главах.

Глава одиннадцатая

ВЫБОР ТИПА И РАСПОЛОЖЕНИЕ СУШИЛ

79. ВЫБОР ТИПА СУШИЛА

При постройке сушил, как и при всяком заводском строительстве необходимо учесть и тщательно взвесить все местные условия.

Выбор того или иного типа сушил в первую очередь определяется

количеством, породой, сортаментами и состоянием лесоматериала, подлежащего сушке.

Прежде чем приступить к постройке, необходимо иметь определенное решение о количестве камер, месте постройки, транспортных путях и т. д.

а) СУШИЛА НЕПРЕРЫВНОГО И ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

Сушила непрерывного действия применяются для простейшей сушки, т. е. для сушки больших партий однородного материала, не требующего особой гибкости в регулировании режима. Здание такого сушила по длине весьма значительно и достигает 30 м и более, так как в тоннеле находится одновременно материал разной влажности, начиная от совершенно сырого и до высушенного. Сушила непрерывного действия почти всегда строятся с естественным движением воздуха и обслуживаются весьма просто; за то в них отсутствует возможность гибкости регулирования режима.

Одним из преимуществ сушил непрерывного действия является возможность ведения процесса сушки без нарушения его при загрузке и выгрузке материала, каковы производятся одновременно по одной или по две тележки.

Как указывалось ранее, существует много различных типов сушил периодического действия, приспособленных к самым, разнообразным условиям сушки. В этих сушилах регулирование режима чрезвычайно гибко, но требуется большая тщательность наблюдения и квалификация обслуживающего персонала. Чем более гибко регулирование режима, тем выше качество сушки. Длина сушила периодического действия может быть любой, но при слишком большой длине нарушается равномерность сушки.

В настоящее время в Германии и САСШ наблюдается определенное стремление к постройке сушил периодического действия даже в таких предприятиях, где требуется массовая сушка однородного лесоматериала, для которых ранее были специально разработаны сушила непрерывного действия.

б) СУШИЛА С ИСКУССТВЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Искусственная циркуляция в противоположность естественной не зависит от влияния каких-либо внешних причин. Расходы по сооружению сушил с искусственной циркуляцией конечно выше, чем расходы по сооружению сушил с естественным движением воздуха, но это не должно быть решающим фактором при постройке сушила для твердых древесных пород или же при требовании особой равномерности сушки; то же самое относится к конденсационным сушилам с разбрызгивателями, сооружение которых обходится еще дороже, что однако компенсируется значительной легкостью и гибкостью регулирования процесса сушки и качеством высушенного материала.

Сушила, работающие перегретым паром, применяются только для сушки хвойных древесных пород; скорость сушки в таких сушилах

весьма большая, износ оборудования и расход пара весьма интенсивны.

Варлимонт указывает, что в Германии за последнее время получены хорошие результаты по сушке перегретым паром, также и лиственных древесных пород.

в) ОБЩИЕ СООБРАЖЕНИЯ ПРИ ВЫБОРЕ ТИПА СУШИЛ

При выборе типа сушила следует также учитывать и назначение лесоматериала, подлежащего сушке. Высокие температуры понижают крепость дерева, вследствие чего при сушке например материала для самолетостроения или для спортивного инвентаря применяются более низкие температуры (мягкие режимы); аналогичное явление имеет место и в случае сушки лесоматериала, идущего на изготовление различных инструментов; вследствие предъявления к сушке указанных материалов весьма строгих требований, ее лучше всего производить в сушилах, имеющих наиболее совершенное регулирование процесса.

При постройке сушил следует уделять достаточное внимание паропроводу и конденсационным устройствам. Для сушки высокими температурами применяется пар высокого давления, для сушки же низкими температурами возможно пользоваться паром низкого давления или даже отработанным. Давление пара устанавливается в первую очередь в соответствии с количеством тепла, необходимым для сушки, однако и при небольшом давлении пара можно получить обычно применяемые при сушке температуры рабочего воздуха.

80. ВЫБОР МЕСТА ДЛЯ СУШКИ

Что касается фундамента и пр., то здесь приложимы те же соображения, что и при возведении любого сооружения. В особенности следует продумать вопрос о рациональном размещении камер на территории предприятия; в большинстве случаев через сушила проходит значительное количество лесоматериалов, вследствие чего необходимо правильно расположить и устроить транспортные устройства. Лесоматериал должен идти, по возможности, прямым потоком с биржи сырого материала через сушила, далее в остывочные помещения и в соответствующий цех предприятия. При постройке следует предусматривать также площадки для сортировки, загрузки и выгрузки. Необходимо иметь в виду, что сушила не должны быть слишком удалены от котельной, питающей сушильные установки паром.

81. СООРУЖЕНИЕ СУШИЛ

а) СУШИЛА НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Сооружение сушил непрерывного действия встречает больше препятствий, нежели сооружение сушил периодического действия. Прежде всего они имеют двери с обоих концов камеры для загрузки и разгрузки тележек с материалом; большая длина сушил непрерывного действия, минимум 80 м, весьма часто затрудняет их размещение на территории завода. По строительным, транспортным и другим соображениям рекомендуется при постройке нескольких камер располагать их одну

рядом с другой. Ширина сушила зависит от лесоматериала и бывает несколько больше ширины штабеля, так как штабелевка при обычной продольной циркуляции всегда бывает поперечной. Каждое сушило, если применяется продольная штабелевка, имеет одну или две колеи. Высота сушила зависит от высоты штабеля, нагруженного на вагонетку; чрезвычайно высокие штабеля применять не рекомендуется, так как это удорожает работы по укладке и не гарантирует нормальной циркуляции в штабеле, в результате чего получается неравномерность высушивания материала. Вследствие этих причин высота сушил обычно не превышает 3 м.

б) СУШИЛА ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

В сушилах периодического действия двери располагаются с одного конца сушила и только в редких случаях с обоих концов. Теоретически камера может быть любой длины, но практически чем она длиннее, тем труднее осуществить равномерную циркуляцию во всех частях сушила, а следовательно, и получать равномерно высушенный материал. Обычная длина камер периодического действия 15 м, но иногда встречаются даже длиннее 30 м.

Ширина камеры колеблется в довольно больших пределах, определяемых главным образом, природой материала и желаемой точностью соблюдения режима сушки. Камеры периодического действия могут быть построены как с одним, так и с двумя путями, в последнем случае с целью сокращения длины пути воздуха в штабеле между штабелями делается проход, по которому воздух и движется в требуемом направлении. При наличии между штабелями разрыва они могут быть большей ширины, нежели при штабелевке без центрального продуха.

Для лиственных древесных пород допускаются более длинные пути движения воздуха, чем для хвойных. Длина пути воздуха в штабеле не должна превышать 2,50 м. Допустимая длина пути для воздуха в каждом отдельном случае определяется интенсивностью циркуляции, породой и размерами дерева.

Если предъявляются жесткие требования к равномерности высушивания материала, то длина пути воздуха в штабеле не должна превышать 1,25 м. Относительно высоты штабеля следует руководствоваться теми же указаниями, как и при сушилах непрерывного действия.

в) РАЗМЕРЫ И КОЛИЧЕСТВО СУШИЛ

В отношении удобства эксплуатации выгоднее иметь большое количество небольших камер, чем меньшее количество больших; в особенности это рекомендуется, когда требуется одновременно просушивать разнородный лесоматериал. Естественно, что строительные и эксплуатационные расходы в первом случае выше, чем во втором, даже при одинаковой суммарной емкости. При подсчете емкости и количества камер следует принимать во внимание следующие соображения:

- 1) какие сорта, какая кубатура лесоматериала подлежит сушке;
- 2) длительность сушки для различных сортов лесоматериала;
- 3) потребность предприятия в сухом лесоматериале;
- 4) емкость промежуточных складов для сухого материала, в которых он находится до дальнейшей обработки.

Если имеется большое помещение для склада высушенного лесоматериала, т. е. имеется возможность хранить на складе значительные количества леса, то при строительстве сушил следует отдать предпочтение камерам больших размеров и емкости, которые обойдутся дешевле.

82. ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ СУШИЛ. ТРАНСПОРТНЫЕ ПУТИ

В основном различают два способа расположения сушильных камер:

- 1) все камеры располагаются бок о бок в один ряд,
- 2) камеры располагаются в два ряда, друг против друга так, чтобы двери для загрузки выходили в общий траверсанный корридор.

Никаких решающих предпосылок для выбора того или иного способа расположения сушил не имеется, и оно зависит главным образом от величины заводской территории. При очень большом количестве камер рекомендуется второй способ расположения сушил, так как несколько большая стоимость сооружения двух рядов таких камер окупается экономией при строительстве транспортных путей.

У сушил периодического действия устройство по одной двери или же по две по обоим концам камеры также производится в зависимости от величины располагаемой под постройку территории; немного более высокие расходы по загрузке материала при общих дверях не превышают несколько больших строительных расходов при устройстве двух дверей с обоих концов камеры.

Весьма выгодное размещение для сушил периодического действия



Рис. 78. План размещения сушил периодического действия

показано на рис. 78, а для сушил непрерывного действия на рис. 79. На рис. 78 один и тот же траверсный путь обслуживает биржу сырого материала, сушило, склад сухого материала и цех. Крытый и отапливаемый склад сухого материала имеет одинаковую емкость с сушилами, что позволяет выдерживать материал достаточное время после сушки.

На рис. 79 изображены четыре рельсовых пути для четырех сушил непрерывного действия, которые проходят через биржу сырого материала, затем через каждое сушило, склад сухого материала и упираются в цех. Все эти пути обслуживаются двумя траверсными путями.

Правильное планирование склада сырого материала, сушил и склада сухого материала в каждом случае не всегда является легкой задачей.

Длительность сушки имеет огромное влияние на систему и род транспортных устройств: чем скорее происходит сушка лесоматериала, тем большую пропускную способность должны иметь транспортные устройства, и тем больше возможности должно быть в смысле хранения материала до и после сушки.

На бирже даже совершенно сырой материал должен быть защищен от действия атмосферных влияний, так как например действие солнечных лучей даже в течение только нескольких часов может уже вызвать значительную поверхностную засушку и растрескивание. Наоборот воздушно-сухой лесоматериал может лежать без всякого затенения от солнца.

Медленное остывание после сушки совершенно необходимо, в особенности для хвойных древесных пород. Если нагретый материал подвергается внезапному действию холодного воздуха, то он становится весьма непрочным и легко расщепливается (раскалывается) при неаккуратном транспорте и дальнейшей механической обработке. Медленное остывание материала может происходить в сушилах или, для освобождения последних от такой неэффективной работы, в закрытых брезентовых штабелях.

Относительно выдержки материала после сушки более подробно сказано ниже.

83. ДВЕРИ СУШИЛ

Двери являются одной из ответственных частей конструкции сушила, а потому они должны быть прочными, легкими, непроницаемыми для воздуха, должны легко открываться и закрываться, иметь незначительную теплопроводность и быть стойкими по отношению к воздуху сушила.

Имеется целый ряд разных типов дверей, наиболее распространенные из них следующие:

а) МАТЕРЧАТЫЕ ДВЕРИ

Матерчатые двери обычно состоят из двух отдельных полотнищ, отстоящих друг от друга на 300 мм; каждое полотнище сворачивается независимо от другого. По обеим сторонам полотнищ в боковых сте-

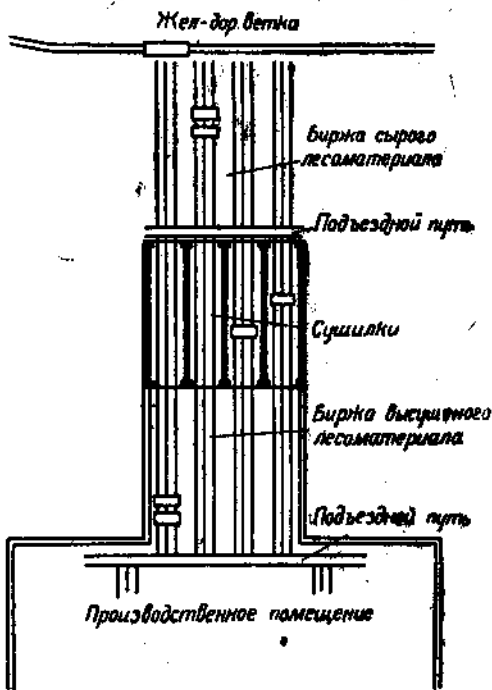


Рис. 79. План размещения сушилки непрерывного действия

нах имеются прорезы около 100 мм глубиной, в которые заходят края полотнищ. Для более плотного прилегания дверей, устроены специальные бруски на петлях таким образом, что при сворачивании полотнищ таковые открываются.

Срок службы этих дверей весьма незначителен, но может быть удлинен окраской материи раствором креовита в керосине.

б) ДЕРЕВЯННЫЕ ДВЕРИ

Деревянные двери, изготовляемые из отдельных планок, в настоящее время имеют наибольшее распространение.

Такие двери навешиваются при помощи специальных устройств

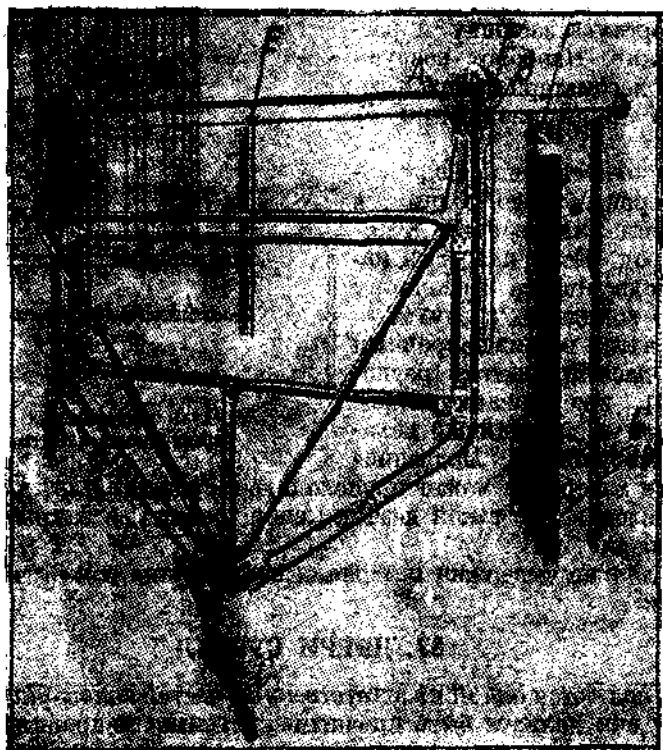


Рис. 80. Приспособление для съемных дверей

(рис. 80) или передвигаются от дверного проема на роликах (рис. 81). Одна из конструкций деревянных дверей приводится на рис. 82. Положительным качеством таких дверей является легкость управления, сравнительно невысокая стоимость, компактность, возможность плотного закрывания. Такие двери довольно нетеплопроводны. Толщина двери около 75—100 мм. Конструкция этих дверей следующая: по деревянному каркасу натягивается тройной слой толя, поверх которого

прибиваются вертикально рейки по всей ширине двери; по краям двери эти рейки должны быть более прочными. Все крепления делаются металлические, а деревянные части покрываются асфальтовой или специальными красками.

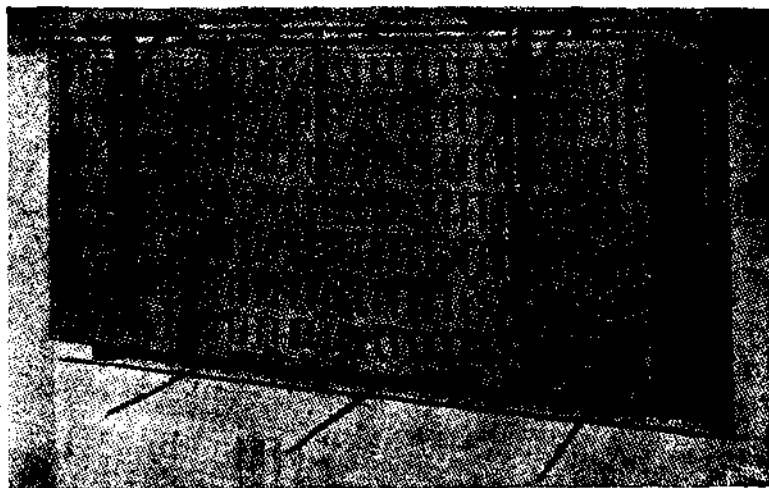


Рис. 81. Двери с рамками

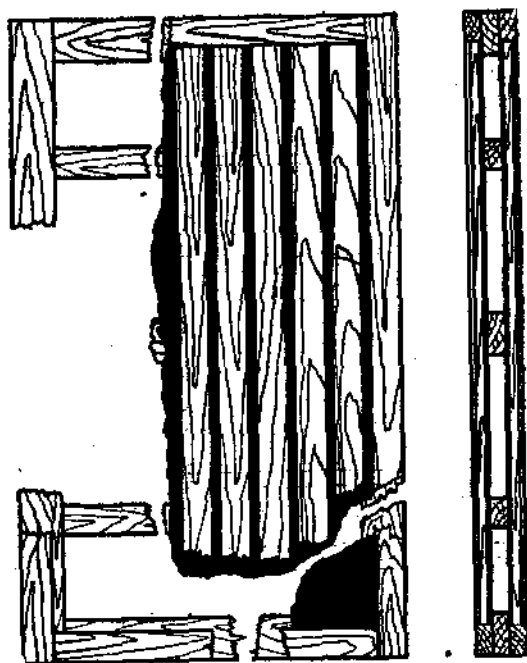


Рис. 82. Конструкция деревянных дверей

Разрез по А-А

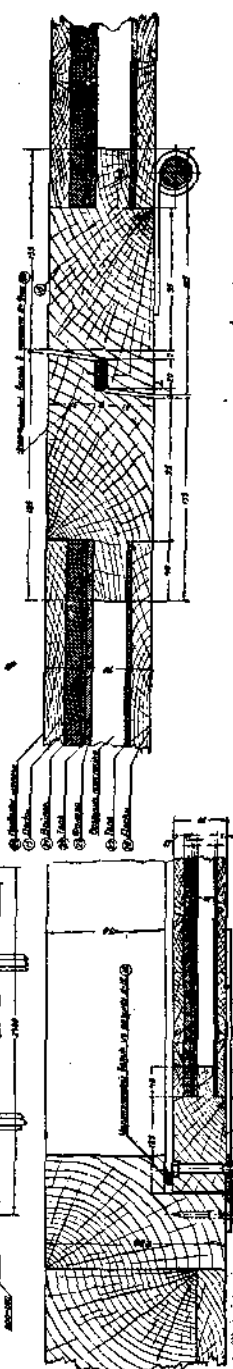
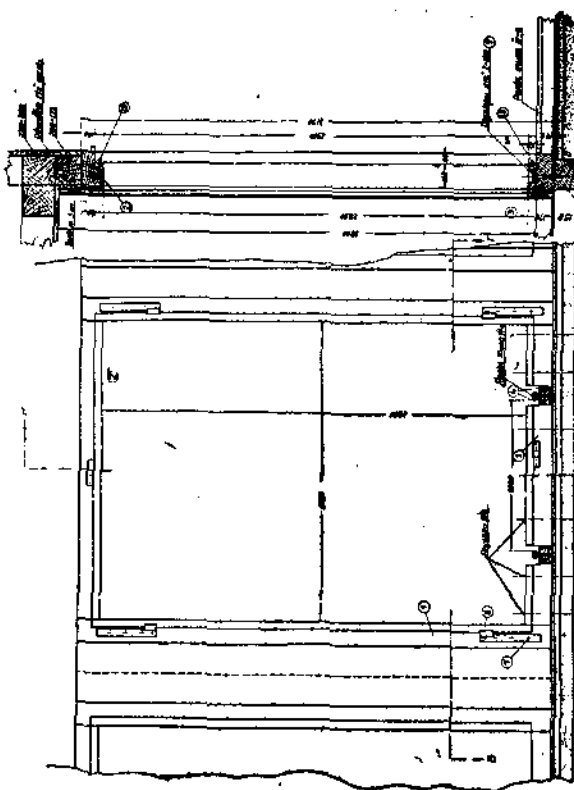


Рис. 83. Створная дверь к сушильным камерам

в) ДВЕРИ НА ПЕТЛЯХ

Такой тип дверей имеет ряд преимуществ в отношении прочности изоляционных свойств, плотности прилегания к дверному проему. Навесные двери бывают как одностворчатые, так и двустворчатые в зависимости от ширины провета и наличия свободного места для открывания дверей. Одностворчатые двери при закрывании не имеют неплотности, часто наблюдаемой у двустворчатой двери, но зато для нее требуются более прочные петли и вся конструкция их более тяжелая. Во избежание образования щели между дверью и дверной коробкой таковая обивается по краям войлоком, который набивается либо в холщевом чехле, либо без всякой обертки. Войлок весьма непрочен и требует частой смены. Особое внимание необходимо уделять плотности прилегания дверей к порогу, а также устройству соответствующих приспособлений для предотвращения неплотностей около петель.

На рис. 83 приводим двустворчатые двери, запроектированные Леспромстроем.

Глава двенадцатая

РЕЖИМЫ СУШКИ

84. НЕОБХОДИМАЯ ТЩАТЕЛЬНОСТЬ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ПРОЦЕССОМ СУШКИ

В этой главе даются подробные режимы (расписания) для сушки дерева. Следует подчеркнуть, что каких-либо универсальных, всегда дающих удовлетворительные результаты, режимов сушки не имеется и не может быть ввиду разнообразия свойств дерева; режимы служат лишь как основные вехи при ведении процесса сушки, исходя из которых сушильщик строит свой режим, соответствующий особенностям подлежащего сушке лесоматериала и конструкции камер. Получение хороших результатов при сушке в большой мере зависит от квалификации и наблюдательности сушильщика.

Варлимонт высказывается в том смысле, что получение при сушке материала без трещин или иных каких-либо дефектов в большинстве случаев зависит не от системы сушил, а от бдительности обслуживающего персонала в частности сушильщика. Без знания сушильного дела даже в лучшей сушильной установке можно получить плохие результаты, при соответствующих же опыте и знаниях сушильщика и в посредственной сушилке получаются удовлетворительные результаты.

Каких-либо сушильных автоматов, в которые закладывался бы сырой материал и через определенное время выгружался бы уже в сухом виде, не существует.

Ведение процесса сушки требует тщательного и внимательного наблюдения со стороны сушильщика, понимающего поведение дерева под влиянием тепла и влажности воздуха и могущего делать определен-

ные выводы из рассмотрения различных состояний проб и в соответствии с этим давать необходимое направление процессу.

Даваемые ниже руководящие указания предусматривают ведение процесса для лесоматериалов, трудно поддающихся сушке.

К таким материалам предъявляются строжайшие требования, как в отношении каких-либо наружных или внутренних дефектов, так и в отношении равномерности распределения влаги по сечению высушенного материала. При пониженных требованиях к древесине следует применять более жесткие режимы сушки.

85. ПРИБОРЫ, КОТОРЫЕ ДОЛЖНЫ ИМЕТЬСЯ ПРИ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

Для того чтобы управлять процессом сушки в сушильных камерах, необходимо иметь ряд инструментов, дающих возможность производить точные наблюдения.

К числу этих инструментов относятся:

а) чувствительные весы, чувствительностью до 0,1 г для взвешивания секций;

б) сушильный шкаф для сушки в нем секций, в котором возможно поддерживать температуру среды 95—100° Ц;

в) психрометры, желательно по два на каждую камеру, для измерения входящего и выходящего воздуха;

г) весы для контрольных образцов;

д) дымарь.

По мнению Варлимонта снабжать сушила термостатами, регуляторами влажности и температуры воздуха не рекомендуется, хотя это и весьма заманчиво; они дороги и вряд ли хозяйственно целесообразны, так как самые совершенные регуляторы не механизмируют процесса сушки; применение же надежных самозаписывающих приборов, по его мнению, весьма полезно в целях должного наблюдения за процессом сушки.

86. ПРАВИЛА ПРИ ШТАБЕЛЕВКЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛА

Все наиболее важные правила штабелевки изложены выше, к ним необходимо только добавить следующее:

1) между стенами сушила и штабелем рекомендуется оставлять проход такой ширины, чтобы штабель был доступен для наблюдения со всех сторон;

2) контрольные образцы закладываются в штабель таким образом, чтобы их легко можно было извлекать из камеры в любой момент;

3) все дефекты в древесине перед загрузкой в камеру отмечаются (обводятся) мелом, что позволяет установить появление новых дефектов в процессе сушки.

87. ВЫБОРЫ И РАЗМЕЩЕНИЕ КОНТРОЛЬНЫХ ОБРАЗЦОВ

Контрольные образцы служат для определения изменения влажности лесоматериала по уменьшению их веса, т. е. служат показателем интенсивности его высыхания.

Ввиду значительных затруднений применения контрольных образцов цельных неразрезанных досок и вырезания в процессе сушки из них небольших секций для определения влажности лесоматериала контрольные образцы изготавливаются обыкновенно длиной 0,60—1 м и размещаются в разных точках штабеля, причем таким образом, чтобы они легко вынимались из штабеля для взвешивания.

При выборе и изготовлении контрольных образцов хорошо руководствоваться следующими правилами:

1. Количество досок, которые следует отобрать из партии для определения влажности, выясняется при сортировке лесоматериала перед сушкой, причем при однородной влажности лесоматериала ограничиваются меньшим количеством образцов, чем при материале различной влажности, содержания ядра и заболони, толщины годовых колец и т. д.

2. У отобранных досок влажность определяется способом, описанным выше по двум секциям (рис. 84), а метровый отрезок (этот же рисунок)

берется как контрольный образец, который так же, как и секции влажности, следует отрезать, отступя от конца доски не менее чем на 50 см. Для предохранения от более быстрого высыхания контрольных образцов по сравнению



Рис. 84. Взятие секций для определения влажности

со всей партией материала рекомендуется торцы у них покрывать каким-либо водонепроницаемым составом. Контрольные образцы взвешиваются и на основании процента влажности, установленного по секциям, подсчитывается вес этих образцов в абсолютно сухом состоянии. Контрольные образцы загружаются в камеру вместе со всей партией лесоматериала; они так же, как и вся партия, отдают влагу в процессе сушки, благодаря чему по уменьшению их веса, который определяется ежедневно или через иные промежутки времени, возможно с достаточной точностью судить в каждом отдельном случае о состоянии влажности всей партии.

3. Количество контрольных образцов должно быть не менее трех, причем эти образцы размещаются в точках, где, как известно из практики, сушка протекает наиболее и наименее интенсивно, и в точке, где констатированы средние условия сушки.

В наиболее благоприятных точках обычно в самом нижнем и в самом верхнем рядах, контрольные образцы класть не следует.

Варлимонт, наоборот, советует размещать и в этих точках контрольные образцы, так как желательно знать, как протекает процесс удаления влаги из материала и в этих рядах, в результате чего может выявиться необходимость каких-либо мероприятий для устранения неблагоприятных факторов, значительно ухудшающих условия сушки в этих точках, как-то предохранение от прямого действия тепловых лучей, улучшение циркуляции и т. д.

Во всяком случае образцы должны быть размещены таким образом, чтобы они находились в одинаковых условиях сушки со всей остальной партией лесоматериала, т. е. чтобы по уменьшению их веса дей-

ствительно можно было судить с достаточной точностью о том, как протекает сушка всей партии лесоматериала. Если при сушке короткомера контрольными образцами служат неразрезанные доски, то, само собой понятно, торцы контрольных образцов покрываются водонепроницаемым составом только в тех случаях, когда это применяется и по отношению ко всей остальной партии лесоматериала, подлежащего сушке.

88. УВЛАЖНЕНИЕ (ПРОПАРКА) ДО СУШКИ

В гл. VI увлажнение рассматривалось весьма подробно; в настоящем отделе основные положения увлажнения даются в сжатой форме.

Цель увлажнения перед сушкой заключается в быстром и полном прогревании дерева до начала сушки поверхностных слоев, чтобы таким образом ускорить продвижение влаги изнутри наружу. Кроме того увлажнение способствует выравниванию влажности по сечению лесоматериала, поскольку при нем наружные слои несколько увеличивают свою влажность при одновременном уменьшении влажности внутренних слоев (табл. 8, день 16-й). До сих пор нет никаких точных доказательств того, что короткое увлажнение (Варлимонт указывает, что под коротким увлажнением подразумевается увлажнение примерно до 24 час.) при атмосферном давлении производит химическое воздействие на растворенные в древесном соке вещества или же изменяет древесину таким образом, чтобы это имело большое значение или влияние при дальнейшей сушке или механической обработке дерева.

Температура предварительного увлажнения устанавливается немного выше начальной температуры сушки, причем влажность воздуха по окончании увлажнения должна снижаться весьма медленно.

89. ПРОВЕРКА ЦИРКУЛЯЦИИ

На циркуляцию воздуха оказывают влияние температура в сушиле, штабелевка и состояние наружного воздуха; влияние последнего фактора, как указывает Варлимонт, имеет место лишь в сушилах с естественной циркуляцией и до некоторой степени в сушилах с искусственной циркуляцией, но только не в конденсационных.

Вследствие влияния ряда факторов на циркуляцию воздуха рекомендуется чаще производить проверку ее. Посредством таких наблюдений выявляются не только правильность и равномерность циркуляции, но и правильность расстановки психрометров и соответствующего размещения контрольных образцов.

90. УСТАНОВКА ПСИХРОМЕТРОВ

Режимный психрометр, служащий показателем состояния воздуха в камере во время процесса сушки, устанавливается при входе рабочего воздуха в штабель, так как в первую очередь важно знать состояние воздуха, подводимого к лесоматериалу. Измерение состояния выходящего воздуха интересно постольку, поскольку оно показывает работу, произведенную воздухом, т. е. насколько снизилась температура его

в результате произведенной им работы по сушке дерева, и как увеличилась абсолютная влажность воздуха за счет поглощения влаги из дерева. Режимные психометры устанавливаются таким образом, чтобы показания их были ясно видны снаружи сушила, иногда это не представляется возможным, и в таких случаях неизбежно применение далекодействующих приборов.

91. НАБЛЮДЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

Замеры температуры и относительной влажности воздуха, производимые в процессе сушки, наносятся на диаграмму; самопишущий прибор, до некоторой степени облегчает ведение такого графика. Режимные графики являются хорошим подспорьем при сушке других партий аналогичных лесоматериалов, так как они дают наглядное представление о том, как следует сушить или, если результаты процесса сушки, иллюстрируемого графиком, были плохие, как не надо сушить данный материал. Запись замеров по режимному психометру зависит от поставленного при сушке задания; в начале процесса рекомендуется производить замеры каждые 3 часа.

Все сказанное относительно наблюдения за состоянием воздуха в процессе сушки будет справедливо также и для взвешивания контрольных образцов. Подсчитанная на основании каждого отдельного взвешивания влажность лесоматериала в данный момент процесса сушки определяет соответствующее состояние воздуха, т. е. его температуру и относительную влажность, вследствие чего взвешивание контрольных образцов следует производить каждые сутки; при достаточной опытности сушильщика эти взвешивания могут производиться при длительно сохнувшем лесоматериале через 2—3 суток. Само собой понятно, что операции по взвешиванию образцов должны производиться с максимальной быстротой, так как в противном случае возможны неправильные показания. Наблюдения за влажностью по контрольным образцам через 2—3 суток дают лишь указания для дальнейшего ведения процесса; по ним нельзя судить, вызывает процесс сушки напряжения в самом лесоматериале или нет. Причиной появления напряжений в дереве является, как известно, неравномерное распределение влажности по его сечению, вследствие чего в процессе сушки кроме прочих определений следует также устанавливать и распределение влажности по сечению лесоматериала. Табл. 7 дает пример состояния влажности внутренних (столбец 6) и наружных (столбец 5) слоев спруса толщиной 62 мм. Этот пример показывает, что в некоторые моменты сушки влажность внутренних слоев вдвое больше наружных. Большой перепад влажности по сечению несомненно, влечет за собой появление поверхностной засухи, причем если влажность дерева еще выше точки насыщения волокна, то можно предполагать только возможность появления поверхностной засухи, если же она уже ниже точки насыщения, то почти всегда можно констатировать наличие поверхностной засухи. Во втором случае можно даже пренебречь определением влажности внутренних и наружных слоев лесоматериала и ограничиться вышкой пробной силовой секции, непосредственно показывающей степень поверхностной

Пример протекания процесса сушки древесины сруба 62 мм толщиной
(Пример глазами образом показывает влияние увлажнения на распределение
влажности по сечению)

Суши	с. Ц	Относительная влажность воздуха в %	Влажность дерева средняя по всему сечению	Влажность наружного слоя толщиной в мм	Влажность центральной части древесины	Разница во влажности между наружным и внутренним слоями древесины	Обработка материала воздухом высокой влажности	Примечание
0	—	—	37,8	27,6	40,4	12,8	В начале сушки увлажнения не давалось.	Несоматериал слегка подсушен на воздухе.
1	54	80	36,7	27,6	40,3	12,7		Легкая поверхностная засуха.
2	54	74	32,6	18,8	41,6	22,8		То же.
3	55	76	27,7	17,0	38,7	21,7		Сильная поверхностная засуха.
4	55	74	25,9	16,5	38,9	22,4		То же.
5	55	74	23,1	15,7	37,0	21,3		То же.
6	55	74	20,4	15,3	28,5	13,2	В течение 1 часа при 7,° и 100%.	Поверхностная засуха незначительно ослаблена.
7	54	57	19,3	13,0	26,9	13,9		Сильная поверхностная засуха, так как обработка высокой влажностью была незначительна.
8	54	57	—	—	—	—	В течение 1 часа при 68° и 100%.	Никакого влияния на уменьшение поверхностной засухи не оказано, так как увлажнение слишком короткое.
9	61	48	17,3	12,2	23,6	11,4		Сильная поверхностная засуха.
10	63	39	15,1	11,1	19,6	8,5	В течение 3 часов при 74° и 100%.	Поверхностная засуха немного ослаблена, так как срок увлажнения был слишком коротким.
11	66	30	12,2	8,0	16,3	8,3		Сильная поверхностная засуха.
12	66	30	—	—	—	—		То же.
13	66	30	9,9	7,3	12,4	5,1		То же.
14	65	30	10,3	7,4	13,9	6,5		То же.
15	65	28	9,3	6,6	12,2	5,6		То же.

Сутки	° Ц						Обработка материала воздухом высокой влажности	Примечание
		Относительная влажность воздуха в %	Влажность дерева средняя по всему сечению	Влажность наружного слоя толщиной в мм	Влажность центральной части древесины	Разница во влажности между наружным и внутренним слоями древесины		
16	66	27	9,0	6,9	12,4	5,5	В течение 4 часов при 74° и 100%.	Перед увлажнением была поверхностная засушка, после увлажнения совершенно удалена.
17	66	30	10,5	10,4	11,9	1,5		
			9,0	7,4	11,3	3,9	В течение 4 1/2 часов при 73° и $\varphi = 100\%$.	Поверхностная засушка отсутствует. Определенные влажности лесоматериала произведено после того, как в результате некоторой выдержки влажность, приобретенная наружными слоями при увлажнении, была удалена.

засушки. Рис. 85 показывает пробные сечения к примеру в табл. 7. Если зубцы пробной силовой сечения выгибаются внутрь, то это является показателем поверхностной засушки. Кроме того если в конце процесса сушки материал еще раз обрабатывают воздухом высокой относительной влажности для устранения следов поверхностной засушки, то бывают случаи, что зубья сечения тотчас после выпилки, несколько прогибаются во внутрь; но в данном случае это не является доказательством того, что поверхностная засушка не устранена. т. к. после подсушки зубья сечения выпрямляются, указывая тем самым, что никакой поверхностной засушки в материале не осталось. В прочих случаях прогиб зубьев сечения внутрь определенно указывает на наличие поверхностной засушки, для устранения которой следует руководствоваться правилами, изложенными выше.

Небольшое выгибание зубьев пробной сечения наружу в начале процесса сушки является вполне естественным, в конце же процесса

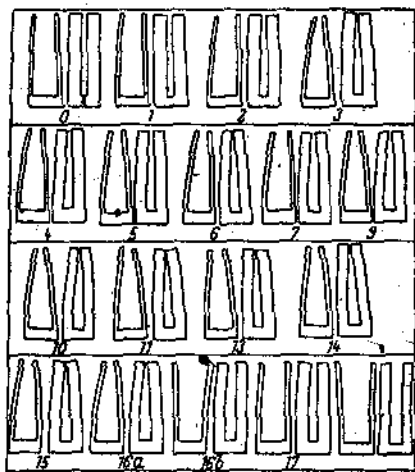


Рис. 85. Силовые сечения к табл. 7

сушки такое явление указывает на вторую стадию поверхностной засушки.

Весьма важно после увлажнения постепенно понижать температуру воздуха до температуры, соответствующей ступени режима при одновременной высокой относительной влажности воздуха; быстрое понижение температуры и влажности воздуха вызывает порчу лесоматериала. Часто в верхней части сушила после увлажнения получается застой теплого воздуха, для удаления которого в некоторых сушилах на потолке устраивается особый вентилятор, а в сушилах с подвешенными к потолку нагревательными трубами, пускают по последним холодную воду, для чего устраиваются соответствующие приспособления; обычно же вполне достаточно открыть на короткое время дверь. В сушилах с искусственной циркуляцией такой воздушный застой весьма быстро исчезает при возобновлении циркуляции.

Поверхностные трещины появляются главным образом в первой половине процесса и указывают на слишком быстрое высыхание наружных слоев материала. Если трещины увеличиваются, то следует немедленно же повысить относительную влажность воздуха, но не до полного насыщения; высокая влажность воздуха замедляет быстрое высыхание наружных слоев древесины, причем они часто поглощают даже некоторое количество влаги, что влечет за собой разбухание этих слоев, в результате которого трещины снова закрываются. Конечно, такое закрывание трещин ни в коей мере не значит, что они совершенно исчезли, так как волокна уже разъединены, и после прекращения увлажнения в процессе дальнейшей сушки эти трещины опять открываются. Имеющееся уже растрескивание не уничтожается никаким увлажнением, а только предохраняет дерево от еще более сильного и глубокого растрескивания.

Если по каким-либо условиям необходимо процесс сушки прерывать, т. е. если приходится, например, на ночь останавливать сушило, то в этом случае следует перекрыть все входные и выходные отверстия, для того чтобы в течение перерыва как можно меньше снижались температура и относительная влажность воздуха, так как поступающий холодный наружный воздух обогревается в сушиле и становится весьма сухим и этому сухому воздуху наружные слои дерева отдают свою влагу, следствием чего является поверхностное растрескивание и даже некоторая поверхностная засушка.

Появление внутренних трещин имеет место особенно во второй половине процесса. Внутренние трещины обычно не выходят на торцы досок, так что для определения наличия их в материале необходимо разрезать отдельные доски.

Конечно, лучше обойтись без разрезывания лесоматериала, которое является обычно нежелательным. Из п. 35 известна причина, вызывающая внутреннее растрескивание, а именно, если закрываются появившиеся в начале процесса сушки трещины и тангентальные поверхности сильно вгибаются, то можно с достаточной долей вероятности утверждать, что наступает внутреннее растрескивание. Короткое увлажнение и применение при дальнейшем процессе немного большей,

чем это соответствует состоянию сушки, относительной влажности воздуха, устраняют напряжения в дереве и препятствуют дальнейшему распространению внутренних трещин.

Если сырое дерево, в особенности дуб, сушится при низкой температуре и высокой влажности воздуха, то на нем весьма часто появляется плесень, и дерево становится гнилым. Плесень препятствует непосредственному соприкосновению дерева с воздухом и таким образом мешает сушке. Способы уничтожения плесени описаны выше.

Необходимо следить за тем, чтобы весьма сухой воздух при уничтожении плесени не подсушил очень сильно также и наружные слои самого дерева. Однако, применением сухого воздуха не всегда достигается умерщвление возбудителей плесени, так что иногда приходится повторять эту операцию несколько раз. В крайнем случае ничего иного не остается, как только разбирать штабель и удалять гнилый слой механическим путем.

92. ПРОБЫ В КОНЦЕ ПРОЦЕССА СУШКИ

Если вес контрольных образцов показывает, что лесоматериал высушен до требуемой степени сухости, то следует произвести ряд испытаний для определения качества сушки и состояния напряжения. Нельзя руководствоваться какими-либо поверхностными испытаниями, как например звуком, получаемым при постукивании, а следует из каждого контрольного образца вырезать по три 25-миллиметровых секции *а*, *в*, *с* (рис. 86) и подвергнуть их следующим испытаниям.

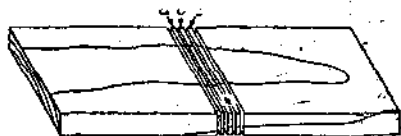


Рис. 86. Секции для определения влажности в конце процесса сушки

а) ИСПЫТАНИЕ НА ВЛАЖНОСТЬ

Определение влажности дерева описано в п. 19.

Если при испытании секции *А* установлена влажность, еще не соответствующая влажности контрольных образцов, то сушку необходимо продолжать; причина таких расхождений обычно кроется в каких-либо особенностях самого контрольного образца или в неблагоприятном положении его при сушке, а возможно и в том, что торцы были недостаточно хорошо смазаны водонепроницаемым составом.

б) ДРУГАЯ СЕКЦИЯ ИСПЫТЫВАЕТСЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПО СЕЧЕНИЮ

Секции *в* разделяются сообразно рис. 6 в или 6 с, причем влажность внутренней и наружной частей секции определяется порознь. Влажность внутренней части не должна превышать влажности наружных слоев больше чем на 2% на каждые 25 мм толщины доски. При большей разнице в распределении влажности по сечению возможно

вследствие дальнейшего постепенного высыхания внутренних слоев — возникновение новых напряжений.

в) ТРЕТЬЯ СЕКЦИЯ ИСПЫТЫВАЕТСЯ НА НАЛИЧИЕ В МАТЕРИАЛЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ЗАСУШКИ

Выпиленные секции с выдерживают примерно 24 часа в теплом помещении, но не в сушильном шкафу и не на паропроводе, для того чтобы выравнять влажность по всему сечению секции; таким образом удастся получить состояние дерева аналогичное тому, какого оно достигает после длительного его выдерживания в складе сухих материалов, другими словами тому состоянию по влажности, в котором дерево будет находиться при обработке, а также и после таковой.

По окончании такой выдержки каждая секция разрезается на две части или же из них готовятся вилки, и таким образом получают пробы для определения поверхностной засухи.

Для того чтобы иметь более твердые основания для суждения о состоянии материала, следует аналогичные пробы взять из нескольких досок, выбранных из штабеля наудачу.

Если установленная влажность дерева соответствует требуемой, но разница в ее распределении по сечению слишком велика, то лесоматериал некоторое время выдерживают при 75—85° и при относительной влажности воздуха, соответствующей желаемой влажности дерева (рис. 8 и 9), в результате чего достигают быстрого выравнивания влажности по сечению лесоматериала. Для удаления в материале поверхностной засухи следует руководствоваться указаниями, приведенными в п. 38.

В конце процесса поверхностную засуху или слишком большую разницу во влажности по сечению материала, при достижении наружными слоями требуемой степени сухости, возможно также устранить следующим образом: сушку продолжают до тех пор, пока внутренние слои лесоматериала не достигнут требуемой влажности, затем при температуре 80° повышают относительную влажность воздуха до такой степени, чтобы наружные слои дерева снова впитали влагу, чем и достигается равномерность распределения влажности по сечению лесоматериала; но этот способ рекомендуется лишь тогда, когда конечная влажность материала должна равняться 10—12%, так как при меньшей влажности внутренних слоев, например 4—5%, пришлось бы наружные слои высушить до 1—2%, что потребовало бы слишком много времени.

93. ЗАПИСЬ

Современная постановка дела требует фиксирования всех данных, могущих оказаться полезными в дальнейшем или представляющих результат проделанной работы.

Как по каждой отрасли промышленности ведется книга всяких деловых записей, так и при сушке лесоматериала следует вести запись всего процесса сушки; при записи температуры и относительной влажности воздуха необходима фиксация также и результатов сушки вне зависимости от качества их, так как это увеличивает опыт для

дальнейшего правильного построения процесса. Записи должны охватывать все, что имеет значение при сушке, а именно не только влаж-

ность дерева, температуру и относительную влажность рабочего воздуха, но и заметки, касающиеся увлажнения (степень, влажность, длительность), появления всяких дефектов (внутреннее и наружное растрескивание), поверхностной засухи и причин их возникновения. Табл. 7 и 8 служат примером таких записей, которые могут быть приспособлены, дополнены, изменены для всяких сушил, например для сушил с естественной циркуляцией необходима еще запись состояния наружного воздуха.

Более предпочтительным в смысле наглядности является изображение процесса сушки в виде графика.

Рис. 87 дает графическое изображение процесса сушки, представленного на

Рис. 87. График процесса сушки, соответствующий табл. 7.

табл. 7. График должен снабжаться соответствующими пояснениями и замечаниями, характеризующими процесс сушки.

94. РАСПИСАНИЯ (РЕЖИМЫ) СУШКИ

В гл. V и VI подробно разобраны цель, задачи и влияние тепла и относительной влажности воздуха; остается только установить, что является практически наиболее важным в процессе сушки — температура или относительная влажность воздуха для отдельных древесных пород и сортиментов. Правильное решение этого вопроса должно вместе с тем быть увязано, во-первых, с сохранением наиболее интенсивного продвижения влаги из внутренних слоев к наружным при наименьшей разнице во влажности по сечению лесоматериала, во-вторых — с предупреждением внутреннего и наружного растрескивания, а также поверхностной засухи и, в-третьих, с получением быстрой сушки без каких-либо остаточных напряжений.

Основной предпосылкой сушки является, как уже указывалось, наличие определенной зависимости между влажностью дерева, с одной стороны, и температурой; а в особенности относительной влажностью воздуха, с другой. Из этой зависимости следует, что если температура

воздуха выше, или относительная влажность его ниже, чем это соответствует состоянию дерева, то неминуемо должна иметь место отдача деревом влаги окружающему его воздуху.

Выше уже указывалось, с какими трудностями связано удаление влаги из дерева; эти трудности являются следствием возникающих в дереве напряжений, которые в свою очередь вызываются тем, что:

1) усадка, имеющая место при отдаче влаги, неодинакова в радиальном и тангентальном направлениях;

2) возникающая при сушке разница во влажности между наружными и внутренними слоями вызывает также и неравномерную усадку по сечению (лесоматериала).

Поскольку тепло, влажность и циркуляция агента сушки являются единственными нам известными факторами, производящими высушивание материала, постольку качество сушки при условии наличия равномерной циркуляции не зависит и не может зависеть от системы сушила. Ранее уже указывалось то большое значение, которое имеет равномерная циркуляция и в особенности длина пути воздуха в штабеле в зависимости от скорости движения его, причем следует также учитывать сортимент сушеного лесоматериала. Слишком продолжительная сушка объясняется обычно чересчур большой длиной пути воздуха в штабеле при слишком медленной скорости его движения. Сушка без растрескивания при равномерной циркуляции ни в малейшей мере не обязана конструкции сушила, а полностью зависит от ведения процесса сушки, т. е. от обработки дерева воздухом той или иной относительной влажности и температуры; единственным моментом, влияющим на качество высушиваемого материала, является ведение процесса, а ни в коем случае не сушила. Поэтому от обслуживающего персонала зависят все как правильные, так равно и неправильные мероприятия в этом отношении, конечно постольку, поскольку вообще возможна гибкость регулирования процесса, что, как ранее указывалось, осуществляется гораздо легче в сушилах периодического, чем в сушилах непрерывного действия.

Вследствие неодинаковой величины усадки в радиальном и тангентальном направлениях возникновение напряжений в дереве является неизбежным.

Эти напряжения находят себе естественный выход в короблении (рис. 16 в), растрескивании или коллапсе. Коробление и растрескивание являются дефектами, которых можно избежать; что же касается выравнивания напряжений при коллапсе, то оно возможно лишь в результате действия времени. У хвойных древесных пород на такое выравнивание требуется меньше времени, чем у лиственных. У пород с меньшим соотношением тангентальной усадки к радиальной также требуется меньше времени, чем у древесных пород с большим соотношением усадок. Каких-либо числовых величин определяющих выравнивание напряжений, при коллапсе не имеется, но требуемое на это время лежит обычно в пределах, соответствующих выравниванию других особенностей процесса сушки.

Пределы потребного для сушки времени диктуются той скоростью, с которой влага продвигается из внутренних слоев дерева к наружным. Выше было уже подробно разобрано влияние тепла и влажности воз-

духа на продвижение влаги в древесине. Таким образом никаких последующих затруднений испарение влаги с поверхности не вызывает; затруднения появляются лишь вследствие неравномерности усадки по сечению материала. Усадка в свою очередь получается вследствие разницы во влажности внутренних и наружных слоев и вызывает напряжения, результатом которых являются трещины и поверхностная засушка. Неравномерность усадки по сечению тем меньше, чем меньше разница во влажности по сечению дерева; отсюда вытекает уже следующая задача — равномерной сушки.

Какими температурами и относительными влажностями воздуха следует обрабатывать подлежащий сушке лесоматериал, чтобы разница во влажности по сечению его была наименьшей, а скорость продвижения влаги от центра к периферии материала наибольшей?

От правильного ответа на этот вопрос зависит возможность добиться отсутствия трещин и напряжений в высушенном лесоматериале; а так как в каждом нормальном сушиле температура и относительная влажность воздуха регулируются достаточно легко, то в таком сушиле при соблюдении всех указанных выше условий возможно сушить лесоматериал без растрескивания и напряжений.

Мэдиссонской лабораторией были проведены многолетние подробные работы по выявлению температур и относительных влажностей, которые должны применяться для различных древесных пород при различной влажности и толщине лесоматериала в целях наискорейшего продвижения влаги при наименьшей разнице по сечению лесоматериала. Результаты этих работ собраны в табл. 9 и 10, которые дают основные руководящие указания, но отнюдь не рецепты для всех случаев сушки.

Табл. 9, разбитая на 8 столбцов, дает руководящие указания для лиственных древесных пород; чем тверже дерево, тем (при одинаковых влажностях лесоматериала различной твердости) ниже температура и тем выше относительная влажность воздуха, в результате применения которых достигается сушка без растрескивания и без остаточных напряжений. Сушку при низкой температуре и одновременно высокой влажности воздуха называют «мягкой сушкой», а сушку при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха — «жесткой сушкой». Таким образом столбец 8 соответствует «мягкому режиму», а столбец 1 — «жесткому». В конце таблицы даны также указания, какими режимами следует пользоваться для главных (основных) пород. Таблица применима для лесоматериала не толще 40 мм; при более толстом материале следует применять более мягкие режимы, а именно на каждые 25 мм сверх 40 мм следует выбирать режим на один столбец вправо от столбца, соответствующего данной древесной породе. Режим ведется следующим образом: например сушится клен, начальная влажность которого 40%, начальная температура и относительная влажность соответственно будут 57° и 75%, когда клен высохнет до 30% влажности, то температуру воздуха повышают до 60°, а относительную влажность понижают до 70% и т. д., резкие переходы от одной степени режима к другой не должны иметь места.

Клен толщиной 60 мм сушится уже согласно режиму столбца четвертого.

В табл. 10 приведены данные для хвойных древесных пород; эта таблица разбита на три группы — 0, 00 и 000; группы в свою очередь разбиваются на столбцы — группа 0 на 3 столбца, группы 00 и 000 на 4 столбца, причем режим 000-I отвечает наиболее «жесткому», а 0-III наиболее «мягкому». Применение этих режимов в отношении лесоматериалов различных пород и толщины пояснено особой пояснительной таблицей. Один и тот же режим служит одновременно как для твердого хвойного лесоматериала меньшей толщины, так и для мягкого большей толщины.

Уже одно то, что сама древесная ткань даже в пределах куска дерева неоднородна, делает режимы сушки, приведенные в таблицах, лишь основными вехами применяемых температур и относительных влажностей воздуха, к тому же и скорость движения воздуха в каждом сушиле, если даже и равномерна, то все же различна по величине. Точное соблюдение режима, рекомендуемого таблицами, ни в коем случае не гарантирует равномерного, безупречного протекания процесса сушки; соответствующее наблюдение за появлением трещин и поверхностной засушки неизбежно.

Ведение процесса сушки только по установленному расписанию (по часам) также является весьма неправильным, и всякие утверждения, что такое-то сушило сушит такую-то древесную породу в столько-то дней является весьма неосновательным. Это возможно лишь в результате сушки большого количества однородного по влажности и по качеству материала, когда сами собой вырабатываются известные сроки сушки, которыми и пользуются при дальнейшей сушке аналогичного лесоматериала, но результаты ее обыкновенно не бывают особенно высокого качества.

Указания, даваемые таблицами режимов, сами по себе не говорят о том, что для очень мягкой древесной породы нельзя обойтись более жестким режимом, чем это указано в правилах пользования этими режимами или, что невозможно отказаться от некоторых ступеней режимов, устанавливаемых в каждом отдельном случае самим сушильщиком.

В начале работ по сушке какого-либо лесоматериала рекомендуется точно руководствоваться режимами Мэдиссонской лаборатории; для осторожности можно даже брать более мягкий режим, а затем уже постепенно, в зависимости от особенностей лесоматериала (скорость продвижения влаги, склонность к растрескиванию и поверхностной засушке и т. д.), разработать более жесткий или, наоборот, более мягкий вариант первоначально взятого режима Мэдиссонской лаборатории.

Если, в виде исключения, требуется одновременно сушить лесоматериал различной толщины или даже различной породы в одном и том же сушиле, то при выборе режима сушки следует руководствоваться той толщиной или породой, которой соответствует более мягкий режим, т. е. наибольшей толщиной или наиболее твердой породой, причем процесс сушки во времени ведется по наибольшей толщине или по наиболее твердой породе. Лучше всего сушить одновременно в одном сушиле однородный лесоматериал как по толщине, так и по породе.

Влажность материала, при которой следует менять условия сушки	Режим 1			Режим 2			Режим 3			Режим 4		
	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности
Начальная	60	56	80	57	53	80	54	51	80	59	48	80
40	63	57	75	60	55	75	57	52	75	55	49	75
30	66	58	70	63	56	70	60	53	70	57	51	70
25	68	57	60	66	55	60	63	53	60	60	51	60
20	71	57	50	68	55	50	66	52	50	63	50	50
15	74	53	35	71	51	35	68	51	40	66	48	40
10	77	47	20	74	45	20	71	46	25	68	44	25
Конечная												

Влажность материала, при которой следует менять условия сушки	Режим 5			Режим 6			Режим 7			Режим 8		
	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности	Температура воздуха	Температура материала	Процент относительной влажности
Начальная	49	45	80	46	43	80	43	41	85	41	39	85
40	52	47	75	49	44	75	46	43	80	43	40	80
30	54	48	70	52	46	70	49	44	75	46	42	75
25	57	49	65	54	47	65	52	44	65	49	43	70
20	60	49	55	57	47	55	54	44	55	52	43	60
15	63	48	45	60	46	45	57	44	45	54	43	50
10	65	44	30	63	42	30	60	42	35	57	42	40
Конечная												

Р е ж и м 000
Самый жесткий режим для хвойных пород

Влажность материала, при которой можно начать изменять температуру				Температура сухого термометра в °Ц	Температура мокрого термометра в °Ц	Относительная влажность воздуха в %
раздел I	раздел II	раздел III	раздел IV			
Н а ч а л ь н а я				12	78	85
40	35	30	25	88	76	60
20	16	13	13	93	66	30

Для паркетной клепки температуру можно поддерживать градусов на 10 выше после того, как влажность материала достигла 25%.

Р е ж и м 00
Средний режим для хвойных пород

Влажность материала, при которой можно начинать менять условия сушки				Температура сухого термометра в °Ц	Температура мокрого термометра в °Ц	Относительная влажность воздуха в %
раздел I	раздел II	раздел III	раздел IV			
Н а ч а л ь н а я				71	68	85
40	35	30	25	76	66	60
20	16	13	13	82	57	30

Р е ж и м 0
Мягкий режим для хвойных пород

Влажность материала, при которой можно начать менять условия сушки				Температура сухого термометра в °Ц	Температура мокрого термометра в °Ц	Относительная влажность воздуха в %
раздел I	раздел II	раздел III	раздел IV			
Н а ч а л ь н а я				57	54	85
30	25	20	—	66	56	60
20	16	13	—	79	60	40
15	12	10	—	79	55	30

Расписание режимов для твердых пород

П о р о д а	Режим	П о р о д а	Режим
Острили, тик американский . . .	4	Дуб, красный и белый . . .	7 ³
Железное дерево . . .	4	Апельсиновое дерево . . .	5
Рожковое дерево . . .	5	Персиммония . . .	5
Магнолия . . .	1	Тополь желтый . . .	1
Красное дерево . . .	4	Сикомора . . .	5
Клен твердый и мягкий . . .	3	Дерезовое дерево . . .	3
Дуб, красный и белый . . .	8 ¹	Орех черный . . .	5
Ива . . .	6 ²	Ива . . .	2

Примечания. ¹ Северный с плоскогорий.

² Южный с равнины.

³ Северный равнинный и южный с плоскогорий.

Расписание режимов для хвойных пород

П о р о д а	Размер в мм	Режим	П р и м е ч а н и я
Кедр (Порт-Орфорд) . . .	20—40	00—III	
	40—60	00—IV	
Кедр запад ный красный .	20—40	00—IV	
	20—40	0—III	
	40—60	00—III	Широкий, чистый.
	40—60	0—III	
Кедр белый (ложный и се- ве- рный)	60—80	0—III	Прямое волокно.
	20—40	00—II	
	40—60	00—III	
	60—80	0—II	
Кипарис	20—40	00—I	
	40—60	00—II	
	60—80	0—I	
	80—100	00—IV	
Дугласова пихта	20—40	00—IV	Широкое, прямое волокно.
	20—40	00—IV	
	40—60	00—IV	
	60—80	0—III	
Пихта бальзамическая . .	20—40	000—I	Широкое, прямое волокно.
	40—60	000—II	
	60—80	0—I	
	20—40	000—I	Широкое, прямое волокно.
Пихта белая равнинная .	20—40	00—I	
	40—60	000—II	Широкое, прямое волокно.
	40—60	00—II	
	60—80	0—I	
Пихта белая	20—40	000—III	Широкое, прямое волокно.
	20—40	00—III	
	40—60	000—IV	
	40—60	00—IV	Широкое, прямое волокно.
Пихта белая	60—80	0—III	
	20—40	000—I	Широкое, прямое волокно.
	20—40	00—I	
	40—60	000—II	
Пихта белая	40—60	00—II	Широкое, прямое волокно.
	60—80	0—I	
	20—40	00—I	
	40—60	00—II	Широкое, прямое волокно.
Гемлок ложный	20—40	00—I	
	40—60	00—II	Вершинная часть.

П о р о д а	Размер в мм	Режим	П р и м е ч а н и я
Гемлок восточный	60-80	0-I	
	20-40	000-I	
Гемлок западный	40-60	000-II	
	60-80	0-I	
	20-40	00-II	Вершинная часть.
Листренница западная	40-60	00-III	Вершинная часть.
	60-80	0-II	
	20-40	000-II	
Сосна портежская	40-60	000-III	
	60-80	0-II	
	20-40	000-I	
Сосна южная желтая	40-60	00-I	
	60-80	0-I	
	20-40	000-I	Избегать предваритель- ной обработки паром.
Сосна западная желтая	40-60	00-I	
	60-80	0-I	
	20-40	00-II	Вершинная часть.
Сосна белая (восточная и западная)	40-60	00-III	Вершинная часть.
	60-80	0-II	
	20-40	00-I	
	20-40	0-I	
Фернамбук	40-60	00-II	
	40-60	0-II	
	60-80	0-I	
	20-40	00-II	
Ель (Энгельмана)	40-60	00-III	
	60-80	0-III	
	20-40	00-III	
Ель красная	40-60	00-IV	
	60-80	0-I	
	20-40	000-II	
	20-40	00-II	Широкая, прямослойная.
Ель ситкинская	40-60	000-III	
	40-60	0-III	Широкая, прямослойная.
	60-80	0-II	
	20-40	000-III	
Ель белая	20-40	00-III	Широкая, прямослойная.
	40-60	000-IV	

П о р о д а	Размер в мм	Режим	П р и м е ч а н и е
Ель белая	{ 40—60 60—80	{ 0—IV 0—III	Ширская, прямослойная.
Тамарак	{ 20—40 40—60 60—80	{ 00—II 00—III 0—II	

Расписание режимов для твердых пород

П о р о д а	Режим	П о р о д а	Режим
Ясень	2	Каштан	2 ²
Липа	1	Тополь	2
Бук	3 ¹	Вяз	2
Береза	1	Черный эвкалипт	3
Самшит	5 ²	Красный эвкалипт	2
Грецкий орех	2	Вяз американский	2
Вишня черная	5	Гикори	5

Примечания. ¹ Почаще уничтожать напряжения.

² Только бруски или четвертины.

³ Почаще уничтожать напряжения.

Глава тринадцатая

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

95. ПРИЧИНЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ДЛИТЕЛЬНОСТЬ СУШКИ

Длительность сушки имеет большое хозяйственное значение, так как, во-первых, основные расходы в тем меньшей доле ложатся на 1 м³, чем большее количество дерева сушится в единицу времени, и во-вторых, уменьшаются тепловые и энергетические расходы. Кроме того длительность сушки может иметь решающее значение, при отсутствии на бирже предприятия, требуемого для покрытия неотложных производственных нужд лесоматериала, который приходится часто подвозить извне.

На длительность сушки влияют, следующие причины.

а) ВЕНТИЛЯЦИЯ

При слабой вентиляции, загруженный в сушило лесоматериал сохнет неравномерно — одна часть скорее, другая медленнее, вследствие чего процесс сушки сильно затягивается. Та сторона штабеля, из которой выходит отработанный воздух, сохнет медленнее, чем противоположная, в которую он входит, притом тем медленнее, чем шире штабель, т. е. чем длиннее рабочий путь воздуха. В сушилах с незначительным рабочим путем, как например при узкой штабелевке, при входе воздуха в середину штабеля в специальный продох (трубу) или же в сушилах реверсивного движения воздуха достигаются кратчайшие сроки сушки.

б) ТЕМПЕРАТУРА И ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА

Высокая температура и низкая относительная влажность воздуха ускоряют процесс сушки, но применение их вызывает интенсивное высыхание только наружных слоев дерева, что в свою очередь препятствует продвижению влаги изнутри наружу. Увлажнение, требуемое для устранения поверхностной засухи, задерживает процесс. Целесообразнее с самого начала сушки, когда дерево во внутренних слоях содержит еще много влаги, обрабатывать лесоматериал высокой относительной влажностью воздуха. Высыхание наружных слоев не встречает никаких затруднений, но зато продвижение влаги из внутренних слоев наружу, как таковое, встречает целый ряд препятствий.

в) ПОРОДА ДЕРЕВА

У некоторых древесных пород, вследствие еще неизученных причин продвижение влаги осуществляется особенно медленно и так как от этого, как известно, зависит скорость сушки, то у них и длительность последней весьма велика.

У хвойных древесных пород как правило продвижение влаги происходит весьма интенсивно; исключением являются лишь немногие породы, как например секвойя, которая сохнет значительно медленнее.

г) ПЛОТНОСТЬ ДЕРЕВА

Плотность дерева у одних и тех же древесных пород, даже у отдельных досок, выпиленных из одного и того же бревна неодинакова. При одинаковых весовых количествах влаги в единице объема плотное (тяжелое) дерево сохнет медленнее, чем менее плотное (легкое), так как в менее плотном (легком) продвижение влаги происходит быстрее. При одинаковом проценте абсолютной влажности дерево большего объемного веса содержит больше влаги, чем дерево меньшего объемного веса, вследствие чего в первом случае для удаления влаги требуется и больше времени; кроме того дерево большего объемного веса имеет большую усадку и таким образом сушка его связана с большими затруднениями и требует больших сроков, чем сушка дерева с меньшим объемным весом.

д) ВЛАЖНОСТЬ ДЕРЕВА

Дерево более высокой влажности требует более длительных сроков сушки, нежели однородное же дерево, но меньшей влажности.

е) НАЗНАЧЕНИЕ ЛЕСОМАТЕРИАЛА

Высокие температуры неблагоприятно влияют на крепость дерева, вследствие чего лесоматериал, идущий на изделия, к крепости которых предъявляются особые требования, сушится при более низких температурах, чем это обычно практикуется для неответственных сооружений; продолжительность сушки в этом случае соответственно увеличивается.

ж) ЯДРО ИЛИ ЗАБОЛОНЬ

Влага легче продвигается в заболонной части, чем в ядре, вследствие чего заболонь сохнет быстрее ядра; так например один из опытов показал, что влажность как заболонной, так и ядровой древесины желтой американской сосны в один и тот же промежуток времени удалось довести до 8%, хотя исходная влажность первой была 133, а второй всего лишь 32%.

з) МЕСТО ВЗЯТИЯ ЛЕСОМАТЕРИАЛА ИЗ ДЕРЕВА

Обычно комлевая часть дерева более плотна, т. е. имеет больший объемный вес и содержит больше влаги, чем вершина; поэтому на высушивание ее и требуется больше времени.

и) ТОЛЩИНА МАТЕРИАЛА

Длительность сушки для лесоматериала толщиной от 20 до 75 мм растет примерно прямо пропорционально увеличению толщины; материал тоньше 20 мм сохнет несоизмеримо скорее, чем материал толщиной 75 мм.

к) ШИРИНА МАТЕРИАЛА

Лесоматериал квадратного сечения сохнет несколько скорее, чем лесоматериал той же толщины, но большей ширины, так как у материала квадратного сечения пути продвижения влаги изнутри наружу по всем четырем направлениям одинаковы.

л) СПОСОБ РАСПИЛОВКИ

Лесоматериал тангентальной распиловки сохнет быстрее, чем радиальной; но так как в первом случае опасность растрескивания и поверхностной засушки довольно велика, то сушка материала тангентальной распиловки требует более мягкого режима и длительного срока.

96. ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ НА КРЕПОСТЬ ДЕРЕВА

Весьма часто утверждают, что дерево искусственной сушки слабее в смысле крепости, чем дерево естественной сушки; такое утверждение основывается на следующих наблюдениях:

1. Ненадлежащая высушка дерева, а также применение слишком высоких температур и слишком низких относительных влажностей воздуха, понижает крепость дерева.

2. Сухое дерево более хрупко нежели влажное, вследствие чего дерево 5-процентной влажности имеет более тупой излом с меньшим расщеплением и с меньшей стрелой прогиба, чем аналогичное дерево, но 15-процентной влажности; однако это ни в каком случае не указывает на то, что коэффициент крепости на изгиб у более сухого дерева меньше, и что оно ослабло в результате сушки; такое заключение означало бы, что происходит путаница понятий вязкости дерева и сопротивления на изгиб.

В действительности крепость дерева возрастает после перехода точки насыщения волокна; все же крепость дерева, высушенного до 3—4% влажности и затем повысившего свое влагосодержание до воздушно-сухого состояния, будет несколько ниже, чем крепость дерева, влажность которого не была ниже воздушно-сухого состояния.

Табл. 11 показывает влияние степени влажности дерева на сопротивляемость его различным нагрузкам; как видно из этой таблицы, с уменьшением влажности все виды сопротивляемости дерева так или иначе увеличиваются, за исключением вязкости. В табл. 11 приведены лишь средние данные. У хвойных древесных пород с понижением влажности увеличивается даже и вязкость, у лиственных наоборот — вязкость сильно падает.

ТАБЛИЦА 11

Влияние влажности дерева на его крепость (средние данные)

На 1% снижения влажности, в среднем, по отношению к соответствующим показателям при 12% влажности, повышается:

Крепость изгиба	на 4%	Твердость в направлении волокон	на 3%
Упругость	2%	Твердость поперек волокон	1%
Вязкость	2%	Крепость при скалывании вдоль волокон	4%
Крепость при сжатии вдоль волокон	4%	Крепость при растяжении поперек волокон	1%
Крепость при сжатии поперек волокон	6%		

Более 100 000 опытов над 26 древесными породами, проведенных Мэдиссонской лабораторией, доказали, что дерево надлежащей искусственной сушки ни в чем не уступает дереву естественной сушки.

а) ФИЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Изменениями физического характера являются трещины и внутренние напряжения, как следствие неравномерной усадки. Трещины, как заметные невооруженным глазом, так и обнаруживаемые лишь с помощью микроскопа, обуславливают ослабление дерева. Сушка почти всегда сопровождается появлением в дереве некоторого количества мельчайших, микроскопических трещин, которые, возможно, и являются одной из причин хрупкости пересушенного дерева. Сильные, внутренние напряжения в дереве свидетельствуют о наличии поверхностной засушки; внутренние напряжения также снижают крепость дерева.

6) ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Происходят ли в дереве в результате выделения влаги при сушке какие-либо химические изменения, до сих пор еще не выяснено. Напротив, совершенно точно известно, что высокие температуры производят химические изменения, понижая также и крепость дерева; так прежде всего уменьшается вязкость, при дальнейшем повышении температуры темнеет окраска дерева (делается более коричневой), сопротивление на изгиб и на сжатие вдоль волокон падает, затем наступает обугливание.

Предельные температуры, выше которых начинаются уже химические изменения, ослабляющие крепость дерева, еще точно не изучены. Снижение крепости дерева растет с увеличением температуры и длительностью ее действия. Однако крепость некоторых древесных пород снижается больше при обработке в течение недели температурой в 80° , чем при выдерживании в течение нескольких часов при температуре 100° при одновременном увлажнении.

При естественной сушке каких-либо химических изменений в дереве почти не происходит, а если они и происходят, то только под влиянием действия плесени и гниения. Физические изменения, напротив и при естественной сушке встречаются весьма часто; следует особенно подчеркнуть, что при естественной сушке не существует почти никаких мер предохранения дерева от этих физических изменений, в противоположность искусственной сушке, в процессе которой возможны способы предохранения и устранения этих изменений. Слишком высокие температуры или слишком низкие относительные влажности воздуха, или же и то и другое вместе, являются главной причиной порчи дерева при сушке.

Каких-либо общих пределов, выше или ниже которых дерево не теряло бы своей крепости, установить не представляется возможным: так как для каждой породы эти пределы различны, а кроме того различны также и требования, предъявляемые к дереву в зависимости от его дальнейшего назначения, например к дереву, идущему на самолетостроение, предъявляются совершенно иные требования, чем к идущему на производство мебели. Для сушки лесоматериала, идущего на самолетостроение, на основании опытов Мэдиссонской лаборатории разработан особый режим (табл. 12) сушки, при котором исключена возможность снижения крепости лесоматериала.

97. УХОД ЗА ЛЕСОМАТЕРИАЛОМ ДО СУШКИ

Надлежащий уход за лесоматериалом до его искусственной сушки почти столь же важен, как и самая сушка, так как уже при хранении в сыром состоянии дерево может сильно попортиться, вследствие чего рекомендуется свежезаготовленный материал сушить немедленно. При хранении лесоматериала до сушки на воздухе возможны следующие явления.

а) РАСТРЕСКИВАНИЕ

Часто появляются значительные торцовые и поверхностные трещины, и почти не представляется возможным предупредить их появление, плотная штабелевка без прокладок могла бы до известной степени

ТАБЛИЦА 12

Стадия сушки	Режим для сушки ясеня, березы, кедра, кипариса, сосны, пихты		Режим для сушки вишневого дерева, красного дерева, клена, дуба и ореха	
	максимальная температура в °Ц	минимальная влажность в %	максимальная температура в °Ц	минимальная влажность в %
В начале сушки	49	80	40,5	85
При влажности пиломатериала 25%	52	70	43	73
При влажности пиломатериала 20%	53	60	47	62
При влажности пиломатериала 15%	59	44	54	46
При влажности пиломатериала 12%	61	38	57	42
При влажности пиломатериала 8%	63	33	57	40
До конца сушки	63	33	57	40

препятствовать поверхностному растрескиванию, но такой штабелевки следует избегать, особенно в летнее время, когда есть опасность порчи лесоматериала от синевы и плесени; лучше всего применять весьма тонкие прокладки.

Для предохранения лесоматериала от торцовых трещин торцы покрываются водонепроницаемым составом или же на торцы набиваются доски или металлические скобы. Эти способы если и не предохраняют полностью от торцового растрескивания, то во всяком случае значительно уменьшают его.

б) КОРОБЛЕНИЕ И СКРУЧИВАНИЕ

От коробления и скручивания лесоматериал предохраняется тщательной штабелевкой с применением большого количества правильно размещенных прокладок и без свешивания торцов досок.

в) ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАСУШКА И ВНУТРЕННЕЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ

Поверхностная засушка и внутренние трещины, так же как и поверхностные трещины, являются следствием усиленного испарения влаги с поверхности; появляются они особенно при теплой и сухой погоде. Каких-либо надежных способов предохранения дерева от поверхностной засушки и внутреннего растрескивания не имеется.

б) ХИМИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ

Происходят ли в дереве в результате выделения влаги при сушке какие-либо химические изменения, до сих пор еще не выяснено. Напротив, совершенно точно известно, что высокие температуры производят химические изменения, понижая также и крепость дерева; так прежде всего уменьшается вязкость, при дальнейшем повышении температуры темнеет окраска дерева (делается более коричневой), сопротивление на изгиб и на сжатие вдоль волокон падает, затем наступает обугливание.

Предельные температуры, выше которых начинаются уже химические изменения, ослабляющие крепость дерева, еще точно не изучены. Снижение крепости дерева растет с увеличением температуры и длительностью ее действия. Однако крепость некоторых древесных пород снижается больше при обработке в течение недели температурой в 80°, чем при выдерживании в течение нескольких часов при температуре 100° при одновременном увлажнении.

При естественной сушке каких-либо химических изменений в дереве почти не происходит, а если они и происходят, то только под влиянием действия плесени и гниения. Физические изменения, напротив и при естественной сушке встречаются весьма часто; следует особенно подчеркнуть, что при естественной сушке не существует почти никаких мер предохранения дерева от этих физических изменений, в противоположность искусственной сушке, в процессе которой возможны способы предохранения и устранения этих изменений. Слишком высокие температуры или слишком низкие относительные влажности воздуха, или же и то и другое вместе, являются главной причиной порчи дерева при сушке.

Каких-либо общих пределов, выше или ниже которых дерево не теряло бы своей крепости, установить не представляется возможным: так как для каждой породы эти пределы различны, а кроме того различны также и требования, предъявляемые к дереву в зависимости от его дальнейшего назначения, например к дереву, идущему на самолетостроение, предъявляются совершенно иные требования, чем к идущему на производство мебели. Для сушки лесоматериала, идущего на самолетостроение, на основании опытов Мэдиссонской лаборатории разработан особый режим (табл. 12) сушки, при котором исключена возможность снижения крепости лесоматериала.

97. УХОД ЗА ЛЕСОМАТЕРИАЛОМ ДО СУШКИ

Надлежащий уход за лесоматериалом до его искусственной сушки почти столь же важен, как и самая сушка, так как уже при хранении в сыром состоянии дерево может сильно испортиться, вследствие чего рекомендуется свежезаготовленный материал сушить немедленно. При хранении лесоматериала до сушки на воздухе возможны следующие явления.

а) РАСТРЕСКИВАНИЕ

Часто появляются значительные торцовые и поверхностные трещины, и почти не представляется возможным предупредить их появление, плотная штабелевка без прокладок могла бы до известной степени

ТАБЛИЦА 12

Стадии сушки	Режим для сушки ясеня, березы, кедра, кипариса, сосны, пихты		Режим для сушки вишневого дерева, красного дерева, клена, дуба и ореха	
	максимальная температура в °C	минимальная влажность в %	максимальная температура в °C	минимальная влажность в %
В начале сушки	49	80	40,5	85
При влажности пиломатериала 25%	52	70	43	73
При влажности пиломатериала 20%	53	60	47	62
При влажности пиломатериала 15%	59	44	54	46
При влажности пиломатериала 12%	61	38	57	42
При влажности пиломатериала 8%	63	33	57	40
До конца сушки	63	33	57	40

препятствовать поверхностному растрескиванию, но такой штабелевки следует избегать, особенно в летнее время, когда есть опасность порчи лесоматериала от синевы и плесени; лучше всего применять весьма тонкие прокладки.

Для предохранения лесоматериала от торцовых трещин торцы покрываются водонепроницаемым составом или же на торцы набиваются доски или металлические скобы. Эти способы если и не предохраняют полностью от торцового растрескивания, то во всяком случае значительно уменьшают его.

б) КОРОБЛЕНИЕ И СКРУЧИВАНИЕ

От коробления и скручивания лесоматериал предохраняется тщательной штабелевкой с применением большого количества правильно размещенных прокладок и без ешепивания торцов досок.

в) ПОВЕРХНОСТНАЯ ЗАСУШКА И ВНУТРЕННЕЕ РАСТРЕСКИВАНИЕ

Поверхностная засуха и внутренние трещины, так же как и поверхностные трещины, являются следствием усиленного испарения влаги с поверхности; появляются они особенно при теплой и сухой погоде. Каких-либо надежных способов предохранения дерева от поверхностной засухи и внутреннего растрескивания не имеется.

г) СИНЕВА

Синева поражает заболонь многих древесных пород, в особенности в теплую и влажную погоду. Возбудителями синевы являются споры гриба, питающегося соком дерева. Искусственная сушка убивает грибы синевы. Проф. С. И. Ванин говорит о синеве следующее:

«Серовато-синяя окраска, которую приобретает древесина, поврежденная грибами синевы, есть факт, с которым приходится считаться в некоторых случаях, например в столярном деле, когда синева просвечивает через полировку, придавая изделиям некрасивую окраску, или при производстве целлюлозы, где синева придает темную окраску древесной массе, и для отбелки этой массы требуется лишнее количество соответствующих химикалий.

Произведенные исследования определенно показывают, что засиненная древесина сосны по своим механическим и физическим свойствам совершенно не отличается от нормальной древесины, и что единственным отрицательным свойством засиненной древесины является ее окраска» («Лесопромышленное дело», 1931 г., № 8—9).

Многочисленные испытания влияния синевы на технические свойства дерева, произведенные Мэддисонской лабораторией, также показали отсутствие какого-либо отрицательного влияния таковой на технические свойства дерева.

Хорошим средством для предохранения сырого лесоматериала от поражения синевой является выкладка его в узкие, открытые со всех сторон штабеля, с применением прокладок из ядровой древесины. Надежным способом является также окунание только что распиленного материала в содовый раствор.

д) ЗАДЫХАНИЕ

Если сырой лесоматериал уложен настолько плотно, что он почти совсем не сохнет или же сохнет очень медленно, то здоровая древесина, особо чувствительных и заболонь многих древесных пород «задыхаются», особенно в теплую погоду.

е) ПОВРЕЖДЕНИЕ НАСЕКОМЫМИ

В сыром состоянии лесоматериал, особенно лиственные древесные породы, весьма часто подвергается повреждению насекомыми, от чего предохраняет открытая свободная штабелевка.

Все перечисленные повреждения лесоматериала имеют место главным образом в летнее время, вследствие чего летом лесоматериал требует более бережного обращения, чем в холодное время года. Если штабелевать лесоматериал очень свободно, то появляются трещины и поверхностная засушка, если же штабелевать плотно, то материал не сохнет и возникает опасность загнивания; выгоднее все же выбрать свободную штабелевку с возможным растрескиванием и поверхностной засушкой лесоматериала.

98. ШТАБЕЛЕВКА НА БИРЖЕ (НА СКЛАДЕ)

Правила штабелевки лесоматериала сводятся к следующему: больше воздуха и никакой влаги.

Территория биржи (склада) должна быть просторной сухой и ров-

ной, не следует допускать никакой сорной травы, никаких гниющих отбросов и коры. Подстошные места должны быть прочные и надежные; если они делаются из дерева, то их необходимо предварительно пропитать каким-либо консервирующим составом, во избежание передачи штабелю заболеваний. Рекомендуется давать штабелю некоторый продольный уклон для стока дождевой воды (примерно $\frac{1}{12}$). Следует также предусмотреть все необходимые мероприятия для наилучшего обтекания штабеля воздухом. Без сортировки лесоматериала по длине невозможна аккуратная штабелевка; в крайнем случае следует укладывать более длинные доски в нижние ряды штабеля, чтобы не было свешивания их, или же производить штабелевку, как указано на рис. 48.

Между ребрами досок оставляется разрыв, примерно в $\frac{1}{3}$ ширины доски. Прокладки для предохранения лесоматериала от торцовых трещин укладываются заподлицо с торцами штабеля или даже несколько выступают наружу. Расстояние между отдельными прокладками, в случае очень тонкого и легко коробящегося лесоматериала, принимается примерно в 50 см, а при очень толстом лесоматериале оно может быть доведено даже до 2 м. Прокладки берутся одинаковой толщины и должны быть равномерно размещены в штабеле как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях. При свободной штабелевке применяются прокладки толщиной до 50 мм, при плотной — до 15 мм; при выкладке очень высокого штабеля ширина прокладок должна быть немного больше, чем толщина. Над штабелем устраивается свешивающаяся крыша для предохранения лесоматериала от дождя и снега, а также для затенения торцов от действия солнечных лучей. Между штабелями должен оставаться разрыв не менее 600 мм. Рис. 88 иллюстрирует хорошую биржу, а рис. 89 — плохую штабелевку.

99. УХОД ЗА ЛЕСОМАТЕРИАЛАМИ ПОСЛЕ ИСКУССТВЕННОЙ СУШКИ

После окончания процесса сушки лесоматериал нельзя считать «готовым». Внутри дерева должно еще произойти выравнивание влажности по его сечению. Обычно наружные слои значительно суше, чем внутренние, иногда же при применении увлажнения для удаления поверхностной засухи перед концом процесса наружные слои становятся более влажными, чем внутренние, кроме того почти никогда влажность всего высушенного материала не бывает равномерна, а потому без выравнивания влажности партии лесоматериала обойтись нельзя.

Вследствие вышеуказанных причин необходимо, чтобы высушенный лесоматериал до дальнейшей обработки некоторое время вылежался. Длительность выдержки зависит от степени неравномерности распределения влажности по сечению, толщины и породы дерева; при такой выдержке полностью выявляется усадка и выравниваются напряжения, что без применения выдержки после сушки обнаруживается лишь при обработке лесоматериала, т. е. в деталях или даже в изделиях.

В п. 21 указаны те степени влажности, до которых следует сушить дерево, идущее для различных изделий; если например влажность лесоматериала, идущего на изготовление мебели, необхо-

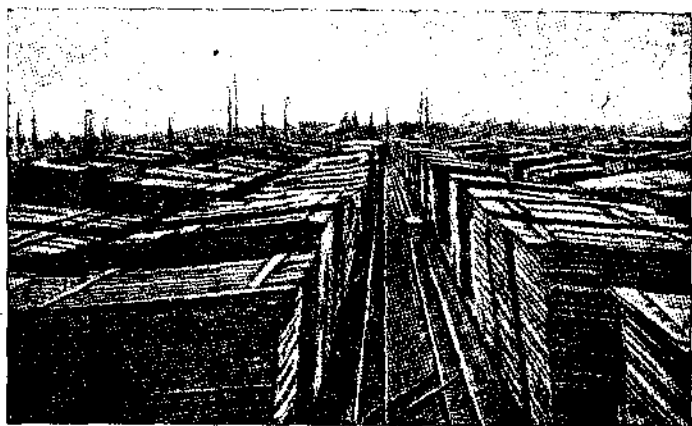


Рис. 88. Правильная штабелевка на бирже

димо повысить с 8 до 10%, то понятно, такой лесоматериал требует довольно длительной выдержки на воздухе.

Пребывание на воздухе толстого лиственного лесоматериала в течение нескольких дней может быть недостаточным, для тонкого же хвойного лесоматериала 2—3 дней, обычно, вполне достаточно для



Рис. 89. Неправильная штабелевка на бирже

выравнивания влажности; вследствие этого в помещениях, в которых выдерживается лесоматериал после сушки, необходимо, в особенности для лесоматериала низкой конечной влажности, поддерживать

такое состояние воздуха, которое соответствовало бы требуемой конечной влажности лесоматериала. То же самое должно иметь место, по возможности, и в цеху, где производится обработка; состояние воздуха регулируется по кривым устойчивой влажности. Даже при менее строгих требованиях к качеству лесоматериала нельзя пренебрегать наблюдением над состоянием воздуха в цеху; при сильном отклонении такового от требуемого состояния следует принимать соответствующие меры, как-то: при слишком сырой погоде держать закрытыми двери и окна, а при очень сухой, в особенности во время жары, когда вследствие сильного нагревания воздух становится очень сухим, устанавливать сосуды с водой для увеличения влажности воздуха и т. д.

Психрометрическая таблица для воздуха.

Температура сухого термометра в °C

Психро- метриче- ская раз- ница в °C	-10	-8	-6	-4	-2	+2	+0	+4	+6	+8	+10	+12	+14
0	85	87	89	91	92	100	100	100	110	100	100	100	100
0,1	81	83	86	87	89	97	98	98	98	98	98	98	99
0,2	76	80	82	84	86	95	95	96	96	96	97	97	97
0,3	72	76	79	81	84	92	93	94	94	95	95	96	96
0,4	67	72	75	78	81	89	90	91	92	93	94	94	95
0,5	63	63	72	75	78	87	88	89	90	91	92	92	93
0,6	58	64	68	72	75	84	86	87	88	89	90	91	92
0,7	54	60	65	69	73	81	83	85	86	88	89	89	90
0,8	49	56	61	66	70	78	81	83	84	86	87	88	89
0,9	45	52	58	63	67	76	79	81	82	84	85	86	87
1,0	40	48	55	60	65	73	76	78	80	82	84	85	86
1,1	36	44	51	57	62	70	73	76	78	80	82	83	85
1,2	—	40	48	54	59	68	71	74	76	78	80	82	83
1,3	—	35	44	51	56	65	69	72	74	77	79	80	82
1,4	—	—	41	48	54	63	66	70	73	75	77	79	81
1,5	—	—	37	45	51	60	64	68	71	73	76	78	79
1,6	—	—	—	42	48	57	62	65	69	72	74	76	78
1,7	—	—	—	39	46	55	59	63	67	70	72	75	77
1,8	—	—	—	—	43	52	57	61	65	68	71	73	75
1,9	—	—	—	—	40	50	55	59	63	66	69	72	74
2,0	—	—	—	—	37	47	52	57	61	65	68	70	73
2,1	—	—	—	—	—	44	50	55	59	63	66	69	71
2,2	—	—	—	—	—	42	48	53	57	61	65	67	70
2,3	—	—	—	—	—	39	45	51	55	59	63	66	68
2,4	—	—	—	—	—	—	43	48	53	58	61	64	67
2,5	—	—	—	—	—	—	41	46	52	56	60	63	66
2,6	—	—	—	—	—	—	38	44	50	54	58	62	65
2,7	—	—	—	—	—	—	—	42	48	52	57	60	63
2,8	—	—	—	—	—	—	—	40	46	51	55	59	62
2,9	—	—	—	—	—	—	—	38	44	49	54	57	61
3,0	—	—	—	—	—	—	—	—	42	47	52	56	59
3,1	—	—	—	—	—	—	—	—	40	46	50	54	58
3,2	—	—	—	—	—	—	—	—	38	44	49	53	57
3,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	47	52	55
3,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	46	50	54
3,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	44	49	53
3,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	43	47	52
3,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	46	50
3,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40	45	49
3,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	43	48
4,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	42	46
4,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39	44
4,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41
4,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39
4,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

двинувшегося со скоростью до 0,5 м/сек

			Искро- метриче- ская раз- ница ° Ц	Температура сухого термометра в ° Ц									
+16	+18	+20		+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40
100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
99	99	99	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
97	98	98	0,2	98	98	98	98	98	98	99	99	99	99
96	96	97	0,4	96	96	96	97	97	97	97	97	97	97
95	95	96	0,6	94	94	94	95	95	95	95	96	96	96
93	94	94	0,8	91	92	93	93	93	94	94	94	94	95
92	93	93	1,0	89	90	91	91	92	92	92	93	93	93
91	92	92	1,2	87	88	89	89	90	90	91	91	92	92
90	90	91	1,4	85	86	87	88	88	89	89	90	90	91
88	89	90	1,6	83	84	85	86	87	87	88	88	89	89
87	88	89	1,8	81	82	83	84	85	85	86	87	87	88
86	87	88	2,0	79	80	82	83	83	84	85	85	86	87
85	86	87	2,2	77	79	80	81	82	83	83	84	85	86
83	84	86	2,4	75	77	78	79	80	81	82	83	83	84
82	83	84	2,6	73	75	76	77	79	80	80	81	82	83
81	82	83	2,8	71	73	74	76	77	78	79	80	81	81
79	81	82	3,0	69	71	73	74	75	77	78	78	79	80
78	80	81	3,2	67	69	71	72	74	75	76	77	78	79
77	78	80	3,4	65	67	69	71	72	74	75	76	77	78
76	77	79	3,6	63	66	68	69	71	72	73	74	75	76
74	76	78	3,8	62	64	66	68	69	71	72	73	74	75
73	75	77	4,0	60	62	64	66	68	69	71	72	73	74
72	74	76	4,2	58	60	62	65	67	68	70	71	72	73
71	73	75	4,4	56	58	61	64	65	67	68	70	71	72
70	72	74	4,6	54	57	60	62	64	65	67	68	69	70
68	71	73	4,8	52	55	58	60	62	64	65	67	68	69
67	69	71	5,0	50	53	56	58	60	62	64	65	67	68
66	68	70	5,2	49	51	54	57	59	61	62	64	65	66
65	67	69	5,4	46	49	52	55	58	60	61	63	64	65
64	66	68	5,6	45	48	51	54	56	58	60	62	63	64
62	65	67	5,8	43	46	49	52	54	57	59	60	62	63
61	64	66	6,0	41	45	48	51	53	55	57	59	61	62
60	63	65	6,2	39	43	46	49	51	54	56	58	59	61
59	62	64	6,4	37	41	45	47	50	53	55	57	58	60
58	60	63	6,6	—	40	43	46	49	51	53	55	57	59
56	59	62	6,8	—	38	41	44	47	50	52	54	56	58
55	58	61	7,0	—	—	40	43	46	49	51	53	55	57
54	57	60	7,2	—	—	38	41	45	48	49	52	54	55
53	56	59	7,4	—	—	—	40	43	47	48	51	52	54
52	55	58	7,6	—	—	—	39	42	45	47	0	51	53
50	54	57	7,8	—	—	—	—	40	44	46	58	50	52
48	52	55	8,0	—	—	—	—	39	42	45	47	49	51
46	49	53	8,2	—	—	—	—	—	41	43	46	48	50
43	47	51	8,4	—	—	—	—	—	40	42	44	47	49
41	45	49	8,6	—	—	—	—	—	38	41	43	46	48
39	43	47	8,8	—	—	—	—	—	—	40	42	45	47
—	41	45	9,0	—	—	—	—	—	—	39	41	44	46
—	39	43	9,2	—	—	—	—	—	—	—	40	43	45
—	—	41	9,4	—	—	—	—	—	—	—	39	42	44
—	—	39	9,6	—	—	—	—	—	—	—	—	41	43
—	—	—	9,8	—	—	—	—	—	—	—	—	40	42
—	—	—	10,0	—	—	—	—	—	—	—	—	39	41
—	—	—	10,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39
—	—	—	10,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	39

Психрометрическая разница °C	Т е м п е р а т у р а °C											
	+40	+42	+44	+46	+48	+50	+52	+54	+56	+58	+60	+62
0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
1	93	93	93	94	94	91	94	94	95	95	95	95
1,5	91	90	90	91	91	91	92	92	92	92	92	92
2	87	87	87	88	88	88	89	89	89	90	90	90
2,5	83	84	84	85	85	86	86	87	87	88	88	88
3	80	81	81	82	82	83	83	84	81	85	85	85
3,5	77	78	78	79	79	80	80	81	81	82	82	83
4	74	75	75	76	77	78	78	79	79	80	80	81
4,5	71	72	73	74	74	75	75	76	77	77	78	79
5	68	69	70	71	72	73	73	74	74	75	75	76
5,5	65	66	67	68	69	70	71	72	72	73	73	74
6	62	63	64	66	67	68	68	69	70	71	71	72
6,5	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	69	70
7	57	58	59	61	62	63	64	65	66	67	68	69
7,5	54	55	56	58	59	61	62	63	64	65	65	66
8	51	53	54	56	57	59	60	61	62	63	63	64
8,5	48	50	52	53	55	56	58	59	60	61	61	62
9	46	48	50	51	53	54	55	56	57	58	59	60
9,5	44	46	48	49	51	52	53	54	55	57	58	59
10	41	43	45	47	49	50	51	52	53	55	56	57
10,5	—	41	43	45	47	48	49	50	51	53	54	55
11	—	—	40	42	44	46	48	49	50	51	52	53
11,5	—	—	—	40	42	44	46	47	48	49	50	52
12	—	—	—	—	40	42	44	45	46	47	48	49
12,5	—	—	—	—	—	40	42	43	45	46	47	48
13	—	—	—	—	—	—	—	41	43	44	45	46
13,5	—	—	—	—	—	—	—	—	41	42	43	45
14	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	42	43
14,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	41	42
15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	40
15,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
17,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пример. Температура сухого термометра 60°C
Психрометрическая разница 6°C Относ.

Х О Г О Т Е Р М О М Е Т Р А В °Ц

+64	+66	+68	+70	+72	+74	+76	+78	+80	+82	+84	+86	+88	+90
100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	98
95	95	95	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96
93	93	93	93	93	93	94	94	94	94	94	94	94	94
90	91	91	91	91	91	91	91	91	92	92	92	92	92
88	89	89	89	89	89	89	89	90	90	90	90	90	90
86	86	86	87	87	87	87	87	88	88	88	88	88	88
83	84	84	84	85	85	85	85	86	86	86	86	86	87
81	82	82	82	83	83	83	84	84	84	84	85	85	85
79	80	80	80	81	81	81	82	82	82	83	83	83	84
76	77	77	78	78	79	79	80	80	80	81	81	81	82
74	75	75	76	76	77	77	78	78	79	79	79	79	80
73	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	78
70	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	77
69	70	71	71	72	72	73	73	74	74	74	75	75	75
67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	73	73
65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71
63	64	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69	69	70
61	62	62	63	64	65	65	66	66	67	67	68	68	69
60	60	61	62	62	63	64	64	65	65	66	66	67	67
58	58	59	60	60	61	62	63	63	64	64	65	66	66
56	57	58	58	59	60	61	61	62	62	63	63	64	65
54	55	56	57	58	58	59	60	60	61	61	62	62	63
53	53	54	55	56	57	57	58	59	59	60	60	61	61
51	52	53	54	55	55	56	56	57	58	58	59	59	60
49	50	51	52	53	54	55	55	56	56	57	57	58	58
47	48	49	50	51	52	53	54	55	55	56	56	57	57
45	46	47	48	50	50	51	52	53	54	54	55	56	56
44	45	46	47	48	49	50	50	51	52	53	53	54	55
43	44	45	46	47	48	49	49	50	51	51	52	53	54
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	51	52	53
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	49	50	50	51
—	40	41	42	43	44	45	46	47	47	48	49	49	50
—	—	40	41	42	43	43	44	45	46	47	48	48	49
—	—	—	39	40	41	42	43	44	45	46	46	47	48
—	—	—	—	39	40	41	42	43	44	45	45	46	47
—	—	—	—	—	39	40	41	42	42	43	44	45	45
—	—	—	—	—	—	38	40	41	41	42	43	44	44
—	—	—	—	—	—	—	39	39	40	41	42	43	43
—	—	—	—	—	—	—	—	38	39	40	41	41	42
—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	39	40	40	41
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	39	39	40
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	38	38	39

температура влажность 71%.

Психрометрическая таблица для воздуха.

Температура сухого термометра в °C

Психро- метриче- ская раз- ница в °C	-10	-8	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14
0	95	96	97	97	98	98	100	100	100	100	100	100	100
0,1	92	93	95	96	97	97	98	98	99	99	99	99	99
0,2	90	91	93	94	95	96	97	97	98	98	98	98	98
0,3	87	88	90	92	94	94	95	96	96	96	96	97	97
0,4	84	85	87	90	92	92	94	94	95	95	95	96	96
0,5	82	83	85	88	90	91	93	93	94	94	94	95	95
0,6	79	81	82	85	88	89	91	92	92	92	92	93	94
0,7	76	77	80	83	86	87	89	91	91	91	91	92	93
0,8	73	75	77	81	84	85	86	89	89	89	90	91	92
0,9	70	72	75	79	82	83	85	87	87	88	89	90	91
1	67	70	73	77	80	82	84	85	86	87	88	89	90
1,1	64	67	70	76	78	80	82	84	85	86	87	88	89
1,2	61	64	68	73	76	78	80	83	83	84	85	87	88
1,3	57	62	66	71	74	76	79	82	82	83	84	86	87
1,4	54	59	64	69	72	74	77	80	80	81	83	85	86
1,5	51	57	62	67	71	73	76	78	79	80	82	84	85
1,6	48	54	59	65	69	71	75	77	78	79	80	82	84
1,7	45	52	57	63	67	70	73	75	76	78	79	81	83
1,8	43	49	55	61	65	68	72	74	75	77	78	80	82
1,9	40	47	53	59	63	66	70	73	74	76	77	79	81
2	38	45	51	57	62	65	68	71	73	75	76	78	80
2,1	35	43	49	55	60	63	66	70	71	73	75	77	79
2,2	32	41	47	53	58	61	64	68	70	72	74	76	78
2,3	29	39	45	51	57	59	63	67	69	71	73	75	77
2,4	26	37	43	49	55	57	61	65	67	70	72	74	76
2,5	23	35	41	47	53	56	60	64	66	69	71	73	75
2,6	20	32	39	45	51	54	59	63	65	68	70	72	74
2,7	18	30	37	43	49	52	57	61	63	66	68	71	73
2,8	15	27	35	41	47	51	56	60	62	65	67	70	72
2,9	12	24	33	39	45	49	55	59	61	64	66	69	71
3	10	22	32	38	44	48	53	58	60	63	65	68	70
3,1	—	20	30	36	42	46	51	56	58	61	64	67	69
3,2	—	18	28	34	41	45	49	54	57	60	63	66	68
3,3	—	16	26	32	39	43	48	53	55	59	62	65	67
3,4	—	14	24	30	37	42	47	52	54	58	61	64	66
3,5	—	12	23	29	36	41	46	50	53	57	60	63	65
3,6	—	—	21	27	34	39	44	48	52	55	59	62	64
3,7	—	—	20	26	33	38	43	47	51	54	58	61	63
3,8	—	—	18	24	31	36	41	46	50	53	57	60	62
3,9	—	—	16	23	30	35	40	44	48	52	56	59	61
4	—	—	15	22	29	33	39	43	47	51	54	57	60
4,2	—	—	—	19	26	30	36	41	45	48	52	55	58
4,4	—	—	—	16	24	27	33	39	42	46	50	53	56
4,6	—	—	—	13	21	25	31	36	40	44	48	51	54

движущегося со скоростью 2,5 м/сек и выше

Температура сухого термометра, °C

+16	+18	+20	Психро- метриче- ская раз- ница, °C	+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40
100	100	100	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
99	99	99	0,2	98	99	99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	0,4	96	97	97	97	97	97	97	97	98	98
98	98	98	0,6	95	95	95	95	95	95	95	95	96	96
97	97	97	0,8	92	94	94	94	94	94	94	94	95	95
96	96	96	1	91	92	92	93	93	93	93	93	94	94
95	95	95	1,2	89	90	91	91	91	91	92	92	93	93
94	94	94	1,4	88	89	89	89	89	89	90	90	92	92
93	93	93	1,6	86	87	87	87	88	88	89	89	91	91
92	92	92	1,8	85	85	85	86	87	87	88	88	89	89
91	91	91	2	83	84	84	85	86	86	87	87	88	88
90	90	90	2,2	81	82	82	83	84	85	86	86	87	87
89	89	90	2,4	80	81	81	82	83	84	85	85	85	85
88	88	89	2,6	79	80	80	81	82	82	84	84	84	84
87	87	88	2,8	77	78	78	79	80	81	82	82	83	83
86	86	87	3	75	76	77	78	79	80	81	81	82	82
85	85	86	3,2	74	74	75	76	78	79	80	80	81	81
84	84	85	3,4	72	73	74	75	76	77	79	79	80	80
83	83	84	3,6	71	71	72	73	75	76	78	78	78	78
82	82	83	3,8	69	70	71	72	74	75	76	77	77	77
81	81	82	4	68	69	70	71	72	74	75	75	76	77
80	81	82	4,2	66	68	69	70	71	73	74	74	75	76
79	80	81	4,4	65	66	67	68	69	71	73	73	74	75
78	79	80	4,6	63	65	66	67	68	70	71	71	72	73
77	78	80	4,8	62	63	65	66	67	69	70	70	71	72
77	78	79	5	60	62	64	65	66	68	69	69	70	71
76	77	78	5,2	59	61	62	63	65	66	67	68	69	70
75	76	77	5,4	58	59	61	62	64	65	66	67	68	69
74	75	76	5,6	56	58	60	61	63	64	65	66	67	68
73	74	75	5,8	55	57	59	60	62	63	64	65	66	67
72	73	74	6	54	56	58	59	61	62	63	64	65	66
71	72	73	6,2	54	56	58	58	60	61	62	63	64	65
70	72	72	6,4	51	53	55	56	58	60	61	62	63	64
69	71	71	6,6	49	51	53	55	57	59	60	61	62	63
68	70	70	6,8	48	50	52	54	56	58	59	60	61	62
67	69	70	7	46	49	51	53	55	57	58	59	60	61
66	68	69	7,2	45	47	50	52	54	56	57	58	59	60
65	67	68	7,4	44	46	49	51	53	55	56	57	58	59
64	66	68	7,6	42	45	48	50	52	54	55	56	57	58
63	65	67	7,8	41	44	47	49	51	53	54	55	56	57
62	64	66	8	40	43	46	47	50	52	53	54	55	56
61	62	64	8,2	38	41	44	46	49	51	52	53	54	55
53	60	63	8,4	37	40	43	45	48	50	51	52	53	54
57	59	61	8,6	36	39	42	44	46	48	50	51	52	53

Психро- метриче- ская раз- ница °Ц	Температура сухого термометра в °Ц												
	-10	-8	-6	-4	-2	-0	+2	+4	+6	+8	+10	+12	+14
4,8	—	—	—	11	19	22	28	33	38	42	46	50	53
5	—	—	—	9	17	20	25	31	36	40	44	48	51
5,2	—	—	—	—	—	—	22	28	34	38	42	46	50
5,4	—	—	—	—	—	—	19	26	31	36	40	44	48
5,6	—	—	—	—	—	—	17	23	29	34	38	42	46
5,8	—	—	—	—	—	—	14	20	27	32	36	40	44
6	—	—	—	—	—	—	12	18	25	30	34	38	42
6,2	—	—	—	—	—	—	—	16	23	28	32	36	41
6,4	—	—	—	—	—	—	—	13	21	26	30	34	39
6,6	—	—	—	—	—	—	—	11	18	24	28	32	37
6,8	—	—	—	—	—	—	—	9	16	22	26	31	36
7	—	—	—	—	—	—	—	7	14	20	24	29	34
7,2	—	—	—	—	—	—	—	—	12	18	22	27	33
7,4	—	—	—	—	—	—	—	—	10	16	20	25	31
7,6	—	—	—	—	—	—	—	—	8	14	18	24	29
7,8	—	—	—	—	—	—	—	—	6	12	16	22	27
8	—	—	—	—	—	—	—	—	4	10	15	20	25
8,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	18	24
8,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	16	23
8,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14	21
8,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	12	19
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11	18
9,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16
9,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14
9,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	13
9,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	11
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10
10,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Пример. Температура сухого термометра 20°
Психрометрическая разница 10° } Опред.

Температура воздуха: термометра в ° К

+16	+18	+20	+22	+24	+26	+28	+30	+32	+34	+36	+38	+40
55	58	60	8,8	35	38	41	43	45	47	49	50	51
54	57	58	9	34	37	40	42	44	46	48	49	50
52	54	56	9,2	33	36	39	41	43	45	47	48	49
50	52	54	9,4	31	34	37	40	42	44	46	47	48
48	50	52	9,6	30	33	36	39	41	43	45	47	48
47	49	51	9,8	29	32	35	38	40	42	44	46	47
46	48	50	10	28	31	34	37	40	42	44	46	47
44	47	49	10,2	27	30	33	36	39	41	43	45	46
42	45	47	10,4	26	29	32	35	38	40	42	44	45
41	44	46	10,6	25	28	31	34	37	39	41	43	44
40	43	45	10,8	24	27	30	33	36	38	40	42	44
38	41	43	11	22	26	29	32	35	37	39	41	43
36	39	42	11,2	21	25	28	31	34	36	38	40	42
34	37	40	11,4	20	24	27	30	33	35	37	39	41
33	36	39	11,6	19	22	26	29	32	34	36	38	40
31	35	38	11,8	17	21	25	28	31	33	35	37	39
30	34	37	12	16	20	24	27	30	32	34	36	38
28	32	35	12,2	15	19	23	26	29	31	33	35	37
27	31	34	12,4	14	18	22	25	28	30	32	34	36
25	30	32	12,6	12	17	21	24	27	29	31	33	35
24	29	31	12,8	11	16	20	23	26	28	30	32	34
23	27	30	13	9	15	19	22	25	27	29	31	33
21	26	29	13,2	—	14	18	21	24	26	28	30	32
20	24	27	13,4	—	13	17	20	23	25	27	29	31
18	23	26	13,6	—	12	16	19	22	24	26	28	30
17	21	24	13,8	—	11	15	18	21	23	25	27	29
16	20	23	14	—	10	14	17	20	22	24	26	28
14	18	21	14,2	—	—	—	16	19	21	23	25	27
13	17	20	14,4	—	—	—	15	18	20	22	24	26
11	15	18	14,6	—	—	—	14	17	19	21	23	25
10	14	17	14,8	—	—	—	13	16	18	20	22	24
8	13	16	15	—	—	—	12	15	17	19	21	23
—	11	14	15,2	—	—	—	—	14	16	18	20	22
—	10	13	15,4	—	—	—	—	13	15	17	19	21
—	9	12	15,6	—	—	—	—	12	14	16	18	20
—	8	11	15,8	—	—	—	—	11	13	15	17	19
—	6	10	16	—	—	—	—	10	12	14	16	18
—	—	—	16,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	17,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Температура воздуха: 24%

Психрометрическая таблица для воздуха,

Т е м п е р а т у р а в о з д у х а

Психро-
метрическая
таблица

+40 +42 +44 +46 +48 +50 +52 +54 +56 +58 +60 +62

0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0,5	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97	97
1	94	94	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
1,5	91	91	92	92	92	92	92	92	92	92	92	92
2	88	89	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
2,5	85	86	87	87	87	87	87	87	87	87	87	88
3	82	83	84	84	84	84	84	84	85	85	85	86
3,5	79	80	81	81	81	81	82	82	83	83	83	84
4	77	78	79	79	79	79	80	80	81	81	81	82
4,5	74	75	76	76	76	76	77	78	79	79	79	80
5	71	72	73	74	74	74	75	76	77	77	77	78
5,5	69	70	71	72	72	72	73	74	75	75	75	76
6	66	68	68	70	70	70	71	72	73	73	73	74
6,5	64	65	66	67	68	68	69	70	70	71	71	72
7	61	62	63	64	65	66	67	68	68	69	69	70
7,5	59	60	61	62	62	64	65	65	66	67	67	68
8	56	58	59	60	60	62	63	64	64	65	65	66
8,5	54	55	56	57	58	60	61	62	62	63	63	64
9	52	53	54	55	56	58	59	60	60	61	61	62
9,5	50	51	52	53	54	56	57	58	58	59	59	60
10	48	49	50	51	52	54	55	56	57	58	58	59
10,5	46	47	48	49	50	52	53	54	55	56	56	57
11	44	45	46	47	48	50	51	52	53	54	55	56
11,5	42	43	44	46	47	48	49	50	51	52	53	54
12	40	42	43	45	46	47	48	49	50	51	52	53
12,5	38	40	41	43	44	45	46	47	48	49	50	51
13	36	38	39	41	42	44	45	46	47	48	49	50
13,5	34	36	37	39	40	42	43	44	45	46	47	48
14	32	35	36	38	39	41	42	43	44	45	46	47
14,5	31	33	34	36	37	39	40	41	42	43	44	45
15	29	31	33	34	36	37	38	39	41	42	43	44
15,5	27	29	31	32	34	35	37	38	39	40	41	42
16	25	28	30	31	33	34	36	37	38	39	40	41
16,5	24	26	28	29	31	32	34	35	36	37	38	39
17	23	25	27	28	30	31	33	34	35	36	37	38
17,5	21	23	25	26	28	30	31	33	34	35	36	37

движущегося со скоростью 2,5 м/сек и выше

термометра в °C

+64	+66	+68	+70	+72	+74	+76	+78	+80	+82	+84	+86	+88	+90
100 97	100 97	100 97	100 97	100 97	100 97	100 98	100 98	100 98	100 98	100 98	100 98	100 98	100 98
95 93	95 93	95 93	95 93	95 93	95 93	96 94	96 94	96 94	96 94	96 94	96 94	96 94	96 94
91 88	91 88	91 88	91 88	91 88	91 88	92 90	92 90	92 90	92 90	92 90	92 90	92 90	92 90
86 84	86 84	86 84	86 84	86 84	86 85	88 86	88 86	88 86	88 86	88 86	88 86	88 86	88 86
82 80	82 80	82 80	82 80	83 81	84 82	84 82	84 82	84 82	84 82	84 82	84 82	85 83	85 83
78 76	78 76	78 76	78 76	79 77	80 78	80 78	80 78	80 78	80 78	80 78	80 79	81 79	81 80
74 72	75 73	75 73	75 73	76 74	76 74	77 75	77 75	77 75	77 75	77 75	78 76	78 76	79 77
70 68	71 69	71 69	71 69	72 70	72 70	73 71	73 71	73 71	74 72	74 72	74 73	75 73	75 73
67 65	67 65	68 66	68 66	69 67	69 67	70 68	70 68	70 68	71 69	71 69	72 70	72 70	72 70
63 61	63 62	64 62	64 62	65 63	65 64	66 65	66 65	66 65	67 66	67 66	68 67	69 67	69 67
60 58	61 59	61 59	61 59	62 60	63 61	64 62	64 62	64 62	65 63	65 63	66 64	66 64	66 64
57 55	57 55	58 56	58 56	59 57	60 58	61 59	61 59	61 59	62 60	62 60	63 61	63 61	63 62
54 52	54 53	55 53	55 53	56 54	57 55	58 56	58 56	58 57	59 57	59 58	60 58	60 58	61 59
51 49	52 50	52 50	52 50	53 51	54 52	55 53	55 54	55 54	56 55	56 55	57 56	57 56	58 57
48 46	49 47	49 47	49 47	50 48	51 49	52 50	53 51	53 51	54 52	54 52	55 53	55 53	56 54
45 43	46 44	46 45	46 45	47 46	48 47	49 48	50 49	50 49	51 50	51 50	52 51	52 51	53 52
42 40	43 41	44 42	44 42	45 43	46 44	47 45	48 46	48 46	49 47	49 47	50 48	50 49	51 50
39 38	40 39	41 40	41 40	42 41	43 42	44 43	45 44	45 44	46 45	46 45	47 46	48 47	49 48

Т е м п е р а т у р а с у х о г о

Психрометрическая
разница
°C

	+40	+42	+44	+46	+48	+50	+52	+54	+56	+58	+60	+62
18	19	22	24	25	27	29	30	32	33	34	35	36
18,5	18	20	22	23	25	27	28	30	31	33	33	34
19	17	19	21	22	24	26	27	29	30	31	32	33
19,5	15	17	19	21	23	25	26	28	29	30	31	32
20	14	16	18	20	22	24	25	27	28	29	30	31
20,5	12	14	16	18	20	22	23	25	27	28	29	30
21	11	13	15	17	19	21	22	24	25	27	28	29
21,5	9	12	14	16	18	20	21	23	24	26	27	28
22	8	11	13	15	17	19	20	22	23	25	26	27
22,5	—	—	11	13	15	17	19	21	22	23	25	26
23	—	—	10	12	14	16	18	20	21	22	24	25
23,5	—	—	9	11	13	15	17	19	20	21	23	24
24	—	—	8	10	12	14	16	18	19	20	22	23
24,5	—	—	—	—	11	13	15	17	18	19	21	22
25	—	—	—	—	10	12	14	16	17	18	20	21
25	—	—	—	—	8	10	12	14	15	17	18	19
27	—	—	—	—	—	—	10	12	13	15	16	17
28	—	—	—	—	—	—	8	10	12	13	14	16
29	—	—	—	—	—	—	—	8	10	11	12	14
30	—	—	—	—	—	—	—	7	10	9	11	13
31	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	11
32	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	8	10
33	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
36	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
37	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
38	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
39	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Примечание: Температура сухого термометра

Психрометрическая разница

60°

10°

Относ.

Т Е Р М О М Е Т Р А В ° Ц

+64	+66	+68	+70	+72	+74	+76	+78	+80	+82	+84	+86	+88	+90
37 35	38 36	39 37	39 38	40 39	41 40	42 41	43 41	43 42	44 43	44 43	45 44	46 45	47 46
34 33	35 34	36 35	37 36	38 37	39 38	40 39	40 39	41 40	42 41	42 41	43 42	44 43	45 44
32 31	33 32	34 33	35 34	36 35	37 36	38 37	38 37	39 38	40 39	40 39	41 40	42 41	43 42
30 29	31 30	32 31	33 32	34 33	35 34	36 35	36 35	37 36	38 37	38 38	39 38	40 39	41 40
23 27	29 28	30 29	31 30	32 31	33 32	34 33	34 33	35 34	36 35	36 36	37 36	38 37	39 38
26 25	27 26	28 27	29 28	30 29	31 30	32 31	32 31	33 32	34 33	34 33	35 34	36 35	37 36
24 23	25 24	26 25	27 26	28 27	29 28	30 29	31 30	31 30	32 31	32 31	33 32	34 33	35 34
22 20	23 22	24 23	25 23	26 25	27 25	28 26	29 27	29 28	30 29	30 29	31 30	32 31	33 32
18 17	20 18	21 19	21 20	23 21	23 22	24 23	25 24	26 25	27 26	27 26	28 27	29 28	30 29
15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	22 21	23 22	24 23	24 23	25 24	26 25	27 26
12 11	13 12	14 13	15 14	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	21 20	21 20	22 21	23 22	24 23
—	11 10	12 11	13 12	14 13	15 14	16 15	16 15	17 16	18 17	19 18	20 19	20 19	21 20
—	—	—	10 9	11 10	12 11	13 12	14 13	15 14	16 15	16 15	17 16	18 17	19 18
—	—	—	—	—	—	—	12 11	13 12	14 13	14 13	15 14	16 15	17 16
—	—	—	—	—	—	—	—	—	12 11	12 11	13 12	14 13	15 14

Л И Т Е Р А Т У Р А

№ по порядку	А в т о р	Наименование книги	И з д а н и е
1	Koehler and Thelen	The Kiln Drying of Lumber	New. — Jork, 1926 г.
2	Niemann H. D.	The Kiln Drying of Lumber	Lippincott, Philadelphia, 1921 г.
3	Thelen, Rolf	Kiln Drying handbook U. S. Dep. of agriculture, Bul. № 1136	U. S. W. A. 1929 г.
4	Betts H. S.	The Kiln Drying of Woods for Airplanes, National Advisory Committee for Aeronautics	Report № 65 1920 г.
5	Bryant	Lumber	№ 1, 1922 г.
6	Betts H. S.	Timber, ITS Strengths, Seasoning and Grading	Mc Craw Hill Book Co N. J. 1919 г.
7	Martley J. F.	Moisture Movement through wood. The steady State	For. Pr. Research Tech. Pap. № 2, 1926 г.
8	Stillwell S. T. C.	The Movement of moisture with reference to timber Seasoning	For. Pr. Research Tech. Pap. № 1, London 1926 г.
9	Hausbrand	Das Trocknen mit Luft und Dampf	Berlin, 1920 г.
10	Hirsch M.	Die Trockentechnik	Berlin, 1927 г.
11	Marr Otto	Das Trocknen und die Trockner	München und Berlin, 1923 г.
12	Schule W.	Theorie der Heisslufttrockner	Berlin, 1920 г.
13	Warlimont P., Ing.	Das Künstliche Holz-trocknen	Berlin, 1929 г.
14	Грум - Гржимайло и Иванцов	1. Принципы работ гидравлически правильно построенных сушилок. 2. Расчет естественной циркуляции в сушилах многократного насыщения.	Verlag V. D. I. Москва 1928 г.
15	Маковецкий А. Е. и Ройтман Г. Л.	Сушка воздухом, дымовыми газами и паром	Берлин, 1923 г.
16	Ногин К. И.	Сушка дерева	Науч.-лесотех. кружка ЛЛИ
17	Юргенс Н. О.	Руководство к проектированию сушилок	Москва, 1925 г.
18	Лурье М. Ю.	Некоторые типы современных сушилок	Извест. Тепло-технич. ин-та № 7 (9)
19	Лебедев В. И.		
20	Баракс А. М.	Автоматическое обслуживание сушики	„Лесопром. дело“ № 7, 1929 г.
21	Чуляпский Н. Н.		„Лесопром. дело“ № 7, 1931 г.
22	Темкин В. Л.	Контроль работы котельных установок	Гиз, Москва 1931 г.
23	— . —	Контрольно-измерит. приборы	

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Основы сушки дерева	5
Глава II. Сушка и ее зависимость от строения дерева	12
Глава III. Влага в дереве	19
Глава IV. Работа дерева и ее последствия	36
Глава V. Тепло	62
Глава VI. Влажность воздуха и испарение	69
Глава VII. Сушила для дерева	75
Глава VIII. Сушила, циркуляция воздуха и штабелевка лесоматериала в сушилах	88
Глава IX. Контрольно-измерительные приборы	119
Глава X. Проверка работы и выбор типа сушила	140
Глава XI. Выбор типа и расположение сушил	148
Глава XII. Режимы сушки	157
Глава XIII. Дополнительные замечания	176

Вышли из печати:

Н. Я. ЛЮБИМОВ

„ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУШКИ ДЕРЕВА“

120 рис. Стр. 368 + 2 вклейки. Цена 6 руб. в переплете.

Содержание

Сущность процесса и цели сушки. Строение дерева и влияние строения на процесс сушки. Влажность дерева. Зависимость физико-механических свойств дерева от влажности. Теория движения воды в древесине в процессе сушки. Теплота. Влажность воздуха. Движение воздуха. Деформация дерева, являющаяся следствием сушки. Тиды и конструкции сушильных камер. Укладка материала. Режимы сушки. Влияние методов сушки на физические и механические свойства дерева. Расчет и проектирование сушки.

Приложения

- 1) Диаграмма для определения относительной влажности воздуха.
- 2) Диаграмма по МОЛЬЕ для влажности воздуха.

В. А. АРХАНГЕЛЬСКИЙ

**„СУШИЛЬНЫЕ АППАРАТЫ
ДЛЯ СУШКИ ОПИЛОК И СТРУЖЕК“**

25 рис. Стр. 64 + 1 вклейка. Цена 1 руб. 30 коп.

Содержание

Значение и применение подсушивания опилок и стружек. Основные расчетные показатели сушки. Способы сушки мелких древесных отходов. Аппараты с сушкой горячим воздухом или газами. Воздушно-контактные сушильные аппараты. Контактные сушильные аппараты.

ПРОДАЖА во всех магазинах и отделениях Книгоцентра.
ПОЧТОВЫЕ заказы направляются: Москва, 64 „Техническая книга — почтой“.
ЗАКАЗЫ высылаются наложенным платежом без задатка.
